



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Automatización y Control de una Industria Frigorífica con Producción de Energía Solar

1. Memoria descriptiva

AUTORES: Jaume Serra Serrahima,
Joaquim Colomé Capera.
DIRECTOR: José Ramon López López.

FECHA: Marzo / 2004.

INDICE

1- INTRODUCCIÓN	9
2- OBJETIVOS	10
3- REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES	11
4- PETICIONARIO	12
5- ANTECEDENTES	12
6- EMPLAZAMIENTO	13
7- EDIFICACIÓN	13
8- VIABILIDAD DEL PROYECTO	15
9- DESCRIPCIÓN GENERAL	16
9.1- Introducción	16
9.2- Diagrama de bloques del sistema	16
9.3- Descripción del proceso industrial llevado a cabo en el complejo industrial	17
9.4- Descripción del diagrama de bloques	19
9.4.1- Instalación frigorífica	19
9.5- Cámaras frigoríficas	20
9.5.1- Condiciones de funcionamiento	20
9.5.1.1- Temperatura ideal de las cámaras	20
9.5.1.2- Humedad relativa de las cámaras	20
9.5.1.3- Temperatura exterior	20
9.5.1.4- Temperatura de entrada del producto	21
9.5.2- Dimensiones	21
9.5.2.1- Superficie de las cámaras	22
9.5.2.2- Volumen de las cámaras	22
9.5.3- Constitución cámaras frigoríficas	23
9.5.3.1- Aislamiento	23
9.5.3.2- Puertas	27
9.5.3.3- Renovación de aire en las cámaras de conservación	28

9.5.3.4- Sistema de almacenamiento de las cámaras_____	29
9.5.3.5- Estanterías _____	30
9.5.4- Tabla resumen cámaras frigoríficas _____	31
9.6- Sala de máquinas_____	32
9.7- Elementos del circuito frigorífico_____	33
9.7.1- Refrigerante_____	33
9.7.1.1- Introducción_____	33
9.7.1.2- Denominación de los refrigerantes _____	33
9.7.1.3- Grupos de clasificación según el grado de seguridad _____	33
9.7.2- Compresor_____	36
9.7.2.1- Introducción_____	36
9.7.2.2- Clasificación de los compresores_____	36
9.7.2.3- Compresores aerodinámicos _____	37
9.7.2.4- Compresores rotativos_____	38
9.7.2.5- Compresores alternativos_____	39
9.7.2.6- Compresores herméticos _____	40
9.7.2.7- Compresores semi-herméticos_____	40
9.7.2.8- Elección de los compresores _____	41
9.7.3- Condensador _____	43
9.7.3.1- Introducción_____	43
9.7.3.2- Clasificación de los condensadores _____	43
9.7.3.3- Elección del equipo condensador _____	48
9.7.4- Evaporadores_____	50
9.7.4.1- Introducción_____	50
9.7.4.2- Clasificación de los evaporadores_____	50
9.7.4.3- Elección de los evaporadores_____	53
9.7.4.4- Desescarche de los evaporadores_____	56
9.7.4.5- Elección del tipo de desescarche _____	63
9.7.5- Válvula de expansión _____	61
9.7.5.1- Introducción_____	61
9.7.5.2- Tipos de expansores _____	61
9.7.5.3- Válvulas de expansión presostáticas (automáticas) _____	61
9.7.5.4- Válvulas de expansión termostáticas _____	62

9.7.6- Elementos accesorios de la instalación frigorífica	65
9.7.6.1- Introducción	65
9.7.6.2- Tuberías de refrigerante	65
9.7.6.3- Accesorios en la línea de descarga	66
9.7.6.4- Accesorios en la línea de líquido	68
9.7.6.5- Accesorios en la línea de aspiración	71
9.7.6.6- Otros elementos de la instalación frigorífica	72
9.7.7- Sensores para la regulación y control de la instalación frigorífica	77
9.7.7.1- Introducción	77
9.7.7.2- Termostatos	77
9.7.7.3- Presostatos	80
9.7.7.4- Higrostatos	82
9.7.7.5- Sistemas electrónicos (Termostatos o higrostatos)	82
9.8- Instalaciones de aire acondicionado	83
9.8.1- Introducción	83
9.8.2- Condiciones de proyecto	84
9.8.3- Definición y clasificación de los distintos conceptos que componen la carga térmica	85
9.8.4- Sistema de instalación	86
9.8.4.1- Descripción general	86
9.8.4.2- Elección del sistema de instalación	88
9.8.5- Descripción general de la instalación de aire acondicionado	88
9.8.5.1- Elección de la unidad enfriadora	88
9.8.5.2- Elección de los difusores y rejillas	89
9.9- Alumbrado	90
9.9.1- Sistema de alumbrado	90
9.9.1.1- Introducción	90
9.9.1.2- Iluminación directa	91
9.9.1.3- Iluminación semidirecta	91
9.9.1.4- Iluminación difusa	91
9.9.1.5- Iluminación semidifusa	91
9.9.1.6- Iluminación indirecta	92
9.9.1.7- Elección sistema de iluminación	92
9.9.2- Métodos de alumbrado	92
9.9.2.1- Alumbrado general	93

9.9.2.2- Alumbrado general localizado_____	93
9.9.2.3- Alumbrado individual _____	93
9.9.2.4- Alumbrado combinado _____	93
9.9.2.5- Alumbrado suplementario_____	93
9.9.2.6- Elección del método de alumbrado _____	93
9.9.3- Tipos de lámparas _____	93
9.9.3.1- Lámparas de incandescencia _____	94
9.9.3.2- Lámparas de descarga_____	95
9.9.3.3- Elección tipo de lámparas _____	96
9.9.4- Luminarias _____	102
9.9.4.1- Introducción_____	102
9.9.4.2- Características de las luminarias _____	102
9.9.4.3- Clasificación de los aparatos de alumbrado_____	103
9.9.5- Alumbrado de emergencia _____	104
9.10- Central solar fotovoltaica conectada a la red_____	105
9.10.1- Energía solar_____	105
9.10.1.1-Posición de la Tierra Respecto del Sol_____	106
9.10.1.2- La constante solar_____	107
9.10.1.3- Efecto de la Atmósfera_____	108
9.10.1.4- Irradiación sobre una superficie_____	109
9.10.1.5- Radiación solar en España_____	111
9.10.1.6- Aspectos medioambientales_____	112
9.10.1.7- La conversión eléctrica_____	113
9.10.2- El panel solar_____	116
9.10.2.1- Características del panel solar_____	116
9.10.2.2.- Características eléctricas_____	118
9.10.2.3- Orientación e inclinación_____	120
9.10.2.4- Tipos de paneles_____	121
9.10.2.5- Interconexión de paneles_____	121
9.10.2.6- Panel solar utilizado_____	122
9.10.2.7- Estructura de soporte y anclaje_____	123
9.10.2.8- Estructura de soporte utilizada_____	124
9.10.3- Inversor para interconexión a la red_____	125
9.10.3.1- Funcionamiento del inversor_____	126
9.10.3.2- Fallo en la red eléctrica_____	127

9.10.3.3- Tensión del generador fotovoltaico baja_____	127
9.10.3.4- Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente____	127
9.10.3.5- Inversor utilizado_____	128
9.10.3.6- Armario inversor_____	131
9.10.4- Transformador_____	131
9.10.4.1- Centro de transformación_____	131
9.10.4.2- Transformador de potencia _____	132
9.10.4.3- Protección para Media Tensión_____	133
9.10.5- La interconexión a la red_____	134
9.10.5.1- Características de la Interconexión_____	135
9.10.5.2- Caseta de Protección y control _____	135
9.10.5.3- Iluminación e instalación interior_____	136
9.10.5.4- Protección _____	136
9.10.5.5- Equipos de medida_____	137
9.10.5.6- Sincronismo de la Interconexión_____	138
9.10.5.7- Factor de Potencia y Armónicos_____	138
9.10.5.8- Tomas de Tierra_____	138
9.10.5.9- Protección para Baja Tensión_____	139
9.10.6- Líneas de Transporte Eléctrico_____	139
9.10.6.1- Esquema de distribución_____	139
9.10.6.2- Esquema TT_____	140
9.10.7- Funcionamiento de la instalación_____	140
9.10.8- Procedimiento Administrativo_____	141
9.10.9- Contrato con la Empresa Distribuidora_____	142
9.10.10- Derechos y Obligaciones_____	144
9.10.11- Puesta en Marcha de la Instalación_____	143
9.10.12- Mantenimiento de la Central Fotovoltaica_____	143
9.10.13- Planificación y Programación_____	145
9.10.13.1- Orden de ejecución_____	145
9.11- Sistema de automatización y control del complejo_____	146
9.11.1- Introducción_____	146
9.11.2- Instalación frigorífica_____	147
8.10.2.1- Descripción del ciclo de funcionamiento_____	147
8.10.2.2- Regulación y control en el sistema frigorífico _____	147
8.10.2.3- Modo de control de funcionamiento_____	148

8.10.2.4- Protecciones	148
8.10.2.5- Reguladores adoptados	149
8.10.2.6- Resumen de las variables a controlar por el autómeta	150
8.10.3- Autómata programable	151
8.10.3.1- Definición	160
8.10.3.2- Estructura de un autómeta programable	160
8.10.3.3- Elección del autómeta programable	162
9.12- Sistema de Almacenamiento Automático	164
9.12.1- Descripción general	164
9.12.2- Funcionamiento automático	167
9.12.2.1- Carga	167
9.12.2.2- Descarga	167
9.12.3- Programación	168
9.13- Supervisión y control	169
9.13.1- Introducción al SCADA	169
9.13.2- Partes del sistema SCADA	172
9.13.1.1- Ordenador de la sala de control	180
9.12.2.2- Tarjeta de comunicaciones SIEMENS CP 5611	184
9.12.2.2- MASTER	185
9.12.2.2- Comunicación MPI (Multi point Interface)	186
9.13.3- Entorno de Programación WinCC 6.0	188
9.13.3.1- Administración de los TAGS	188
9.13.3.2- Editores	189
9.13.4- Comunicación con S7 por MPI	192
9.135- Pantallas del programa	194
9.14- Instalación eléctrica	189
9.14.1- Partes que componen la parte eléctrica	189
9.15- Centro de transformación	191
9.15.1- Características generales del centro de transformación	191
9.15.2- Descripción de la instalación	192
9.15.2.1- Obra civil	192
9.15.2.2- Características del local	192
9.15.2.3- Instalación eléctrica	193
9.15.2.4- Medida de la energía eléctrica	200
9.15.2.5- Puesta a Tierra	200

9.15.2.6- Instalaciones secundarias _____	201
9.16- Instalación interior del complejo _____	202
9.16.1- Instalación de fuerza _____	202
9.16.2- Protecciones _____	202
9.16.2.1- Interruptor Automático de Protección Distribución Baja Tensión _____	202
9.16.2.2- Interruptores Magnetotérmicos _____	202
9.16.2.3- Interruptores Diferenciales _____	202
9.16.3- Sistema de instalación de los conductores _____	202
9.16.4- Conductores _____	202
9.16.5- Cajas de derivación _____	203
9.16.6- Interruptores y tomas de corriente _____	203
9.16.7- Arranque de los elementos de la instalación frigorífica _____	203
9.16.7.1- Arranque de los compresores _____	203
9.16.7.2- Arranque y regulación de los ventiladores y bombas de agua del condensador _____	203
9.16.7.3- Arranque de los ventiladores del evaporador _____	204
9.16.7.4- Arranque de las bombas de refrigerante _____	204
9.17- Instalación de puesta a tierra _____	204
9.18- Grupo electrógeno _____	205
9.18.1- Características eléctricas _____	205
10- SOLUCIÓN ADOPTADA _____	206
11- PLANIFICACIÓN _____	217
12- RESUMEN PRESUPUESTO _____	219

1 INTRODUCCIÓN

Sabemos que el mundo de la Refrigeración es un campo donde los cambios se producen lentamente, bien porque los sistemas funcionan (relativamente), tal y como se han diseñado hasta este momento, o porque la formación de los técnicos no es suficiente o de calidad, ya que unas veces por la demanda, otras por el exceso de trabajo pocos de ellos están al día en la técnica y normativa referente a equipos nuevos.

Es evidente que cada día es mas necesario, por no decir imprescindible que a la hora de proyectar una instalacion frigorífica, ésta tiene que estar lo mas automatizada posible, que efectúe una correcta regulación para establecer un buen control que nos ayude a obtener el máximo de seguridad y fiabilidad.

Desde que en las instalaciones industriales se introdujo el control sea éste efectuado con la mano del hombre hasta hoy (un control distribuido), se ha recorrido mucho camino, tanto para los controles mecánicos como para los eléctricos o electrónicos o la combinación de ambos. Toda esta evolución nos ha llevado a lo que hoy día denominamos automatización.

Actualmente, se realizan instalaciones frigoríficas totalmente automatizadas. Donde el cliente desde su casa (situada a gran distancia de la instalación), puede tener a mano y en todo momento el control, gestión y detección de posibles averías, así como efectuar un histórico de las evoluciones de los parámetros de la instalación.

La automatización en las nuevas instalaciones es tal, que la figura del hombre solo se ve en la parte de control y supervisión del sistema. Hoy en día, hasta un trabajo tan complejo y delicado como puede ser la entrada-salida y distribución del almacenamiento de producto, está totalmente automatizado mediante transportadores y transelevadores, con la idea de que el hombre no participe.

Una de las preocupaciones existentes en la sociedad es la demanda de energía, y más en periodos estivales donde el consumo de energía eléctrica sufre un gran aumento, por eso, desde los gobiernos y entidades, cada vez dan más soporte a la producción de electricidad mediante energías renovables (solar, eólica, hidráulica, geotérmica, etc.). Una de la más aplicada es la energía solar fotovoltaica.

Pensado en ello, a la hora de diseñar el proyecto de la instalación, se ha tenido en cuenta: la orientación de las cámaras, la estructura de las mismas, la gran demanda de energía de la instalación, por ello y aprovechando la superficie soleada que tenemos en los tejados de la nave, se instalarán una serie de módulos fotovoltaicos en los mismos, colaborando en la producción de energía y haciendo un entorno más sostenible.

2 OBJETIVOS

El objetivo principal del presente proyecto es el control y regulación de una industria frigorífica mediante un sistema SCADA, así como la automatización de la entrada-salida de producto de dicha nave.

Por este motivo se han realizado estudios de viabilidad (económicos, técnicos,...), de diseño, toma de decisiones, etc. Las tareas realizadas han sido las siguientes:

- Elección del lugar de instalación idóneo para la viabilidad económica.
- Estudio de las diferentes características de los alimentos para su correcta conservación y distribución; como pueden ser temperatura, humedad y calor de respiración.
- Diseño del complejo industrial y de las cámaras frigoríficas.
- Cálculo del espesor mínimo del aislante en las cámaras. Elección del aislante más apropiado a las características de cada cámara.
- Balance térmico determinando unas pérdidas mínimas debidas a la iluminación, apertura de puertas, embalaje del producto, calor aportado por motores, etc.
- Determinación del refrigerante más adecuado.
- Dimensionado y elección de los compresores, evaporadores, condensador evaporativo adecuados a las características frigoríficas de la instalación.
- Cálculo del diámetro de las tuberías.
- Cálculo de las secciones de los conductores eléctricos.
- Cálculo Centro de Transformación.
- Determinación del número de variables a controlar.
- Determinación del número de actuadores necesarios.
- Elección de los transportadores y transelevadores adecuados para las características del complejo.
- Automatización en GRAFCET de la instalación frigorífica y del sistema de entrada-salida de producto.
- Elección de los controladores lógicos programables (PLC's) y del sistema de control adecuados para la captación de las variables y gestión de la comunicación entre los diferentes componentes del sistema.
- Comunicación entre master y PC.
- Cálculo y diseño de una central solar fotovoltaica.

Se excluye del presente proyecto, la obra civil o edificio propiamente dicho, comprendiendo el relleno del terreno, excavación, cimentación, saneamiento, estructura, cerramientos, pavimentado y cubierta exterior.

3 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES

El presente proyecto está realizado de acuerdo con las siguientes disposiciones:

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- (REBT) Reglamento electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- (RSF) Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.
- (RAP) Reglamento de Aparatos a Presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- (RITE) Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Ordenanzas municipales sobre Medio Ambiente.
- Norma UNE 100.000-95 sobre Climatización.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 16 de Abril 1.997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de Julio de 1984, de 18 de Octubre de 1984 y de 27 de Noviembre de 1987, por las cuales se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones i Centros de Transformación.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el cual se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Subministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el cual se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Subministradora de Energía Eléctrica.
- Recomendaciones UNESA.

4 PETICIONARIO

Este proyecto se realizará a petición de la empresa “TOTFRED S.A.” con domicilio social en Autovía de Salou, Parcela 999 del Polígono Industrial “FRANCOLÍ”, del término municipal de Tarragona, a través de D. Joaquim Colomé Capera y de D. Jaume Serra Serrahima.

5 ANTECEDENTES

La actividad en cuestión, es una actividad para el almacenamiento y distribución de productos alimenticios perecederos y amparados en la producción frigorífica para su correcta conservación.

Dicha actividad consiste en el almacenamiento y distribución automática de pescado, carne, aves, caza, productos precocinados y naranjas en estanterías paletizadas.

La industria frigorífica será de nueva creación, a partir de la disposición del solar.

6 EMPLAZAMIENTO

La citada instalación se proyecta ubicar en el interior de un complejo industrial ya construido, situado en la Autovía de Salou, Parcela 999 del Polígono Industrial “FRANCOLÍ” en la localidad de Tarragona.

7 EDIFICACIÓN

El complejo industrial tendrá unas dimensiones totales de 200 m de largo por 120 m de ancho, toda su periferia irá rodeada de una valla metálica sobre un muro de hormigón de 50 cm de altura y una valla de 2 m.

Características geométricas generales:

En la nave industrial se construirán 4 cámaras de congelación para productos de larga conservación, siendo dos de las cuales de 60 m * 35 m y las otras dos de 50 m * 35 m, una cámara de conservación de 50 m * 35 m y un pasillo-antecámara de 150 m * 10 m.

En el interior de la nave industrial, la altura libre mínima es de 12 m para las cámaras, de 3 m en la zona de servicios y oficinas, de 4,5 m para el almacén y de 4 m para la sala de máquinas. Las dimensiones totales del área de oficinas será de 30 m * 25 m.

Zonas:

El complejo industrial se constituye por las diferentes cámaras (de congelación y conservación) y por la zona de servicios, en la cual se encuentran los lavabos-vestuarios de personal, la sala de máquinas, el almacén, tres oficinas, la sala de juntas, la sala de control y recepción, todos ellos situados en una planta.

Al tejado del complejo industrial se accede mediante las escaleras situadas en la zona de servicios. En el tejado es donde se van a instalar los distintos módulos solares fotovoltaicos que forman parte del otro proyecto.

Estructura y cubierta:

La nave está recubierta mediante una estructura prefabricada de hormigón armado en base a la cuadrícula de 40 * 50 cm. El tejado de la misma tiene una pendiente del 1 %, suficiente para la evacuación del agua de lluvia por medio de canaletas situadas a los bordes de la estructura.

El entramado del núcleo de servicios se realiza enteramente en obra, mediante soportes de hormigón armado y ladrillo hueco para hacer las divisiones de los diferentes ambientes.

La cubierta del complejo, está compuesta de acero galvanizado, aislamiento térmico, membrana impermeabilizante y capa de protección a base de pizarra mineral.

Planteamiento de servicios:

El planteamiento de los servicios deberá cumplir lo establecido por el Ministerio de Trabajo, en su Orden de 9 de Marzo de 1.971. Sabiendo esto, y también de que el complejo industrial tiene unas dimensiones del solar de 200 m de longitud y de 120 m de anchura (24.000 m²) se dispone de la siguiente manera:

-Servicio de personal:

Se ha planteado de acuerdo al mínimo número de personas que van a trabajar en la industria para que el funcionamiento de la misma sea eficiente, lo más productivo posible y sobretodo lo más económico posible, según estas premisas tenemos:

	Masculino	Femenino
Oficinas generales	4	2
Personal de planta	5	1
Personal de mantenimiento	4	0
TOTAL TRABAJADORES	16	

Tabla 1. Distribución personal complejo industrial

Servicios:

Habrà dos servicios separados, uno para el personal masculino y otro para el femenino. En ambos casos cada servicio constará de wc y aseos.

Los aseos tendrán ventilación al exterior a través de una ventana, situada a una altura de 1,8 m. asimismo, todo el servicio irá alicatado en sus paredes con azulejos blancos hasta una altura de 1,8 m y el resto de la pared y techo será revestido con obra de yesería y pintado con pintura plástica de color blanco.

Oficinas:

La estructura es de ladrillo visto, cámara de aire, ladrillo y en el interior lleva un recubrimiento de obra de yesería con estucados de color blanco. El techo es desmontable a base de una pequeña estructura metálica en la cual se colocarán unas placas de pladur con unas dimensiones de 50 * 50 cm, siendo la cubierta exterior de hormigón celular, membrana impermeabilizante y una protección de gravilla suelta.

El suelo es de gris claro, liso e impermeable, la carpintería es de aluminio.

Almacén-Taller:

El taller está situado en la cara norte del complejo, se trata de un compartimiento de 20 m de largo por 4,5 m de ancho y una altura útil de 3 m. en el se ubicarán los equipos necesarios para el mantenimiento de la maquinaria.

Su estructura es de ladrillo revestido con obra de yesería y pintada con pintura plástica de color claro.

El techo es revestido con obra de yesería y pintado con pintura plástica de color claro.

El suelo es de hormigón, liso e impermeable. Se dispone de una puerta al exterior del recinto, en esta parte el suelo tiene una pendiente del 3% para facilitar la entrada de material.

Sala de máquinas:

Situada en la cara oeste del complejo, junto a la cámara de refrigeración, con unas dimensiones de 15 m de largo por 8 m de ancho y una altura útil de 4 m.

Las paredes son de ladrillo, el revestimiento tanto exterior como interior será de cemento liso y pintado con pintura plástica de color claro.

El techo es de ladrillo, el revestimiento será de cemento liso y pintado con pintura plástica de color claro.

El suelo es de hormigón, liso e impermeable.

Este recineto dispone de aperturas en las paredes para evacuación del calor de las máquinas, según marcan las normativas pertinentes.

8 VIABILIDAD DEL PROYECTO

A la hora de valorar éste apartado, se ha tenido en cuenta un emplazamiento en que sea una zona donde la existencia de grandes superficies comerciales, supermercados, junto que sea una zona con vías de acceso terrestres y marinas inmejorables, hagan del complejo industrial un proyecto viable para ser llevado a cabo y así asegurar la demanda de los productos a distribuir. Ya que recordemos, que la actividad principal del complejo es la de distribuir y abastecer alimentos a grandes superficies y supermercados y no la larga conservación de los alimentos.

Para la elección de los alimentos a almacenar y distribuir, se ha hecho un estudio estadístico de los alimentos que más se consumen en nuestra sociedad.

A la hora de la elección de los distintos componentes que se forman en el complejo industrial, se ha tenido muy en cuenta la fiabilidad de los equipos, la duración de los mismos y por supuesto que la calidad sea máxima con el mínimo precio posible.

A la hora de la elección de los distintos componentes que se forman en el complejo industrial, se ha tenido muy en cuenta la fiabilidad de los equipos, la duración de los mismos y por supuesto que la calidad sea máxima con el mínimo precio posible.

Al ser una planta totalmente automatizada, quiere decir que no hay intervención de mano humana, una razón más de viabilidad al no tener personal en el almacén.

La central solar fotovoltaica, es independiente de la industria, pero esta instalación hace fomentar el uso de las energías verdes, y demostrar que a priori no es rentable, pero con las ayudas actuales de las administraciones, esta gran inversión inicial se puede recuperar a medio plazo.

9 DESCRIPCIÓN GENERAL

9.1 Introducción

A continuación se explican todos y cada uno de los sistemas que forman la totalidad del proyecto de Automatización y control de una Industria Frigorífica con Producción de Energía Solar.

9.2 Diagrama de bloques del sistema

En el siguiente diagrama se representa, la unión de las diferentes partes que compone este proyecto.

El centro de este proyecto y como indica su nombre, se encuentra la automatización, esta parte engloba la automatización del almacén y de todas las partes del complejo.

El apartado de Supervisión y control, como indica el esquema, gestiona toda la instalación y por ultimo también se a tenido en cuenta todo el suministro eléctrico.

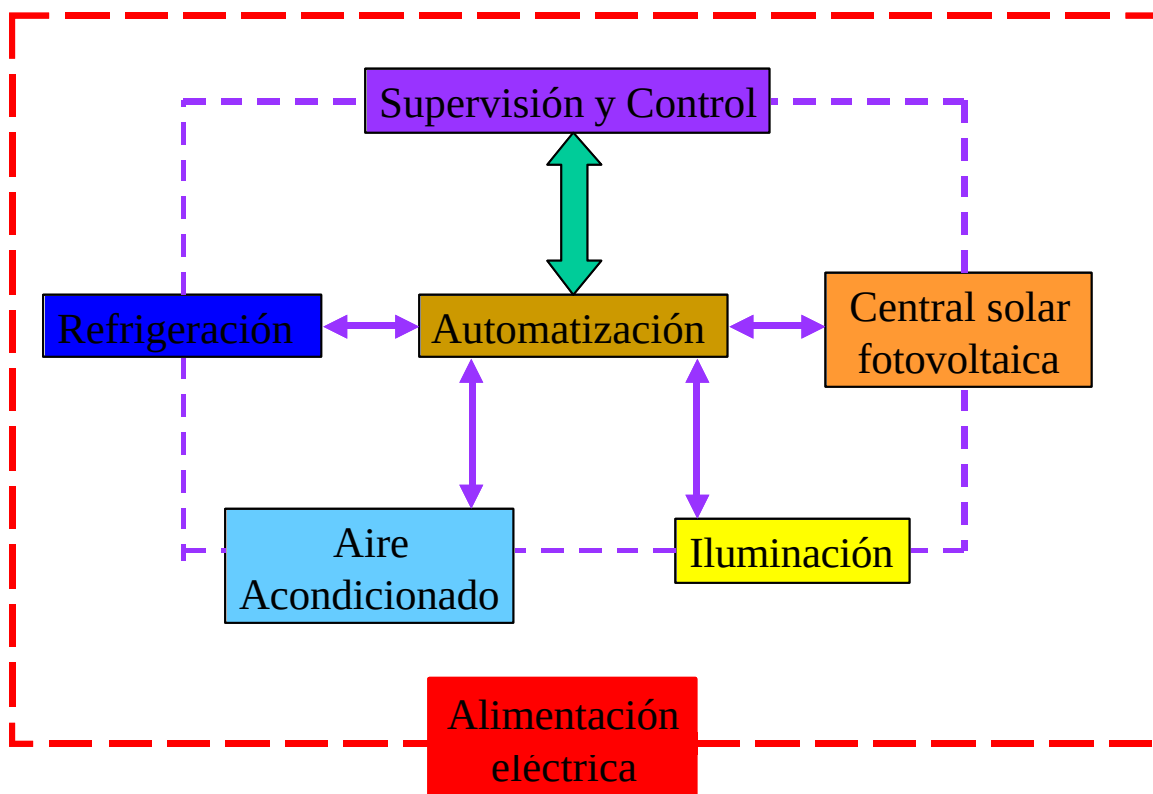


Figura 1. Diagrama de bloques de la instalación.

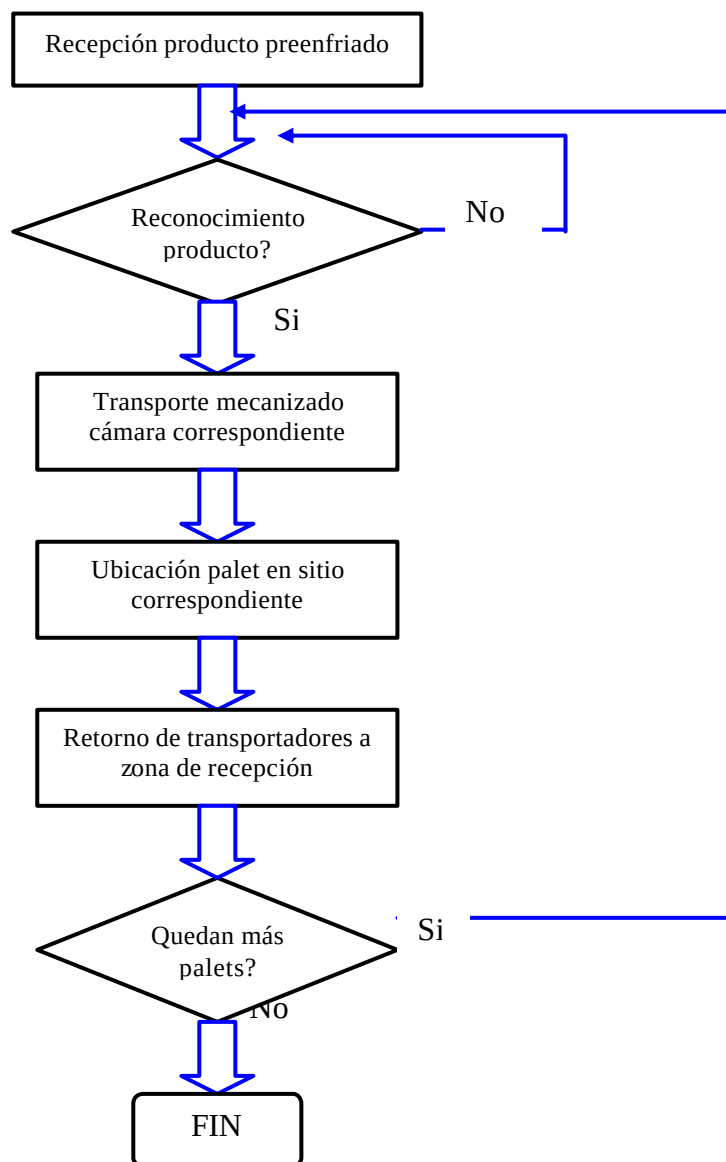
9.3 Descripción del proceso industrial llevado a cabo en el complejo industrial

El proceso industrial que se lleva a cabo en este complejo frigorífico, es como sabemos un proceso de distribución de diversos productos alimentarios para abastecer a grandes superficies comerciales. Este proceso lo podemos dividir en dos secuencias, la primera de recepción de producto y la segunda de expedición de producto, cada una de estas secuencias se dividen en los siguientes pasos:

Recepción:

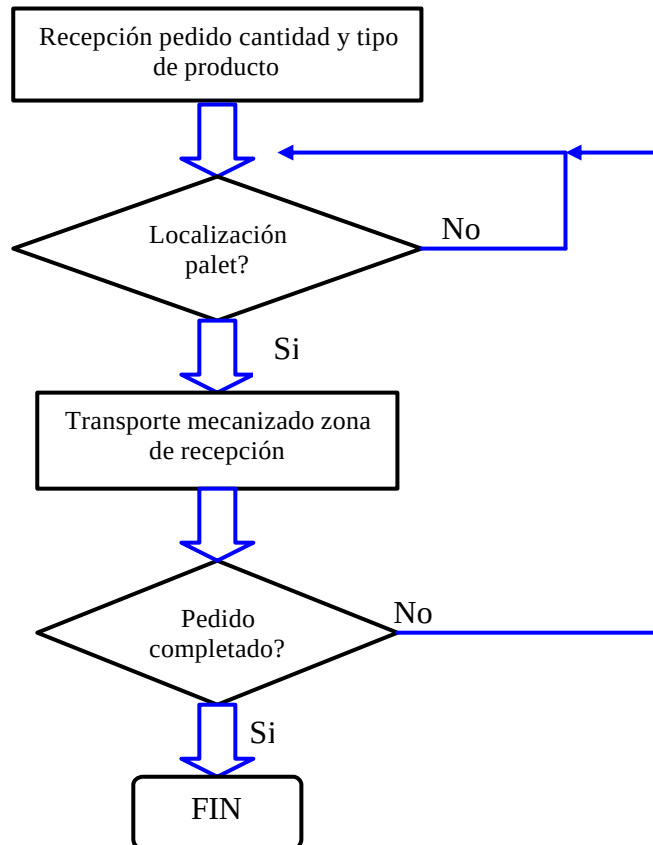
1. Recepción del producto preenfriado (precongelado en ciertos productos), provenientes de camiones isotérmicos a 4 °C.
2. Reconocimiento de cada tipo de producto y posterior transporte mecanizado a la cámara correspondiente para cada producto.
3. Ubicación del palet de producto en el lugar de la estantería y pasillo correspondientes.

Para entender mejor la secuencia del proceso industrial se muestra el siguiente diagrama de flujo:



Expedición:

1. Recepción de encargo de cantidad y tipo de producto a expedir.
2. Localización del palet de producto a expedir.
3. Transporte mecanizado del palet de producto hasta la puerta de salida.
4. En caso necesario, repetir los pasos anteriores hasta completar encargo.



9.4 Descripción del diagrama de bloques

9.4.1 Instalación frigorífica

Se ha realizado un estudio de las diferentes características de los alimentos que se quieren conservar para una correcta conservación, según la temperatura, humedad y calor de respiración.

Por los productos que se quieren almacenar y debido a las diferentes características de almacenamiento, se han distribuido en cuatro cámaras de congelados: **cámara 1**, pescado; **cámara 2**, aves y caza; **cámara 3**, carne; **cámara 4**, productos precocinados; y una **última cámara** para la conservación de naranjas.

El siguiente paso ha sido realizar el cálculo de cargas térmicas, para ello se han tenido en cuenta las condiciones interiores (temperatura, humedad, etc) y exteriores (orientación, localización, temperatura, etc) del complejo, posteriormente se ha realizado el cálculo del espesor mínimo del aislante adecuado para los diferentes cerramientos (paredes, techos y suelos) de las cámaras frigoríficas para garantizar la conservación de los alimentos. Para realizar los cálculos, se ha creado una hoja de cálculo en Excel, que determina el espesor mínimo del aislante de cada uno de los cerramientos, así como la cantidad de calor (cargas térmicas) a extraer de cada una de las cámaras.

La elección del aislante de las cámaras frigoríficas ha sido del tipo panel sándwich de poliuretano, con espesores de aislante de 10 cm para la cámara de refrigeración, y 20 cm para la de congelación.

Para calcular el volumen de producto almacenado por cámara, se ha tenido en cuenta la densidad de la estiba, entrada y salida diaria de producto, dimensiones de pasillos para el transporte, espacio necesario para el emplazamiento de los evaporadores, etc.). Estos se han realizado mediante una hoja de cálculo de Excel, siguiendo la metodología de cálculo de [1].

Una vez conocida la carga térmica horaria de cada cámara, hemos procedido a la elección de los compresores, evaporadores, y equipo condensador.

9.5 Cámaras frigoríficas

El complejo industrial está constituido por un total de cinco cámaras, una de las cuales se dedica a la conservación de naranjas y las otras cuatro son de congelación de productos perecederos. La instalación también dispone de un pasillo central que a su vez realiza la misión de antecámara, para así suavizar el salto térmico que se produce a la entrada de mercancía desde el exterior.

9.5.1 Condiciones de funcionamiento

8.5.1.1 Temperatura ideal de las cámaras

- Cámara 1: Pescado Congelado.....-21° C
- Cámara 2: Aves y Caza Congeladas.....-21° C
- Cámara 3: Carne Congelada.....-21° C
- Cámara 4: Productos precocinados Congelados.....-25° C
- Cámara 5: Naranjas.....+1° C
- Antecámara: Todos.....+ 4 C

8.5.1.2 Humedad relativa de las cámaras

- Cámara 1: Pescado Congelado.....90/95 %
- Cámara 2: Aves y Caza Congeladas.....80/85 %
- Cámara 3: Carne Congelada.....85/90 %
- Cámara 4: Productos precocinados Congelados.....80/85 %
- Cámara 5: Naranjas.....85/90 %
- Antecámara: Varios.....80/95 %

8.5.1.3. Temperatura exterior

Para saber la temperatura exterior, tomamos la temperatura exterior y la humedad relativa de proyecto según la norma UNE-100014:1984. En nuestro caso, como la instalación se ubica en Tarragona, tenemos:

- **Temperatura exterior:** 26° C
- **Humedad relativa:** 68 %

8.5.1.4. Temperatura de entrada del producto

en esta parte se contempla la temperatura a la que es sometido el producto antes de entrar en la cámara, en nuestro caso, los productos nos llegan ya preenfriados (o precongelados) con transporte de camiones refrigerados a una temperatura de 4 °C:

- Pescado Congelado.....< 0° C
- Aves y Caza Congeladas.....< 0° C
- Carne Congelada.....< 0° C
- Productos precocinados Congelados.....< 0° C
- Naranjas.....+10° C

9.5.2 Dimensiones

El complejo industrial está formado por cinco cámaras, de las cuales una es de conservación (cámara 5) y las otras 4 son de congelación. También debemos tener en cuenta el pasillo que a su vez tiene la función de antecámara.

- CÁMARAS 1 y 2:
 - Largo: 60 m
 - Ancho: 35 m
 - Altura: 12 m
- CÁMARAS 3, 4 y 5:
 - Largo: 50 m
 - Ancho: 35 m
 - Altura: 12 m
- ANTECÁMARA:
 - Largo: 150 m
 - Ancho: 10 m
 - Altura: 12 m

8.5.2.1. Superficie de las cámaras

➤ Cámaras de congelación:

- Superficie Cámara 1.....60 * 35 = 2.100 m²
- Superficie Cámara 2.....60 * 35 = 2.100 m²
- Superficie Cámara 3.....50 * 35 = 1.750 m²
- Superficie Cámara 4.....50 * 35 = 1.750 m²

SUPERFICIE CONGELACIÓN = 7.700 m²

➤ Cámaras de conservación:

- Superficie Cámara 5.....50 * 35 = 1.750 m²
- Superficie Antecámara.....150 * 10 = 1.500 m²

SUPERFICIE CONSERVACIÓN = 3.250 m²

SUPERFICIE TOTAL = 10.950 m²

8.5.2.2. Volumen de las cámaras

➤ Cámaras de congelación:

- Volumen Cámara 1.....60 * 35 * 12 = 25.200 m³
- Volumen Cámara 2.....60 * 35 * 12 = 25.200 m³
- Volumen Cámara 3.....50 * 35 * 12 = 21.000 m³
- Volumen Cámara 4.....50 * 35 * 12 = 21.000 m³

VOLUMEN CONGELACIÓN = 92.400 m³

➤ Cámaras de conservación:

- Volumen Cámara 5.....50 * 35 * 12 = 21.000 m³
- Volumen Antecámara..... 150 * 10 * 12 = 18.000 m³

VOLUMEN CONSERVACIÓN = 39.000 m³

VOLUMEN TOTAL = 131.400 m³

9.5.3 *Constitución cámaras frigoríficas*

La construcción de las cámaras requiere que se preste especial atención, ya que de otra forma difícilmente se alcanzarían los objetivos perseguidos en su construcción y aislamiento.

8.5.3.1. Aislamiento

Con el fin de reducir al mínimo las aportaciones de calor, desde el exterior hacia el interior de las cámaras frigoríficas, todos los recintos se aíslan con materiales aislantes de diferentes grosores, que dependen, directamente, de la temperatura a mantener en el interior de la cámara.

El tema del aislamiento ha tomado últimamente mucha importancia debido al aumento de los costes energéticos. Un aislamiento bien calculado, y bien escogido, permite ahorrar muchos kW al año y reducir sensiblemente los costes de explotación.

Características de los aislantes

Las características básicas de los materiales aislantes que deben conocerse son:

1. La conductividad térmica.
2. La permeabilidad al vapor de agua.
3. La estabilidad dimensional.
4. La resistencia a la compresión.
5. El comportamiento al fuego.

Factores esenciales para el cálculo del espesor del aislante

Los factores esenciales que se han de tener en cuenta al calcular el espesor que debe tener la lámina de aislante son:

- Las temperaturas previstas para el interior y el exterior.
- La conductividad del aislante que se va a instalar.
- Las pérdidas máximas admisibles.

Cálculo del aislamiento:

Para realizar este cálculo, se ha utilizado el siguiente método debido a la sencillez y fiabilidad del mismo. Se parte de la ecuación que expresa la tasa de transferencia de calor a través de una superficie plana:

$$Q = A \cdot K \cdot (T_e - T_i) \quad (1)$$

Donde:

- Q** es la tasa de transferencia de calor en W.
- A** es la superficie en m².
- K** es el coeficiente global de transmisión (convección más conducción) cuyas unidades son W/(m²·K).
- T_e , T_i** son las temperaturas exterior e interior en K.

El flujo de calor será:

$$q = K \cdot (T_e - T_i) \quad (2)$$

El coeficiente global viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e} \quad (3)$$

donde:

- h_i** es el coeficiente de convección interior en W/(m²·K)
- e_i** es el espesor de las diferentes capas de pared en m
- k_i** son las conductividades de cada capa en W/(m·K)
- h_e** es el coeficiente de convección exterior en W/(m²·K)

En la práctica se desprecia la convección y sólo se tiene en cuenta la resistencia ofrecida por el aislante, con lo que pasamos a tener:

$$\frac{1}{K} = \frac{e}{k} \quad (4)$$

Sustituyendo en (2) tenemos:

$$q = \frac{k}{e} \cdot (T_e - T_i) \quad (5)$$

Y despejando *e* queda:

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q} \quad (6)$$

Las pérdidas máximas admisibles (el flujo de calor) se fijan de antemano. Usualmente se toman los valores de:

$q = 8 \text{ W/m}^2$ para conservación

$q = 6 \text{ W/m}^2$ para congelación

La conductividad puede obtenerse mediante tablas que ya son facilitadas por el mismo fabricante del aislante. Las temperaturas son parámetros de diseño con lo que sólo nos queda sustituir valores y obtener el espesor mínimo.

Aislamiento de paredes:

En este caso, para el aislamiento de las paredes se emplearán paneles tipo “SANDWICH”, éstos son un prefabricado estructural y aislante, recubierto por dos chapas de acero galvanizado y lacado de gran resistencia, que gracias a su exclusivo y revolucionario sistema de unión, es ideal para su aplicación en naves, fachadas, divisiones interiores y exteriores, etc.

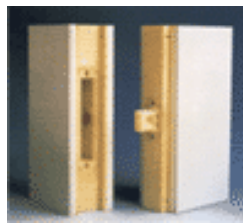


Figura 2. Detalle del perfil machihembrado

El perfil machihembrado del panel proporciona una hermeticidad absoluta y al mismo tiempo una gran robustez a todo el conjunto. Todo el sistema viene prefabricado y listo para montar, sin necesidad de siliconas o inyección de poliuretano “in situ”, con lo que se consigue un ahorro en montaje entre el 60% y el 70% frente a otros sistemas convencionales. Por otro lado, es posible montar y desmontar los paneles tantas veces como sea necesario, sin que el paso del tiempo les afecte.



Figura 3. Detalle del panel

Los paneles están formados por dos chapas de acero galvanizado y lacado en Blanco Pirineo Alimentario de 0,6 mm. de espesor, cuyas aristas están totalmente perfiladas y protegidas contra la oxidación, y un alma de espuma de poliuretano inyectado a alta presión (totalmente libre de CFC), con una densidad de **$42\text{-}44 \text{ kg/m}^3$** y una λ de $\approx 0,020 \text{ W/m}\cdot\text{k}$.

Los paneles poseen un peso relativamente bajo (15 kg/m^2 para paneles de 100 mm. de espesor), lo cual les confiere unas grandes cualidades constructivas. La longitud máxima en una sola pieza es de **12,795 m**.

Con una tecnología de vanguardia que responde a todas las exigencias en materia de construcción, con una mejora sustancial en costes y un calor añadido en diseño. Los paneles prefabricados son ideales para la construcción de recintos frigoríficos de todos los tamaños (tales como almacenes, mataderos, salas de despiece, etc.). Su excelente hermeticidad y su gran capacidad aislante, mantiene el coeficiente de transmisión térmica constante, evita las fugas y asegura la perfecta conservación de la calidad de los alimentos.

Se emplearán paneles de **100 mm** de espesor para las cámaras de conservación y de **200 mm** de espesor para las cámaras de congelación.

Aislamiento de techos:

El aislamiento de techos se realizará también con paneles tipo “SANDWICH” de **200 mm** de espesor en las cámaras de congelación y de **100 mm** para las cámaras de conservación, con las mismas particularidades que el de las paredes.

Los paneles del techo se apoyarán sobre los laterales e irán a su vez, colgados del techo existente.

Aislamiento del suelo:

Se colocará una barrera antivapor a base de asfalto de aluminio M-34, solapada, de **1 mm** de espesor, sobre la losa de hormigón del suelo para que de esta manera se evite cualquier entrada de agua, de vapor de agua que pudiera ocasionar alguna condensación.

Seguidamente se colocará el aislamiento consistente en dos capas de plancha de poliuretano de **40 kg/cm^3** , con papel embreado de **100 mm** de espesor cada uno para conseguir un espesor de **200 mm** y una capa fina de una lámina de polietileno para evitar que los jugos del hormigonado de la losa de rodadura penetren en el aislante.

La losa de rodadura será de **100 mm** de espesor a base de hormigón en masa de **350 kg** de cemento e irá armado con mallazo electrosoldado de 5 mm de diámetro, acerado.

En las cámaras a temperaturas negativas tomaremos precauciones contra la congelación del suelo. Estas precauciones pueden consistir en la realización de un vacío sanitario, o en el calentamiento de las losas por medio de resistencias inmersas en las mismas alimentadas por corriente a baja tensión. Este último método lo descartamos debido a su alto coste de instalación y mantenimiento.

En todos los casos, con un sifón bien hondo aseguramos la evacuación de las aguas de limpieza o del desescarchado. Este sifón debe emplazarse en el exterior de la cámara si la temperatura de la misma es inferior a **0°C**.

8.5.3.2. Puertas

Las puertas a instalar en las diferentes cámaras serán de tipo corredera, de suspensión libre y accionadas por palanca y guiada en su movimiento por discos. Además irán provistas de resistencia eléctrica en prelambrada para evitar la congelación.

Las puertas tienen un acabado en chapa lacada interior y exterior, disponen de cierre con apertura interior y exterior y bisagras, fabricados en aleación ligera de alta resistencia. Dispondrán de un **aislamiento de 40 mm de espuma de poliuretano inyectado de densidad 42 kg/m.**

En el interior de cada cámara frigorífica, que pueda funcionar a temperatura bajo cero o con atmósfera artificial, y junto a su puerta, se dispondrá una hacha tipo bombero, cumpliendo de esta manera la instrucción **M.I.I.F. 006** y accesorios en su apartado 8, Puertas isotérmicas.

Según su sistema de apertura, las puertas frigoríficas se dividen en los siguientes tipos:



1. **Puertas de desplazamiento horizontal:** Estas puertas están diseñadas para tráfico continuo y voluminoso con restricciones de espacio, tales como corredores o plataformas de carga, para uso interior o exterior, en media y baja temperatura, o edificios industriales.



2. **Puertas de doble hoja (de desplazamiento horizontal):** Es ideal para aplicaciones donde la rapidez de apertura y cierre es fundamental. Diseñada para áreas donde operan equipos motorizados de tráfico continuo. Para uso interior o exterior, en media y baja temperatura, o edificios industriales.



3. **Puerta vertical seccionada con cabezal horizontal:** Especialmente indicadas para condiciones mínimas de espacio lateral y altura libre. Para aplicaciones en media y baja temperatura, o edificios industriales, para usos interiores o exteriores.



5. **Puerta de desplazamiento vertical:** Para aplicaciones donde hay un mínimo de espacio lateral, o cuando varias puertas deben colocarse muy juntas. La altura libre requerida por encima del dintel de la puerta es de 0,45 m. a 0,53 m. Para condiciones muy críticas de altura libre, se dispone una puerta doble de deslizamiento vertical.



6. **Puertas batientes:** Pensada para ser usada con tráfico de personal y carga manual, en media y baja temperatura. Disponibles en una o dos hojas.

Elección del tipo de puerta para las diferentes cámara

Teniendo en cuenta las dimensiones, geometría, tipo y movimiento de producto, etc., de las cámaras de este complejo, se opta por instalar una **puerta de desplazamiento horizontal (Tipo 1)** en cada una de las cámaras. Con todas las características constructivas y térmicas descritas anteriormente, cumpliendo de esta manera todas las exigencias que se muestran en la instrucción **M.I.I.F. 006** y accesorios en el apartado 8.

8.5.3.3. Renovación de aire en las cámaras de conservación

El aire de la cámara es el agente transmisor del calor entre el producto almacenado y el equipo de producción de frío, para efectuar este transvase energético se hace necesario un permanente contacto con el producto, lo que hace que reciba una serie de gérmenes, olores y gases procedentes de la respiración en caso de vegetales. En el transcurso del tiempo la pureza del aire descende, y aumenta en particular la presencia de dióxido de carbono y también lo hace en pequeñas cantidades el etileno (que actúa como una “hormona de crecimiento”) que emanan de los vegetales. En ambos casos se pueden desencadenar problemas para una buena conservación.

PRODUCTO	TEMPERATURA [°C]	PRODUCCIÓN [mg/kg·h]
Manzana	0	3 – 4
	4,4	5 – 8
	15,6	20 – 30
	29,4	30 – 70
Naranja ó limón	1,7	2
	15,6	8
	26,7	15
Plátanos: verdes verdes madurando maduros	12,2	15
	20	15
	20	38
	20	42
Pera	0	3 – 4
	15,6	40 – 60
Fresa	0	15 – 17
	4,4	22 – 35
	15,6	49,69
Frambuesa	1,7	20 – 30
	15,6	70 – 80
Melocotón	1,7	7 – 9
	15,6	30 – 40
	26,7	70 – 100

Tabla 2. Producción de dióxido de carbono en frutas.

El dióxido de carbono puede ser peligroso (fermentación) para un gran número de frutas, pero solamente en altas concentraciones. El etileno emitido por las frutas y muchas legumbres puede provocar una maduración prematura (incluso con débiles concentraciones), ahora bien este riesgo es prácticamente inexistente a temperaturas inferiores a +3° C, puede ser peligroso a temperaturas más elevadas, propias de conservación de frutas como plátanos, aguacates o mangos.

En la cámara 5, destinada al almacenamiento de naranjas, se deberá realizar una renovación periódica del aire de la cámara, por los motivos anteriormente nombrados. De esta manera, instalaremos un ventilador extractor para renovar el aire en la cámara 5.

Teniendo en cuenta las dimensiones de la cámara 5 y de la cantidad total de almacenamiento de producto, se adopta realizar **una renovación de aire diaria**.

8.5.3.4. Sistema de almacenamiento de las cámaras

El sistema de almacenamiento de las cámaras del complejo está basado en la utilización del denominado “palet”, el cual está constituido por una plataforma plana, en general madera, destinada a soportar una cierta masa de producto, formando con ello una unidad tanto en transporte como en almacenaje. En este sistema la masa se ve limitada por un valor mínimo de unos **500 kg**, por debajo de este valor baja la rentabilidad, mientras que se admite un máximo de unos **1.500 kg**, ya que valores superiores ocasionarían problemas de manejo en esta unidad de carga.

Las consecuencias iniciales de la elección del sistema de paletización son; por un lado la imposibilidad de una manipulación manual (se hace necesario la introducción de medios mecánicos), y por otro la imposición de un traslado consistente en la disposición de aberturas destinadas a la colocación de las horquillas de la carretilla, que posteriormente servirán como canales de paso del aire en la cámara.

Las ventajas que presenta este sistema son:

1. Aumento de la altura en la cámara, al tener mayor posibilidad de apilamiento, además se reduce el tiempo de desplazamiento horizontal.
2. Al aumentar la masa de la unidad de transporte, disminuye el número de “viajes”, de lo que se deriva:
 - Economía de mano de obra, y disminución del tiempo de permanencia del personal en el interior de la cámara; reduciéndose los pluses de trabajo penoso o peligroso, y también mejorando el balance frigorífico.
 - Disminución del tiempo de inmovilización de camiones.
3. Evita la caída de apilamientos, disminuyendo las pérdidas por deterioro (esto también se obtiene por el aumento de la unidad de transporte).
4. Facilita el acceso a diferentes lotes, y la inspección y control de productos.

8.5.3.5. Estanterías

Como hemos dicho en el apartado anterior el sistema de almacenamiento que utilizaremos en las cámaras, es el sistema de paletizado del producto, así pues en el interior de las diferentes cámaras instalaremos estanterías para un sistema de paletización selectivo.

Las estanterías deberán ser de acero de alta resistencia y anticorrosivo, además de contar con un sistema de anclaje seguro y fiable, con el fin de evitar de esta manera el posible desplomamiento de la carga.

Este tipo de estanterías presentan las siguientes ventajas:

- Permiten un acceso fácil a todos los artículos.
- Es un sistema de ampliación fácil.
- Se trata de un sistema mecanizable y automatizable.
- Se puede implantar el principio de “first-in-first-out”.

En todas las cámaras que forman el complejo, se instalarán estanterías de paletización selectivo, para paletas de dimensiones estandar **1.200 x 800 mm** capaces de aguantar **1.000 kg por paleta**.

Teniendo en cuenta la altura de las cámaras (12 m), se dispondrá de **estanterías de 6 niveles de altura**, llegando así a tener una **altura útil** ocupada de aproximadamente **10,5 m**.

9.5.4 Tabla resumen cámaras frigoríficas

Nº Cámara	cámara 1	cámara 2	cámara 3	cámara 4	cámara 5	antecámara
Productos	Pescado cong.	Aves y caza	Cordero, carnero, etc	Postres cong.	Naranjas	Todos
Longitud ext (m)	60	60	50	50	50	150
Longitud int (m)	59,6	59,6	49,6	49,6	49,8	149,8
Anchura ext (m)	35	35	35	35	35	10
Anchura int (m)	34,6	34,6	34,6	34,6	34,8	9,8
Altura ext (m)	12	12	12	12	12	12
Altura int (m)	11,8	11,8	11,8	11,8	11,9	11,9
Humedad ext	68%	68%	68%	68%	68%	68%
Humedad int	90-95%	80-85%	85-90%	80-85%	85-90%	80-85%
Entrada diaria (kg/día)	250.000	250.000	214.200	214.200	214.200	1.142.600
Temp. Entrada (°C)	4	4	4	4	4	10
Temp ext (°C)	26	26	26	26	26	26
Temp int (°C)	-21	-21	-21	-25	1	4
Calor específico (kJ/kg°C)	3,432	3,31	3,18	3,097	3,766	3,357
Calor respiración (kJ/kg día)	0	0	0	0	1,672	0
Calor ventiladores (kJ/día)	1.612.800	1.612.800	1.353.600	835.200	316.800	316.800
Renovaciones de aire diarias	0	0	0	0	1	0
Nº personas (kJ/h)	1	1	1	1	1	1
Calor persona (kJ/h)	11,23	11,23	11,23	12,10	7,78	6,91
Luminaria (kW)	18	18	16	16	16	12
Nº horas luminaria	8	8	8	8	8	8
Necesidades servicio (%)	10	10	10	10	10	10
Horas compresor (h/día)	18	18	18	18	18	18
Pot. Frig. (kCal/h)	1.237.440	1.249.670	976.740	986.052	75.065	92.856
TOTAL(kCal/h)	4.617.823					

Tabla 3. Tabla resumen cámaras frigoríficas

9.6 Sala de máquinas

Como indica la **instrucción MI.IF-007 del Reglamento de Seguridad para Plantas Frigoríficas**, en su apartado II, ésta será una sala de máquinas de ventilación forzada.

La sala de máquinas llevará los extractores necesarios, habiendo anteriormente, calculado la capacidad de éstos en función de la carga de refrigerante del equipo, será como mínimo:

$$Q = 50 \cdot \sqrt[3]{P^2}$$

Donde:

Q = caudal de aire del ventilador en m³ / h

P = carga de refrigerante total del equipo en kg

La sala de máquinas debe cumplir las normas del vigente reglamento en cuanto a medidas reglamentarias, que son las mínimas exigidas, siendo 0,75 m entre cada equipo y las paredes de la misma.

El ventilador extractor elegido para la sala de máquinas tiene las siguientes características:

Marca:	S&P
Modelo:	HXTR/6-710
Tensión:	400 V 50 Hz
Índice de protección IP:	IP 54
Rango de temperaturas:	-40 / +70 °C
Velocidad (r.p.m):	920
Máxima potencia absorbida (W):	1.000
Intensidad máxima (A):	2,60
Nivel de presión sonora (dB):	66
Caudal máximo (m ³ /h):	16.668
Peso (kg):	27,00

9.7 Elementos del circuito frigorífico

9.7.1 Refrigerante

9.7.1.1 Introducción

El refrigerante es el fluido utilizado en la transmisión de calor. En un sistema frigorífico absorbe calor a bajas temperaturas y presión, cediéndolo a temperatura más elevada. Este proceso tiene lugar con cambios de estado del fluido.

Los refrigerantes o fluidos frigorígenos se clasifican según:

1. Denominación de los refrigerantes.
2. Nomenclatura simbólica numérica.
3. Grupos de clasificación según el grado de seguridad.

9.7.1.2 Denominación de los refrigerantes

Los refrigerantes se denominan o expresan por su fórmula química o también por su denominación simbólica numérica. En ningún caso, es suficiente su nombre comercial.

9.7.1.3 Grupos de clasificación según el grado de seguridad

- Refrigerantes del grupo primero, **alta seguridad**

Los refrigerantes del grupo primero podrán utilizarse con cualquier sistema de refrigeración, en locales de cualquier clasificación, siempre que la carga de refrigerante contenida en la instalación, expresada en kilogramos, no pase del valor del producto de:

- Concentración del fluido frigorífico admisible expresada en kilogramos por metro cúbico.
- Volumen en metros cúbicos del “local más pequeño” atendido por la instalación frigorífica.

El volumen del “local más pequeño” será el que corresponda al menor de los espacios aislables, normalmente cerrados, excluyendo, en su caso, la sala de máquinas, servidos por un mismo equipo frigorífico.

Si varios locales son enfriados por aire procedente de una cámara acondicionada común, se tomará como menor el volumen total del conjunto de los locales, en lo que se refiere a la carga admisible, siempre que el volumen de aire suministrado a cada local no se reduzca por debajo del 25 % del total.

De no cumplirse lo establecido en los párrafos anteriores y en el caso de locales no industriales, la totalidad del equipo frigorífico deberá colocarse en una sala de máquinas, excepto las tuberías de conexión del circuito auxiliar, que podrán colocarse según se indica en la instrucción **MI IF-006**.

Todos los locales en los que existen fuegos abiertos deberán estar suficientemente ventilados.

En los locales industriales podrán utilizarse refrigerantes del grupo primero, sin limitación de carga, con cualquier clase de sistema de refrigeración, siempre que se cumpla lo dispuesto en el **número 2.1** de la instrucción **MI IF-006**.

A este grupo pertenecen refrigerantes como: R-134a, R-401A, R-401B, R-401C, R-402A, R-402B, R-403B, R-404A, R-407A, R-407B, R-407C, R-409A, R-409B.

- Refrigerantes del grupo segundo, **media seguridad**

Los refrigerantes del grupo segundo, con sistemas de refrigeración directos, podrán utilizarse en los locales industriales sin limitación de carga. En todos los demás locales, solamente podrán ser utilizados con equipos de absorción herméticos o equipos compactos o semi-compactos, siempre que sea para usos distintos del acondicionamiento de aire.

Los refrigerantes del grupo segundo, con sistemas de refrigeración indirectos abiertos, sólo se podrán utilizar en los locales industriales, sin que se establezca carga límite. En los demás locales no podrán ser utilizados en ningún caso.

Los refrigerantes del grupo segundo, con sistemas de refrigeración indirectos cerrados y doble indirectos, se podrán utilizar en locales no industriales, con las limitaciones de carga pertinentes, colocando los evaporadores del circuito primario en cámaras acondicionadas aisladas con ventilación libre al exterior.

En locales industriales se podrán utilizar sin limitaciones de carga, excepto los siguientes refrigerantes, que tienen carácter inflamable: cloruro de etilo, cloruro de metilo, dicloroetileno y formiato de metilo. En estos casos, la carga máxima será de 500 kilogramos por equipo independiente, pudiendo ser autorizadas cargas superiores por la Dirección General de Industrias Alimentarias y Diversos, previa justificación de necesidades y de medidas de seguridad dispuestas.

A este grupo pertenecen refrigerantes como: R-30, R-32, R-40, R-142b, R-160, R-611, R-717, R-764, R-1130.

- Refrigerantes del grupo tercero, **baja seguridad**

La seguridad de los refrigerantes del grupo tercero, con cualquier sistema de refrigeración, queda condicionada a la observancia de las reglas siguientes:

1. En laboratorios de locales comerciales podrán ser utilizados sólo con equipos de absorción herméticos, compactos o semi-compactos con carga máxima de 10 kilogramos.
2. En locales industriales se podrán utilizar con carga de 500 kilogramos como máximo por equipo independiente, pudiendo ser autorizadas cargas superiores por la Dirección General de Industrias Alimentarias y Diversos, previa justificación de necesidades y de medidas de seguridad dispuestas.
3. Salvo lo establecido en la regla primera, no podrán ser utilizados en locales no industriales.

A este grupo pertenecen refrigerantes como: R-170, R-290, R-600, R-600a, R-1150.

Elección del refrigerante utilizado para la instalación frigorífica

Como refrigerante se opta por el **amoníaco (R-717)**, ya que por sus propiedades termodinámicas es el refrigerante que más se aproxima al refrigerante ideal. Además el amoníaco

posee un gran número de ventajas que lo hacen el más aconsejable para ser utilizado en grandes instalaciones industriales como es en nuestro caso, algunas de las cuales se describen seguidamente:

1. **Transferencia de calor:** Las propiedades físicas del amoníaco lo convierten en un líquido con una transferencia de calor considerablemente superior a la de los refrigerantes fluorados más utilizados. Su capacidad es de cuatro a cinco veces mayor que la del R12 y el R22, cuyas capacidades de transferencia de calor se ven disminuidas en la práctica cuando se mezclan con el aceite. El amoníaco no se mezcla con el aceite
2. **Diseño del equipo:** Puesto que el amoníaco no se mezcla con aceite, el diseño del equipo es más sencillo. No se necesitan tuberías verticales dobles y el aceite circulante no ocasiona caídas de presión. Además, la ampliación del equipo existente es muy sencilla, basta con una disposición adecuada de tuberías para poder añadir compresores y evaporadores o condensadores, sin tener que preocuparse por el retorno del aceite. De esta forma se pueden explotar las posibilidades de ahorro de energía que ofrece una planta de múltiples compresores.
3. **Grosor de la pared de las tuberías:** La capacidad de refrigeración del amoníaco es seis veces mayor que la del R22 y ocho veces mayor que la del R12. Esto implica un caudal másico significativamente inferior que, junto con la viscosidad ligeramente inferior del amoníaco, se traduce en tuberías mucho menos costosas. Estas tuberías deben ser de acero o aluminio, materiales más baratos que el cobre necesario para los sistemas que transportan refrigerantes fluorados.
4. **Miscibilidad con el agua:** El agua es totalmente soluble en amoníaco que, por lo tanto, es muy tolerante. En una gran planta de refrigeración, resulta muy difícil detectar un contenido del 5% de agua a través de los manómetros y termómetros que se suelen adquirir para tales sistemas. Muchas instalaciones funcionan con un contenido de agua relativamente elevado sin inconvenientes importantes. Por consiguiente, no se precisan secantes de filtros, visores de líquido ni indicadores de humedad y la válvula de expansión nunca se congela.
5. **Precio:** El amoníaco se fabrica para muchos usos además de refrigeración, factor que puede contribuir a mantener su precio bajo. En cualquier caso, el precio del amoníaco es muy inferior al coste de la mayoría de los refrigerantes fluorados, y además con cantidades significativamente inferiores se consiguen los mismos efectos. Si se compara con los nuevos refrigerantes (R134a, etc.) el amoníaco es muy competitivo.

La única precaución que deberemos tomar es que en ningún caso el amoníaco deberá de entrar en contacto directo con los alimentos que se almacenan en cada una de las cámaras, ya que el amoníaco es una sustancia con cierto grado de toxicidad.

9.7.2 Compresor

9.7.2.1 Introducción

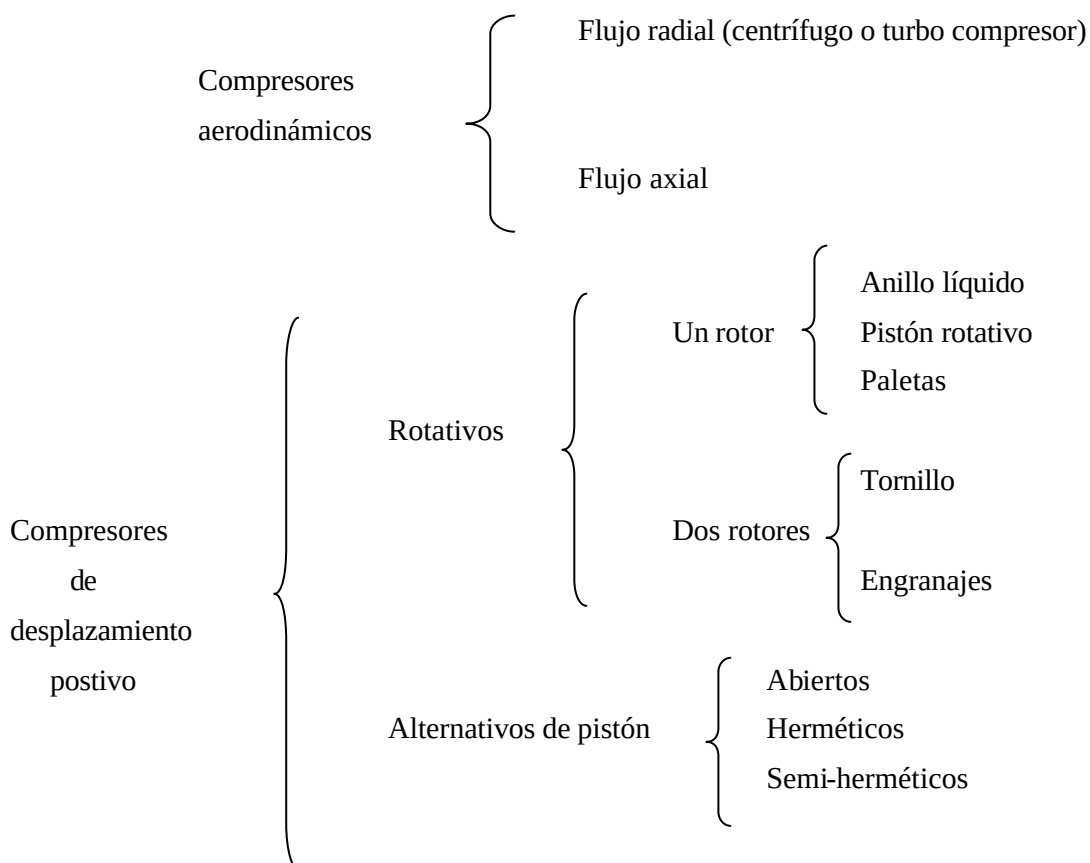
El compresor tiene la misión de aspirar los vapores que se producen al evaporarse un flujo frigorígeno en un evaporador que se encuentra a baja presión y descargarlo a alta presión en el condensador, realizándose el cambio de estado de vapor a líquido. Por lo que podríamos definirlo como una máquina aspirante-impelente.

9.7.2.2 Clasificación de los compresores

Los compresores se pueden dividir en:

- Compresores aerodinámicos.
- Compresores de desplazamiento positivo.

Asimismo, cada uno de ellos se puede subdividir en los actualmente más utilizados en la industria frigorífica.



Al escoger un compresor debe tenerse en cuenta **la curva característica del mismo referente al caudal-presión.**

Asimismo, también deben tenerse en cuenta las dimensiones y el peso, la existencia o no de válvula, vibraciones emitidas en su entorno, resistencia mecánica de sus piezas, regularidad del caudal, contaminación del refrigerante por el aceite de engrase, etc.

Los compresores de tornillo por su volumen aspirado pueden intercalarse entre los compresores alternativos y los centrífugos. Estos compresores presentan las ventajas de una máquina rotativa desprovista de movimientos alternativos, conservando las características caudal-presión de los compresores de pistón.

9.7.2.3 Compresores aerodinámicos

En estos compresores no existe transformación del movimiento. El fluido circula por medio de una rueda con álabes que gira como el árbol de accionamiento.

Presentan la ventaja de que no contaminan el fluido refrigerante con el aceite de engrase, si bien tienen el inconveniente de que el caudal de desplazamiento es muy sensible a las variaciones de presión.

➤ Compresores centrífugos

Permiten desplazar grandes volúmenes de gas con unas dimensiones reducidas, pero no permiten relaciones de compresión elevadas, a menos que lleven varias ruedas. La compresión se obtiene por la aceleración del gas en las ruedas del rotor. A una velocidad determinada, un compresor centrífugo da una relación de compresión dada y nos obliga a seleccionar un compresor y su velocidad de utilización para un régimen de funcionamiento máximo.

Con estos compresores, no sucede lo mismo que con los de pistón. Puede utilizarse la misma velocidad para regímenes muy distintos.

La reducción de capacidad la efectúan mediante unos álabes directrices orientables, situados en la aspiración, que regulan la cantidad de fluido introducido en el compresor. El rendimiento mecánico es excelente, pues los puntos de rozamiento están limitados a los dos soportes de los cojinetes.

➤ Compresores axiales

Debido a los grandes volúmenes desplazados, esta disposición permite reducir la altura de las fundaciones, conductos, filtros y silenciadores.

Tienen el inconveniente que producen mucho ruido, que puede reducirse mediante revestimientos especiales.

Se emplean en la industria química y en los compresores de aire.

9.7.2.4 Compresores rotativos

En estos compresores no existe transformación de movimiento, como en los compresores de pistón; el movimiento es circular y continuo, como el árbol de accionamiento. No existen válvulas de aspiración y, por lo tanto, el movimiento del gas es más lineal.

El fluido circula siempre en el mismo sentido, flujo continuo. Exigen un abundante engrase y, aunque parece un inconveniente, el aceite inyectado sirve para sustraer el calor resultante de la compresión, por lo cual los vapores en la impulsión se recalientan mucho menos y se pueden elegir mayores relaciones de compresión.

➤ Compresores de tornillo

Su nombre proviene de la forma en hélice de sus rotores, parecidos a un engranaje de talla oblicua.

El rotor principal, normalmente, tiene cuatro espiras de sección circular y el rotor auxiliar tiene seis canales en forma de tornillo que se corresponden con el perfil del rotor principal.

Al girar el rotor principal y el auxiliar aprisionan en él volumen de gas, que es transportado de manera continua de una extremidad a otra del engranaje, en el cual se encuentran, de forma opuesta, la entrada y la salida.

Normalmente, los compresores de tornillo trabajan inundados de aceite. La inyección de aceite permite aumentar considerablemente la estanqueidad interna del engranaje y alcanzar relaciones de compresión de 1:20 o admitir velocidades de rotación suficientemente bajas para poder realizar el accionamiento directo para motores de 2 y 4 polos.

También se consiguen temperaturas de descarga muy por debajo de las que corresponderían si la compresión del gas se efectuara sin dicha inyección y lubrica perfectamente los cojinetes de apoyo.

En este tipo de compresores, se puede regular su capacidad desde el 10 % al 100 % mediante unas aberturas regulables.



Figura 4. Compresor de tornillo Grasso.

9.7.2.5 Compresores alternativos

Los compresores alternativos realizan la transformación de un movimiento rotativo en un movimiento alternativo; por lo tanto, hay una reacción a los cambios de carrera, pérdida de energía por transformación del movimiento y limitación de la velocidad por la inercia de sus órganos.

A pesar de tener como inconveniente los indicados anteriormente, se han demostrado insustituibles por su precio y flexibilidad.

Los compresores policilíndricos se utilizan en instalaciones donde son necesarios grandes desplazamientos volumétricos.

Podemos clasificar los compresores por sus distintas características:

1. **Según su forma:** Horizontal, vertical en V-W y V+W.
2. **Según su tipo de construcción:** Cáster abierto, cerrado o semihermético.
3. **Según su número de efectos:** Simple efecto o doble efecto.
4. **Según el sentido de circulación:** Flujo alternativo o continuo.
5. **Según el número de compresiones:** Una o dos etapas de compresión.

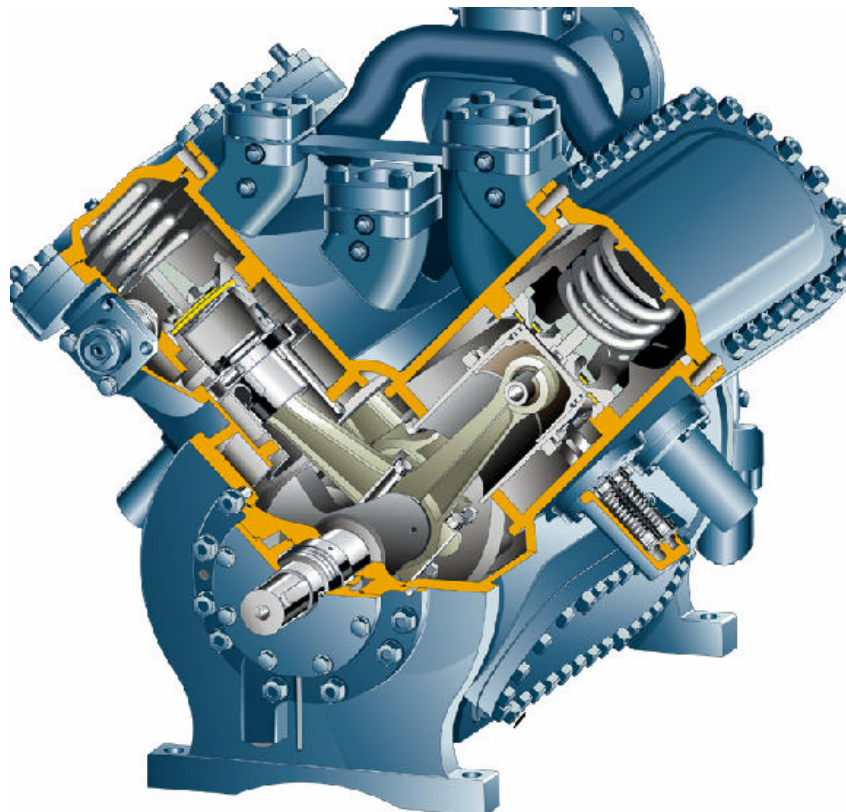


Figura 5. Compresor alternativo Grasso.

9.7.2.6 Compresores herméticos

El compresor hermético consiste en situar el compresor y el motor eléctrico dentro de un recipiente cerrado. Por la parte exterior solamente salen la válvula de aspiración, la válvula de compresión y el conexionado eléctrico.

Estos compresores se empezaron fabricando para pequeñas potencias y actualmente se fabrican **hasta 20 CV**.

Poseen muchas ventajas, pero también el inconveniente de que en caso de avería no tienen reparación; por lo tanto, la instalación debe efectuarse con el máximo de pulcritud para evitar posibles averías.

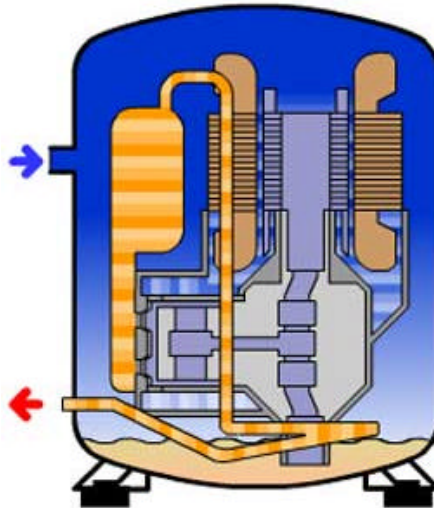


Figura 6. Vista interna de un compresor hermético.

9.7.2.7 Compresores semi-herméticos

Es el compresor más utilizado para pequeñas y medianas potencias. Dispone de las ventajas del hermético y en caso de avería es fácilmente desmontable y reparable.

Como el compresor y el motor forman un solo conjunto, no lleva prensaestopas y así se evita el inconveniente de posibles fugas de refrigerante.

Se fabrican compresores para una etapa y para doble etapa.

Todos los fabricantes se esfuerzan en mejorar la calidad de los compresores semi-herméticos en los siguientes puntos:

- Reducción del espacio muerto con mayor sección de paso de gases y así conseguir mayores coeficientes volumétrico e isoentrópico, al reducir las pérdidas por fricción del flujo de gas.
- Efectuando un tratamiento especial a la superficie del cigüeñal y segmentos cromados para situar en los pistones.
- Reducción de las pérdidas por fricción.
- Máxima protección ante situaciones de riesgo, como puede ser la falla de aceite al compresor, alta temperatura de descarga, etc.
- Muy buen equilibrado, consiguiendo que sea más silencioso.

La principal ventaja del compresor semi-hermético es la facilidad de su reparación, sustituyendo las piezas averiadas en un corto espacio de tiempo.



Figura 7. Compresores semi-herméticos Copeland.

9.7.2.8 Elección de los compresores

Según las necesidades frigoríficas y de las características de la instalación, optamos por instalar **10 compresores de tornillo**, para dar servicio a todas las cámaras. La distribución de los compresores, se hará de la siguiente manera:

- **Cámara 1:** 2 compresores de tornillo de **800 kW de potencia frigorífica**, de los cuales uno dispone de variador de frecuencia para el control de la capacidad frigorífica. Las características técnicas de estos compresores son:

Características Técnicas:	
Marca:	MYCOM
Modelo:	250 VLD
Capacidad de enfriamiento:	800 kW
Volumen de aire aspirado:	2.375 m ³ / h
Potencia consumida:	300 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Cámara 2:** 2 compresores de tornillo de **800 kW de potencia frigorífica**, de los cuales uno dispone de variador de frecuencia para el control de la capacidad frigorífica. Las características técnicas de estos compresores son:

Características Técnicas:	
Marca:	MYCOM
Modelo:	250 VLD
Capacidad de enfriamiento:	800 kW
Volumen de aire aspirado:	2.375 m ³ / h
Potencia consumida:	300 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Cámara 3:** 2 compresores de tornillo de **600 kW de potencia frigorífica**, de los cuales uno dispone de variador de frecuencia para el control de la capacidad frigorífica. Las características técnicas de estos compresores son:

Características Técnicas:	
Marca:	MYCOM
Modelo:	200 VLD
Capacidad de enfriamiento:	600 kW
Volumen de aire aspirado:	1.750 m ³ / h
Potencia consumida:	215 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Cámara 4:** 2 compresores de tornillo de **600 kW de potencia frigorífica**, de los cuales uno dispone de variador de frecuencia para el control de la capacidad frigorífica. Las características técnicas de estos compresores son:

Características Técnicas:	
Marca:	MYCOM
Modelo:	200 VLD
Capacidad de enfriamiento:	600 kW
Volumen de aire aspirado:	1.750 m ³ / h
Potencia consumida:	215 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Cámara 5:** 1 compresor de tornillo de **90 kW de potencia frigorífica**, de los cuales uno dispone de variador de frecuencia para el control de la capacidad frigorífica. Las características técnicas de estos compresores son:

Características Técnicas:	
Marca:	BITZER
Modelo:	OSKA7441-K
Capacidad de enfriamiento:	90 kW
Volumen de aire aspirado :	712 m ³ /h
Potencia consumida:	27,9 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Antecámara:** 1 compresor de tornillo de **110,1 kW de potencia frigorífica**, de los cuales uno dispone de variador de frecuencia para el control de la capacidad frigorífica. Las características técnicas de estos compresores son:

Características Técnicas:	
Marca:	BITZER
Modelo:	OSKA5361-K
Capacidad de enfriamiento:	110,1 kW
Volumen de aire aspirado:	871 m ³ / h
Potencia consumida:	34,3 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

El motivo de optar por compresores de tipo tornillo es, el gran rendimiento que presenta este tipo de compresores, sobretodo cuando se trabaja con temperaturas de evaporación muy bajas. Otro factor importante a la hora de elegir este tipo de compresor es, la buena regulación que se puede hacer de su capacidad que va desde el 10 % al 100 %, mediante aberturas regulables. Por estos motivos, hacen de estos compresores los más utilizados en grandes industrias frigoríficas.

- Compresores de reserva:

Al tratarse de un complejo industrial frigorífico de **más de 100 kW**, las normas de seguridad nos exigen a tener equipos de reserva para dar abastecimiento en caso de anomalía en algún de los equipos principales, por este motivo se tendrá **un compresor MYCOM 250 VLD de 800 kW de potencia frigorífica** conectado en paralelo con los otros compresores para dar servicio a la demanda más grande de alguna de las cámaras de congelación.

Por otra parte, también se dispondrá de otro compresor de reserva, para que de cobertura a la demanda más pequeña de alguna de las cámaras en caso de anomalía, en este caso, se opta por tener conectado en paralelo con el resto de compresores principales **un compresor BITZER OSKA5361-K de 110,1 kW de potencia frigorífica**.

9.7.3 Condensador

9.7.3.1 Introducción

La misión principal de un condensador es transformar el gas procedente del compresor en líquido.

Normalmente, un condensador está formado por una determinada longitud de tubo, por cuyo interior circula el gas comprimido, sometido exteriormente a la acción enfriadora de un medio refrigerante, que puede ser agua y /o aire.

En el condensador se eliminan:

1. Las calorías procedentes del calor latente que se ha absorbido en el evaporador.
2. Las calorías procedentes del trabajo mecánico, que hemos suministrado al compresor para aumentar la presión del gas.

9.7.3.2 Clasificación de los condensadores

A continuación se muestra en la tabla 4, una clasificación de los tipos de condensadores más importantes:

Grupo	Fluido que enfría	Tipo condensador	$K = \text{kcal} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$
Calor sensible	Aire	Circulación de aire natural	8 a 10
		Circulación por aire forzado	20 a 25
	Agua	De inmersión	200 a 500
		Multitubulares horizontales	600 a 1.000
		Multitubulares verticales	700 a 1.200
Calor latente	Atmosféricos	De doble tubo contracorriente	600 a 800
		De lluvia	200 a 250
	Evaporación forzada	De lluvia contracorriente	700 a 1.000
		Evaporativos con tubo liso	200 a 300
		Evaporativos con tubo aleteado	100 a 150

Tabla 6. Clasificación de los condensadores

➤ Condensadores por aire

- Condensadores por aire de convección natural

El aire que enfría el condensador circula debido únicamente a su cambio de densidad al ponerse en contacto con la superficie caliente de los tubos, por cuyo interior circula el fluido refrigerante a alta temperatura.

En esta clase de condensadores, el coeficiente de transmisión de calor es muy bajo, de 8 a 10 kcal / m²·h·°C.

Estos condensadores se aplican a instalaciones de pequeña potencia (neveras, arcones congeladores, etc.).

- Condensadores por aire de circulación forzada

En este modelo de condensadores, la circulación del aire se realiza forzada, por uno o varios ventiladores, que aspiran el aire a través de toda la superficie del condensador.

Cada fabricante de condensadores establece una serie de características básicas, como puede ser que no sean voluminosos y, a la vez, que sean resistentes a la oxidación y a la corrosión.

Tanto los ventiladores como la envolvente deben ser resistentes a los agentes ambientales exteriores.

Es muy importante colocar el condensador en un lugar bien ventilado.

El condensador de aire forzado se selecciona a partir del calor total a disipar y de la diferencia de temperatura entre el ambiente y la condensación.

Normalmente, se construyen con tubo de cobre y aletas de aluminio.



Figura 8. Condensador de aire forzado Frimetel.

➤ Condensadores por agua

- Condensadores por agua de inmersión

Se trata de colocar el serpentín condensador dentro de una cuba de agua cilíndrica o tanque de agua.

Un agitador de eje vertical asegura la circulación del agua alrededor del serpentín.

Este tipo de condensadores son muy voluminosos y necesitan mucho espacio, por lo que actualmente no se instalan.

Tienen un coeficiente de transmisión bajo y es difícil de limpiar.

- Condensadores multitubular horizontal

Este tipo de condensador es el más utilizado para el funcionamiento con agua.

Consiste en un tubo cilíndrico horizontal, tapado por los dos extremos. En cada una de las placas de los extremos se alojan una serie de tubos.

El agua penetra por uno de los extremos, pasando a través de todos los tubos pequeños, con un recorrido horizontal, y sale por la parte superior del mismo cabezal.

El gas entra por la parte superior del cilindro, envuelve los tubos por donde circula el agua, se condensa y sale por la parte inferior.

La envolvente se construye con tubo de acero sin soldadura o de chapa soldada.

Los cabezales de agua son generalmente de acero o fundición y fácilmente desmontables, facilitando, de esta forma, la limpieza de los tubos.

Las conexiones de agua se adaptan a un número variable de pasos, según que el agua sea de torre de enfriamiento (menor número de pasos) o de red (mayor número de pasos).

Si el condensador se ha construido para refrigerantes halogenados, los tubos interiores son de cobre y van mandrinados, para su fijación a las placas tubulares.

En cambio, si el condensador funciona con amoníaco (R-717), los tubos son de acero estirado sin soldadura y también mandrinados a las placas.

En el interior del condensador se colocan unos deflectores para la mejor distribución del agua.



Figura 9. Condensador multitubular horizontal.

- Condensadores multitubular vertical

El condensador multitubular vertical es de características parecidas al anterior, con la diferencia de que se coloca en posición vertical y no lleva cabezales.

El agua entra libremente por la parte superior a través de unas boquillas que distribuyen el agua a través de los tubos en forma de espiral. Así riega toda la superficie interior de los tubos en su totalidad con una película líquida. El agua sale por la parte inferior del tubo hacia un depósito de recogida.

Los gases entran por la parte central del condensador vertical y el líquido refrigerante desciende junto a los tubos y va a parar a la parte inferior del condensador.

El coeficiente de transmisión de calor es muy bueno y está clasificado, como condensador de calor latente del tipo atmosférico. Tiene la ventaja que es fácilmente limpiable, incluso durante el

funcionamiento, y la posibilidad de utilizar agua con índices de suciedad. Normalmente, este tipo de condensadores funciona con agua enfriada por una torre de refrigeración.

- Condensadores por agua de doble tubo

Es el clásico condensador a contracorriente construido por una serie de tubos de dos diámetros diferentes, situados concéntricamente, los de menor diámetro en el interior de los de mayor diámetro.

Normalmente, el agua circula por el interior de los tubos pequeños y el refrigerante a condensar, entre el tubo de diámetro pequeño y el tubo de diámetro mayor (espacio anular).

El coeficiente de transmisión de calor es bueno y ocupa poco espacio en la instalación.

Para facilitar la limpieza, los codos que unen los tubos de agua son desmontables.

Para este tipo de condensadores es necesario disponer de un recipiente de líquido, para así no inundar los últimos tubos del condensador, lo cual disminuiría el rendimiento.

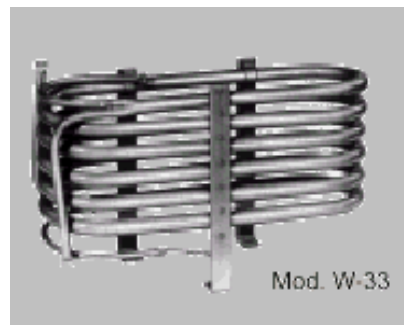


Figura 10. Condensador por agua de doble tubo.

➤ Condensadores atmosféricos

- Condensadores de lluvia

Este tipo de condensadores son llamados también condensadores por aspersion o condensadores evaporativos abiertos.

Este condensador está formado por un serpentín construido con tubo de acero sin soldadura. En la parte superior se coloca un rociador que distribuye el agua sobre el condensador.

En la parte inferior del condensador se coloca un depósito que recoge el agua y en un extremo una bomba, que vuelve a impulsar el agua hacia los rociadores.

Durante el proceso de condensación, el calor es eliminado por el rociado del agua sobre el tubo, el cual provoca una parte de evaporación del agua, en función del calor latente de evaporación del agua, a la temperatura de condensación.

En este tipo de condensador, el aire circula por tiro natural y, por lo tanto, tiene un coeficiente de transmisión de calor medio. Conviene efectuar un mantenimiento para evitar la

corrosión de los tubos, el desarrollo de algas y la formación de suciedad en la parte exterior de los tubos.

Normalmente, el agua se trata con inhibidores de corrosión.

➤ Condensadores de evaporación forzada

- *Condensadores evaporativos*

Este condensador funciona con el mismo principio que el de lluvia, pero con la variante de que en lugar de circular el aire por tiro natural el aire circula con ventilación forzada, por medio de ventiladores helicoidales o centrífugos.

El rendimiento de un condensador evaporativo depende del íntimo contacto del agua pulverizada y el aire que circula en corriente forzada, pero, principalmente, de las condiciones atmosféricas del aire que entra y muy especialmente de la temperatura que indica el termómetro húmedo.

Este tipo de condensador rinde mucho en zonas secas y rinde menos en zonas húmedas.

El condensador evaporativo ocupa menos espacio que el de lluvia y está formado por un serpentín de condensación, pulverizadores, ventilador, envolvente y separador de gotas.

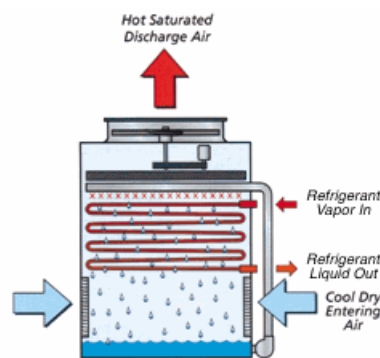


Figura 11. Principio de operación condensador evaporativo.

9.7.3.3 Elección del equipo condensador

Debido a la gran cantidad de calor que necesitamos evacuar en este complejo industrial, está claro que debe de optarse por un sistema condensador aire-agua (sistema mixto). Dentro de esta clasificación, encontramos 2 tipos de sistema de condensación, el primero se trata de un condensador por agua junto con torre de refrigeración y el otro es el condensador evaporativo.

Se opta por la segunda opción, es decir, instalamos un condensador evaporativo, por los siguientes motivos:

- El condensador evaporativo incluye condensador por agua y torre evaporativa en un solo sistema, por lo tanto reducimos espacio y costos económicos.
- La torre de refrigeración, necesita además de un condensador, por ejemplo, del tipo de placas.

Por consiguiente, se opta por instalar un condensador evaporativo de las siguientes características técnicas:

Características Técnicas:	
Marca:	EVAPCO
Modelo:	ATC-1800
Capacidad de evacuación de calor:	7.754 kW
Ventiladores:	4 x 11 kW
Caudal de aire:	137,2 m ³ / s
Bomba de rocío:	4 x 4 kW
Caudal de líquido:	201,9 l / s
Capacidad Cáter:	7.570 l
Conexiones:	4 x 300 mm
Dimensiones:	
Longitud:	8,23 m
Anchura:	2,49 m
Altura:	5,42 m

Tabla 7. Características Técnicas del condensador evaporativo seleccionado.

El método seguido para la selección del condensador es el que se describe en el catálogo de condensadores evaporativos EVAPCO:

Sabiendo la potencia necesaria del equipo condensador, junto con la temperatura de bulbo húmedo de la zona (en nuestro caso, **20 °C**), la temperatura de condensación (**45 °C**) y el refrigerante utilizado (**R-717**), pasamos a la Tabla 6 para averiguar el factor de corrección que debemos aplicar antes de seleccionar la unidad adecuada.

TABLE Ammonia (R-717) Heat Rejection Factors

Condensing Pressure, (KPa)	Cond. Temp. °C.	WET BULB TEMPERATURE, °C																			
		10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1063	30	0.95	1.03	1.12	1.23	1.31	1.40	1.51	1.63	1.79	1.99	2.24	2.56	3.00	—	—	—	—	—		
1133	32	0.84	0.90	0.97	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.43	1.55	1.70	1.88	2.11	—	—	—	—	—		
1206	34	0.76	0.81	0.86	0.93	0.98	1.02	1.07	1.12	1.19	1.28	1.38	1.48	1.61	1.80	2.06	—	—	—		
1245	35	0.71	0.76	0.81	0.87	0.91	0.95	0.99	1.03	1.08	1.15	1.23	1.30	1.39	1.53	1.69	1.90	2.15	2.47		
1284	36	0.69	0.73	0.77	0.82	0.86	0.89	0.92	0.96	1.01	1.07	1.13	1.20	1.28	1.39	1.53	1.70	1.91	2.17		
1365	38	0.63	0.66	0.69	0.73	0.76	0.78	0.81	0.83	0.86	0.90	0.94	0.99	1.05	1.12	1.21	1.31	1.44	1.59		
1451	40	0.58	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.80	0.83	0.87	0.91	0.96	1.02	1.09	1.18	1.29		
1539	42	0.53	0.55	0.57	0.60	0.61	0.63	0.64	0.66	0.68	0.71	0.74	0.76	0.80	0.84	0.88	0.93	0.99	1.06		
1630	44	0.49	0.50	0.52	0.54	0.56	0.56	0.58	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.83	0.86		

Tabla 8. Factores de corrección para R-717.

De la tabla 6, encontramos el valor de corrección **0,59** este factor de corrección sacado de la tabla 6, lo tendremos que multiplicar por el valor del calor total que previamente habíamos calculado. De esta manera, nos dará el valor real de potencia calorífica que debemos de evacuar:

$$\text{Calor real a evacuar} = \text{calor total a evacuar} \times \text{factor de capacidad} =$$

$$13.028 \quad \times \quad 0,59 \quad = \underline{7.687 \text{ kW}}$$

Ahora sí, con el valor real de la potencia calorífica a evacuar en el condensador evaporativo, nos vamos a la tabla 7 y elegimos la unidad que sea capaz de evacuar este calor.

DIRECT DRIVE MODELS		BELT DRIVE MODELS	
Unit No.	Heat Rejection KW	Unit No.	Heat Rejection KW
ATC-50	215	ATC-860	3705
65	280	890	3834
80	345	920	3963
90	388	1010	4351
105	452	1075	4631
120	517	1090	4696
135	582	1110	4782
150	646	1240	5342
165	711	1265	5450
BELT DRIVE MODELS		1310	5643
ATC-180	775	1335	5751
200	862	1370	5902
210	905	1395	6010
230	991	1435	6182
260	1120	1460	6290
285	1228	1500	6462
320	1379	1530	6591
345	1486	1575	6785
370	1594	1605	6914
420	1809	1625	7001
460	1982	1655	7130
490	2111	1690	7281
505	2176	1720	7410
520	2240	1735	7474
540	2326	1800	7754
560	2412	1915	8250
580	2499	1980	8530
630	2714	2100	9047
670	2886	2370	10210
700	3016	2500	10770
730	3145	2615	11265
765	3296	2740	11804
800	3446	2860	12321
830	3576	3010	12967
		3225	13893

Tabla 9. Capacidad de evacuación de potencia calorífica por unidad

9.7.4 Evaporadores

9.7.4.1 Introducción

Un evaporador es un intercambiador de calor que tiene la capacidad necesaria para conseguir la temperatura deseada en el recinto a enfriar.

La misión principal del evaporador es asegurar la transmisión de calor desde el medio que se enfría hasta el fluido frigorígeno. El refrigerante líquido, para evaporarse, necesita absorber calor y, por lo tanto, produce frío.

Un evaporador debe tener un correcto coeficiente global de transmisión de calor.

9.7.4.2 Clasificación de los evaporadores

A continuación se muestra en la tabla 3, una clasificación de los tipos de evaporadores más importantes:

Grupo	Clase	Tipo de condensador	$K = \text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$
Enfriadores de líquidos	Inmersión	De serpentín	60 a 80 sin agitar
		De parrilla	200 a 250 agitado
			350 a 400 agitado
	Doble tubo contracorriente	Intensivos	500 agitado
			500 a 700
			800 a 1.200
	Multitubulares	Horizontales	400 a 600
		Expansión seca	800 a 1.000
		Verticales	700 a 1.200
Enfriadores de gases	Circulación aire natural	Tubos lisos	16 a 20
		Tubos aleteados	6 a 8
		Placas eutécticas	5 a 7
	Circulación aire forzado	Tubos lisos	30 a 40
		Tubos aleteados	14 a 20
Congeladoras	Fábricas de hielo		
	Acumuladores de hielo		

Tabla 10. Clasificación de los evaporadores.

➤ Evaporadores enfriadores de líquidos

Según se ha indicado en la tabla anterior, los evaporadores enfriadores de líquido se dividen en evaporadores de inmersión y en evaporadores de circulación interna de doble tubo o multitubulares horizontales.

- *Evaporadores de inmersión*

Los evaporadores de inmersión siempre están situados dentro del líquido a enfriar y en contacto íntimo con el mismo.

Los evaporadores de inmersión pueden ser de serpentín, parrilla y espina de pescado.

El de serpentín, tal y como su nombre indica, es un serpentín de tubo sumergido dentro de líquido. El de parrilla consiste en situar un colector en la parte superior de donde parten una serie de tubos verticales que son recogidos por un colector en la parte inferior.

El evaporador de espina de pescado es igual que el anterior, pero los tubos en lugar de verticales son acodados.

- *Evaporadores multitubulares*

Los evaporadores multitubulares horizontales son de construcción parecida a los condensadores, pero se diferencian si son para refrigerantes fluorados (miscibles con el aceite) o amoníaco (no miscible con el aceite).

El evaporador para refrigerantes fluorados está formado por una virola de acero, una serie de tubos y dos tapas laterales. El refrigerante circula por los tubos y el líquido a enfriar pasa por la parte exterior de los mismos, a través de unos tabiques deflectores. También se construyen evaporadores multitubulares con una sola tapa lateral y los tubos adoptan la forma de horquilla.

Los evaporadores para amoníaco son de construcción parecida, con la diferencia que funcionan por el sistema inundado, o sea, el líquido a enfriar circula por el interior de los tubos y el amoníaco, se recoge por la parte inferior del evaporador; a tal efecto, en la parte central inferior del evaporador se suelda un pequeño recipiente vertical o domo, por donde se recoge el aceite que se purga a través de un grifo.



Figura 12. Evaporador multitubular.

- *Evaporador multitubular vertical*

El evaporador multitubular vertical se fabrica en función de la alimentación de refrigerante (expansión seca o bien inundado) y de la clase de refrigerante empleado.

Para amoníaco se construyen los evaporadores Trepaud, que funcionan en régimen inundado y disponen de un separador general de líquido en la parte superior.

El evaporador Trepaud para refrigerantes fluorados es de características parecidas al anterior, variando las tapas y los tabiques deflectores. Así se asegura el retorno del aceite.

➤ Evaporadores enfriadores de gases

- *Evaporador de circulación natural*

El evaporador de circulación natural se puede construir con tubos lisos o con tubos y aletas. Lógicamente, el enfriamiento del aire se consigue por las diferencias de densidad del aire.

Antiguamente se construían serpentines de tubos lisos apoyados en las paredes, pero el coeficiente de transmisión es muy bajo y este sistema se ha ido abandonando.

En cambio, el evaporador de circulación natural con bandeja de desagüe es un evaporador que se instala en cámaras donde es necesario conseguir el frío sin circulación de aire y con una humedad relativa alta.

- *Evaporador de circulación forzada*

Es el evaporador más empleado en la actualidad. Está formado por un haz de tubos y aletas, cerrados en una envolvente, por donde circula el aire forzado movido por ventiladores.

Estos evaporadores se construyen de serie. En función de la temperatura a la que van destinados, frecuencia de los desescarches y clase de producto a enfriar, se elige la separación de las aletas (muy juntas para alta temperatura y más separadas para baja temperatura).

En función de la salida del aire tratado pueden ser evaporadores murales, de techo cúbicos, de techo horizontales o con bocas de descarga.

En función de la presión de la salida del aire pueden ir equipados con ventiladores helicoidales o con ventiladores centrífugos.



Figura 13. Evaporador de circulación forzada Frimetel.

9.7.4.3 Elección de los evaporadores

Los evaporadores que se utilizan en las cámaras son **evaporadores de circulación forzada**, concretamente del tipo cúbico que van colocados en el techo de las cámaras.

Los evaporadores de circulación forzada del tipo cúbico, abarcan un abanico más grande de potencias frigoríficas y por la geometría de las cámaras, hacen que sean los más idóneos para ser instalados en dichas cámaras.

Los evaporadores cúbicos elegidos son de la marca comercial **AIRCOIL BALTIMORE**, para hacer la selección de las unidades adecuadas para cada cámara se ha seguido el método marcado en el mismo catálogo de la misma marca de evaporadores (véase en la memoria de cálculo del presente proyecto).

Según el fabricante las potencias de los evaporadores de tiro forzado, han sido determinadas según la norma ASHRAE 25-68 "Calibrated, box method", con temperatura ambiente de +2,5 °C, temperatura evaporación de -7,5 °C y superficie seca (relación calor sensible /calor total RC=1).

La influencia del hielo sobre el coeficiente externo de transmisión y de la temperatura de evaporación sobre el coeficiente interno, pueden ser determinadas para condiciones normales de funcionamiento, multiplicando las potencias nominales por el factor de corrección deducido del presente diagrama, en función de la temperatura ambiente y el intervalo entre dos desescarches sucesivos.

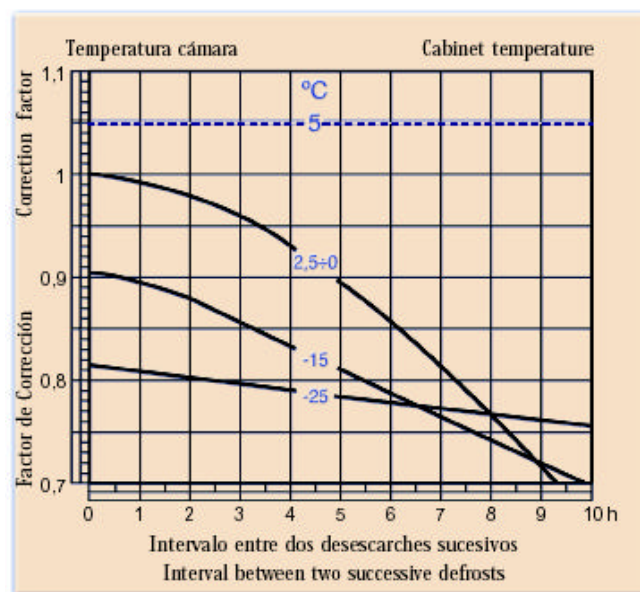


Figura 14. Gráfico de selección de los evaporadores AIRCOIL.

De esta manera, las características técnicas de los equipos seleccionados para las distintas cámaras son los siguientes:

▪ **Cámaras 1 y 2:** 10 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 2302
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	71.500 m ³ / h
Superficie:	1022,8 m ²
Flecha:	2 x 48 m
Ventiladores:	5 unid. x 1,9 kW Ø 630 mm
Capacidad frigorífica:	297,44 kW
Conexiones entrada:	2 x 42 mm
Conexiones salida:	2 x 66 mm
Desescarche:	Gas caliente; 2 x 28 mm
Consumo:	17,25 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

Tabla 11. Características técnicas evaporadores seleccionados cámaras 1 y 2.

▪ **Cámara 3:** 10 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 1626
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	59.000 m ³ / h
Superficie:	681,9 m ²
Flecha:	2 x 45 m
Ventiladores:	4 unid. x 1,9 kW Ø 630 mm
Capacidad frigorífica:	210,12 kW
Conexiones entrada:	2 x 35 mm
Conexiones salida:	2 x 60 mm
Desescarche:	Gas caliente; 2 x 28 mm
Consumo:	13,8 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

Tabla 12. Características técnicas evaporadores seleccionados cámara 3.

▪ **Cámara 4:** 10 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 1841
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	57.200 m ³ / h
Superficie:	736,4 m ²
Flecha:	35 m
Ventiladores:	4 unid. x 1,9 kW Ø 630 mm
Capacidad frigorífica:	149,89 kW
Conexiones entrada:	2 x 42 mm
Conexiones salida:	2 x 66 mm
Desescarche:	Gas caliente; 42 mm
Consumo:	7,6 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

Tabla 13. Características técnicas evaporadores seleccionados cámara 4.

▪ **Cámara 5:** 4 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 384
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	13.800 m ³ / h
Superficie:	145,1 m ²
Flecha:	30 m
Ventiladores:	3 unid. x 0,64 kW Ø 450 mm
Capacidad frigorífica:	44,71 kW
Conexiones entrada:	28 mm
Conexiones salida:	42 mm
Desescarche:	Gas caliente; 28 mm
Consumo:	3,75 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

Tabla 14. Características técnicas evaporadores seleccionados cámara 5.

- **Antecámara:** 6 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 384
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	13.800 m ³ / h
Superficie:	145,1 m ²
Flecha:	30 m
Ventiladores:	3 unid. x 0,64 kW Ø 450 mm
Capacidad frigorífica:	44,71 kW
Conexiones entrada:	28 mm
Conexiones salida:	42 mm
Desescarche:	Gas caliente; 28 mm
Consumo:	3,75 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

Tabla 15. Características técnicas evaporadores seleccionados antecámara.

9.7.4.4 Desescarche de los evaporadores

El vapor de agua que contiene el aire de la cámara se deposita sobre las aletas o tubos del evaporador cuando la temperatura es inferior a 0 °C.

Decimos entonces que el evaporador está escarchado, o sea, lleno de hielo. La cantidad de escarcha dependerá de las horas de funcionamiento de la instalación, de las aberturas de la puerta y de la mercancía almacenada.

En función de la clase de género, de su contenido en agua y de la temperatura de la superficie del evaporador, se establece la cantidad de vapor de agua que, en forma de escarcha, se fijará sobre el evaporador.

La formación de escarcha actúa como un aislante, rebaja la temperatura de evaporación del refrigerante, disminuyendo la producción frigorífica y aumentando el tiempo de funcionamiento de la instalación.

Un exceso de escarcha sobre el evaporador dificulta el mantenimiento del grado higrométrico correcto para la conservación del género almacenado y en consecuencia se establece un desescarche periódico del evaporador, que se puede realizar de las formas que se enumeran seguidamente:

➤ Desescarche con el aire de la cámara

Cuando la temperatura de la cámara es superior a 0 °C, el desescarche del evaporador se puede realizar parando el compresor y dejando el ventilador del evaporador en marcha.

De esta manera, al pasar el aire a través del evaporador sin funcionar el compresor, se provoca el deshielo de la escarcha. Debe durar el tiempo necesario para que el evaporador quede perfectamente limpio.

➤ Desescarche con el aire exterior

También se puede descongelar una cámara o túnel a baja temperatura con el aire exterior, parando el compresor y aislando con compuertas el evaporador de forma que el aire exterior no pueda modificar la temperatura de la cámara.

Este sistema se emplea para descongelar túneles continuos de congelación a baja temperatura, a base de abrir unas compuertas que cogen y expulsan el aire exterior durante el tiempo que el túnel permanece parado.

En el caso de túneles de congelación de volumen reducido, no es necesario aislar con compuertas el evaporador, porque una vez terminado el desescarche, el túnel se recupera rápidamente. En túneles de ciclo continuo se establecen horarios de funcionamiento seguidos y tiempos de paro, que se aprovechan para efectuar el desescarche del evaporador.

➤ Desescarche con agua

Es un tipo de desescarche que se ha utilizado durante muchos años, pero actualmente, debido a la escasez de agua, se ha ido abandonando.

Consiste en colocar en la parte superior del evaporador una bandeja con agujeros, de forma que, al recibir el agua, la distribuye de una forma regular sobre la superficie del evaporador y asegura que el agua desescarche toda la batería.

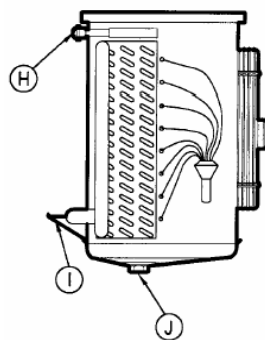


Figura 15. Desescarche por agua.

H: Entrada del agua.

I: Bandeja para recoger las gotas de agua.

J: Salida del agua.

Este tipo de desescarche es ideal cuando se quiere mantener un grado higrométrico elevado, pero al terminar el desescarche se debe espaciar el tiempo de puesta en marcha del ventilador para que la batería pueda escurrir y no tirar el agua hacia la mercancía.

➤ Desescarche con resistencias eléctricas

Es el sistema actualmente más empleado, por su facilidad de instalación y funcionamiento seguro. Pero por el contrario, también representa un sistema bastante caro.

Consiste en colocar dentro de la batería del evaporador una serie de resistencias eléctricas con tubo de acero inoxidable, que al iniciar el desescarche se calientan y suministran el calor el necesario para deshacer todo el hielo.

En este tipo de desescarche, también se colocan resistencias eléctricas en la bandeja y en el tubo de desagüe.

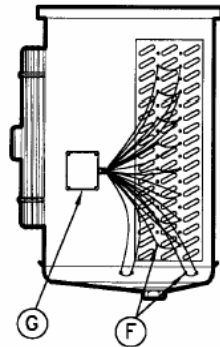


Figura 16. Desescarche eléctrico.

G: Caja de conexiones.

F: Resistencias.

El desescarche eléctrico se establece parando el compresor y dejando las resistencias en marcha durante el tiempo necesario para alcanzar una temperatura de batería de $+8^{\circ}\text{C}$ y el tiempo de escurrido. Todo está programado por un reloj de desescarche o un microprocesador. Este mismo reloj establece cuando debe iniciarse el desescarche, por tiempo horario o por tiempo real de funcionamiento del compresor.

➤ Desescarche con gas pobre

El desescarche con gas pobre consiste en derivar el tubo de compresión hasta el tubo situado entre la válvula de expansión y el distribuidor, pasando previamente a través de una válvula solenoide y una válvula de paso.

Al iniciar el desescarche el gas caliente procedente de la compresión, pasando a través de la válvula solenoide se dirige al distribuidor y recalienta el evaporador. Los gases producidos son aspirados por el compresor.

Mientras dura el tiempo de desescarche, los gases de la compresión se van enfriando y tienen menos capacidad para recalentar el evaporador. Entonces se aconseja parar el desescarche para rehacer el sistema, y al cabo de un tiempo, volver a repetir el desescarche hasta que quede limpia la batería.

En algunos casos, se coloca una válvula solenoide en la compresión para que todo el gas comprimido se dirija hacia el desescarche. Esta variante conviene aplicarla cuando el equipo frigorífico esté instalado en una zona muy fría, porque si no, se cierra la compresión, el gas que llega al evaporador es muy pobre en calor.

Es un tipo de desescarche que tiene limitaciones en su aplicación.

➤ Desescarche por inversión de ciclo

La inversión de ciclo de una instalación frigorífica se consigue al instalar una válvula de 4 vías que permite permutar el evaporador por el condensador y el condensador por el evaporador.

A la salida de la compresión se instala una válvula de 4 vías. Durante el ciclo de frío normal, el gas caliente procedente del compresor se dirige al condensador y la aspiración del evaporador hacia la aspiración del compresor.

Durante el ciclo de frío, la instalación funciona normalmente. El condensador se encarga de condensar el líquido y el evaporador de evaporarlo. A medida que se acumula hielo en el mismo y baja su rendimiento se puede iniciar el desescarche.

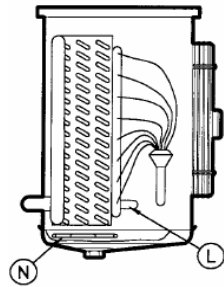


Figura 17. Desescarche por inversión de ciclo.

N: Desescarche bandeja

L: Aspiración gas caliente.

El desescarche por inversión de ciclo se inicia cambiando la posición de la válvula de 4 vías, sin parar el compresor. A partir de este momento, el condensador pasa a evaporador y el evaporador a condensador.

Este tipo de desescarche es muy efectivo porque se dispone de mucho calor para desescarchar el evaporador, debido a que evaporamos en el condensador. Se apoya en el principio de la bomba de calor.

Para que el sistema funcione correctamente es conveniente que el condensador disponga también de una válvula de expansión. Al terminar el desescarche, se para un momento el compresor, la válvula de 4 vías cambia de posición, se inicia el tiempo de escurrido, y a continuación, vuelve otra vez al ciclo normal.

➤ Desescarche con gas caliente

Para efectuar este tipo de desescarche es necesario que como mínimo existan dos evaporadores en una misma cámara o en cámaras diferentes.

El principio de funcionamiento es parecido al de la bomba de calor, con la diferencia de que el condensador principal continua siendo condensador. Una parte del calor a disipar se envía a uno de los evaporadores, mientras el otro continúa produciendo frío.

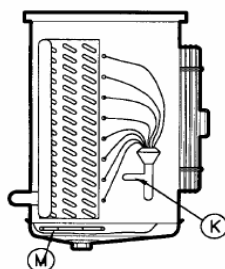


Figura 18. Desescarche por gas caliente.

K: Entrada gas caliente a la batería.

M: Desescarche bandeja.

Para regular la cantidad de gas comprimido hacia el condensador o hacia el evaporador a desescarchar se instala una válvula de presión diferencial, con una válvula solenoide. Cuando la instalación funciona en ciclo de frío normal, la válvula de presión diferencial a través de la solenoide la obliga a mantenerse. Completamente abierta, el condensador elimina todo el calor.

Por el contrario, al entrar en ciclo de escarche, el solenoide queda cerrado y actúa la válvula de presión diferencial, que envía el gas al evaporador que desescarcha.

El gas caliente se envía por una línea independiente, pasando a través de una válvula solenoide de gas caliente, al tubo situado entre la válvula de expansión y el distribuidor.

El líquido condensado se envía por otra línea independiente desde la salida del evaporador, pasando por una válvula de retención, hasta el condensador principal.

Con este tipo de desescarche es necesario instalar en la aspiración del evaporador una válvula solenoide de aspiración con una válvula de by-pass. Mientras un evaporador desescarcha, el otro continúa en ciclo de frío normal; por eso, hay que instalar una válvula en cada evaporador.

➤ Desescarche con glicol caliente

Cuando la instalación funciona con glicol, el desescarche se puede efectuar con el glicol previamente calentado con el intercambiador de calor del condensador.

Con un juego de válvulas solenoide, se cierran las válvulas solenoide de glicol frío y se abren las válvulas de glicol caliente. De esta forma se efectúa el desescarche de una forma rápida y eficaz.

El glicol procedente del desescarche se envía al depósito de glicol frío para enfriarlo y dejarlo a la temperatura de utilización.

9.7.4.5 Elección del tipo de desescarche

Por ser el sistema de desescarche más económico, se opta por un desescarche de gas caliente con inversión de ciclo. Dicho sistema consiste en aprovechar todo el calor acumulado en los compresores para enviarlo a los ventiladores de cada evaporador consiguiendo derretir así toda la escarcha depositada en la superficie de las aspas de los ventiladores.

Se opta por hacer **un desescarche cada 6 horas** de funcionamiento de la instalación frigorífica, de esta manera aseguramos un completo desescarchado de todos los evaporadores. Así pues, se realizarán **3 desescarches por cada ciclo de trabajo** (18 horas).

9.7.5 Válvula de expansión

9.7.5.1 Introducción

El paso de fluido refrigerante desde la alta presión reinante en el condensador, a la baja de evaporador se consigue mediante su laminación a través de un orificio de sección variable o constante denominado “expansor”, esta circulación va a producir la pérdida de carga necesaria para reducir el nivel de presiones desde la alta a la baja presión.

El papel que juega la válvula de expansión es doble:

- Por un lado, asegura el flujo de frigorígeno necesario hacia el equipo de evaporación con el fin de contrarrestar las cargas.
- Por otro permite la existencia de la baja presión de vaporización.

9.7.5.2 Tipos de expansores

Podemos clasificar estos dispositivos atendiendo a su forma de accionamiento, distinguiéndose entonces:

- Expansores manuales
- Expansores no manuales, estos a su vez se pueden subdividir según su principio de funcionamiento en:
 - **Válvulas automáticas o presostáticas**; aseguran una presión de evaporación constante.
 - **Válvulas termostáticas**; aseguran un grado de recalentamiento en el vapor de salida del evaporador.
 - **Válvulas de flotador (de alta o baja presión)**; aseguran un nivel constante.
 - **Expansores de sección constante** (capilares y orificios calibrados).

9.7.5.3 Válvulas de expansión presostáticas (automáticas)

Este tipo de válvulas mantienen constante la presión reinante en el evaporador, sea cual sea la carga a disipar.

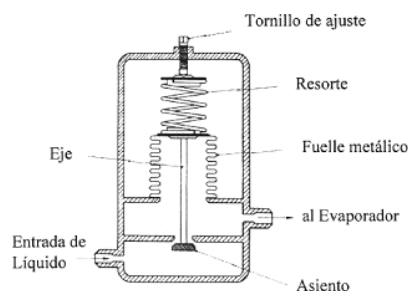


Figura 19. Válvula de expansión a presión constante.

9.7.5.4 Válvulas de expansión termostáticas

Se trata de los expansores de mayor utilización en instalaciones industriales, especialmente en los evaporadores “secos”, el apelativo “termostática” no indica una regulación sobre la temperatura de evaporación, sino que implica un control del grado de recalentamiento del vapor a la salida del evaporador. Este grado de recalentamiento es la diferencia de temperaturas existente entre la temperatura de los vapores a la salida del evaporador y la temperatura de ebullición del refrigerante a la presión de baja.

Tipos de válvulas termostáticas:

➤ Válvulas termostáticas con igualador externo

En las válvulas normales, la acción del fluido refrigerante se manifiesta por medio de la presión a la entrada al evaporador, ahora bien, en caso de evaporadores de gran superficie, se producirá una fuerte pérdida de carga, con lo que la presión no será constante en todo el evaporador.

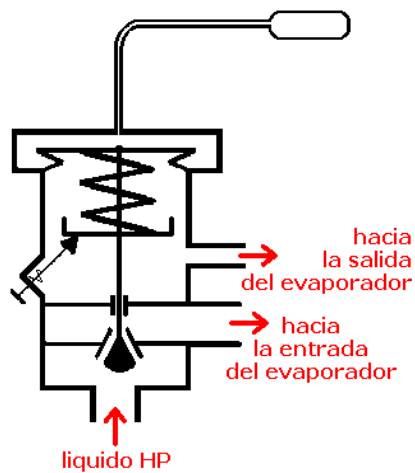


Figura 20. Válvula termostática con igualador externo

Fuerza de cierre:

f2: fuerza del muelle

f '2: fuerza de la presión de la salida del evaporador (fluido) sobre la membrana

$$F2 = f2 + f '2$$

Función de apertura:

F1: fuerza ejercida por el bulbo sobre la membrana

si $F1 > F2$ la válvula se abre

si $F2 > F1$ la válvula se cierra

si $F1 = F2$ equilibrio

Por tanto, si las pérdidas de carga son importantes, aumentará el recalentamiento, disminuyendo la superficie útil. Para evitar este inconveniente, y conservar el grado de recalentamiento, se utiliza una válvula termostática con igualación externa, en la que la acción del refrigerante se efectúa por medio de la presión de salida del evaporador.

Una posibilidad de reducir los efectos de la pérdida de carga en evaporadores, es la disposición de distribuidores en serie con la válvula, estos elementos tienen por fin la subdivisión de los evaporadores en porciones en paralelo, y su alimentación independiente a través de los canales del distribuidor.

➤ **Válvulas termostáticas con limitador de presión**

El limitador de presión tiene como objetivo impedir la apertura de la válvula de laminación hasta que se haya alcanzado un valor pequeño de presión de evaporación.

Su utilización se centra básicamente en instalaciones en las que el aumento en la presión en baja sólo se produce en raras ocasiones (desescarche, parada técnica...), es posible suministrar un motor eléctrico de menor potencia, si se dispone de una válvula con limitación de presión.

➤ **Válvulas termostáticas electrónicas**

Las válvulas de expansión más modernas son las válvulas de expansión electrónicas, éstas pueden clasificarse en varios tipos de acuerdo al tipo de construcción y funcionamiento.

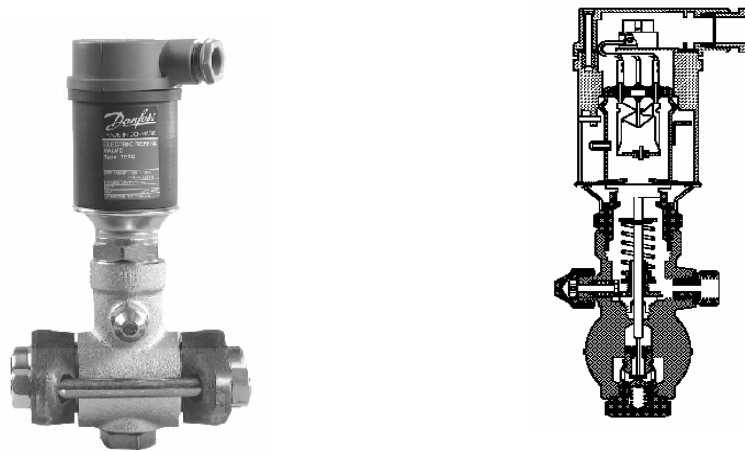


Figura 21. Válvula de expansión electrónica Danfoss.

Uno de estos tipos es la válvula de expansión electrónica que modula a base de pulsos de ancho variable que se consiguen mediante el control electrónico. Esta válvula es del tipo solenoide, es decir **ON-OFF**. Si bien ella está totalmente abierta ó totalmente cerrada, actúa como un dispositivo de regulación modulante variando el tiempo que permanece abierta ó cerrada. Por ejemplo, si la válvula cicla cada 10 segundos y es necesario un 40% del fluido la válvula estará abierta 4 segundos y cerrada 6 segundos. Si el fluido necesario fuera del 50% la válvula estará abierta 5 segundos y cerrada otros 5 segundos.

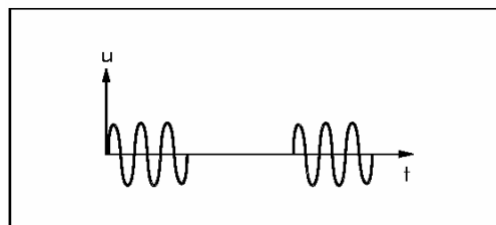


Figura 22. Ejemplo de modulación por pulsos.

Otro tipo de válvula de expansión electrónica es la que se conoce como **“HEAT MOTOR VALVE”** ó **“THERMAL MOTOR VALVE”**. La operación de esta válvula es controlada por un controlador electrónico el cual en respuesta a las señales de 2 sensores S1 y S2 controla la cantidad de energía suministrada al elemento de calefacción en el actuador de la válvula. El valor requerido de sobrecalentamiento se puede variar fácilmente por medio de una perilla en un rango que por ejemplo puede ir desde menos de 1 °C hasta 18 °C. Si el grado de sobrecalentamiento actual no es igual al requerido por la válvula, el controlador envía una señal en forma de pulsos eléctricos al elemento calefactor el cual causará la apertura ó cierre de la válvula.

➤ **Válvulas termostáticas sin tren termostático (autocontenidas)**

En este tipo de válvulas, los vapores de salida de evaporador pasan por la válvula, lo que se usa como señal de bulbo, evitando así la presencia del mismo.

Ventajas de las válvulas termostáticas

1. La principal ventaja de este tipo de expansores radica en el alto rendimiento conseguido de la superficie de evaporador, ya que una buena regulación del recalentamiento permite el aprovechamiento de la mayor parte de su superficie, restando sólo una pequeña porción del intercambiador ocupada por el vapor en fase de recalentamiento.
2. Desde un punto de vista de mantenimiento hay que señalar su fiabilidad y larga duración, así como su posible utilización a todos los frigorígenos.

Inconvenientes de las válvulas termostáticas

1. Hay que señalar que no mantienen un nivel constante de temperatura de ebullición, ya que al aumentar la carga, y mantener un recalentamiento fijo, entrará un mayor caudal, lo que dará lugar a una mayor presión y temperatura. En caso de descenso de la carga térmica en la instalación el proceso es de bajada de presión y temperatura. Esta variación produce sobre el local a enfriar un descenso de la humedad relativa, y los problemas que esto conlleva.
2. Durante el funcionamiento de este tipo de dispositivos puede darse golpes de líquido, sin embargo este problema puede solventarse fácilmente (mediante solenoides, intercambiador intermedio...).

➤ **Válvulas de flotador**

Un dispositivo de expansión de flotador tiene por objetivo mantener constante el nivel de fluido presente en un recipiente, las variaciones de nivel son detectadas por una boya cuyo movimiento servirá para restaurar el equilibrio.

Este tipo de válvulas se reserva para las instalaciones provistas de evaporadores inundados, en general de gran potencia, manteniendo en ellos un nivel constante de líquido sea cual sea la carga térmica requerida. Desde el punto de vista de termotransferencia, estos sistemas presentan ventajas frente a los evaporadores secos, dada la eficiente utilización de la superficie total del evaporador.

9.7.6 Elementos accesorios de la instalación frigorífica

9.7.6.1 Introducción

Para la constitución de un equipo frigorífico son necesarios: compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión. Estos son imprescindibles, pero existen además de éstos, una serie de dispositivos que se disponen para asegurar un correcto y eficaz funcionamiento de la instalación.

	Tipo	Accesorios
Tuberías	Línea de descarga	Antivibradores
		Separador aceite
	Línea de aspiración	Recipiente anti-golpe de líquido
	Línea de líquido	Recipiente de líquido
		Filtro deshidratador
		Visor de líquido

Tabla 16. Accesorios y situación en la instalación.

La línea de descarga es el tramo de tubería de conexión de compresor y condensador, por la que circula vapor de frigorígeno a alta presión; la de aspiración enlaza evaporador con compresor, con vapores a baja presión; por último la línea de líquido, conecta la salida de condensador con la válvula de expansión, circulando en su interior líquido a alta presión.

9.7.6.2 Tuberías de refrigerante

El dimensionamiento óptimo de las tuberías de frigorígeno debe tomar en consideración dos factores básicos; el coste económico y el necesario retorno del lubricante al cárter del compresor. Una selección de diámetros bajos disminuye el coste inicial, sin embargo aumenta la pérdida de carga en las líneas de aspiración y descarga, lo que se acompaña con incrementos de potencia consumida y descensos de potencia frigorífica.

Las tuberías y sus conexiones deberán cumplir las instrucciones dadas en **MI.IF-005**, éstas hacen referencia a los materiales utilizados en la construcción de equipos frigoríficos. También se utilizan las normas UNE complementadas por códigos o recomendaciones aceptadas nacional e internacionalmente.

Las tuberías deberán cumplir también con las normas establecidas por el **Reglamento de Seguridad para Plantas Frigoríficas**.

Las tuberías utilizadas para la construcción de la instalación frigorífica, serán de acero al carbono sin soldadura con una cualidad de acero Adx (AFNOR A37 y A42). Las uniones se realizan con racores para soldar.

Es importante que la unión de los elementos a los tubos de soldadura no den lugar a la formación, o retención en el interior de estos elementos, de cuerpos extraños que puedan perjudicar

el correcto funcionamiento de la instalación. Estos cuerpos o sustancias pueden provocar deterioro directo, no solamente intercalándose entre las válvulas y sus asientos, o entre los pistones y cilindros, sino también dificultades indirectas al actuar como catalizadores favoreciendo alteraciones por descomposición, bien del fluido frigorígeno o del aceite.

La limpieza interior de los tubos se deberá de hacer para extraer la calamina, mediante el martilleo, eliminándola mediante chorro de aire comprimido seco a presión ó de nitrógeno, al interior de los tubos.

Las pérdidas de carga toleradas depende de las condiciones de funcionamiento de la instalación y de las condiciones en que se encuentra el fluido, o sea, su estado físico.

Así pues las pérdidas de carga toleradas serán:

- **Tubería de descarga: 1 °C por cada 100 m.**
- **Tubería de aspiración: 1 °C por cada 100 m.**
- **Tubería de líquido: 0,5 °C por cada 100 m.**

Todas las tuberías de los circuitos de los fluidos irán identificadas con colores según norma UNE.

Los grifos y toda la valvulería serán de acero.

La tubería de aspiración incorporará un aislante térmico con espuma elastomérica i de estructura celular cerrada AC/Accoflex, anticondensación. Modelo IT, espesor: 20, 30, 40 mm o similar.

9.7.6.3 Accesorios en la línea de descarga

Latiguillos antivibratorios

Están situados a la salida del compresor, por tanto en el lado de alta presión, tienen como finalidad impedir la transmisión de las vibraciones del compresor hacia el condensador o elementos interpuestos.



Figura 23. Latiguillo antivibratorio.

Separador de lubricante

Siempre para cierta cantidad de aceite de los compresores a la conducción de descarga. Para recuperarlo en lo posible antes de que pase por el condensador y se acumule en el evaporador, se instalan los separadores de aceite. Es necesario en los casos siguientes:

- Cuando el compresor se halla instalado a un nivel superior a la altura de los evaporadores, o donde la diferencia de altura entre ambos sea inferior a un metro.
- Cuando la disposición de la instalación no permita un fácil retorno del aceite, o sea que haya embolsamiento, espira, sifones, etc., en la línea de aspiración.
- En todas las instalaciones que trabajan con evaporador inundado o semi-inundado.
- En instalaciones de baja temperatura, especialmente en el enfriamiento de tanques, de tipo seco o de baño.
- Cuando el compresor se encuentra a larga distancia del evaporador.
- En compresores que trabajen a velocidades elevadas.



Figura 24. Separador de lubricante.

9.7.6.4 Accesorios en la línea de líquido

Recipiente de líquido

Situado en el lado de alta presión, aguas abajo del condensador, normalmente utilizado con condensadores de aire, tiene como objetivo eliminar rápidamente el líquido condensado para disponer de la totalidad de superficie útil en condensador.



Figura 25. Recipiente de líquido vertical.

Hay dos tipos básicamente de recipientes de líquido:

- **Recipiente con disposición horizontal:** este se corresponde con la utilización de un condensador enfriado con agua, de disposición en doble tubo, por lo que en este caso se hace necesaria su disposición, puesto que en caso de no existir este depósito el líquido condensado puede acumularse en la zona baja del condensador, anegando de esta forma los tubos finales e impidiendo de este modo que estos sean activos para la condensación de vapores de refrigerante.
- **Recipiente con disposición vertical:** para este tipo sirve todo lo indicado para el horizontal, lo único que varía es la posición. Normalmente, se elige un recipiente vertical cuando en su lugar de ubicación no es posible colocar un recipiente horizontal.

Filtro deshidratador

El agua en un sistema de compresión de vapor puede congelarse y bloquear la válvula de expansión, corroer el metal y atacar químicamente el aislamiento eléctrico. El sistema debe limpiarse a fondo y secarse antes de cargar el refrigerante, pero además debe instalarse un secador en la tubería de líquido refrigerante. Estos secadores están constituidos por un cartucho, de capacidad variable según el tamaño de la instalación.



Figura 26. Filtro deshidratador.

Por lo tanto, lo habitual es situarlo en el lado de alta presión, línea de líquido, y su objetivo es doble:

1. Eliminar las trazas de agua en el circuito.
2. Impedir el paso de partículas que puedan obstruir al expansor.

Las sustancias deshidratantes más comúnmente empleadas son:

- Óxido de calcio.
- Alumina activada.
- Gel de sílice (silicagel).
- Sulfato de calcio.
- Tamices moleculares (“molecular Sieves”).

También actúan como filtros de impurezas y de ácidos que se forman en los sistemas por alta temperatura en bobinados de motores o quemado.

Visor de líquido

Son una ayuda conveniente para cargar el sistema con refrigerante. Se trata de una conexión corta y transparente que permite ver el flujo del refrigerante. Situado antes de la válvula de expansión, muestra por la presencia o ausencia de burbujas de vapor si el sistema tiene suficiente carga de refrigerante.

Algunos de estos visores están dotados de un disco sensible que, por el cambio de color, señala la presencia de humedad en el sistema. En los compresores, sobretodo en los de cierta capacidad, se incorporan en el cárter visores de cristal que permiten vigilar desde el exterior el nivel de aceite. Se emplean también en los recipientes de líquido para poder tener así una indicación del nivel de refrigerante líquido.



Figura 27. Visor de líquido.

Por tanto, se sitúan en el lado de alta presión, línea de líquido, antes del expansor y tienen un doble objetivo:

- Detectar la presencia de agua.
- Observar el paso de corriente sólo en fase líquida.

Purgador de incondensables

La entrada de aire al interior de una instalación produce una serie de inconvenientes en su normal funcionamiento, estos inconvenientes se encuentran relacionados con los componentes del aire húmedo atmosférico; así si consideramos al aire formado por una mezcla de incondensables “aire seco” y humedad, esta última puede producir obturaciones si pasa a hielo, disponiéndose el filtro deshidratador para combatirla. Por otra parte el “aire seco” presenta como principal problema su acumulación, como incondensable, sobre la superficie “fría” del condensador o en botella acumuladora, esto dificulta el proceso de condensación, puesto que los vapores de refrigerante deben migrar a través de la capa de incondensables para alcanzar la superficie fría y producir la condensación, al disminuir la velocidad con la condensación del refrigerante, y mantenerse el aporte desde el compresor, la presión de condensación aumenta. Con ella la tasa de compresión y la potencia consumida. Por lo que se hace necesario la eliminación de estos incondensables.

Para ello, se utilizan purgadores de incondensables que pueden manuales o automáticos.

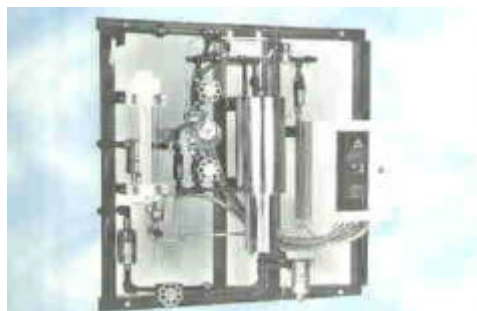


Figura 28. Purgador de Incondensables.

9.7.6.5 Accesorios en la línea de aspiración

Recipiente anti-golpe de líquido

Para evitar que el vapor de admisión arrastre líquido al compresor desde el evaporador, puede instalarse en la conducción de admisión un separador-accumulador, que no es más que un depósito en el que se deposita el líquido arrastrado, el cual puede eventualmente vaporizarse con calor de fuentes externas.

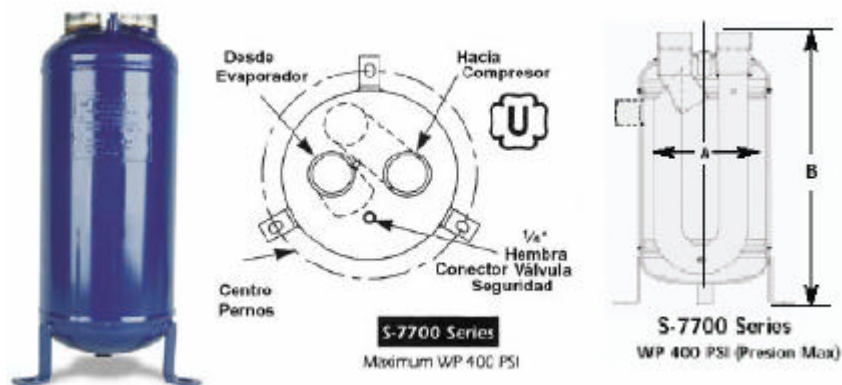


Figura 29. Recipiente anti-golpe de líquido.

Este equipo se sitúa en el lado de baja presión, aguas arriba de la succión a compresor y cuya finalidad, es impedir la llegada de líquido al interior del compresor.

Las características de funcionamiento de este elemento son:

- Con el gas aspirado entra refrigerante líquido y aceite (debe prestarse una especial atención al retorno de aceite a cárter).
- La velocidad proyecta tangencialmente el fluido a modo de torbellino, centrifugamente el líquido contra la pared interior por la que desciende hacia el fondo del separador donde se acumula.
- El vapor y niebla resultante asciende por el centro.
- La velocidad del vapor al pasar junto a un orificio calibrado aspira y arrastra el aceite y una cantidad controlada de refrigerante líquido depositado, en el fondo del acumulador.
- La mezcla de gas, aceite y una cantidad controlada de refrigerante líquido (esta pequeña cantidad de líquido no afecta al compresor, puede colaborar en el enfriamiento del motor y asegura un gradual retorno de refrigerante al circuito y de aceite al cárter) completa un giro de 180° y asciende por un segundo canal hacia la salida.

9.7.6.6 Otros elementos de la instalación frigorífica

Válvula de retención

La válvula de retención es la que deja circular el refrigerante solamente en un dirección.



Figura 30. Válvula de retención.

Se utiliza en tuberías de líquido, aspiración gas caliente y retorno.

Lleva un pistón amortiguador que la hace idónea para su montaje en tuberías donde puedan producirse pulsaciones, por ejemplo, en las tuberías de descarga procedentes del compresor.

Lo más importante de una válvula de retención es que tenga una gran sección de paso para evitar las pérdidas de carga.

Válvula de paso manual

En las instalaciones frigoríficas se utilizan válvulas de paso manuales, para cerrar y abrir el paso de refrigerante en las líneas de líquido, aspiración y gas caliente.



Figura 31. Válvula de paso manual.

Su finalidad es la de aislar un elemento o parte de la instalación del resto del circuito frigorífico, en caso de mantenimiento, reparación o sustitución del componente deseado.

Válvula electromagnética o de solenoide

Las válvulas electromagnéticas o de solenoide pueden ser de acción directa o servoaccionadas. Se emplean para la línea de líquido, de aspiración y de gas caliente.

Una válvula solenoide está formada por un electroimán y un cuerpo de válvula, dentro del cual se ha instalado el elemento de cierre.



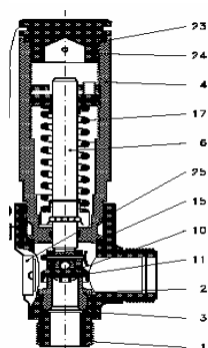
Figura 32. Válvula solenoide.

Las válvulas de 2 vías se emplean para circuitos de entrada-salida, en posición **NO** (normalmente abierta) o bien posición **NC** (normalmente cerrada). Las más utilizadas son las NC, que sin corriente están cerradas.

Válvula de seguridad

Este tipo de válvulas están especialmente diseñadas para proteger recipientes y otros componentes contra presiones elevadas.

Su funcionamiento es el siguiente, cuando la presión aumenta por encima de la presión de ajuste, la válvula empezará a abrir suavemente, para minimizar la salida del refrigerante. Si la presión continua aumentando, la válvula abrirá completamente. La válvula de seguridad estará completamente abierta antes de que la presión sea un 10 % más alta que la presión de ajuste, y estará completamente cerrada cuando la presión esté un 10 % por debajo de la presión de ajuste.



- 1 Cuerpo Acero TT St 35 N, 17173 TW 6, 2604/3 -75 Grado 1, A333, A334
- 2 Asiento de válvula Acero Inoxidable X10CrNiS189, 17440 Tipo 17, 683/13 AISI 303
- 3 Junta de prensaestopas Aluminio
- 4 Parte superior de la válvula Acero St. 37.2, 1652 Fe 360 B, 660 Grado C, A 283
- 6 Husillo Acero Inoxidable X10CrNiS189, 17440 Tipo 17, 683/13 AISI 303
- 10 Cono Acero
- 11 Sellado de cono Cloropreno (Neopreno)
- 15 Junta de prensaestopas Aluminio
- 17 Muelle Acero Clase C A 679, 17223
- 23 Junta de prensaestopas Aluminio
- 24 Tapa Acero 9S Mn28, 1651 Tipo 2, R 683
- 25 Etiqueta de identificación Aluminio

Figura 33. Válvula de seguridad Danfoss.

Se recomienda que las válvulas de seguridad expulsen hacia la presión atmosférica a través de una tubería en forma de U, llena de aceite en la zona de descarga, para prevenir que entre suciedad en la válvula.

Válvula reguladora del caudal de agua de condensación

Esta válvula se utiliza para regular la circulación de agua de las instalaciones frigoríficas que utilizan condensadores refrigerados por agua.

Está situada en la línea de agua y antes de entrar en el condensador. Consigue una regulación modulante de la presión de condensación, manteniéndola prácticamente constante durante todo el funcionamiento.

Cuando se para la instalación, al bajar la presión, se reduce la circulación de agua hasta cerrar la misma. Para asegurar el cierre hermético, se puede instalar una válvula electromagnética de agua.

Existen dos tipos de válvulas: las accionadas directamente y las servoaccionadas. Se pueden utilizar para agua dulce, salmuera neutra, etc.

Silenciador de descarga

El silenciador de descarga es un recipiente que puede instalarse en posición vertical, en posición horizontal y en cualquier sentido de circulación del refrigerante y, siempre, en la línea de descarga y después de la unión flexible.

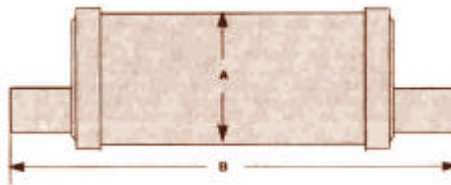


Figura 34. Silenciador de descarga.

Reduce las pulsaciones provocadas por el gas comprimido a la salida del compresor y amortigua el ruido externo.

Filtro de retorno de aceite

Este filtro de malla metálica se instala en la línea de retorno de aceite, desde el depósito acumulador hasta la entrada del control del nivel de aceite del compresor.



Figura 35. Filtro de retorno de aceite.

Al ser un filtro de una eficacia de 100 micras retiene el máximo de las impurezas del aceite. Así se asegura el máximo la calidad del aceite que engrasa el compresor.

Filtro mecánico

Todos los fluidos frigorígenos, son detergentes o disolventes muy eficaces, capaces de disolver en poco tiempo los depósitos de suciedad más rebeldes.



Figura 36. Filtro mecánico.

Por este motivo deben instalarse filtros mecánicos a lo largo de todo el circuito frigorífico, para atrapar las siguientes partículas de suciedad:

- Cuerpos extraños procedentes del mecanizado
 - Arena de fundición
 - Óxidos de hierro y de cobre
 - Virutas metálicas
- Cuerpos extraños procedentes de los trabajos de montaje
 - Virutas metálicas
 - Abrasión del deshidratador
 - Óxidos de hierro y cobre
- Depósitos de impurezas durante el funcionamiento
 - Lodos motivados por la humedad
 - Lodos motivados por el aceite

Inconvenientes de las impurezas:

Las partículas metálicas y los polvos de sílice presentan el riesgo de rayar los cilindros y los pistones, de producir marcas y deteriorar las válvulas, los asientos de las válvulas o de la válvula de expansión.

Los óxidos, las sales metálicas y los lodos tienden a obstruir los orificios de pequeña dimensión como son los orificios igualadores de presión de ciertos elementos de automatismos, los orificios de las válvulas de expansión, o de retorno del aceite de los separadores, con toda la serie de incidentes funcionales que puedan derivarse.

Bomba de refrigerante

En grandes instalaciones donde la distancia entre la sala de máquinas y los evaporadores es considerable, se utiliza circulación por bomba. Las bombas de refrigerante líquido son de tipo centrífugo o de desplazamiento positivo, diseñadas especialmente para utilizarlas con refrigerantes. Para evitar las fugas de refrigerante se utiliza un eje sellado especial, o la bomba y motor se instalan juntos en una unidad hermética similar, en diseño, a los compresores herméticos de CFC.

Las ventajas de la circulación forzada del refrigerante son:

1. Mejor eficiencia de intercambio térmico, porque el aceite se retira regularmente de la superficie interna de los tubos del evaporador. El coeficiente de transmisión de calor α_1 también se mejora ya que la superficie está siempre completamente húmeda.
2. El hecho de que el aceite se retire regularmente de los serpentines del evaporador hace fácil purgarlo del separador de líquido. Puede purgarse directamente del reservorio de aceite del propio separador, o recogerse en un pequeño recipiente colector especial o en un depósito de acumulación de aceite. Se puede utilizar también un recipiente más grande de aceite para dar servicio a varios separadores o recipientes de líquido. Desconectando este recipiente, de vez en cuando, del resto de la instalación por medio de llaves de paso es posible recuperar el aceite sin detener el funcionamiento de esa parte del sistema. El suministro de refrigerante líquido a los evaporadores individuales se regula por simples válvulas de aguja, accionadas individualmente.

9.7.7 *Sensores para la regulación y control de la instalación frigorífica*

9.7.7.1 Introducción

Es evidente que cada día es más necesario plantear una instalación frigorífica lo más automatizada posible, que efectúe una correcta regulación para establecer un buen control que nos lleve a obtener el máximo de seguridad y fiabilidad.

Los principales parámetros a controlar en la instalación frigorífica son:

- Temperatura del aceite lubricante del compresor.
- Presión de aspiración, de descarga y de inyección de aceite.
- Caudal de agua de entrada al condensador evaporativo.
- Temperatura de las diferentes cámaras frigoríficas.
- Humedad de las diferentes cámaras frigoríficas.

Para la regulación de los parámetros anteriores se utilizan los siguientes reguladores:

- Temperatura aceite: **Termostatos.**
- Presión: **Presostatos de alta y baja y diferenciales de aceite.**
- Caudal: **Válvula reguladora del caudal de agua de condensación.**
- Temperatura cámaras: **Termostatos de ambiente.**
- Humedad cámaras: **Higrostatos.**

9.7.7.2 Termostatos

Son los aparatos destinados a abrir y cerrar un circuito eléctrico bajo la acción de una variación de temperatura. El más sencillo es el termómetro de contactos que utiliza el mercurio como conductor. Es sensible y preciso, pero su capacidad de ruptura es débil. Se utiliza de todos modos en instalaciones especiales que trabajan bajo diferencias de temperaturas muy reducidas (de menos de 1° C).

Los termostatos empleados en las instalaciones comerciales tienen una capacidad de ruptura que varía entre 5 y 10 amperios, merced al empleo de sistemas de interruptores de acción brusca. En estas instalaciones, la gama de temperaturas que han de regularse va desde -60° C a +30° C, aunque ya se sabe que la sensibilidad de un termostato varía en sentido inverso al escalonado de temperaturas que puede regular.

La regulación se caracteriza por la diferencia entre las temperaturas de conexión y desconexión del termostato, cuya sensibilidad se traduce por la diferencia mínima que se puede obtener. Prácticamente, esta diferencia es de 2° C, aunque determinados fabricantes han conseguido reducirla a base de piezas de transmisión muy ligeras, aparte de que la alimentación de corriente a bajo voltaje permite la aproximación de los contactos por la ausencia de chispas y la aceleración del reglaje por calentamiento eléctrico del elemento sensible.

Los termostatos se clasifican en tres categorías principales:

1. Los termostatos de ambiente.
2. Los termostatos de evaporadores.
3. Los termostatos para líquidos.

Su construcción se diferencia por el sistema del elemento motor:

- A) deformación de un elemento bimetálico;
- B) tensión de vapor de un fluido;
- C) dilatación de un líquido;
- D) presión de un gas liberado por un adsorbente.

El mecanismo que sirve de interruptor permite el cierre o la abertura brusca de los contactos, que es condición esencial de su duración, variando en relación con cada fabricante. Puede estar concebido bajo los sistemas siguientes:

- A) empleo de un imán permanente que actúa sobre un contacto móvil;
- B) empleo de un dispositivo de rotúlas o levas;
- C) empleo de una ampolla de mercurio basculante bajo el peso de este metal desplazado ante la acción de un mecanismo mandado por el elemento motor;
- D) equilibrio inestable de un resorte entre dos posiciones de equilibrio estable.

Termostato de ambiente

Se coloca en el interior de la cámara fría. Puede ser con bimetel o por tensión de vapor. En este último caso, el elemento sensible puede estar constituido solamente por un fuelle que contiene la carga de fluido, o por un conjunto de fuelle y bulbo, este último formado por un tubo capilar enrollado en espiral y colocado debajo del cuerpo del aparato, o bien, por un conjunto de fuelle, capilar y bulbo a distancia.



Figura 37. Termostato de ambiente.

Cualquiera que sea el tipo de termostato, el elemento sensible debe emplazarse siempre en la corriente de aire en movimiento (convección). No debe instalarse cerca de la puerta de la cámara, donde correría el riesgo de estar influido por las corrientes de aire caliente en las aperturas. El bulbo no debe fijarse directamente en pared alguna de la cámara. Hace falta disponer de suficiente espacio para evitar que la temperatura de la pared pueda influir por radiación. También debe evitarse el desplazamiento del elemento sensible en la caída de aire frío del evaporador.

Termostato de evaporador

Se emplean en particular para la regulación de los refrigeradores domésticos, los evaporadores comerciales en la fabricación de cubitos de hielo, y en los enfriadores de líquido. Son del sistema con bulbo, el cual debe fijarse en el evaporador en un punto donde el refrigerante se encuentre todavía en el estado de vapor húmedo. Prácticamente todos los termostatos en refrigeradores de tipo doméstico incorporan a la regulación normal un dispositivo para regular el desescarche con retorno automático.



Figura 38. Termostato de evaporador.

Termostatos para líquidos

Los termostatos empleados para la regulación de la temperatura en baños de líquidos son de concepción similar a los termostatos de ambiente del tipo con bulbo y capilar. Puede también regularse la temperatura de los baños de líquido con termostatos cuyo elemento sensible tiene la forma de tubo sumergido en el baño que funciona por dilatación de un líquido en su interior (generalmente, alcohol).



Figura 39. Termostato de líquidos.

9.7.7.3 Presostatos

Presostato de baja presión

El presostato de baja presión regula el funcionamiento del compresor. La presión que actúa sobre el fuelle es la baja presión del sistema que reina en el evaporador y el cárter del compresor.



Figura 40. Presostato de baja presión.

Durante el período de marcha se produce la disminución progresiva de la temperatura y de la presión en el evaporador, y durante el de parada una elevación de esta presión. De esta manera, el presostato responde a todas las variaciones que se produzcan.

Los puntos de ruptura y de conexión se determinan por las presiones correspondientes a las temperaturas mínima y máxima deseadas en el lado de baja presión del sistema.

La duración de los ciclos de funcionamiento o de paro dependen, de diferentes factores entre los que se encuentran:

1. La diferencia de temperaturas en el interior y el exterior de la cámara frigorífica.
2. El aislamiento de cada cámara.
3. La naturaleza del servicio (modo de funcionamiento de la instalación).
4. El estado mecánico de los compresores.
5. La carga de fluido, el reglaje de la instalación, etc.

Los presostatos de baja presión pueden emplearse igualmente como control de seguridad para evitar que el sistema trabaje en depresión (vacío).

Presostato de alta presión

Este presostato detiene la marcha del grupo motivado por el alza de la presión de descarga por encima de la normal, y vuelve a ponerlo en marcha cuando esta presión ha descendido a un valor predeterminado. Su instalación se recomienda en todos los circuitos en que una alta presión anormal pondría en peligro el compresor o el motor. Son indispensables en los grupos con condensación por agua, ya que, en caso de insuficiencia o falta total de agua al condensador, la sobrepresión de descarga es de todo punto inevitable.

Es totalmente necesario también en las instalaciones que funcionen a presiones de aspiración inferiores a la presión atmosférica, a fin de evitar la sobrepresión debida a la entrada de aire accidental.



Figura 41. Presostato de alta presión.

El presostato de alta presión no debe conectarse sobre la válvula de servicio de descarga, ya que cualquier manipulación que se efectúe en la misma podría motivar que el presostato quedase sin actuar.

Presostato combinado de alta y baja presión

Los dos dispositivos se hallan reunidos dentro de la misma caja. Sus reglajes respectivos son totalmente diferentes e independientes, aunque trabajan sobre un dispositivo común de ruptura, uno para la regulación del compresor y el otro para la seguridad. El sistema de baja presión va conectado al cárter del compresor, y el de alta presión lo está con la cabeza del cilindro.

Presostato diferencial

Este presostato se utiliza al mismo tiempo como presostato de seguridad, para efectuar la parada de los compresores si la presión del aceite lubricante sigue fija (a la puesta en marcha) o desciende (durante la marcha) por debajo de un valor nominal fijado previamente como mínimo.



Figura 42. Presostato diferencial de aceite.

A fin de eliminar la influencia del valor absoluto de una u otra de las presiones, el mecanismo del aparato incorpora dos fuelles de superficies idénticas. El mecanismo de inversión del contacto del presostato es, tributario de la tensión del resorte de regulación para asegurar el paso de este contacto desde la posición de marcha continua a la posición de defecto a la inversa.

También se puede incorporar un dispositivo termoeléctrico temporizado por un bimetálico, el cual se acciona cuando se presenta un defecto en el contacto del presostato, que permite detener el compresor si, al término de un tiempo previamente establecido, no responde a (o cae por debajo de) la presión de vapor establecida.

Su utilización no se limita a la finalidad indicada anteriormente y puede cubrir cualquier otra función de seguridad por la que el mantenimiento de una presión diferencial deba obtenerse por encima de un valor límite previamente establecido.

9.7.7.4 Higrostatos

Higrostatato con elemento sensible deformable

La aportación de humedad en las cámaras frigoríficas proviene de las entradas de aire caliente y de la deshidratación de los productos almacenados. La regulación del grado higrométrico se obtiene actuando sobre el punto de rocío a fin de condensar más o menos agua.

Sin embargo, la cantidad de agua que se introduce en la cámara frigorífica varía constantemente de acuerdo con el estado del aire exterior y su cantidad, así como de la temperatura y la naturaleza de los productos introducidos, este reglaje está sujeto incesantemente a modificaciones. Para ello, se utilizan unos dispositivos llamados “higrostatos”, cuyo funcionamiento se basa en el alargamiento de un haz de cabellos previamente tratados, o bien en la deformación de una película de celulosa, que determina la abertura o el cierre de un circuito eléctrico.

Existe también un tipo de higrostatato llamado “modulador”, que actúa a través del mando progresivo de una válvula reguladora sobre determinadas instalaciones especiales.

Higrostatato de resistencia

El elemento sensible está formado por dos electrodos de plata como dientes de peine imbricados, que se encuentran montados sobre una base aislante. La superficie del elemento sensible está impregnada de una película de material plástico giroscopio que contiene una sal metálica que actúa como conductor entre los dos electrodos.

Dicho elemento sensible se comporta como una resistencia eléctrica cuyo valor varía en relación con la humedad relativa del aire que ha de regular. La variación de la resistencia se traduce por una variación proporcional de la intensidad de la corriente que alimenta el amplificador transistorizado, que efectúa a su salida la alimentación de un relé de potencia.

9.7.7.5 Sistemas electrónicos (termostatos e higrostatos)

La gran ventaja de los sistemas electrónicos reside en la posibilidad que ofrecen para la transmisión de informaciones, a saber:

- Medición de los parámetros directores;
- Valores de regulación (punto de consigna, diferencial);
- Estado de las alarmas, etc.

Estos dispositivos son fiables, precisos y fáciles de emplear. Se adaptan a la mayoría de aplicaciones.

9.8 Instalación de aire acondicionado

9.8.1 Introducción

La climatización o acondicionamiento de aire es el procedimiento que, combinando las operaciones elementales para el tratamiento del aire atmosférico, permite mantener las características físicas y químicas del aire de un recinto determinado dentro de los límites de temperatura, de humedad relativa y de pureza deseados.

Las características del aire que se propone regular y controlar son:

- Temperatura seca.
- Humedad relativa.
- Movimiento del aire.
- Composición del aire (polvo y bacterias).

Para ser clasificada “Instalación de Aire Acondicionado”, una instalación de tratamiento de aire debe comprender el tratamiento y el control de los parámetros anteriormente citados.

Cuando una instalación sólo permite regular y controlar una parte de dichas características se designa perfectamente por su función principal, o sea:

- Instalación de enfriamiento.
- Instalación de calefacción.
- Instalación de humidificación (o deshumidificación).
- Instalación de filtrado o de absorción de polvo.

Clasificación de las funciones del acondicionamiento del aire.

De una estación a otra varían la humedad relativa del aire, en consecuencia, las funciones cumplidas por el equipo de acondicionamiento de aire deben cambiar igualmente. Éstas se pueden repartir de la siguiente manera:

- Durante todo el año: Filtrado, circulación y distribución del aire forzado.
- En invierno: Calefacción y humidificación.
- En verano: Refrigeración y sacado.

Objetivos del acondicionamiento del aire:

La instalación de aire acondicionado tiene entre sus finalidades asegurar una adecuada pureza de aire ambiente. Esto se obtiene introduciendo en los mismos ambientes un cierto caudal de aire exterior (aire de ventilación o renovación) y pasando, tanto el aire exterior como el de recirculación, por una filtración.

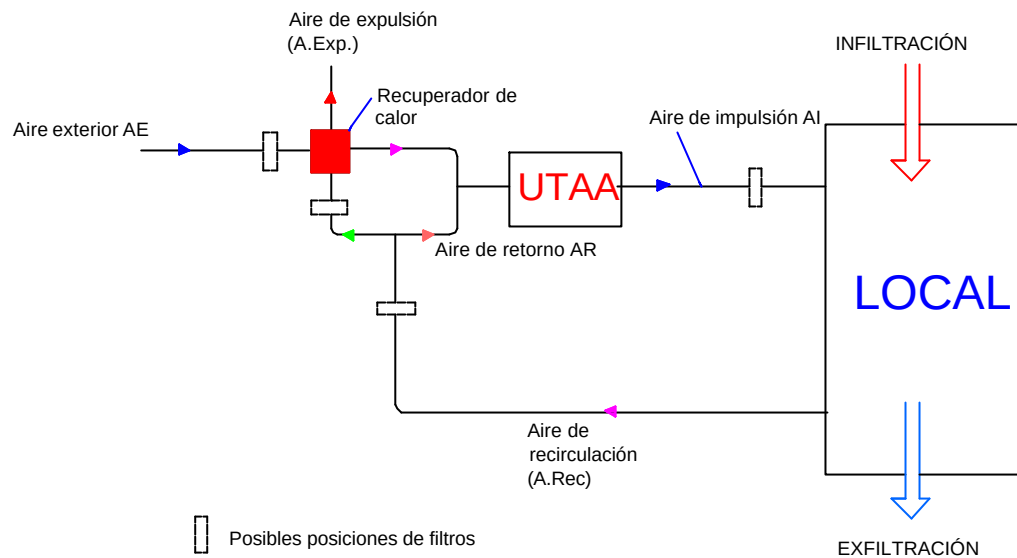


Figura 43. Esquema de ventilación y filtros.

9.8.2 Condiciones de proyecto

Se denominan condiciones de proyecto las que tomamos como fijas y constantes a lo largo del mismo. Evidentemente, el proyecto de refrigeración se aplica a un local situado en un lugar geográfico determinado; así, en primer lugar, tenemos:

- La localidad.

El lugar geográfico (la localidad) tiene unas condiciones de temperatura y humedad a lo largo del verano (tabla 3 de la memoria de cálculo). Así tendremos:

- Temperatura exterior de proyecto en $^{\circ}\text{C}$, que es el valor medio de las temperaturas máximas.
- Humedad relativa exterior de proyecto en %, que es el valor medio de las humedades relativas máximas.

También hay que considerar la diferencia de las temperaturas máxima y mínima, en valor medio, a lo largo del verano. Dicho valor se da también en la tabla 3 de la memoria de cálculo. Esta diferencia se llama:

- Variación diaria de la temperatura en $^{\circ}\text{C}$.

O también:

- Excursión térmica diaria en $^{\circ}\text{C}$.

Para mantener el clima de bienestar o confort en el interior del local, se necesita que haya unos determinados valores de temperatura y humedad relativa. En general, se considera que hay un ambiente confortable cuando la temperatura es de **23-25 $^{\circ}\text{C}$** y la humedad relativa entre el **40-60 %**. Así, tenemos:

- Temperatura interior de proyecto en $^{\circ}\text{C}$.
- Humedad relativa interior de proyecto en %.

El cálculo de la carga térmica no es el mismo a diferentes horas del día. Hay que elegir una hora, en tiempo solar, que es, más o menos, la hora oficial sin contar las variaciones de hora impuestas por los gobiernos, durante determinados meses del año. Así, tenemos:

- La hora solar de proyecto en h.

¿Qué hora solar hay que elegir? En teoría se elige la que de una carga máxima. Como esto no se sabe al principio del cálculo, se elige una que la experiencia nos indique que puede dar carga máxima. **Generalmente se elige las 15, hora solar.**

El motivo por el que se elige las 15 h., hora solar, es porque a esta hora no se hace ninguna corrección entre la *temperatura exterior de proyecto* y la *temperatura exterior*, es decir, se considera que son la misma. Pero a otra hora hay que hacer una corrección. (tal y como se indica, en la tabla 4 de la memoria de cálculo).

En el diagrama psicrométrico situamos los puntos correspondientes a las condiciones exteriores e interiores de proyecto, pero utilizando temperatura exterior, no la temperatura exterior de proyecto. Una vez situados los puntos obtenemos las humedades absolutas en g/kg del exterior y del interior. Llamamos:

- **Salto térmico, Dt** , a la diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura interior de proyecto.
- **Diferencia de humedades, DX** , a la diferencia entre humedades absolutas en las condiciones del exterior y las del interior, expresada en g/kg.

También debemos conocer:

- Superficie del local en m^2 .
- Volumen del local en m^3 .
- Potencia de iluminación en kW.
- Número medio de personas que lo ocupan.

9.8.3 Definición y clasificación de los distintos conceptos que componen la carga térmica

La carga térmica es el calor por unidad de tiempo que, por diferentes conceptos, entra o se genera en un local cuando mantenemos en éste una temperatura inferior a la del exterior y una humedad diferente, generalmente inferior, a la del exterior.

El calor que entra como consecuencia de la diferencia de temperaturas se llama *calor sensible* y el que entra como consecuencia de la diferencia de humedades se llama *calor latente*. Tanto la carga sensible como la latente se deben a distintos conceptos, que deben calcularse separadamente y que en general se conocen con el nombre de *partidas*, no se trata de otra cosa que de las diferentes partes en que se divide el total sensible y el total latente. Estos conceptos diferentes o partidas son los siguientes:

- **Carga sensible**

- S1. Calor debido a la radiación solar a través de ventanas, claraboyas o lucernarios.
- S2. Calor debido a la radiación y transmisión a través de paredes y techo.
- S3. Calor debido a la transmisión (sólo transmisión) a través de paredes y techo no exteriores.
- S4. Calor sensible debido al aire de infiltraciones.

- S5. Calor sensible generado por las personas que ocupan el local.
- S6. Calor generado por la iluminación del local.
- S7. Calor generado por máquinas (si existen) en el interior del local.
- S8. Cualquier otro que puede producirse.

- **Carga latente**

- L1. Calor latente debido al aire de infiltraciones.
- L2. Calor latente generado por las personas que ocupan el local.
- L3. Calor latente producido por cualquier otra causa.

Aire de ventilación

Es posible extraer aire de un local, enfriarlo y volver a introducirlo en el mismo; de hecho algunos aparatos de aire acondicionado funcionan así. Sin embargo, cuando en el local existen fuentes de mal olor, como son fumadores, olores corporales, etc., el aire siempre es el mismo, aunque lo estemos enfriando. Ocurre entonces que en aquel local no hay sensación de confort, no por culpa de la temperatura, sino del aire mismo, que huele mal o irrita los ojos.

Cuando se utiliza aire exterior de ventilación se consideran dos partidas más:

- S9. Calor sensible procedente del aire de ventilación.
- L4. Calor latente procedente del aire de ventilación.

La suma de todas las partidas de calor sensible ahora se denomina *carga sensible efectiva* y la suma de todas las latentes, *carga latente efectiva*.

9.8.4 Sistemas de instalación

9.8.4.1 Descripción general

Los sistemas centralizados en el Acondicionamiento del Aire se diferencian por el grado de centralización, mas o menos impuesto por el tratamiento y esencialmente por la distribución del aire. Se pueden distinguir:

- Los sistemas centralizados en los que el aire y/o agua se trata enteramente en una estación central para ser distribuida a los diferentes locales.
- Los sistemas descentralizados en los que cada sector se halla tratado por un aparato autónomo.
- Los sistemas semicentralizados en los que se puedan comprobar las variantes más diversas que van desde la descentralización casi completa a una centralización muy fuerte con algunos elementos de corrección locales.

Sistemas centralizados

Los sistemas centralizados son de un coste generalmente más económico, tanto desde un punto de vista de inversión como de gasto de funcionamiento, ya que es posible adjuntar a la construcción los conductos de aire o agua.

El inconveniente de este sistema es la falta de versatilidad, por una parte, y por la otra, el engorro de los conductos de aire y/o agua ya que deben proceder en su totalidad de la central de tratamiento.

La regulación está, asimismo, centralizada y solo es posible en los locales modificar la cantidad de aire o agua distribuido.

Sistemas descentralizados

En estos sistemas, cada sector se halla provisto de un aparato autónomo de acondicionamiento que asegure el filtrado, la ventilación, el enfriamiento, con o sin condensación de vapor de agua, y, eventualmente, la calefacción. El aparato incorpora, pues, un grupo frigorífico cuyo evaporador constituye la batería fría del acondicionador, aunque algunas veces el grupo frigorífico puede también funcionar como bomba de calor. La renovación del aire es muy pequeña.

El inconveniente de este sistema es el elevado coste económico de los equipos a instalar y su elevado mantenimiento.

Sistemas semicentralizados

A fin de remediar la falta de versatilidad de los sistemas centralizados y para permitir la regulación individual, conservando las ventajas de los sistemas centralizados desde el punto de vista de un bajo coste, se utilizan los sistemas semicentralizados.

En este campo existe gran número de variantes. Por ejemplo:

- Instalaciones centralizadas completadas con un dispositivo de tratamiento individual de los diferentes locales.
- Instalaciones en las cuales resulta posible agrupar por zonas un conjunto de locales que respondan a condiciones y características muy parecidas. Cada zona dispone de un medio de tratamiento de aire que permite el reglaje en toda la zona.
- Instalaciones en las cuales los locales están provistos de un órgano de tratamiento de aire independiente que permite por él un reglaje particular en cada local.

Éstos son evidentemente los sistemas que presentan mayor número de variantes de concepción y de tratamiento de aire.

9.8.4.2 Elección del sistema de instalación

Elegimos para la instalación de acondicionamiento de aire un sistema centralizado, ya que presenta una gran cantidad de ventajas con respecto a los demás, las más importantes son:

1. Bajo coste.
2. Menor mantenimiento.
3. Posibilidad de ampliaciones.

La variante elegida es una instalación centralizada, para refrigeración y calefacción a través de unidades aire-aire, distribuyendo el aire a través de conductos y terminaciones en rejillas y/o difusores.

9.8.5 Descripción general de la instalación de aire acondicionado

La instalación está formada por una unidad enfriadora aire-aire de 40 kW, que nos proporciona aire frío para la refrigeración y caliente para la calefacción con una potencia de 44 kW.

El aire frío o caliente se distribuye a los distintos locales mediante conductos rectangulares de panel rígido de lana de vidrio recubierto en una cara por un complejo reforzado de aluminio-kraft blanco y por un complejo reforzado kraft-aluminio la otra, con finales en rejilla y difusores.

El conducto de retorno de aire, se conectará a la entrada de aire del equipo de aire acondicionado y también se colocará una toma para la entrada de aire exterior, regulada a través de una compuerta, en función de la ocupación del local y de la temperatura del aire exterior.

9.8.5.1 Elección de la unidad enfriadora

Se elige una bomba de calor aire-aire partida, con ventiladores centrífugos tanto en la unidad interior como en la unidad exterior:

Características Técnicas:	
Marca:	ROCA-YORK
Modelo:	ASAO-BCVO/I-452VG
Potencia frigorífica:	40 kW
Potencia calorífica:	44 kW
Potencia eléctrica verano:	16,5 kW
Potencia eléctrica en invierno:	16,2 kW
Caudal nominal aire interior:	10.700 m ³ /h
Presión máxima:	175 Pa
Caudal nominal aire exterior:	12.000 m ³ /h
Presión máxima:	190 Pa
Peso neto:	560 kg

Tabla 17. Características Técnicas unidad enfriadora.

9.8.5.2 Elección de los difusores y rejillas

Para el sistema de difusión de aire se utilizarán difusores Airflow de aluminio circulares de cono fijo, con acabado anodizado y de diámetros que van desde 10" hasta 14". (véase plano conductos de aire).

- **Almacén-Taller:** 3 difusores de $\phi = 10''$
- **Lavabo-vestuario masculino:** 1 difusor de $\phi = 12''$
- **Lavabo-vestuario femenino:** 1 difusor de $\phi = 12''$
- **Oficina 1:** 1 difusor de $\phi = 12''$
- **Oficina 2:** 1 difusor de $\phi = 12''$
- **Oficina 3:** 2 difusores de $\phi = 10''$
- **Sala de juntas:** 2 difusores de $\phi = 10''$
- **Sala de control:** 2 difusores de $\phi = 10''$
- **Recepción:** 2 difusores de $\phi = 14''$



Figura 44. Difusor circular de cono múltiple Airflow.

Para el sistema de retorno de aire se utilizarán rejillas Airflow de aluminio de aletas fijas y con portafiltros, con acabado anodizado. (véase plano conductos de aire).

- **Almacén-Taller:** 3 rejillas de $L = 300 \text{ mm}$ y $H = 200 \text{ mm}$
- **Lavabo-vestuario masculino:** 1 rejilla de $L = 300 \text{ mm}$ y $H = 150 \text{ mm}$
- **Lavabo-vestuario femenino:** 1 rejilla de $L = 300 \text{ mm}$ y $H = 150 \text{ mm}$
- **Oficina 1:** 1 rejilla de $L = 500 \text{ mm}$ y $H = 150 \text{ mm}$
- **Oficina 2:** 1 rejilla de $L = 500 \text{ mm}$ y $H = 150 \text{ mm}$
- **Oficina 3:** 2 rejillas de $L = 400 \text{ mm}$ y $H = 150 \text{ mm}$
- **Sala de juntas:** 2 rejillas de $L = 500 \text{ mm}$ y $H = 150 \text{ mm}$
- **Sala de control:** 2 rejillas de $L = 300 \text{ mm}$ y $H = 200 \text{ mm}$
- **Recepción:** 2 rejillas de $L = 400 \text{ mm}$ y $H = 200 \text{ mm}$



Figura 45. Rejilla de retorno con portafiltros Airflow.

9.9 Alumbrado

9.9.1 Sistema de alumbrado

9.9.1.1 Introducción

Los sistemas de iluminación se clasifican según la distribución del flujo luminoso, por encima o por debajo de la horizontal; es decir, teniendo en cuenta la cantidad del flujo luminoso proyectada directamente a la superficie iluminada y la que llega a la superficie después de reflejarse por techo y paredes. Si la mayor parte del flujo luminoso se envía hacia abajo, se produce una **iluminación directa**; por el contrario, si la mayor parte de flujo luminoso se envía hacia el techo para que llegue a la superficie iluminada después de proyectarse en el mismo y en las paredes, tenemos la **iluminación indirecta**.

9.9.1.2 Iluminación directa

La iluminación directa produce sombras duras y profundas y existe el peligro de deslumbramiento al situarse dentro del campo visual, manantiales luminosos de gran intensidad luminosa y poca superficie emisora, es decir, de gran luminancia; para evitar este peligro se precisa disponer en los aparatos de alumbrado, viseras o placas verticales de vidrio difusor que corten o difundan la porción de haz luminoso que pudiera llegar directamente a la vista del observador.

9.9.1.3 Iluminación semidirecta

En este tipo de iluminación, la mayor parte del flujo luminoso se dirige directamente hacia la superficie que se trata de iluminar; una pequeña parte (de 10 a 40 %) se hace llegar a dicha superficie previa reflexión en techo y paredes.

Las sombras no son tan duras como en el caso de la iluminación directa y, además, se reduce considerablemente el peligro del deslumbramiento.

9.9.1.4 Iluminación difusa

Aproximadamente la mitad del flujo luminoso se dirige directamente hacia abajo, la otra mitad del flujo luminoso se dirige hacia el techo y llega, por tanto, a la otra superficie que ha de iluminar, después de reflejarse varias veces por techo y paredes.

Con este sistema de iluminación se consigue por completo la eliminación de sombras y se reduce aún más el peligro de deslumbramiento.

El efecto que se consigue es agradable, aunque un tanto monótono a la vista, por estar todo el espacio iluminado y no existir zonas oscuras.

9.9.1.5 Iluminación semidifusa

Una pequeña parte del flujo luminoso (del 10 al 40 %) se recibe directamente por la superficie iluminada; la mayor parte de dicho flujo luminoso, se envía hacia el techo, donde se refleja, para llegar finalmente a la superficie que se ha de iluminar.

El rendimiento luminoso es bajo porque en las sucesivas reflexiones que sufra la luz antes de llegar a la superficie que se trata de iluminar, parte del flujo luminoso es absorbido por el techo y paredes.

Se consigue una iluminación de buena calidad, casi totalmente exenta de deslumbramiento y con sombras suaves, muy agradable a la vista.

9.9.1.6 Iluminación indirecta

Todo o casi todo el flujo luminoso se dirige hacia el techo; el manantial luminoso queda completamente oculto a los ojos del observador y éste no percibe ninguna zona luminosa; solamente aprecia zonas iluminadas.

La iluminación indirecta es, económicamente hablando, la más cara de todas. Pero también el efecto luminoso conseguido es el mejor de todos, pues la iluminación de los objetos es muy suave y sin contrastes de brillo, carece absolutamente de deslumbramiento y está exenta de sombras laterales. Constituye la forma más noble y más artística de iluminación artificial y es, la más semejante a la luz natural.

9.9.1.7 Elección sistema de iluminación

Desde el punto de vista económico, la más conveniente es, la iluminación directa, ya que en este caso las pérdidas por absorción en paredes, techos y aparatos de alumbrado se reducen a un mínimo. Por este motivo, la **iluminación directa es el sistema de iluminación adoptado** para iluminar todas las cámaras frigoríficas que forman el complejo industrial, atendiendo a que el efecto estético o la calidad del alumbrado son secundarios frente a conseguir una iluminación barata y de gran rendimiento.

Tal y como establece el **Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas** en su instrucción **MI IF – 012 apartado 3.2**. En las cámaras acondicionadas para funcionar a temperaturas bajo cero o de atmósfera artificial, se dispondrán junto a la puerta, y por su parte interior, dos dispositivos de llamada (timbre, sirena ó teléfono), uno de ellos conectado a una fuente propia de energía (batería de acumuladores), convenientemente alumbrados con un piloto y de forma que se evite la formación de hielo sobre el mismo.

En el sector de las oficinas y servicios se ha optado por una **iluminación semidirecta**.

9.9.2 **Métodos de alumbrado**

Los métodos de alumbrado pueden ser:

- Alumbrado general
- Alumbrado general localizado
- Alumbrado individual
- Alumbrado combinado
- Alumbrado suplementario

9.9.2.1 Alumbrado general

Es el método más corrientemente empleado en oficinas generales, aulas de escuelas, fábricas, etc., y, en general, donde se pretenda asegurar buenas condiciones generales de alumbrado.

9.9.2.2 Alumbrado general localizado

En este tipo de alumbrado, se suspenden más bajos los equipos de alumbrado que en el caso anterior y, además se agrupan estos equipos de alumbrado, de forma que sobre las máquinas se alcancen elevados niveles de iluminación, y al mismo tiempo, se asegura sobre los pasillos y zonas circundantes de las máquinas, una iluminación general, suficiente para eliminar los fuertes contrastes de luminancias y mantener buenas condiciones de seguridad.

9.9.2.3 Alumbrado individual

Se utiliza cuando se precisa un alto nivel de iluminación en la zona de trabajo individual, debido a la precisión de la tarea.

9.9.2.4 Alumbrado combinado

En muchas ocasiones se obtiene el mejor resultado combinando dos o más métodos de alumbrado.

En los casos de alumbrado combinado, debe procurarse que la relación de luminancias entre la zona de trabajo y el ambiente general, no exceda a diez a uno.

9.9.2.5 Alumbrado suplementario

Algunas veces, sobretodo en locales comerciales, escaparates, etc., se pretende destacar un objeto o un artículo determinado con fines publicitarios o de venta. En este caso, debe suplementarse el alumbrado general por medio de aparatos de alumbrado especiales que concentran la luz, colocados en las cercanías del objeto que pretende destacar.

9.9.2.6 Elección del método de alumbrado

Tanto en las cámaras frigoríficas como en el sector de oficinas y servicios, se opta por el **método de alumbrado general**, es decir, las luminarias se posarán en el techo de forma uniforme a lo largo de toda la superficie.

9.9.3 Tipos de lámparas

9.9.3.1 Lámparas de incandescencia

Se dividen en:

- Incandescencia estándar.
- Incandescencia reflectoras.
- Incandescencia halógenas.

Incandescencia estándar

Son las lámparas más antiguas. Tienen múltiples aplicaciones en luminarias de diseño antiguo y en ambientes domésticos.

En ambientes industriales es una lámpara de uso más esporádico, ya que para aplicaciones de potencia su tamaño se hace desmesurado. En algunas aplicaciones de balizamiento, señalización y especialidades, como semáforos, son insustituibles.

Su duración se estima en 1.000 horas de funcionamiento. Su eficiencia luminosa es baja, con valores comprendidos entre 6 y 20 lm / W, según el tipo y potencia, esto acarrea que su coste de funcionamiento sea elevado.

Incandescencia reflectoras

Este tipo de lámparas tienen una forma peculiar de cono o achatadas en forma de pastilla, están especialmente diseñadas para cuando se requiere una fuente de luz con características reflectoras precisas.

De su construcción, destaca que en lugar de una ampolla de vidrio soplado, consta generalmente de un reflector de vidrio grueso y de una tapa o lente, que a veces hace de difusor sellado alrededor del borde.

Su utilización se centra en iluminación comercial y espectacular, para efectos puntuales e iluminación general de acento y contraste.

Al igual que otras lámparas incandescentes son muy calientes.

Incandescencia halógenas

Las halógenas son lámparas de filamento incandescente a las que se han incorporado una serie de conceptos dando lugar a un elemento muy sofisticado de altísimo rendimiento.

Su duración puede llegar hasta las 4.000 horas de funcionamiento medio.

Las ventajas de esta lámpara son numerosas: reducido tamaño, menor consumo proporcional y alta eficacia luminosa (del orden de 25 lm/W).

Su utilización es múltiple como pueden ser: iluminación comercial, iluminación de edificios, monumentos, campos y pabellones deportivos, etc,...

9.9.3.2 Lámparas de descarga

Principales tipos de lámparas de descarga:

- Lámparas de descarga de vapor de mercurio.
- Lámparas de descarga de vapor de sodio.
- Lámparas fluorescentes.

Lámparas de descarga de vapor de mercurio

La constitución de esta lámpara comprende una ampolla de forma generalmente ovoide, rellena de una mezcla de gases eléctricamente neutros, como pueden ser argón-nitrógeno.

En el interior de esta ampolla se ubica un quemador de cuarzo de diámetro entre los 6 y 30 mm, y una longitud de 40 a 200 mm, dependiendo de la potencia de la lámpara.

Como casi todas las lámparas de descarga, las de vapor de mercurio producen un espectro a rayas y no continuos, como es el caso de la incandescencia, es decir, faltando parcial o totalmente otras longitudes de onda.

Su aplicación principal, es en el alumbrado de grandes espacios, parques y jardines, alumbrado viario, aparcamientos, industrias y almacenes.

La eficacia lumínica es del orden de 60 lm / W. Su duración está en unas 15.000 horas de funcionamiento.

Lámparas de descarga de vapor de sodio

Para el arranque de la lámpara se precisa una tensión elevada, entre los 350 y 400 V, de forma que hace falta transformación en la alimentación para elevar la tensión de suministro a la de arranque.

La luz que proporcionan estas lámparas es amarillo-naranja, y prácticamente no se distinguen colores o son confusos bajo los efectos de esta luz.

Esta lámpara tiene el mejor rendimiento luminoso que existe en la actualidad con el presente estado de la técnica, con más de 180 lm / W. Su duración puede llegar hasta las 10.000 horas de funcionamiento.

Lámparas fluorescentes

La eficacia lumínica oscila según la clase y potencia de la lámpara que se instale entre 40 y 100 lm / W.

Tienen una larga duración entre las 8.000 y las 20.000 horas de vida.

Necesita un equipo auxiliar para el arranque, este equipo auxiliar esta compuesto por cebador, reactancia y autotransformador.

Se utilizan en áreas donde sea necesaria una fuente de luz económica sin demasiadas exigencias cromáticas.

9.9.3.3 Elección tipo de lámparas

En todas las cámaras del complejo industrial, tanto si son de conservación o de congelación, se adopta una iluminación basada en **lámparas de vapor de mercurio de 400 W** con un **flujo luminoso de 24.000 lm**, y una **eficiencia luminosa de 60 lm / W**. Las principales características de las lámparas utilizadas en las cámaras son:

Marca:	OSRAM
Modelo:	HQL-400
Corriente de lámpara (A):	3,25
Potencia con balastro aprox. (W):	425
Condensador de compensación (mF):	25
Flujo luminoso (lm):	24.000
Eficacia luminosa (lm/W):	60
Nivel de reproducción cromática:	3
Temperatura color (K):	3.800
Luminancia media aprox. (cd/m ²):	10,5

Tabla 18. Características técnicas lámparas de las cámaras.

En la parte de **oficinas y servicios** se opta por utilizar **lámparas fluorescentes**. Éstas varían de potencia, según las exigencias lumínicas y la geometría de cada ambiente. Seguidamente se detallan las principales características de todas las lámparas fluorescentes utilizadas en cada zona:

- Vestuarios-lavabos:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL5 HE Super 80 35 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	35
Código color:	830
Base/casquillo:	G5
Descripción color:	830 blanco cálido
Descripción del sistema:	Alta eficiencia

Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	3.300
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información adicional:	Alta eficiencia
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 16 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 19. Características técnicas lámparas de los vestuarios-lavabos.

- Almacén-taller:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL-D Super 80 58 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	58
Código color:	830
Base/casquillo:	G13
Descripción color:	830 blanco cálido
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	5.200
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 26 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 20. Características técnicas lámparas del almacén-taller.

- Recepción:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL-D Super 80 58 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	58
Código color:	830
Base/casquillo:	G13
Descripción color:	830 blanco cálido
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	5.200
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 26 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 21. Características técnicas lámparas de la recepción.

- Sala de juntas:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL-D Super 80 58 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	58
Código color:	830
Base/casquillo:	G13
Descripción color:	830 blanco cálido
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	5.200
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 26 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 22. Características técnicas lámparas de la sala de juntas.

- Sala de control:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL-D Super 80 58 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	58
Código color:	830
Base/casquillo:	G13
Descripción color:	830 blanco cálido
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	5.200
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 26 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 23. Características técnicas lámparas de la sala de control.

- Oficinas 1, 2 y 3:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL-D Super 80 58 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	58
Código color:	830
Base/casquillo:	G13
Descripción color:	830 blanco cálido
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	5.200
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 26 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 24. Características técnicas lámparas de las oficinas 1, 2 y 3.

- Pasillo-lavabos:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL5 HE Super 80 35 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	35
Código color:	830
Base/casquillo:	G5
Descripción color:	830 blanco cálido
Descripción del sistema:	Alta eficiencia
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	3.300
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información adicional:	Alta eficiencia
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 16 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 25. Características técnicas lámparas del pasillo-lavabos.

- Pasillo-interior:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL5 HE Super 80 28 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	28
Código color:	830
Base/casquillo:	G5
Descripción color:	830 blanco cálido
Descripción del sistema:	Alta eficiencia
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	2.600
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información adicional:	Alta eficiencia
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 16 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 26. Características técnicas lámparas del pasillo-interior.

- Pasillo-almacén:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL5 HE Super 80 28 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	28
Código color:	830
Base/casquillo:	G5
Descripción color:	830 blanco cálido
Descripción del sistema:	Alta eficiencia
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	2.600
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información adicional:	Alta eficiencia
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 16 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 27. Características técnicas lámparas del pasillo-almacén.

- Pasillo-lateral:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL-D Super 80 58 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	58
Código color:	830
Base/casquillo:	G13
Descripción color:	830 blanco cálido
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	5.200
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 26 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 28. Características técnicas lámparas del pasillo-lateral.

- Sala de máquinas:

Marca:	PHILIPS
Modelo:	MASTER TL-5 HO Super 80 80 W/830 SLV
Potencia de la lámpara (W):	80
Código color:	830
Base/casquillo:	G5
Descripción color:	830 blanco cálido
Designación color:	Blanco cálido
Flujo luminoso lámpara (lm):	6.150
Índice rendimiento cromática (Ra8):	85
Información base/casquillo:	Green Plate
Lámpara:	T 16 mm
Temperatura color (K):	3.000

Tabla 29. Características técnicas lámparas de la sala de máquinas.

9.9.4 Luminarias

9.9.4.1 Introducción

Una luminaria es el aparato que distribuye, filtra o modifica el flujo de una o varias fuentes de luz y que contiene todos los elementos necesarios para el soporte de la lámpara y su conexión a la red de suministro.

9.9.4.2 Características de las luminarias

Los aparatos destinados al alumbrado deben reunir una serie de características bien definidas, a veces dictadas por la naturaleza de las fuentes de luz y en otras ocasiones por su utilidad o las exigencias del entorno de la instalación.

Estas condiciones se pueden encuadrar en tres categorías perfectamente definidas:

- a) Características ópticas y luminosas.
- b) Características mecánicas y eléctricas.
- c) Características físicas y plásticas.

a) Características ópticas y luminosas

Son el conjunto de propiedades de una luminaria que determinan la distribución y modificación del flujo emitido por la lámpara o lámparas y constituido por reflectores, deflectores, refractores y difusores o una combinación de éstos.

b) Características eléctricas y mecánicas

Dentro de este apartado se agrupan los requerimientos de una luminaria para albergar una o varias lámparas determinadas, teniendo en cuenta el tamaño, la temperatura de operación, el portalámparas y elementos de sujeción, centrado, alineación y protección de la lámpara, así como una construcción adecuadamente robusta a los condicionantes de su emplazamiento.

Debe cumplir la normativa vigente sobre protecciones; generalmente en cuanto a la norma UNE 20 324, NF C20-010, DIN 40050 o BS 5490, dependiendo del país de origen de la luminaria, además una serie de normativas comunitarias en el caso de Europa.

Estas normativas tienen por objeto recoger las especificaciones mínimas requeridas de un aparato de iluminación en lo que respecta a :

- Grado de protección eléctrica.
- Grado de protección contra la penetración de líquidos.
- Grado de protección contra daños mecánicos.
- Grado de protección contra la penetración de polvo y sólidos.

c) Características físicas y plásticas

Una buena parte de estas características dependerán de la física de la lámpara o fuente de luz, así, como los requerimientos eléctricos y mecánicos de la misma.

9.9.4.3 Clasificación de los aparatos de alumbrado

- **Difusores:** Cuando utilizan preferentemente sus propiedades de transmisión y difusión.
- **Reflectores:** Cuando utilizan principalmente su poder de reflexión.
- **Refractores:** si en ellos se emplean sus propiedades refractoras.
- **Aparatos mixtos:** si se utilizan dos o más de las propiedades anteriores.

9.9.5 *Alumbrado de emergencia*

El alumbrado de emergencia tiene por objeto asegurar, aún faltando el alumbrado general, la iluminación de los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación de la gente.

Se instalarán aparatos autónomos fluorescentes de 8 W de potencia.

Dichos aparatos estarán constituidos por un acumulador Ni-Cd, alimentado por el correspondiente conjunto transformador-rectificador conectado permanentemente a la red, que mantiene el acumulador en régimen de flotación, hasta que pase a descargarse sobre el punto de luz incorporado en el propio aparato, al faltar la tensión de red, o bien cuando su valor eficaz decrece por debajo del 70% del nominal de servicio, con una duración mínima de una hora.

Los aparatos situados encima de las puertas llevarán un rótulo apropiado de indicación de salida.

La distribución de los aparatos de emergencia se puede ver en el plano nº 29.

9.10 Central solar fotovoltaica conectada a la red

9.10.1 Energía solar

El Sol es una de las innumerables estrellas que hay en nuestra galaxia, la más cercana y, sin duda, también la más importante para nosotros, ya que sin ella no existiríamos, ni existiría ninguna forma de vida sobre la Tierra. Es una estrella de tipo medio; su radio es de unos 700.000 Km. y su masa equivale a la que se obtendría juntando unos 300.000 planetas iguales a la Tierra. Brilla en el espacio desde hace más de 5.000 millones de años y se calcula que el tiempo que le resta de vida es todavía mayor.

El origen de la energía que el Sol produce e irradia está en las reacciones nucleares que ininterrumpidamente se realizan en su interior. En ellas, los átomos de hidrógeno, que es el elemento más abundante en el Sol, se combinan entre sí para formar átomos de helio y, al mismo tiempo, una pequeña parte de la masa de dichos átomos se convierte en energía, de acuerdo con la famosa fórmula de Einstein $E = mc^2$, la cual fluye desde el interior hasta la superficie (fotosfera) y desde allí es irradiada al espacio en todas las direcciones.

La superficie del Sol se encuentra a una temperatura media de 5.500° C. En su superficie se producen complejas reacciones que se traducen en pérdida de masa. Esta masa perdida se convierte en energía y se transmite al exterior mediante radiaciones. Éste es el fundamento de la radiación solar.

De la energía o radiación solar sólo es visible el 47 % de la energía total liberada.

Las radiaciones ultravioletas son poco abundantes (representan un 7 % de la radiación total solar), pero son las más energéticas. En cambio, las radiaciones infrarrojas son mucho más abundantes (representan el 46 % de la energía total liberada) y en su defecto son mucho menos energéticas.

Aunque el Sol también emite partículas materiales, la mayor parte de la energía irradiada es transportada en forma de ondas electromagnéticas (fotones) en una amplia gama de longitudes de onda diferentes, las cuales se desplazan en el espacio vacío a una velocidad de 300.000 Km/s, tardando solamente ocho minutos en recorrer los 150 millones de kilómetros que hay entre el Sol y la Tierra.

Cada segundo el Sol irradia en todas las direcciones del espacio una energía de 4×10^{26} julios, esto es, genera una potencia de 4×10^{23} kilovatios. Para hacernos una idea de la enorme magnitud que representan estas cifras, basta considerar que la potencia generada por todas las plantas industriales del mundo trabajando juntas sería unos trescientos billones de veces más pequeña.

En el breve lapso de tiempo de un solo segundo el Sol irradia mucha más energía que la consumida por todo el género humano desde sus albores hasta nuestros días.

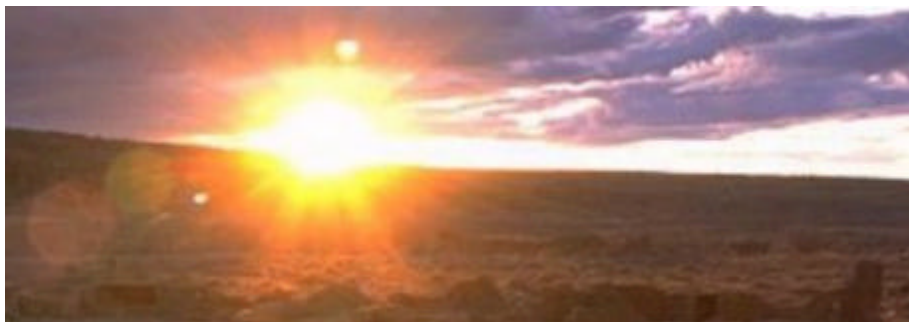


Figura 46. Puesta de Sol al atardecer

El Sol es una esfera de 1.400.000 Km de diámetro, que irradia alrededor de él una gran cantidad de energía debido a reacciones nucleares en cadena.

Una gran parte de la energía que produce sirve para mantener su temperatura, y el resto se envía hacia el espacio. La temperatura aparente del Sol es aproximadamente 6.000° K.

La Tierra recibe del Sol una aportación energética del orden de 4.500 veces la energía que consume. A pesar de la granditud de esta cifra, existen problemas a la hora de aprovechar la radiación pero las ventajas que hacen de su aplicación una alternativa importante de cara al futuro:

- Es gratuita.
- No es contaminante.
- Es totalmente descentralizada.
- Es renovable e inexhaustible.

9.10.2.1 Posición de la Tierra Respecto del Sol

Incluso más importante que la cantidad de energía absoluta de energía recibida es la inclinación con que las ondas de radiación inciden sobre una superficie, ya que esto hará que la energía se reparta en un área más o menos extensa, disminuyendo o aumentando su intensidad.

Debido a la inclinación del eje de rotación de la Tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol y su forma esférica, un mismo punto de la superficie terrestre recibe los rayos con una inclinación diferente, según la época de año, y por tanto, la energía efectiva que incide en un metro cuadrado de superficie horizontal varía considerablemente.

En invierno los rayos del sol caen con un ángulo pequeño respecto a la horizontal, lo contrario que en verano, en que el ángulo es mucho mayor, llegando a alcanzar la perpendicular en las zonas cercanas al ecuador y en los momentos centrales del día. Por esa razón, la energía total incidente en un determinado período de tiempo, también es mucho mayor en las horas centrales del día que en las horas cercanas al amanecer o a la puesta de Sol.

Aunque todos sabemos que es la Tierra la que gira alrededor del Sol y no al revés, a efectos prácticos todavía resulta útil, y conduce a los mismos resultados, suponer que es el Sol que gira alrededor de nuestro planeta, describiendo una órbita aproximadamente circular.

Con este modelo ficticio, el Sol se comporta como una luminaria que se eleva todos los días desde el Este y hacia el Oeste, describiendo en el cielo un arco más o menos amplio, según la época del año.

En primavera y verano el arco de la trayectoria solar es más grande, el Sol se eleva más sobre el horizonte y permanece más tiempo brillando en el cielo. Por el contrario, en invierno los puntos del horizonte por donde sale y se oculta están más próximos entre sí, la trayectoria es más corta y menos elevada, y el tiempo que transcurre entre el amanecer y la puesta de sol es mucho menor.

Lógicamente, cuanto mayor es la duración del día solar, más cantidad de energía se podrá recoger a lo largo del día.

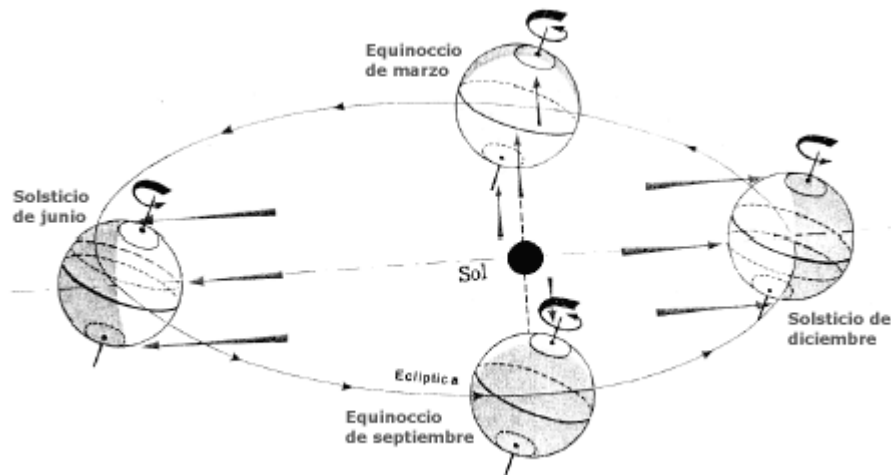


Figura 47. Órbita de la Tierra

Además, otro factor incluso más importante que el de la duración del día, es el hecho de que cuanto menos elevada sea la trayectoria solar, con menor ángulo incidirán los rayos con respecto al suelo horizontal y, según se ha dicho, la intensidad será menor, al tener que repartirse la energía en un área mayor.

El plano en el que está contenida la órbita terrestre, a través de la cual se mueve alrededor del Sol, se llama plano de Eclíptica.

El eje de rotación de la Tierra, es decir, la recta que une los polos Norte y Sur, forma un ángulo de $23,5^\circ$ con la normal al plano de la Eclíptica, siendo este hecho de una especial relevancia, ya que es el responsable de la diferente duración del día según la época del año, dando lugar al fenómeno de las estaciones.

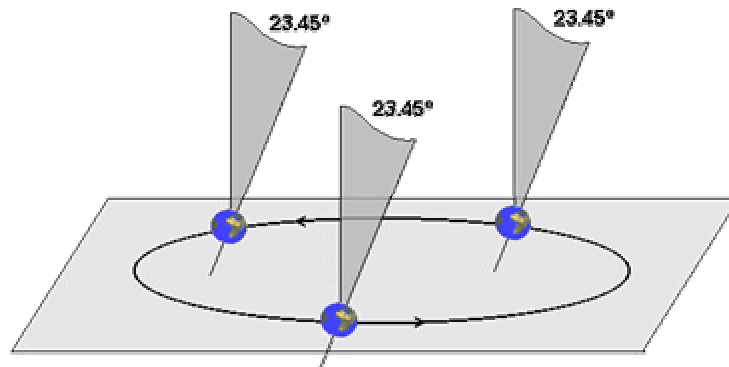


Figura 48. Eje de la Tierra respecto a la vertical del plano orbital

Los dos momentos del año en que la duración del día es igual a la de la noche (12 horas) se denominan equinoccios y aproximadamente suceden el 21 de marzo (equinoccios de primavera) y el 21 de septiembre (equinoccio de otoño).

El día de más duración del año coincide con el solsticio de verano [A] (21 junio en el hemisferio Norte) y el de menor duración con el de invierno [B] (21 de diciembre en el hemisferio Norte).

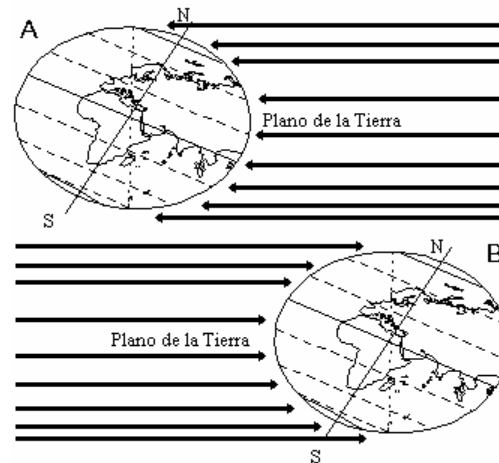


Figura 49. Posición de la Tierra respecto al Sol en los solsticios

Las estaciones son los cuatro períodos del año delimitados por los dos equinoccios y los dos solsticios.

En el verano el Sol describe una trayectoria muy amplia y elevada sobre la bóveda celeste y está mucho tiempo sobre el horizonte. Lo contrario sucede en invierno.

9.10.2.2 La constante solar

Al extenderse por el espacio en todas las direcciones, la energía radiante procedente del Sol se reparte en una superficie esférica hipotética, cuyo centro es el foco emisor (el Sol) y cuyo radio rece a la misma velocidad que la propia radiación. Así pues, la intensidad en un punto de dicha superficie esférica, al repartirse la energía solar sobre un área cada vez mayor, será más pequeña cuanto mayor sea el radio de la misma, es decir, cuanto mayor sea la distancia de dicho punto al Sol. Así, la radiación se " debilita " a medida que la distancia aumenta.

Sabiendo que:

$$I = \frac{P}{S}$$

Donde:

$P = 4 \times 10^{26}$ vatios
 S (superficie de la esfera) vale $4\pi R^2$
 $R = 1,5 \times 10^{11}$ metros, se obtiene que:

$$I = \frac{4 \times 10^{26}}{4\pi \cdot (1,5 \times 10^{11})^2} = 1,4 \times 10^3 \text{ W / m}^2 = 1,4 \text{ KW / m}^2$$

Este valor coincide con la intensidad de la radiación solar medida por medio de satélites artificiales en el espacio vacío justamente por encima de la atmósfera que rodea a nuestro planeta. Con más precisión, el valor medio de la que se conoce como Constante Solar es de 1.353 W/m².

En realidad la Constante Solar sufre ligeras variaciones debido a que la distancia entre la Tierra y el Sol no es rigurosamente constante, ya que la órbita terrestre no es perfectamente circular sino elíptica, siendo un poco mayor durante los meses de diciembre y enero, en que la distancia Sol-Tierra es algo más pequeña, y menor durante los meses de junio y julio, en los que dicha distancia es máxima.

9.10.2.3 Efecto de la Atmósfera

La radiación que atraviesa nuestra atmósfera no es toda la recibida, pues una parte considerable rebota debido a la reflexión atmosférica y vuelve al espacio. La atmósfera supone un obstáculo al libre paso de la radiación mediante diversos efectos, entre los que cabe destacar la reflexión en la parte superior de la nubes y la absorción parcial por las diferentes moléculas del aire atmosférico. Este último fenómeno hace que la intensidad que llega a la superficie, aun en días despejados y con atmósfera muy limpia, sea como máximo de unos 1000 W/m^2 . Parte de radiación que atraviesa a la atmósfera es difundida y absorbida, es la radiación difusa, y el resto es la radiación directa. También es preciso tener en cuenta que, a pesar de los rayos solares en línea recta, al llegar a las capas atmosféricas los fotones chocan con las moléculas y el polvo en suspensión, sufren difusiones y dispersiones que se traducen en cambios bruscos de dirección. Aunque esta luz difundida finalmente llega también a la superficie, al haber cambiado muchas veces de dirección a medida que ha atravesado la atmósfera, lo hace, no como si procediese directamente del disco solar, sino de toda la bóveda celeste. Esta radiación es conocida con el nombre de **difusa**, en contraposición a la radiación **directa**, que es aquella que alcanza la superficie manteniendo la línea recta desde el disco solar. La suma de las radiaciones directa y difusa es la radiación total, que es la que nos interesa a efectos energéticos. La radiación difusa hace que un cuerpo siempre esté recibiendo una cierta cantidad de energía por todas sus partes, incluso por las que no recibe la luz del Sol directamente.

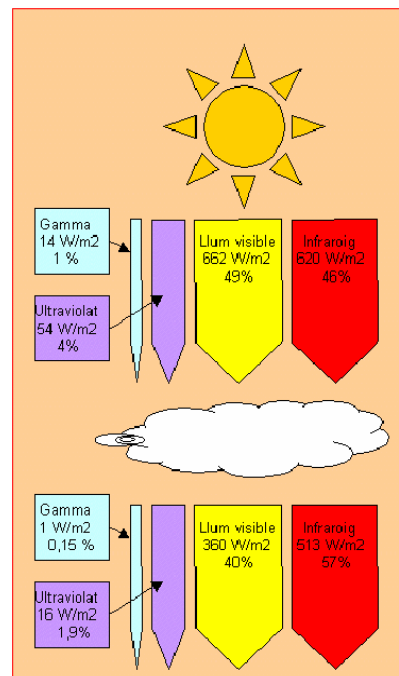


Figura 50. Radiación emitida por el sol

Aunque un día despejado la radiación directa es mucho mayor que la difusa, ésta última será, evidentemente la única forma posible de radiación en los días cubiertos, filtrándose más o menos homogéneamente por toda la bóveda celeste a través de la capa nubosa. La radiación difusa supone aproximadamente un tercio de la radiación total que se recibe a lo largo del año.

Condiciones climatológicas	Radicación Global	Radicación difusa
Cielo claro	600 - 1000 W/m ²	10 – 20%
Cielo parcialmente nublado	200 – 400 W/m ²	20 – 80%
Cielo totalmente nublado	50 – 100 W/m ²	80 – 100%

Figura 51. Radicación global dependiendo de las condiciones climatológicas

En cuanto a su disposición energética, hay que tener en cuenta que casi un 40% de la radiación que alcanza la superficie lo hace, no en forma de luz visible sino como radiación infrarroja.

9.10.2.4 Irradiación sobre una Superficie

Irradiación E es la cantidad de energía radiante que llega a una superficie determinada en un tiempo determinado. Se trata pues de una medida de la energía incidente sobre dicha superficie, expresándose en cualesquiera de las unidades habituales usadas para medir la energía. No hay que confundir este término con la intensidad radiante I, que es la energía incidente por unidad de tiempo y de superficie, es decir:

$$I = \frac{E}{St}$$

La cantidad de energía debida a la radiación directa que una superficie expuesta a los rayos solares puede interceptar dependerá del ángulo formado por los rayos y la superficie en cuestión. Si la superficie es perpendicular a los rayos este valor es máximo, disminuyendo a medida que lo hace dicho ángulo.

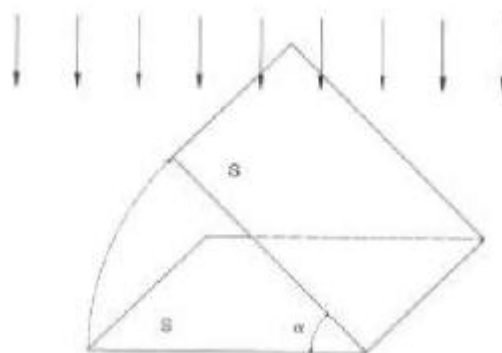


Figura 52. Angulo de la superficie incidente

Es evidente que la intensidad sobre la superficie varía en la misma proporción que lo hace la energía E, por lo que, si llamamos I_D a la intensidad directa sobre la superficie inclinada, e I_D a la intensidad directa sobre horizontal, se tiene:

$$I'_D = I_D \cos \theta \quad (3)$$

Este efecto de inclinación es la causa por la que los rayos solares calientan mucho más al mediodía que en las primeras horas de la mañana (o en las últimas de la tarde), ya que en estos últimos casos el ángulo que forma el rayo con la normal a la superficie es grande y, por tanto, el factor $\cos \theta$ hace que la intensidad sea pequeña.

La diferente inclinación de los rayos solares es asimismo la causa por la que las regiones de latitudes altas (más cercanas a los polos) reciban mucha menos energía que las más cercanas al ecuador.

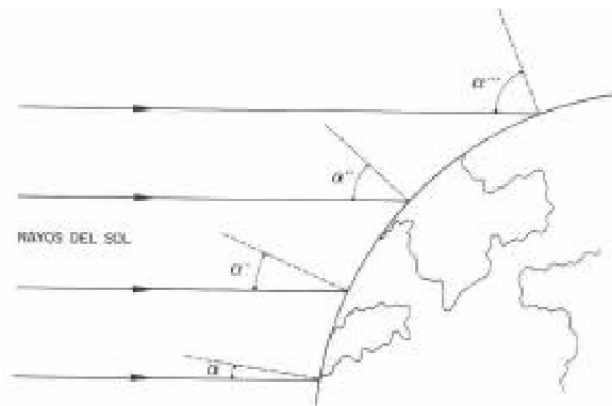


Figura 53. Inclinación de los rayos solares según la latitud

En cuanto a la radiación difusa, la ley que rige el valor de su intensidad sobre una superficie inclinada, I'_F en función de su intensidad sobre horizontal, I_F , es la siguiente:

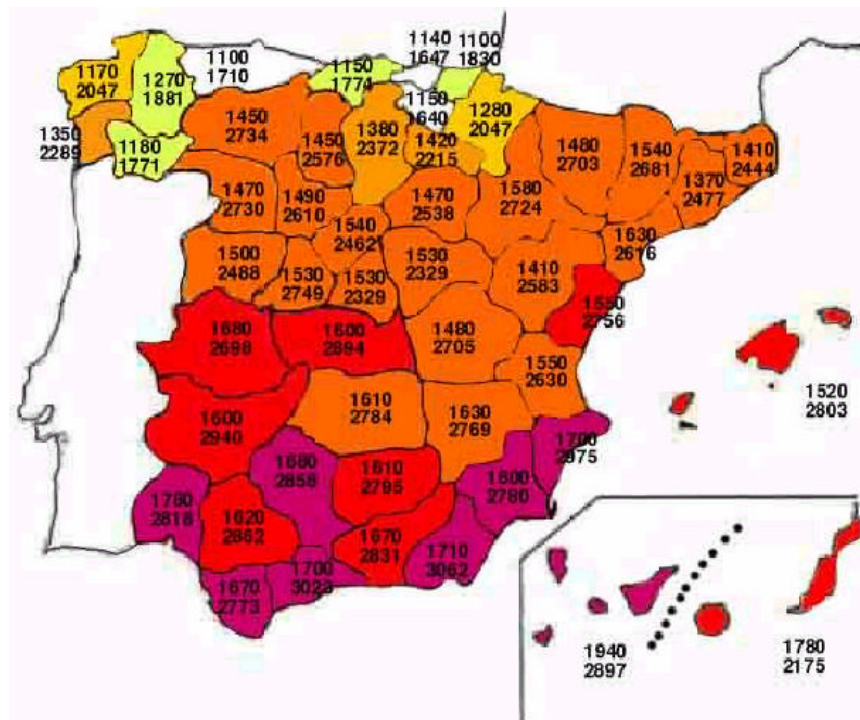
$$I'_F = \frac{I_F (1 + \cos \alpha)}{2}$$

Para medir la irradiación total que una superficie recibe en un determinado número de días (o meses) se emplean unos aparatos llamados piranómetros, los cuales detectan la intensidad de la radiación en cada instante y, acoplados a un ordenador, acumulan estos datos durante todo el tiempo que duran las medidas.

Por último, cabe citar la radiación de **albedo**, que es la reflejada por los cuerpos situados alrededor de la superficie sobre la que nos interesa evaluar la radiación, y hay que añadirla a la directa y difusa que dicha superficie recibe. El albedo de los cuerpos es tanto mayor cuanto más claro sea el color de los mismos.

La influencia del albedo del entorno sobre la radiación incidente en un colector solar suele ser despreciable, y tan sólo en casos de ubicaciones muy particulares.

Desde el punto de vista del aprovechamiento de la energía solar, si tenemos una placa como cuerpo negro a determinada inclinación sobre la horizontal, ésta absorberá radiación difusa, directa y también la reflejada.



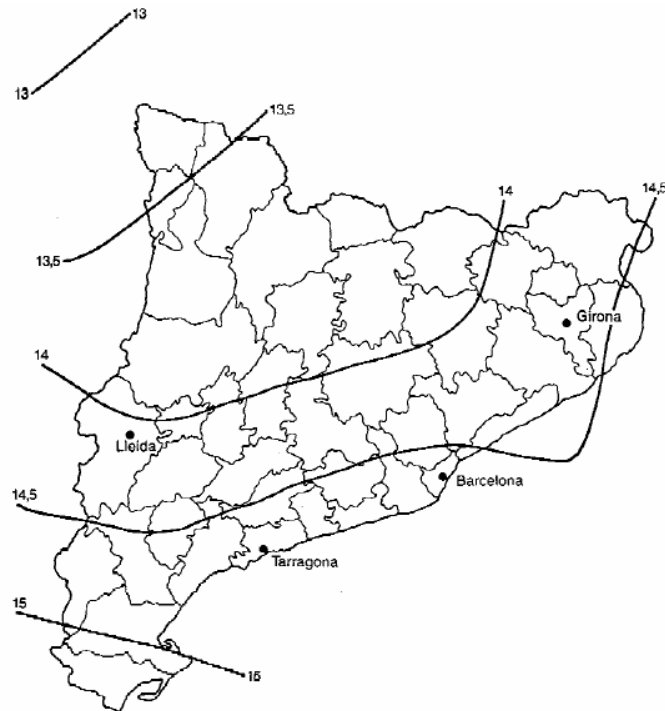


Figura 55. Mapa de radiación media diaria de Cataluña (Mj/m^2)

9.10.2.6 Aspectos medioambientales

Desde el punto de vista medioambiental, la denominación de **“energías renovables”** indica ya una de las principales características, común a este conjunto de recursos, que constituye una clara ventaja, desde este punto de vista: poder cubrir necesidades energéticas sin tener que utilizar recursos naturales agotables.

Algunos de los efectos positivos comunes al conjunto de las energías renovables, son los siguientes:

Las energías renovables presentan un reducido impacto ambiental respecto a las tecnologías que emplean combustibles fósiles. La principal consecuencia medioambiental es, por tanto, el efecto producido por esta sustitución.

Las energías renovables constituyen recursos sostenibles, entre otras, con las siguientes ventajas:

- a) No emiten CO_2 a la atmósfera, y por tanto evitan el proceso de calentamiento terrestre, como consecuencia del efecto invernadero.
- b) No contribuyen a la formación de lluvia ácida.
- c) No dan lugar a la formación de NO_x .
- d) No requieren sofisticadas medidas de seguridad.
- e) No producen residuos tóxicos de difícil, o imposible, tratamiento o eliminación.

Además, su utilización en la medida en que se evita el uso de otros combustibles, suprime los impactos originados por ellos en su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que incide beneficiosamente en el agua, el suelo, la atmósfera, la fauna, etc. Su utilización beneficia directamente al usuario ya que es un procedimiento limpio y no produce ruidos significativos.

Los impactos originados por las energías renovables no tienen un carácter permanente, ya que no se prolongan más allá de la utilización de la fuente energética, y la reversibilidad de los impactos causados es total para la mayoría de los casos.

En conclusión se puede decir que en una sociedad en que cada día se aprecia con mayor intensidad la calidad de vida (respeto al medioambiente, formas de urbanismo más racionales, etc...) la energía solar, por los motivos expuestos, es un aspecto a tener en cuenta.

9.10.2.7 La Conversión Eléctrica

La electricidad es una de las formas de energía más versátil y que mejor se adapta a cada necesidad. Su utilización está tan extendida que hoy difícilmente podría concebirse una sociedad tecnológicamente avanzada que no hiciese uso de ella. Miles de diferentes aparatos están diseñados para funcionar alimentados con energía eléctrica, bien en forma de corriente continua de pequeña tensión o de corriente alterna, a tensiones mayores. Por ello resulta muy interesante la posibilidad de producir electricidad mediante una fuente energética **segura y no contaminante**, como es la energía solar.

Existen dos conjuntos de procedimientos para lograr la conversión de energía solar en eléctrica, según empleen o no la energía cinética como forma intermedia del proceso de conversión.

El primer grupo está formado por los sistemas de conversión termodinámica, y el segundo grupo lo constituyen los sistemas directos, que no requieren partes móviles y están basados en las interacciones físicas entre los fotones de la radiación incidente y los electrones de los materiales sobre los que inciden. De entre ellos, el que tiene mayor interés a escala industrial por el creciente número de aplicaciones prácticas que encuentra es el basado en el efecto fotovoltaico.

El **efecto fotovoltaico** es la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica.

El efecto fotovoltaico se basa en el comportamiento de materiales semiconductores, los cuales, bajo ciertas circunstancias, son capaces de crear una fuerza electromotriz. Bajo el nombre de semiconductores se conocen un conjunto de sustancias, cuya resistividad está generalmente comprendida entre 10^{-6} y 10^8 $\Omega \cdot m$, que poseen ciertas propiedades características. Algunos semiconductores son elementos químicos puros, como por ejemplo el boro, silicio y el selenio, y otros son compuestos químicos, como el arseniuro de galio.

Al ponerse en contacto un cuerpo cristalino semiconductor de tipo N con otro de tipo P, se crea una unión P-N, la cual posee unas propiedades especiales.

Tanto los electrones en exceso del semiconductor N como los huecos del P tienden a difundir a través de la superficie común de separación, penetrando un poco al otro lado de dicha frontera. Como cada semiconductor es globalmente un cuerpo eléctricamente neutro, esta difusión de electrones y huecos, debida a la diferente concentración de unos y otros en cada lado de la superficie, hará que el semiconductor N se cargue positivamente y el P negativamente, estableciéndose así una diferencia de potencial de algunas décimas de voltio, la cual da lugar a un campo eléctrico que restablece el equilibrio, evitando que continúe el flujo de los portadores de carga.

Sin embargo, si incide luz sobre la zona de unión, los fotones de la misma liberarán electrones adicionales y al mismo tiempo dejarán huecos en su lugar. Estos pares electrón hueco, por efecto del campo eléctrico, adquieren movimiento (energía) y pueden ser recogidos mediante un conductor: Aparece una corriente eléctrica. Por tanto la energía eléctrica proviene de los fotones de la luz, por lo que la corriente cesa en cuanto ésta se suprime.

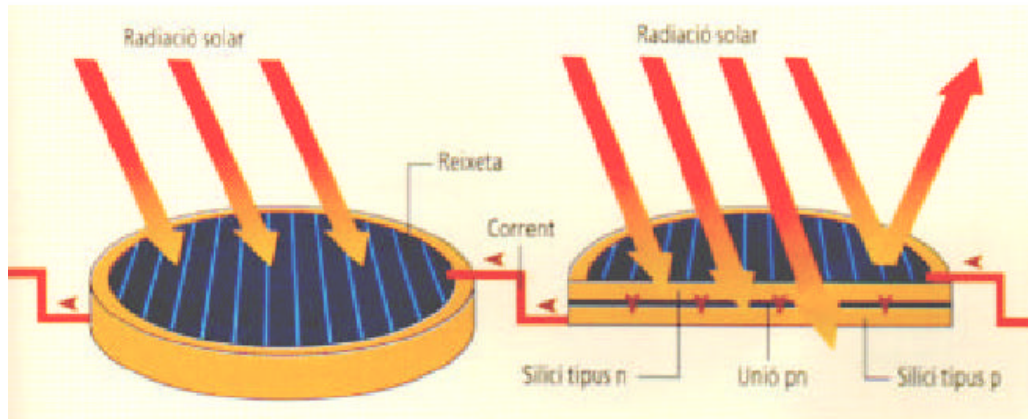


Figura 56. Esquema célula solar

El rendimiento de la transformación fotovoltaica de las células varia según el tipo de material utilizado. Así, mientras que las células de silicio monocristalino consiguen rendimientos que rondan el 17%, las de silicio policristalino y amorfo proporcionan rendimientos más limitados, del orden del 12% y el 6% respectivamente.

En lo referente a la potencia que proporcionan los sistemas fotovoltaicos, una misma célula proporciona valores diferentes al variar la intensidad de radiación que recibe. Por este motivo, normalmente la potencia nominal de las células se mide en watt-pico (Wp), que es la potencia que puede proporcionar la célula con una intensidad de radiación constante de 1000 W/m^2 y una temperatura de la célula de 25°C .



Figura 57. Módulo de células fotovoltaicas

Para obtener potencias utilizables para aparatos de media potencia, hace falta unir un cierto número de células con la finalidad de conseguir la tensión y la corriente requeridos. La unidad básica de las instalaciones fotovoltaicas es la placa fotovoltaica, que contiene entre 20 y 40 células solares; estas placas se conectan entre ellas en serie y/o paralelo para conseguir el voltaje demandado.

9.10.2.8 Funcionamiento de la célula solar

Cuando la célula solar se expone al sol la luz genera pares electrón - hueco. Cada uno de estos pares constituyen un potencial elctro-circulante por el circuito exterior. Asociado a este proceso de generación se producen procesos de recombinación. Cada proceso de recombinación anulará uno de los pares electrón-hueco generados y por tanto habrá un electrón menos disponible para circular. De ahí que estos procesos supongan pérdidas para la generación fotovoltaica.

La corriente generada por la célula solar para una iluminación dada varía en función de la caída de tensión producida en el exterior.

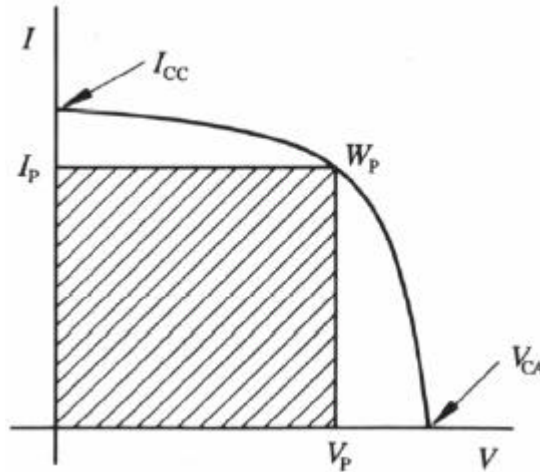


Figura 58. Diagrama I -V de una célula fotovoltaica.

9.10.2.9 Circuito eléctrico equivalente

Eléctricamente una célula solar de silicio monocristalino no es más que un diodo de unión $p-n$ que debajo la influencia de la luz crea una diferencia de potencial entre sus zonas p y n (efecto fotovoltaico), generando corriente eléctrica. El circuito equivalente está formado por un generador de corriente ideal, un diodo, un pequeño efecto capacitivo representado por un condensador, y dos resistencias típicas de la fabricación, una en serie y la otra en paralelo, que provienen de los propios materiales utilizados.

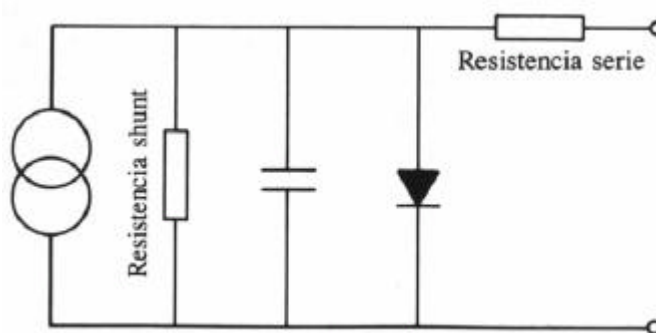


Figura 59. Esquema eléctrico equivalente de una célula solar

9.10.2 El panel solar

Una célula suelta sólo es capaz de proporcionar una tensión de algunas décimas de voltio (típicamente alrededor de medio voltio para las células de silicio) y una potencia máxima de uno o dos vatios. Es preciso conectar entre sí en serie un determinado número de células para producir tensiones de 1,5, 6, 12, 24 ó 48 voltios aceptadas en la mayor parte de las aplicaciones.

Al conjunto así formado, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos, se le denomina **panel o módulo fotovoltaico**.

El proceso de conexión de las células es automático, efectuándose mediante soldaduras especiales que unen el dorso de una célula con la cara frontal de la adyacente.

Las células que integran el panel fotovoltaico deben estar comprendidas en un rango muy estrecho en cuanto a sus parámetros eléctricos, para evitar descompensaciones que se producirían en el interior del módulo si unas generan más corriente que las vecinas.

Para producir un panel de 12 voltios nominales usualmente se necesita un número de células entre 30 y 40, según las características de las mismas.

Una vez terminadas las interconexiones eléctricas, las células son encapsuladas en una estructura tipo “ sandwich “, consistente en una lámina de vidrio templado, otra de un material orgánico adecuado, las propias células, otra capa de sustrato orgánico y, por último, una cubierta posterior formada por varias láminas de polímeros u otro vidrio. La estructura concreta de cada modelo de panel varía de un fabricante a otro.

Se procede posteriormente a un sellado al vacío, introduciéndolo en un horno especial para su laminación, haciéndose estanco el conjunto.

Por último se rodea el perímetro del panel con neopreno o algún otro material que lo proteja de las partes metálicas que forman el marco-soporte, en el caso de que lo lleve.

Una vez montadas las conexiones positiva y negativa se efectúan los controles de calidad necesarios, entre los que cabe destacar los ciclos térmicos, de humedad y congelación.

9.10.2.1.-Características del panel solar

9.10.2.1.1.-Características físicas

Los paneles adoptan siempre la forma cuadrada o rectangular, con áreas que van desde aproximadamente 0,1 m² hasta 1 m². El grueso total, sin incluir el marco protector, no suele superar los 3 cm. Son relativamente ligeros (un panel de unos 0,5 m² puede pesar 6 ó 7 kg), y aunque rígidos en apariencia, son capaces de sufrir ligeras deformaciones para adaptarse a los esfuerzos mecánicos a que pudieran verse sometidos.

9.10.2.1.2.-Cubierta exterior

Tiene una función eminentemente protectora, ya que es la que debe sufrir la acción de los agentes atmosféricos. Por este motivo, se suele utilizar vidrio y por tener una excelente transmisión a la radiación del espectro solar. Este cristal ha de ser, en su parte externa, liso y capaz de no retener suciedad, al contrario de lo que ocurre con el interior, que suele ser rugoso por estar en contacto con el encapsulante, y con el fin de que se adhiera a éste y permita mejor el paso del espectro de la luz solar. Se caracterizan por su alta resistencia, alta transmisividad y bajo contenido en hierro.

9.10.2.1.3.- Encapsulante

Encargado de proteger la célula solar y los contactos de interconexión, es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscándose además un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente.

Los materiales utilizados (siliconas, polivinilo butiral, EVA o etil-viniloacetileno, etc.) deben presentar sobre todo una excelente transmisión a la radiación solar, así como una nula degradación frente a las radiaciones ultravioletas.

Además, esta parte del módulo, actuará a modo de protector de las posibles vibraciones e impactos que se pudieran producir y como adhesivo entre las cubiertas inferior y posterior.

9.10.2.1.3.-Lámina o protección posterior

Su misión consiste fundamentalmente en proteger contra los agentes atmosféricos, ejerciendo una barrera infranqueable, contra la humedad.

Presentan la ventaja adicional de reflejar la luz que ha logrado pasar por los intersticios de las células, haciendo que ésta vuelva hacia la parte frontal del panel, donde puede ser de nuevo reflejada por la cara interior de la cubierta frontal e incidir otra vez sobre las células.

Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales (cristales, materiales acrílicos y siliconas), de diferentes características.

9.10.2.1.4.- Marco metálico

Es la parte que presta rigidez mecánica al conjunto y permite su inserción en estructuras que agruparán a más módulos. Suele ser de aluminio anodizado o acero inoxidable.

Debe estar ya preparado de fábrica con los taladros necesarios para su anclaje a un bastidor, sin necesidad de manipulación alguna por parte del operario montador que pueda debilitar el panel.

9.10.2.1.5.-Contactos eléctricos

Son aquellos que van a permitir acceder a la energía producida por el conjunto de células. Deben de ser cómodos para el cableado y permitir que la conexión de una gran cantidad de módulos no sea dificultosa, asegurando una perfecta estanquidad cuando se efectúe la unión con el conductor exterior o con otros paneles.

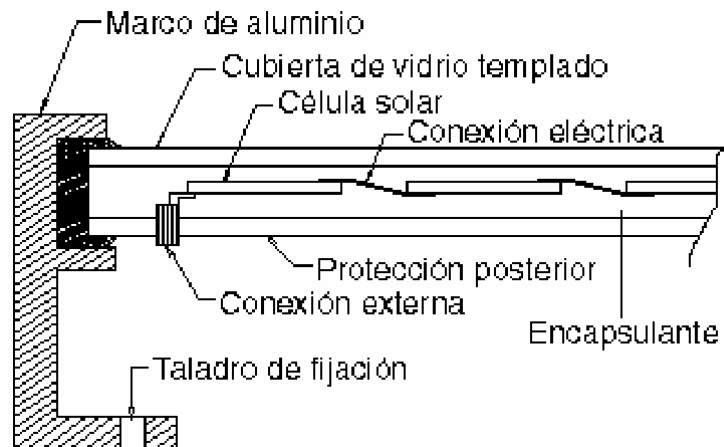


Figura 60. Sección del módulo fotovoltaico mostrando sus parte

9.10.2.2.-Características eléctricas

El comportamiento y las características eléctricas del módulo fotovoltaico vienen determinados por la curva tensión-intensidad (V-I) del panel. Además de hablar de la potencia pico del módulo es necesario especificar ciertos parámetros de dicha curva característica con el fin de evaluar el tipo de módulo mejor adaptado a la aplicación de que se trate. Estas características del panel, están definidas para unas condiciones estándar de medida, que vienen determinadas por unos determinados niveles de radiación (1 KW/m^2), temperatura (25° C) y distribución espectral de la radiación incidente.

En la siguiente figura se muestra la curva de características eléctricas de un panel fotovoltaico:

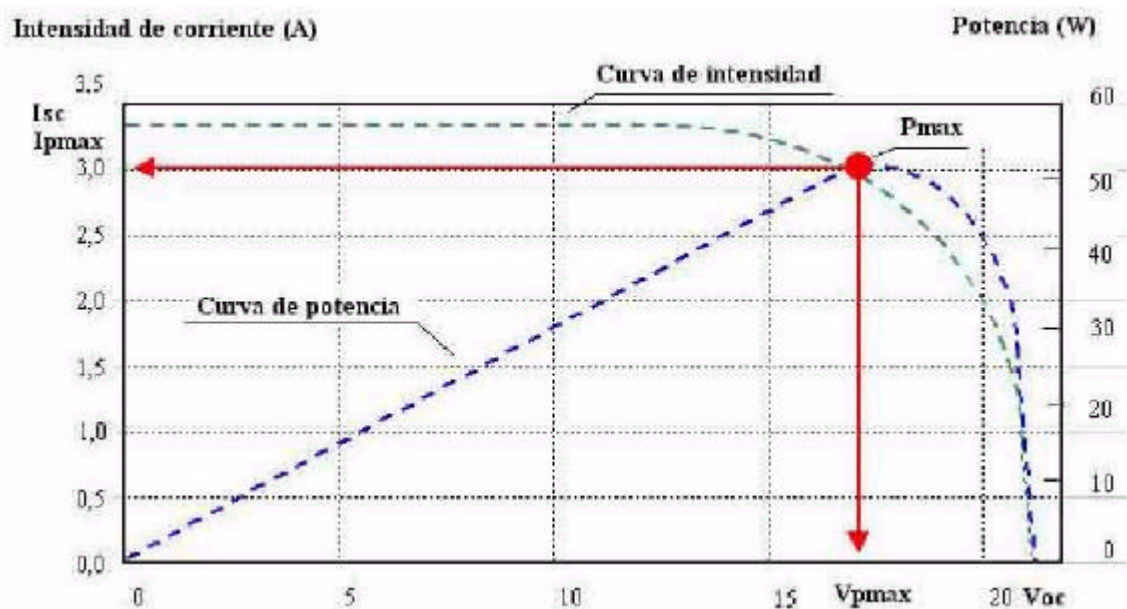


Figura 61. Curva de características de un panel fotovoltaico

En ella se pueden ver las medidas típicas que definen una célula. Son:

Corriente de cortocircuito I_{cc}

Es aquella que se produce cuando se cortocircuitan los terminales del panel ($V=0$). Su valor varía en función de la superficie y de la radiación luminosa a la que la célula es expuesta.

Normalmente, y para células de 100 mm de diámetro, su valor está próximo a los 2,5 A para una radiación de 1000 W/m².

Tensión de circuito abierto V_{ca}

Es la tensión máxima que se podría medir con un voltímetro, sin permitir que pase corriente alguna entre los bornes de un panel, es decir, en condiciones de circuito abierto (resistencia entre bornes infinita) y representa la tensión máxima que puede dar una célula. Su valor oscila alrededor de los 0,5 V.

Potencia de pico W_p

Es la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una célula y se define por el punto de la curva I-V donde el producto de la intensidad producida y la tensión es máxima. Los valores de la corriente y tensión correspondientes a este punto se conocen respectivamente como corriente y tensión en el punto de máxima potencia I_{pmax} y U_{pmax} . Todos los restantes puntos de la curva generan valores inferiores de dicho producto.

Una placa de por ejemplo 40 Wp producirá 40 W·h de energía si durante una hora recibe esta radiación (equivalente a 1000 W/m²). Si la radiación recibida no es de esta intensidad necesitará más de una hora para producir estos 40 W·h. Por tanto hay que utilizar un nuevo concepto, el de *hora solar pico*.

El número de horas pico de un día determinado se obtendrá dividiendo el total de la energía de la radiación solar de ese día (en W·h/m² y día) por 1.000 W/m². Por eso, para saber la energía que nos dará una placa no podemos multiplicar su potencia (en Vatios-pico) por el número de horas de sol de un día, ya que no todas estas horas son de máxima intensidad solar. Por tener una idea, sumando toda la energía que da el Sol durante un día nada más, equivale a unas 5 horas solares de pico al verano y entre 3 y 4 al invierno.

Factor de forma FF

Es un concepto teórico, útil para medir la forma de la curva definida por las variables I y V. Se define mediante la expresión:

$$FF = (I_p V_p) / (I_{cc} V_{ca})$$

Siempre será un valor más pequeño que la unidad (comprendido entre 0.7 y 0.8) y la célula solar será tanto mejor cuanto más se aproxime el valor del factor de forma a dicha cifra.

Eficiencia de conversión rendimiento

Es otro parámetro que define la calidad de la célula fotovoltaica. Se representa por la siguiente fórmula:

$$\eta = W_p / W_r$$

donde W_p (potencia pico) es igual al producto de la intensidad pico (I_p) por la tensión pico (V_p) y W_r la potencia de radiación incidente sobre la superficie de la célula solar.

Una vez conocidos los parámetros I_{pmax} y U_{pmax} se puede determinar como afectan diferentes factores a los paneles fotovoltaicos:

1. **Intensidad de la radiación:** la intensidad aumenta con la radiación, permaneciendo más o menos constante el voltaje. Es importante conocer este efecto, ya que los valores de la radiación cambian a lo largo de todo el día, en función del ángulo del Sol con el horizonte, por lo que es importante la adecuada colocación de los paneles, existiendo posibilidad de cambiar su posición a lo largo del tiempo, bien según la hora del día o la estación del año. Un mediodía a pleno sol es equivalente a una radiación de 1.000 W/m^2 , cuando el cielo está cubierto, la radiación apenas alcanza los 100 W/m^2 .

2. **Temperatura de las células solares:** la exposición al sol de las células provoca su calentamiento, lo que lleva aparejado cambios en la producción de electricidad. Una radiación de 1.000 W/m^2 es capaz de calentar una célula unos 30°C por encima de la temperatura del aire circundante. A medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los paneles de tal manera que estén bien aireados, y en el caso de que sea usual alcanzar temperaturas elevadas, plantearse la instalación de paneles con un mayor número de células. Este factor condiciona enormemente el diseño de los sistemas de concentración, ya que las temperaturas que se alcanzan son muy elevadas, por lo que las células deben estar diseñadas para trabajar en ese rango de temperaturas o bien contar con sistemas adecuados para la disipación de calor.

Si no se conocen las curvas de variación con la temperatura de las magnitudes características del panel (que deben ser suministradas por el fabricante o proveedor de los mismos), resulta útil conocer unas variaciones medias, a saber:

Para paneles de células de silicio el voltaje disminuye a razón de $2,3 \times 10^{-3}$ voltios por cada célula que contenga el panel y por cada $^\circ\text{C}$ de aumento de temperatura de la célula por encima de los 25°C . La corriente aumenta a razón de 15×10^{-6} amperios por cada centímetro cuadrado de área de células y grado centígrado de aumento de temperatura por encima de 25°C .

Para paneles con tecnología de película delgada las variaciones son respectivamente de $-2,8 \times 10^{-3} \text{ V/célula}$ y $+1,3 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ por cada centígrado de aumento.

En la práctica basta recordar que la potencia del panel disminuye aproximadamente un 0,5% por cada grado de aumento de la temperatura de la célula por encima de los 25°C .

3. **Número de células por módulo:** el número de células por módulo afecta principalmente al voltaje, puesto que cada una de ellas produce 0,4 V. La U_{oc} del módulo o panel aumenta en esa proporción. Un panel solar fotovoltaico se diseña para trabajar a una tensión nominal U_{np} , procurando que los valores de V_{pmax} en las condiciones de iluminación y temperatura más frecuentes coincidan con U_{np} .

9.10.2.3.-Orientación e inclinación

Otro aspecto de gran importancia de cara a la colocación de los paneles es su posición con respecto al sol, ya que es necesario tener en cuenta las variaciones que presenta la posición del Sol en el cielo a lo largo del ciclo anual y la incidencia que estas variaciones tienen en la cantidad de radiación solar puesta a disposición de los paneles.

La posición de los paneles está basada en dos ángulos distintos, que son la orientación y la inclinación. La **orientación** de los paneles siempre será al sur, al ser la única posición donde aprovecharemos de un modo más completo a lo largo del año la radiación emitida por el sol. Tan sólo en circunstancias especiales o por el efecto de sombras creadas por otros objetos, se podrá variar dicha orientación hacia el este. En principio, no se consideran especialmente problemáticos los sombreados que ocurran durante las dos primeras o las dos últimas horas del día.

La energía procedente del Sol llega a un panel, depende fundamentalmente del ángulo de **inclinación** que forma con la horizontal. Este ángulo puede adoptar una o varias posiciones a lo largo del año, si bien esta última posibilidad aumenta la energía recibida en todo el período, en la práctica lo más eficaz es dejarlo en una posición. Lo usual es adoptar una inclinación fija de 45° o la equivalente a la latitud del lugar, con lo cual se optimizará la producción a lo largo del año.

9.10.2.4.-Tipos de paneles

Existen en el mercado varios tipos de paneles que se diferencian entre sí por sus características constructivas o por el tipo de materiales empleados.

En principio, se pueden clasificar los paneles atendiendo al tipo de células que contiene. Así, se habla de paneles monocristalinos, policristalinos y amorfos, o mencionando el material semiconductor utilizado.

Otra posible clasificación tendría en cuenta la potencia que cada panel es capaz de producir. Existen minipaneles de 1 ó 2 W de potencia, y también se pueden encontrar grandes paneles de 150 W.

La potencia nominal pico es la proporcionada al recibir el panel una irradiación de 1.000 W/m² cuando la temperatura de las células es de 25 °C. El nombre de “pico” hace referencia a que una intensidad radiante de 1.000 W/m² constituye un pico máximo en las medidas reales de la intensidad radiante (corresponde más o menos a la obtenida en un día claro con el Sol cercano al cenit).

En la mayor parte del tiempo la intensidad radiante recibida por el panel es inferior a 1.000 W/m², por lo que la potencia real producida será también inferior a la nominal pico.

En cuanto a la tensión o voltaje, ya se ha dicho que la máxima diferencia de potencial que un panel puede proporcionar es V_{oc} , aunque el voltaje efectivo de trabajo es siempre menor.

Según el número de células sea aproximadamente 18 ó 36, se habla de paneles de 6 ó 12 V (V_{oc} vale alrededor de 10 y 20 V respectivamente). Los paneles más utilizados son los de 12 V, por ser la tensión más frecuente en corriente continua.

9.10.2.5.-Interconexión de paneles

Los paneles están diseñados para forrar una estructura modular, siendo posible combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, a fin de obtener la tensión e intensidad deseadas.

Se sabe, dos o más paneles en serie produce un voltaje igual a la suma de los voltajes individuales de cada panel, manteniéndose invariable la intensidad. En paralelo, es la intensidad la que aumenta, permaneciendo igual el voltaje.

Lo más frecuente es adquirir paneles del voltaje deseado (los de 12 voltios son los que más abundan en el mercado) y combinarlos en paralelo de forma que la intensidad total (y por tanto la potencia resultante) sea la necesaria para satisfacer el consumo eléctrico calculado.

Es importante advertir que los paneles que se interconectan deberán tener la misma curva I-V, a fin de evitar descompensaciones.

Los paneles compuestos, formados por módulos individuales, pueden a su vez combinarse entre sí para formar estructuras para mayores constituidas por gran número de paneles.

Si en un grupo de varios módulos conectados en serie, uno de ellos falla, bien por avería interna o por recibir temporalmente sombra, dicho módulo se convierte en una carga resistiva que dificultará sobremanera, o impedirá totalmente, el paso a su través de la corriente generada por los demás módulos de la serie. Toda la hilera de módulos en serie quedaría, pues, fuera de servicio e incluso pudiera ocurrir que la generación de calor por efecto Joule, que se producirá en el módulo afectado, termine por arruinarlo.

Para prevenir la anterior circunstancia, los módulos conectados en serie se dotan de un pequeño elemento denominado diodo de “by-pass”, conectado en paralelo, entre sus terminales. Dicho elemento proporciona un camino alternativo a la corriente generada por los demás módulos de la serie en el caso de que ésta encuentre una anormal resistencia a fluir por el propio módulo.

El diodo de “by-pass” se conecta con su cátodo unido al terminal positivo del módulo. Los fabricantes ya incorporan este dispositivo montado en la caja de conexión de cada panel.

Las placas fotovoltaicas producen corriente continua, a una tensión nominal de 12V. Si se conectan entre si uniendo todos los polos positivos por una banda y todos los negativos por otra, tendríamos en los extremos una tensión igual a 12V y una intensidad en amperios equivalente a multiplicar la intensidad unitaria de las placas por el número de placas (conexión en paralelo). En cambio si unimos el positivo de una placa con el negativo de la segunda, y así sucesivamente, la tensión que conseguiremos será la resultante de multiplicar el número de placas por 12V, y la intensidad total en este caso será la que circule por una de las placas (conexión serie). Ahora la energía que nos pueden dar un mismo número de placas conectadas en serie o en paralelo será siempre la misma. Combinando la conexión en serie y paralelo se pueden conseguir voltajes nominales de trabajo (12, 24, 48 V...) adecuados para cada instalación.

9.10.2.6.-Panel solar utilizado

El campo fotovoltaico está formado por 2 zonas iguales, cada zona esta compuesta por 2760 paneles del modelo A-130 de la casa ATERSA con un total de 717600 Wp instalados. El panel solar elegido satisface las especificaciones UNE-EN 61215 y está cualificado por el Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT con un grado de protección IP65. Este panel presenta las siguientes características:

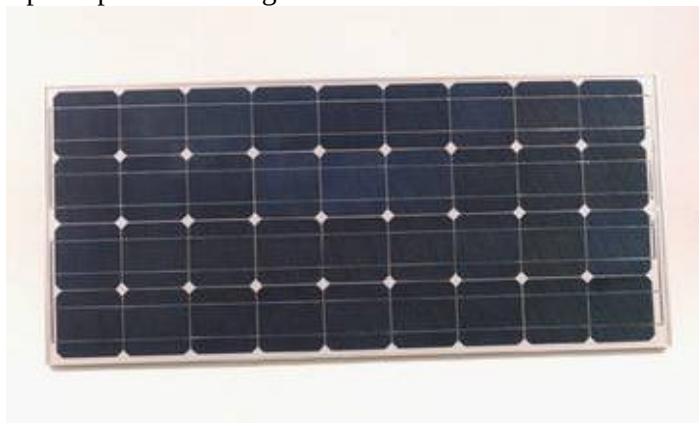


Figura 62. Módulo Fotovoltaico utilizado, A-130

CARACTERÍSTICAS MÓDULO A-130	
Eléctricas	
Potencia (W en prueba $\pm 10\%$)	130 W
Número de células en serie	36 de 6"
Corriente en punto de máxima potencia	7,54 A
Tensión en punto de máxima potencia	17,2 V
Corriente de cortocircuito	8,1 A
Tensión de circuito abierto	21,3V
Físicas	
Longitud	1.476 mm
Anchura	660 mm
Espesor	35 mm
Peso	11,9 Kg

Los módulos fotovoltaicos se presentan divididos en 69 grupos de 40 paneles cada uno, alimentando cada 40 paneles solares a un inversor, y como hay 23 inversores por fase, por tanto cada 1104 paneles alimentan a una fase.

Los 40 módulos que alimentan a cada inversor se han distribuido en 5 filas de 8 paneles cada una conectados en serie entre ellos y en paralelo con el resto de las filas.

Por tanto como cada módulo es de 12 V y hay filas de 8 paneles en serie el conjunto de paneles proporcionará una tensión de 96 V como mínimo. Y como cada panel proporciona una intensidad de 7,54 A y cada fila tiene los paneles conectados en serie entre ellos nos dará un amperaje de 7,54 A. Como hay 5 filas en paralelo la intensidad resultante del conjunto de módulos será de 37.7 A.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se han instalado en cada una de las ramas del generador fotovoltaico un interruptor magnetotérmico de 10 A para su desconexión de forma independiente de cada una de las ramas del resto del generador.

Durante la manipulación de los paneles fotovoltaicos se ha de tener la máxima precaución de no deteriorar la cara inferior de éstos, ya que supondría la posible destrucción de las células de silicio, comportando la modificación de las características del módulo.

Todo el cableado de continua es de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie de acuerdo con la norma UNE 21123 y UNE 20-234 y cumplirá el REBT.

El cableado de los paneles y en particular las conexiones, se tienen que realizar utilizando materiales y procedimientos de alta calidad, de manera que se asegure la durabilidad y fiabilidad del sistema a la intemperie. Para el conexionado eléctrico entre paneles, se utilizará siempre terminales, utilizando los procedimientos y herramientas adecuadas.

El conexionado de paneles de una misma fila se realizará utilizando conductores de cobre de sección $1,5 \text{ mm}^2$ que estará situados dentro de tubo de PVC de 15,2 mm de diámetro. Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducen separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Tanto los positivos como negativos serán transportados hasta la caja del inversor correspondiente, donde los positivos se unirán en una caja de bornes y los negativos en otra, saliendo de cada una de estas cajas un solo cable. De este modo entrará un positivo y un negativo en la caja modular de distribución por cada 48 módulos fotovoltaicos, identificando siempre correctamente la polaridad de cada conductor.

La caja de conexiones y el tubo de protección tienen que cumplir un grado de protección IP 535.

Llegados a este punto, se ha instalado otro interruptor magnetotérmico de 50 A, y entonces ya se tendrá un terminal positivo y otro negativo como entrada a un inversor.

9.10.2.7.-Estructura de soporte y anclaje

El bastidor que sujeta al panel, la estructura soporte del mismo, y el sistema de sujeción son tan importantes como el propio panel, pues un fallo en estos elementos conlleva la inmediata paralización de la instalación.

La estructura deberá resistir vientos de , como mínimo, de 150 km/h.

La estructura también cumple la importante misión de fijar la inclinación que tomarán los paneles.

En cuanto a los anclajes o empotramiento de la estructura, se utilizan bloques de hormigón y tornillos roscados. Tanto la estructura como los soportes habrán de ser preferiblemente de aluminio anodizado de poco peso y gran resistencia, acero inoxidable para ambiente muy corrosivos hierro galvanizado apropiado para cargas elevadas, y la tornillería de acero inoxidables.

Las estructuras de hierro galvanizado ofrecen una buena protección frente a los agentes corrosivos externos, con la ventaja de que el zinc es compatible químicamente con el mortero de cal y de cemento, una vez que éstos están secos.

Las estructuras galvanizadas suelen montarse mediante tornillos.

Para paliar el efecto de la corrosión galvánica, que siempre se produce cuando dos metales diferentes se ponen en contacto, se utilizan unos aislantes que evitan el contacto físico entre el marco del panel y la estructura soporte.

La estructura deberá permitir una altura mínima de 30 cm, la cual, a fin de evitar que los paneles se ensucien al salpicar el agua o improbablemente por la nieve, también se deja para la circulación del viento por abajo.

Se debe conectar la estructura a una toma de tierra, ajustándose a las especificaciones del reglamento Electrotécnico para Baja tensión (Instrucción MIBT 039).

La base donde descansa la estructura, es de hormigón. Es conveniente reforzarlo en sus extremos mediante tirantes de acero. El procedimiento más conocido de anclar la estructura sobre la base de hormigón consiste en utilizar unas piezas metálicas a propósito, que se introducen en el hormigón cuando éste todavía está blando y al fraguar quedan firmemente sujetas. Dichas piezas, al disponer en el extremo que sobresale de espárragos roscados, facilitan la unión mediante tuercas con las patas de la estructura.

9.10.2.8.-Estructura de soporte utilizada

En esta instalación, la estructura de soporte del panel es de la marca ATERSA de acero galvanizado modelo para módulos A-130 según Normas UNE 37-501 y UNE 37-508. Al igual que los paneles solares irá orientada hacia el Sur y con una inclinación de 45°.

El sistema de fijación de la estructura tiene que tener la resistencia suficiente para soportar las cargas de tracción producidas por el viento, que pueden ser importantes, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

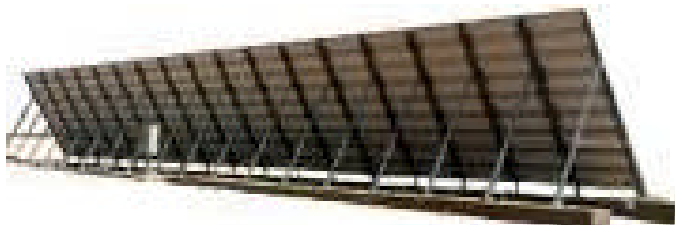


Figura 63. Hilera de estructuras de soporte A-130

Dimensión de la estructura	
Altura:	1.340 mm
Anchura:	660 mm
Profundidad:	1040 mm

Estas estructuras van sujetadas sobre bloques de hormigón de 72 m de largo, 20 cm de alto y 25 cm de ancho, de modo que la parte inferior del panel quedará a un mínimo de 30 cm del suelo, de este modo se permite la circulación del agua de la lluvia, circulación del viento y en caso de nevada no se cubrirán los paneles.

Los bloques de hormigón estarán unidos al suelo del tejado excavando 8 cm de profundidad la zona donde se tiene que situar el bloque.

Se introducirán 6 varillas de 10 mm de diámetro en forma de L, dispuestas 3 a 3 y unidas con alambre de 8 mm de diámetro entre ellas y estarán separadas 10 cm entre filas de 3 varillas y 15 cm entre las pertenecientes a la misma fila.

Para fijar las estructuras metálicas de soporte de los módulos sobre el hormigón, se realizará utilizando tornillería de anclaje de expansión cilíndrica por doble cono de acero inoxidable, que se colocarán en el interior de los agujeros de 12 mm de paso que se habrán taladrado previamente.

Cada bloque de hormigón apoyará los puntos de apoyo de dos soportes consecutivos de la misma fila, dejando una separación de 3-4 cm entre módulos.

La instalación tendrá un total de 100 bloques de hormigón.

Para evitar el efecto de la corrosión galvánica, que siempre se produce cuando dos metales diferentes se ponen en contacto, se utilizarán aislantes que eviten el contacto físico entre la estructura de soporte y el marco del panel fotovoltaico.

Los paneles fotovoltaicos se fijan sobre la estructura utilizando las indicaciones del fabricante y utilizando tornillería de acero inoxidable cumpliendo la Norma MV-106.

9.10.3.- INVERSOR

Para transformar la electricidad (corriente continua) producida por los paneles solares fotovoltaico en electricidad con las mismas características que la de la red convencional (corriente alterna a 230 voltios y frecuencia de 50 Hz) se necesita un inversor.

Debe ser un inversor específicamente diseñado para conexión a red, pues además de la función de conversión CC-CA propiamente dicha ha de encargarse de que el acoplamiento circuito de paneles-red sea perfecto, totalmente seguro y eficiente.

Existen diferentes tipos de inversores, pero se considera recomendable escogerlo en función del tamaño de la instalación que se pretende realizar.

Normalmente el inversor se instala entre el generador fotovoltaico y el punto de conexión a la red.

Una vez la electricidad solar ha sido transformada por el inversor, ésta puede utilizarse para el consumo de los usuarios de la instalación, y el excedente puede inyectarse a la red eléctrica convencional. O alternativamente inyectar a la red toda la energía producida, opción económicamente más recomendable con la legislación vigente en España.

El sistema de protecciones será tal que sólo permita realizar la conexión cuando se cumplan las condiciones específicas de interconexión a la red. Este sistema también protegerá al sistema de posibles anomalías.

Para cuantificar la energía que sea remunerada se necesita además del contador normal de entrada, un segundo contador, que se ubicaría entre el inversor y la red de la compañía eléctrica. Este contador es obligatorio para poder vender la electricidad producida.

El suministro de electricidad al complejo industrial se realizaría desde la red, con su propio contador, siendo una instalación totalmente independiente y en paralelo con la instalación fotovoltaica.

9.10.3.1.-Inversor para interconexión a la red

Este tipo de inversores suelen seguir la siguiente nomenclatura:

Inversor PRM N°1/(3/8)

siendo:

PRM: significa que la conexión se realiza desde paneles-hacia-red monofásica

N°1: indica aproximadamente la potencia nominal de pico de paneles (1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 5.000, 6.000 en cada caso).

3/8: indica el número de paneles de cada serie, que puede ser 3 u 8.

Para obtener el rendimiento que el inversor es capaz de proporcionar, es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Precauciones

Este equipo utiliza internamente tensiones elevadas, esta tensión puede causar daños a las personas. Extremar las precauciones durante la manipulación del inversor y tener siempre presentes las siguientes observaciones:

- ✓ La instalación y reparación de este inversor debe ser realizada por un profesional específicamente formado para esta función.
- ✓ El diseño de las conexiones y la instalación del inversor deben cumplir las normas que regulan la utilización de corrientes en baja tensión.
- ✓ La temperatura de los disipadores de calor de las etapas de potencia podría llegar a alcanzar los 80° C. No obstruir la entrada o la salida del aire.

Es muy importante tener presentes las condiciones ambientales de funcionamiento.

2. Mantenimiento

El inversor para interconexión a la red es un equipo electrónico que no incluye partes que sufran desgaste con el tiempo, el mantenimiento del equipo se reduce a revisiones periódicas que verifiquen las condiciones de trabajo. La revisión periódica de la instalación debe comprobar el estado de las conexiones y el aprieto de las bornas, así como la acumulación de polvo y suciedad que se pueda producir en el conducto de ventilación.

La revisión del equipo se debe hacer extensiva a la revisión de la instalación completa. En cualquier caso, esta revisión debe ser realizada por profesionales.

3. Dimensionado del generador fotovoltaico

El número de paneles de la instalación y su cableado estará primeramente en función de la potencia que se va a instalar y de la potencia de cada panel.

4. Dimensionado del inversor

En sistemas de conexión a red, la superficie disponible para la instalación del generador fotovoltaico puede estar limitada por elementos constructivos, por ello el equipo está diseñado para poder trabajar con diferentes potencias sin problema.

Para cada modelo se recomienda que la potencia pico de paneles instalada esté comprendida entre los valores que se indican en la tabla de datos técnicos.

El inversor dispone de una limitación de potencia establecida en su programación, lo que permite su conexión a campos de módulos fotovoltaicos de una potencia superior en un 10 % a la del equipo para casos especiales de zonas de baja radiación media.

9.10.3.2.-Funcionamiento del inversor

El inversor de conexión a red dispone de un sistema de control que le permite un funcionamiento completamente automatizado.

Durante los períodos nocturnos el inversor permanece parado vigilando los valores de tensión de la red y del generador fotovoltaico. Al amanecer, la tensión del generador fotovoltaico aumenta, lo que pone en funcionamiento el inversor que comienza a inyectar corriente en la red. A continuación se describe el funcionamiento del equipo frente a situaciones particulares:

9.10.3.3.-Fallo en la red eléctrica

En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de cortocircuito. En este caso se desconecta por completo y espera a que restablezca la tensión en la red para iniciar de nuevo su funcionamiento.

Tensión fuera de rango

Si la tensión de red se encuentra fuera del rango de trabajo aceptable, tanto si es superior como si es inferior, el inversor interrumpe su funcionamiento hasta que dicha tensión vuelva a encontrarse dentro del rango admisible. A partir de 250 V_{ca} el equipo reduce la potencia a fin de no incrementar más esta tensión. Si a pesar de esta reducción la tensión sobrepasa 255 V_{ca}, se parará.

Frecuencia fuera de límites

Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo se para inmediatamente pues esto indicaría que la red es inestable o está en modo isla.

Temperatura elevada

El inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección natural y ventilación forzada con termostato electrónico proporcional que controla la velocidad de los ventiladores.

En el caso de que la temperatura ambiente se incremente excesivamente o accidentalmente se tapen los canales de ventilación, el equipo seguirá funcionando pero reducirá la potencia de trabajo a fin de no sobrepasar internamente los 75° C. Si internamente se llega a 80° C, se parará y el intermitente se quedará fijo iluminado.

9.10.3.4.-Tensión del generador fotovoltaico baja

En este caso, el inversor no puede funcionar. Es la situación en la que se encuentra durante la noche. O si se desconecta el generador solar. El led de paneles estará fijo apagado.

9.10.3.5.-Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente

Los generadores fotovoltaicos alcanzan un nivel de tensión de trabajo a partir de un valor de radiación solar muy bajo (2...8 mW/cm²).

Cuando el inversor detecta que se dispone de tensión suficiente para iniciar el funcionamiento, el sistema se pone en marcha solicitando potencia del generador fotovoltaico. Si el generador no dispone de potencia debido a que la radiación solar es muy baja, el valor de la intensidad mínima en funcionamiento no se verifica, lo que genera una orden de parada del equipo. Y posteriormente se inicia un nuevo intento de conexión. En intervalo entre intentos es aproximadamente de 3 minutos

9.10.3.6.-Inversor utilizado

Los inversores utilizados son del modelo TAURO PRM 6000/8 de la casa ATERSA con un grado de protección IP32, diseñados para el suministro de energía eléctrica a la red comercial a partir del campo fotovoltaicos. Estos inversores presentan las siguientes características:



Inversor TAURO PRM 6000/8

CARACTERÍSTICAS MÓDULO A-130	
Eléctricas	
Potencia nominal de paneles (Wp)	6000 W
Máxima tensión (Vcc) de entrada de continua en vacío a 25° C	176 V
Frecuencia de trabajo	49,5 Hz...50,5 Hz
Factor de potencia	0,98...1,00
Rendimiento máximo	93 %
Rendimiento a 0,8 Pn Wcc en paneles	89 %
Físicas	
Alto	800 mm
Ancho	600 mm
Profundidad	260 mm
Peso	60 Kg

Cada 40 módulos fotovoltaicos alimentan a un inversor, con un total de 138 inversores en la instalación (69 en cada zona), que cada 23 alimentan a una fase de la red trifásica de cada zona, más un neutro.

La entrada a cada inversor es de 96 V en corriente continua y una potencia de 5200 W, ya que hay 40 módulos de 130 W cada uno.

A la salida el inversor nos da 230 V de corriente alterna trabajando con un rendimiento del 93 %, con lo cual habrá unas pérdidas. La salida de los inversores es monofásica, por lo que se tienen que repartir los inversores por fase. A cada fase le corresponden 23 inversores y el neutro es común para todos.

Todos los inversores se encuentran situados en el tejado de la nave, dentro de un armario situado debajo de los paneles solares.

Se trata de un armario para exterior de 1400x800x450 mm de acero inoxidable que lleva tres puntos de anclaje y protección IP66. Tiene ventilación natural con ranuras en el tejado combinada con ventilación forzada mediante un ventilador automático dotado con termostato y filtro antipolución. Para asegurar su sujeción se utilizan pernos de anclaje M10 de 30 cm de longitud soldados a la estructura inferior del armario.

En el interior hay dos barras verticales que sujetan cuatro carriles asimétricos de perfil en G. Los dos superiores soportan el inversor que se monta dentro del armario de forma vertical, con los bornes de conexión hacia abajo, para facilitar la refrigeración. Los carriles inferiores tienen montados unos bornes de llegada de 400A donde se realiza el entroncamiento con las líneas que provienen de los otros armarios de inversores.

Entre el inversor y los bornes de conexión hay un carril tipo DIN simétrico de 35 mm que sujeta las protecciones eléctricas. La banda de corriente continua tiene un PIA tipo C60H tripolar que realiza la protección por sobretensión. Sirve básicamente para desconectar el seguidor. La banda de corriente alterna está protegida por un ICP tipo C60N de un polo más neutro de 20 A de calibre.

De las series de paneles solares se conectan a la caja modular de distribución, y se obtiene un terminal positivo y otro negativo de sección de 35 mm² y tubo de PVC de 50 mm de diámetro que alimentan a cada inversor, y de éste saldrán un terminal como neutro y otro como fase de sección de 240 mm² y tubo PVC de 300 mm de diámetro.

Después de pasar por el interruptor diferencial de 16 A y del interruptor magnetotérmico de 16 A tanto el terminal del neutro como el de la fase irán cada uno a su correspondiente caja de bornes. En una caja de bornes se unirán todos los neutros de todos los inversores y después habrán otras tres cajas de bornes, una para cada fase, llegando a cada una de ellas 23 cables, uno de cada inversor que forman una fase.

Cuando se tengan las 4 cajas de bornes de cada una de ellas saldrá un cable que será llevado al transformador y el de protección e interconexión a la red, pasando previamente por los contadores de salida.

El inversor introduce a la red comercial la mayor cantidad posible de energía recibida por el campo fotovoltaico, por esto es necesario un sistema de conversión eficaz en cuanto a rendimiento y capaz de realizar una gestión inteligente del sistema.

Las diferentes situaciones en las que se puede encontrar la red comercial, falta de suministro, cambios de frecuencia, picos de sobretensión, etc. y la constante variación de características de los generadores fotovoltaicos hacen que se haya de disponer de sistemas para realizar las protecciones y gestionar el funcionamiento óptimo de cada caso.

El funcionamiento del inversor se realiza totalmente de manera automática, tanto su puesta en marcha como su parada.

Al salir el sol, el inversor realiza medidas de la radiación solar y de la potencia disponible en el generador fotovoltaico, una vez ha llegado al nivel mínimo de funcionamiento, el inversor arranca y comienza la generación de corriente.

En el caso de que durante el día se produzcan situaciones anormales, como por ejemplo cortes de suministro de corriente de la red comercial, variaciones de frecuencia, subidas y bajadas de tensión fuera del rango admisible, etc. el inversor se para automáticamente, esperando que se restablezca la normalidad, realizando un nuevo arranque y continuando su funcionamiento.

Por la tarde, cuando se detecta un nivel de potencia en el generador inferior al mínimo admisible, el inversor se para y desconecta el transformador de salida con la finalidad de continuar con un consumo ínfimo.

El sincronismo con la red es un aspecto vital para el funcionamiento del inversor, el control principal lo trata de manera prioritaria realizando un seguimiento muy sensible a cualquier cambio en la red.

A partir de la situación del sincronismo, los parámetros de la red y el seguimiento del punto de máxima potencia (PMP), el control principal comunica al generador de forma de ondas las acciones a realizar.

El sistema de modulación por amplitud de pulsos utilizado en el inversor destina un microprocesador exclusivamente para la gestión de esta función, proporcionando un control constante y rápido sobre los parámetros de tensión y frecuencia de la forma de onda senoidal de la salida. Este control permite el seguimiento constante de los parámetros de la red, realizando las correcciones necesarias cada 10 ms.

El control de la red es un dispositivo fundamental en la conexión de inversores a la red, el diseño del circuito es de tipo analógico. Las principales funciones que se realizan en este circuito son los ajustes del sistema, medidas de tensión e intensidad y del factor de potencia de la red, sincronismo, medidas del circuito DC, piranómetro (instrumento meteorológico destinado a la medida de la radiación solar global) y temperatura externa.

Estos circuitos incluyen una función de protección prioritaria, valores fuera de rango de la tensión o la intensidad de la red en cualquiera de las fases, generan una interrupción al control principal, que para el sistema de manera inmediata.

El sincronismo detecta los pasos por cero de la tensión de la red, en este instante, genera una interrupción en el microprocesador principal que a la vez controla al generador de forma de onda, realizando los ajustes necesarios. Se dispone de una realimentación desde el medidor de fase (U, I) de manera que constantemente se realiza un autoajuste que mantiene el factor de potencia igual a la unidad en todo momento, incluso aunque sea necesario provocar un desfase entre la tensión de la red y la generada por el inversor.

El objetivo prioritario de la gestión de la fase es siempre un factor de potencia igual a 1.

El circuito digital encargado de la generación de las señales de control que conforman la onda es un microprocesador de aplicación específica.

Mediante un software adicional, se diseña un tipo de onda que se desea generar con las amplitudes y armónicos deseados, el programa genera una tabla de valores que se graban en la memoria auxiliar.

La comunicación con el microprocesador principal permite el control del sincronismo, frecuencia, tensión y forma de onda de salida. De esta manera, es posible modificar los parámetros citados con una simple instrucción al microprocesador principal.

La portadora que conforma los impulsos de salida trabaja a unos 15 KHz, cosa que hace posible obtener una forma de onda de muy baja distorsión, mejor de 1,1 %, con un contenido de armónicos muy bajo. Este control permite la realización de un seguimiento exhausto de la intensidad suministrada, proporcionando un factor de potencia muy próximo a la unidad en todo el rango de potencia.

El seguimiento del sincronismo se confirma cada 10 ms mediante interrupciones de máxima polaridad en el microprocesador de control, es la operación que dispone de preferencia hacia cualquier otra situación, excepto cortocircuito.

El equipo de inversores dispone de una realimentación desde el medidor de fase (U,I) de manera que constantemente se realiza un autoajuste que mantiene el factor de potencia igual a la unidad en todo momento, incluso cuando sea necesario provocar un desfase entre la tensión de la red y la generada por el inversor.

El apartado 8 O-MIE de 5 de septiembre de 1985, indica que no se pueden inyectar armónicos en la red eléctrica que eleven los niveles no admisibles.

Los equipos de inversores instalados, disponen de un circuito digital, un microprocesador de aplicación específica, que es el encargado de la generación de las señales de control que conforman la onda.

9.10.3.7.-Armario inversor.

Se trata de un armario para exterior de 1400x800x450 mm de acero inoxidable que lleva tres puntos de anclaje y protección IP66. Tiene ventilación natural con ranuras en el tejado combinada con ventilación forzada mediante un ventilador automático dotado con termostato y filtro antipolución. Para asegurar su sujeción se utilizan pernos de anclaje M10 de 30 cm de longitud soldados a la estructura inferior del armario.

En el interior hay dos barras verticales que sujetan cuatro carriles asimétricos de perfil en G. Los dos superiores soportan el inversor que se monta dentro del armario de forma vertical, con los bornes de conexión hacia abajo, para facilitar la refrigeración. Los carriles inferiores tienen montados unos bornes de llegada de 400A donde se realiza el entroncamiento con las líneas que provienen de los otros armarios de inversores.

Entre el inversor y los bornes de conexión hay un carril tipo DIN simétrico de 35 mm que sujeta las protecciones eléctricas. La banda de corriente continua tiene un PIA tipo C60H tripolar que realiza la protección por sobretensión. Sirve básicamente para desconectar el seguidor. La banda de corriente alterna está protegida por un ICP tipo C60N de un polo más neutro de 20 A de calibre.

9.10.4.-Transformador

Para poder vender la energía generada por la central, según el reglamento de conexión a red, la conexión a la red se debe realizar a media tensión, para no interferir en la red eléctrica pública.

Como la central solar esta dividida en dos zonas, aprovechamos que cada zona sea transformada por un transformador distinto, de este modo no dependemos de un solo transformador, así en caso de avería no perderíamos toda la producción de la central.

9.10.4.1.-Centro de transformación.

Los centros de transformación de cada zona serán modulares de hormigón tipo PF-302 prefabricados para ORMAZABAL. Los elementos que forman la estructura están prefabricados con hormigón armado con una resistencia característica de 350 Kg/mm y disponen de impermeabilidad total gracias a juntas de neopreno entre piezas. Se unen convenientemente en obra para formar l'edificio. La armadura se une con el colector de tierras de protección así como las puertas y la reja según la RU 1303. Estos elementos mecánicos reciben un tratamiento especial contra la corrosión. La puerta tiene unas dimensiones de 790x2100 y gira 180° según R.A.T. Una vez montado el centro se procede a la conexión de los cables de la acometida por unos agujeros de la base de los paneles laterales. Las dimensiones interiores del pasadizo cumplen el R.A.T. En el interior se encuentra el transformador con los elementos de protección para media y baja tensión.

Características constructivas C.T. PF-302

La construcción de este centro de transformación se hace según las siguientes especificaciones técnicas:

MIE-RAT

UNE-EN 61330, RU 1303A

UNE-EN 60298, RU 6407B

UNE 21428-1, HD 428, RU 5201D

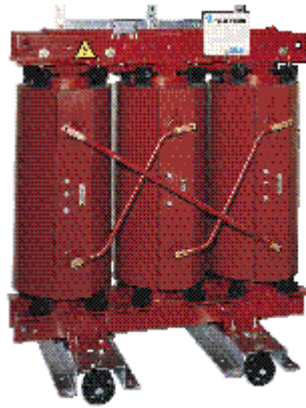
UNE 21538, HD 538

UNE-EN 60439-1, RU 6301B

9.10.4.2.-Transformador de potencia.

Son necesarios para elevar la tensión generada en los inversores de los 400 V entre fases hasta la tensión de la línea de transporte que se enlaza con la acometida de la compañía eléctrica (25kV).

Se utilizan los transformadores encapsulados en seco para interior tipo TRIHAL de la casa Merlin Gerin. Se trata de transformadores trifásicos con clase térmica F y refrigeración natural en el aire tipo AN. El bobinado de B.T. está en parte impregnado de resina mientras que el de M.T. está bobinado con hilo aislado y encajado en vacío con resina epoxy ignífuga para una carga activa de sílice y Alúmina trihidratada.



Transformador Merlin Gerin 400kVA

Características eléctricas Transformador TRIHAL	
Nivel de aislamiento [kV]	36
Tensión del secundario en vacío [kV]	25
Tensión del primario [kV]	0,42
Regulación del primario [%]	+2,5;+5;+7,5;+10
Tipos de conexión	Dy11
Tensión de cortocircuito[%]	6

Se adquieren 2 transformadores, un para cada zona, que se ubicarán en el interior de los centros de transformación. La potencia asignada de los transformadores es de 400 kVA.

Los transformadores son conformes con la siguiente normativa:

UNE 20101

UNE 20178

IEC 76-1 a IEC 76-5

IEC 726

RU 5207 B (UNESA)

UNE 21538-1

Doc. HD 538-1 S1 (Cenelec)

El equipo suministrado con el transformador incluye los elementos siguientes:

- 4 ruedas planas.
- 4 puntos de elevación.
- Agujeros para el transporte en el chasis.
- 2 tomas de puesta a tierra.
- Barras de conmutación de las tomas de regulación en la parte de M.T. para adaptarse a la tensión de transporte.
- Barras de acoplamiento de M.T. con terminales en la parte superior.

- Barras de B.T. para conexión en la parte superior del transformador.

Como accesorios opcionales se incorpora un dispositivo de protección térmica del transformador formado por 6 sondas PTC con 2 sondas por fase conectadas a un borne con conector desenchufable y un convertidor electrónico de dos contactos(alarma y dispar).

9.10.4.3.-Protección para Media Tensión.

Las celdas de Media Tensión del interior de los centros de transformación están destinadas a proteger el transformador de cualquier perturbación en el funcionamiento normal.

Además se realiza la gestión de la energía de cada una de las zonas hasta el punto de interconexión.

El sistema escogido son las celdas modulares CGM d'ORMAZABAL. Son de tipo modular con una función específica para cada modulo, y de reducidas dimensiones. Esto permite configurar diferentes esquemas según las necesidades de distribución.

La configuración escogida para instalar en cada centro de transformación consta de los siguientes elementos:

1 Celda de Línea CGM-CMR que realiza la protección de los cables y la conexión a l'embarrat. Dispone de un juego de barras interior con dimensiones 60x8.

1 Celda de protección con fusibles CGM-CMP-F-36 que dispone de un interruptor que funciona combinado con fusibles. Esta celda realiza las funciones de protección contra sobreintensidades, fugas en tierra o homopolares, y sobrecalentamientos. Es por eso que se incorpora el sistema autónomo de protección RPTA.

Por otra parte la caseta de protección y medida dispone de un equipo completo para la protección del punto de interconexión. Está formado por los siguientes módulos:

1 Celda de Línea CGM-CMR que realiza la protección de los cables y la conexión a l'embarrat.

1 Celda de protección con fusibles CGM-CMP-F-36 .

1 Celda de interruptor automático CGM-CMP-A-36 con seccionador de tres posiciones. Permite hacer la función de protección general.

1 Celda de interruptor pasante CGM-CMIP-36 que permite la interrupción en carga por la parte del centro de transformación.

Las características generales de los elementos que componen las celdas son las siguientes:

La base es de gran rigidez y está tratada con un galvaniztat anticorrosivo. Está diseñada para permitir el paso de cables sin necesidad de fundición.

La cubeta que contiene el gas SF6, el interruptor, l'embarrat y el portafusibles está sellada y no necesita de reposición de gas. Dispone de un dispositivo de evacuación de gases por la parte posterior de la celda.

El interruptor dispone de tres posiciones: conectado, seccionado y puesta en tierra. El corte de corriente se produce con el paso del interruptor de conectado a seccionado, utilizando la velocidad de los ganivetes y el bufat de SF6. La puesta en tierra de los cables de l'escomesa se realiza con un eje diferente de actuación.

El comandament de la celda se puede hacer manualmente o con un sistema motorizado.

El accionamiento del dispositivo se encuentra en la parte frontal de la celda.

Características eléctricas celdas tipo CGM -36	
Tensión asignada [kV]	36
Intensidad asignada [A]	630
Intensidad de corta duración [kA]	20

Se dimensiona el tipo de fusible que tendrá cada transformador en una celda tipo CGM-CMP-F. Este fusible puede configurarse de dos maneras:

- Fusible asociado que en caso de fusión de uno de los fusibles no se abre el interruptor de celda y el transformador continúa funcionando sólo con dos fases.

- Fusible combinado que cuando cualquiera de los fusibles se funde se abre el interruptor y se corta el circuito de potencia.

El sistema de protección utilizado es el segundo. El interruptor actúa de manera combinada con los fusibles. Se determina la sección de estos según la potencia del transformador :

Transformador 400 kVA If = 40 A

Transformador 250 kVA If = 25 A

El sistema autónomo de protección RPTA está desarrollado específicamente para su aplicación en sistemas CGM. Las funciones que realiza son:

- Protección contra sobreintensidades.

- Protección contra fugas en tierra o homopolar.

- Protección contra sobrecalentamientos utilizando el modulo RPTA en combinación con el termostato instalado en el transformador que se indica en el *apartado 5.7.1*.

El dispositivo está formado por tres elementos:

3 captadores toroidales que dan indicación al relé de la intensidad con que circula por cada fase, además de alimentarlo.

1 disparador biestable que da el impulso de tensión necesario para abrir el interruptor.

1 Relé analógico con indicadores luminosos y tarado por sobreintensidad y fugas en tierra.

Las normas que se aplican en el diseño de estas celdas son las siguientes:

UNE 21081, CEI 56

UNE-EN 60129, CEI 129

UNE-EN 60255, CEI 255

UNE-EN 60265-1, CEI 265-1

UNE-EN 60298, CEI 298

UNE-EN 60420, CEI 420

UNE-EN 60694, CEI 694

UNE-EN 60801, CEI 801

9.10.5.-La Interconexión a la Red

La Ley 54/1997, del sector eléctrico, establece los principios de un modelo para la generación eléctrica basada en la libre competencia. La Ley también aporta la futura consecución de los siguientes objetivos:

- Mejora de la eficiencia energética.
- La reducción del consumo
- La protección del medio ambiente

Como consecuencia de todo esto la Ley define la existencia de un régimen especial de producción de energía, diferente al ordinario.

Este régimen se regula por el R.D. 2818/98, que deriva de la Ley anteriormente mencionada.

- Entre los objetivos de este R.D. destacan:
- Incremento de la diversificación energética
- Ahorro de energía primaria
- Disminución del impacto ambiental
- Incremento del grado de autonomía energética
- Ahorro de costos de transporte y distribución

Nuestro está regido por este régimen especial al cumplir las condiciones que en el grupo B.1 de este régimen se especifican.

Para cumplir con lo establecido por la administración se han de superar una serie de trámites (autorizaciones, actas, inscripciones, contrato con la empresa distribuidora...), pero entre todo esto existen una serie de derecho y obligaciones que todo productor debe cumplir.

9.10.5.1.-Características de la Interconexión

La interconexión entre la generación y la red se efectuará mediante un interruptor automático sobre el que actuarán los equipos de protección y maniobra.

La interconexión se compone de las siguientes partes:

- Circuito de potencia
- Protección
- Medida

Para controlar y transmitir la información entre las diferentes partes de la interconexión, se dispondrá de:

- PC que realizará las funciones de control.
- Difusor DF de la casa MAYVASA que organizará la red de comunicaciones.
- Equipos digitales.

El difusor permite interconectar un equipo central, PC, a una serie de equipos o protecciones, transmitiendo datos simultáneamente a todas, pero seleccionando respuestas por direccionamiento.

Tanto la comunicación entre el ordenador central y el difusor, y la del difusor con los equipos digitales se realizará mediante cable RS232-C. La comunicación se podía haber realizado mediante fibra óptica (muy ventajosa pero excesivamente cara), pero se ha optado por RS232-C puesto que el coste es menor y la distancia entre los equipos (<15m) no justifica la adopción mejores sistemas de transmisión de datos.

El difusor DF dispone de una entrada, que será utilizada por el PC, y múltiples salidas para los equipos digitales.

Todo el conjunto de la interconexión estará situado en la caseta contigua a la nave, allí donde llega el suministro para la industria. Este lugar deberá mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento y ante una avería será reparada siempre que no sea imputable a negligencias de la compañía suministradora. Esta precintará todos los elementos que no tenga que manipular el usuario.

La totalidad de los requisitos, normas, condiciones relativas a la interconexión a la red eléctrica de un autogenerador, como pueden ser toda la serie de condiciones previas a la conexión, puesta en marcha, coordinación y seguridad..., se detallan más adelante.

9.10.5.2.- Caseta de Protección y control.

Se construirá un pequeño edificio donde se instalarán los elementos de control y protección.

Desde aquí se hará la interconexión con la red y se medirá la energía generada.

La construcción de la caseta se hará según las normas técnicas de edificación. (N.T.E). Se practicará un pozo de dimensiones 4300x5300 de un metro de profundidad. Se hará la cementación de la base con hormigón H-200. Las paredes tendrán una anchura de 200 mm y los tejados se harán con ladrillos y obra de calidad.

La disposición en planta de la caseta se representa en la lámina número 26. Como se puede ver hay dos habitaciones. En la primera se encuentran los aparatos de medida y será accesible tanto para los propietarios de la central como por personal de la Compañía Eléctrica. La puerta interior da paso a una segunda habitación donde se instalarán los aparatos de protección. El acceso a este recinto sólo se permitirá a personal cualificado de la empresa explotadora de la central.

El aparato de protección y los de medida dispondrán de una alimentación de emergencia que consistirá en una batería y un cargador que mantendrá el nivel de carga. El conjunto proporcionará puntas de corriente superiores a 20A durante un tiempo máximo de 0.5 segundos. La capacidad de acumulación será de un mínimo de 10Ah .

9.10.5.3.-Iluminación e instalación interior.

La conexión de la línea de iluminación de los centros de transformación se realiza en una fase del secundario del mismo transformador. La conexión de la iluminación del centro de interconexión se hace desde el secundario del transformador número 5. La línea es unipolar con cables tipo 2x2,5mm² Cu. La protección de cada línea se hace con un interruptor magnetotérmico de 10A y 220V.

- Centros de transformación : La iluminación del interior de los centros de transformación se realizará mediante dos tubos fluorescentes tipo TL 18W. La iluminación de emergencia estará formada por luminarias de 12V di 2 horas de autonomía sobre la puerta de salida.

- Centro de interconexión y medida : Cada una de las dos habitaciones dispondrán de un juego con dos tubos fluorescentes y un punto de luz de emergencia de las características anteriores. También se ubicará una base de enfuche en cada habitación para poder conectar aparatos de medida y de bajo consumo de manera puntual.

La iluminación exterior no es necesaria ya que el propio depósito de vehículos dispone de un iluminado adecuado que funciona automáticamente durante las horas nocturnas.

9.10.5.4.-Protección.

La protección tiene como objetivo asegurar la protección de las personas y cosas, así como mantener el nivel de calidad del servicio de la red, se deben disponer un conjunto de elementos destinados a tal fin, que actuarán sobre el interruptor de interconexión.

Tanto la instalación como la utilización de las protecciones de conexión, se realizan de acuerdo con la normativa vigente y las normas particulares de la compañía suministradora.

Con la protecciones se podrán proteger las instalaciones propias y las de la compañía suministradora. También se podrá aislarse rápidamente en caso de avería interna. Podemos asegurar la desconexión en caso de falta en la red eléctrica de la compañía y también podremos trabajar aislados de ella.

Las protecciones a instalar serán digitales puesto que nos permitirá establecer una adecuada comunicación entre los equipos y elementos del sistema.

Una vez tenemos la línea trifásica más el neutro equilibrada y sincronizada a la salida de los inversores, un equipo EPIC de la casa MAYVASA, (que contiene las adecuadas protecciones a disponer sobre un interruptor de interconexión con el objetivo de proteger las propias instalaciones, aislarlo rápidamente del resto de la red en caso de avería interna) podrá asegurar la desconexión en caso de falta en la línea de interconexión.

El sistema EPIC cumple con los requisitos de interconexión de generadores de baja tensión de las Compañías Eléctricas del Reglamento de Baja Tensión (BOE, 12-9-85), Norma UNI 110,02 de enero de 1985.

Las protecciones y equipos que se dispondrán son:

- **Protección contra faltas en la red:** para evitar que la generación quede alimentado “en isla “ a la red al presentarse un defecto permanente, se instalará una protección de subtensión entre las tres fases y entre estas y el neutro.

La actuación se ajustará al 85% del valor nominal de la tensión correspondiente, con un tiempo de actuación inferior a 0,5 seg.

El equipo que se instalará será un relé MAYVASA modelo MTA3000.

- **Protección de Sobreintensidad:** para aislar el generador de la red en caso de defectos o sobrecargas de elevada intensidad. Se trata de un interruptor magnetotérmico de cinco polos, cuatro para las tres fases más el neutro y quinto contacto auxiliar.

- **Protección máxima tensión:** para evitar la aparición en la red de sobretensiones superiores a las Reglamentarias, se dispondrá de una protección de sobretensión, ajustada al 110% de la nominal, con un tiempo de desconexión inferior a 0,5 seg.

El equipo que se instalará será un relé MAYVASA modelo MTA1000.

- **Protección máxima y mínima frecuencia:** con objeto de garantizar la estabilidad de la red y también como apoyo de otras protecciones, se dispondrá la desconexión del acoplamiento cuando la frecuencia sea inferior a 48 Hz y superior a 52 Hz con un tiempo de desconexión inferior a 0,5 segundos.

El equipo que se instalará será un relé MAYVASA modelo MMF1000.

- **Temporizador programable:** temporizador TP1 que deja conectar transcurrido un tiempo ajustado en la carátula si todo permanece correcto.

- **Alimentación:** Batería de 48 Vcc-1.2 Ah y Cargador de batería. La alimentación de los relés se tomará entre fase y neutro, entre el equipo de medida y el equipo de desconexión.

9.10.5.5.-Equipos de medida.

Para poder registrar la energía recibida por la red y la cedida dispondrán de los siguientes elementos de medida :

- 1 Contador de energía activa de cuatro hilos.
- 1 Contador de energía reactiva de cuatro hilos
- 1 Máxímetro.
- 1 Regla voltamperimétrico para verificación.
- 3 Transformadores de intensidad. Cumplirá la norma UNE 21088.
- 1 Transformador de tensión. Cumplirá la norma UNE 21088.

Los contadores de energía activa y reactiva serán de cuatro hilos y clase de precisión 0.5. Los transformadores de intensidad tendrán una precisión de 0.2 y la intensidad del secundario será de 5A. Los transformadores de tensión tendrán una precisión no inferior a 0.5. La potencia de precisión será de 50VA. La tensión en el secundario será de $110/\sqrt{3}$ V.

Así mismo se instala el sistema de análisis , gestión y supervisión de redes eléctricas PowerLogic fabricado por Merlin Gerin, y que permite obtener datos a tiempo real de la producción, así como de la calidad y características de la energía producida y de las incidencias que puedan haber. El sistema consta de los siguientes elementos:

6 Aparatos de adquisición de datos Power Meter modelo PM-620 que permiten, entre otras medidas, la medida de la distorsión en tensión y corriente hasta el armónico 31 y el THD por fase de corriente. Se monta un Power Meter en el armario de Baja Tensión en el centro de transformación de cada zona.

- 1 Circuito Monitor modelo CM2150 montado en el centro de protección y medida.

Realiza la recogida de datos de los Power Meter mediante una conexión con fibra óptica con estos. Implementa una gran cantidad de posibilidades en la captación y tratamiento de datos con más de 100 alarmas diferentes y memorización de sucesos.

- 1 Porta Ethernet modelo 3050EGW1 con un puerto RS-485 para hasta 8 dispositivos.

Funciona como terminal de datos y soporta sistemas de red SY/NET y comunicación mediante puerto RS-485. Se ocupa de distribuir los datos ya sea a un PC conectado con red local LAN o mediante Internet con protocolo TCP/IP.

Con la conexión al sistema con un PC que dispone del programa System Manager SMS-3000 que utiliza la tecnología usuario/servidor se puede acceder de manera remota a los datos almacenados en el sistema supervisor de energía. Los datos recogidos se almacenan en una base de datos de tipo abierto (ODBC) que permite el acceso en tiempo real de diferentes usuarios a la misma base.

9.10.5.6.- Sincronismo de la Interconexión.

Con el fin de conseguir un sincronismo adecuado entre las tensiones de que produce la central y las tensiones de la línea de entrada, se instalará un relé digital modelo RCOMSINC de la casa MAYVASA, que medirá la diferencia de tensión, frecuencia y el ángulo de desfase existente entre ambas.

Este relé da una salida de permiso de cierre al interruptor cuando todos estos valores están comprendidos dentro de unos límites ajustados, se mantienen dentro de ellos durante un tiempo determinado ajustable.

Como hemos mencionado anteriormente todas las comunicaciones se realizarán mediante cable RS232-C.

El equipo realiza una comprobación permanente del sincronismo.

9.10.5.7.-Factor de Potencia y Armónicos.

El equipo de inversores dispone de una realimentación desde el medidor de fase de manera que constantemente se realiza un autoajustado que mantiene el factor de potencia igual a la unidad en todo momento, incluso aunque sea necesario provocar un desfase entre la V de la red y la generada por el inversor.

La O-MIE de 5/9/1985, en su apartado nº8, indica que las centrales no deberán inyectar en la red armónicos que eleven su nivel a valores no admisibles. Se prestará especial atención a las centrales que posean inversores. La aparición de armónicos autoriza automáticamente a desconectar de la red la central.

El equipo de inversores instalado, dispone de un circuito digital y un microprocesador de aplicación específica que es el encargado de la generación de las señales de control que conforman la onda.

9.10.5.8.-Tomas de Tierra.

La O-MIE de 5/9/1985, en su apartado nº6, indica que la puesta a tierra de las centrales interconectadas se hará de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la empresa eléctrica.

Mencionado apartado explica que las centrales con neutro puesto a tierra, conectarán el neutro de sus centrales al neutro de la empresa eléctrica, y no existirá ninguna otra puesta a tierra directa en la central.

Cuando por fallo de la red u otra causa de la central trabaje aislada de la red de la empresa eléctrica, el neutro del generador se conectará automáticamente a una toma propia de la central provista para este fin.

La instalación de puesta a tierra se realizará según lo dispuesto en el MIE BT 39 y MIE BT 23 del reglamento electrotécnico para BT.

Las puestas a tierra se establecen con objeto, de limitar la tensión que con respecto a tierra puedan representar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

9.10.5.9.-Protección para Baja Tensión.

En el cuadro de baja tensión de cada uno de los transformadores de zona se incluyen los elementos necesarios para la protección y seccionamiento de las líneas de cada zona. Aquestos elementos són:

1 Interruptor automático Compact NS630H con protección contra sobretensiones y diferencial con dispositivo adicional Vigi. La fuerza de corte es de 70 kA para este modelo (45kA necesarios para este punto). Las características eléctricas son según CEI 947-2 y EN 60947.2.

9.10.6.- Líneas de Transporte Eléctrico

Tanto en la generación como en la utilización, el cableado se ajustará al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. La instalación irá provista de los elementos habituales de operación y protección.

Los cables que estén en el exterior se instalarán bajo tubo de PVC y los interiores bajo canaleta. Los conductores utilizados estarán aislados con PVC.

Se deberá prestar atención al sistema de paso de los cables por muros y techos, al objeto de anular la entrada de agua al interior.

La fijación de los tubos se efectuará por medio de bridas de fijación apropiadas, debiendo poner especial cuidado en que las curvas sean de radio suficiente para no someter al tubo a un excesivo doblez.

Los empalmes se realizarán con accesorios a tal efecto, utilizándose cajas de derivación siempre que sea posible.

9.10.6.1.-Esquema de distribución

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobre intensidades, así como de las especificaciones de la paramenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.

I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

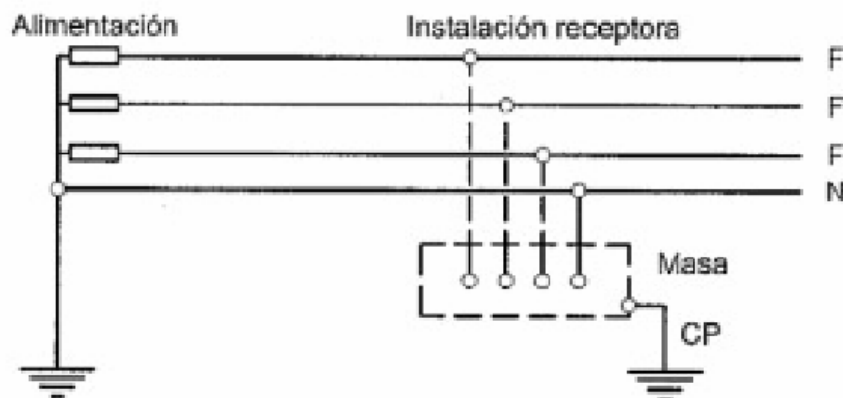
Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

9.10.6.2.-Esquema TT

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.



Esquema de distribución tipo TT

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas voluntarias o no, entre la zona de la toma de tierra de las masas de la instalación y la de la alimentación. Aunque ambas tomas de tierra no sean independientes, el esquema sigue siendo un esquema TT si no se cumplen todas las condiciones del esquema TN. Dicho de otra forma, no se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

9.10.7.-Funcionamiento de la Instalación

La central fotovoltaica cederá energía eléctrica a la red mediante el conjunto de inversores, que introduce la mayor cantidad de energía recibida de los módulos fotovoltaicos. Estos inversores disponen de un sistema de conversión eficaz en cuanto al rendimiento y son capaces de realizar una gestión inteligente del sistema. El funcionamiento del equipo de inversores se realiza de manera totalmente automática, tanto la parada como al puesta en marcha.

Por la mañana, los inversores realizan medias de la radicación solar y de la potencia disponible en el conjunto de módulos fotovoltaicos, una vez se alcanza el nivel mínimo de funcionamiento, los inversores arrancan y empiezan a convertir energía. Al final del día, cuando detecta un nivel potencia menor al mínimo admisible, los inversores se paran y se desconectan, para seguir con un consumo ínfimo.

9.10.8.-Procedimiento Administrativo

La construcción, explotación, la modificación substancial, la transmisión y el cierre de instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial, son sometidas al régimen de autorización administrativa, siendo la autoridad competente en Cataluña, la Dirección General de energía y Minas del departamento de Industria, Comercio y Turismo.

Los solicitantes deberán acreditar las condiciones técnicas y de seguridad de las instalaciones propuestas, el adecuado cumplimiento de las condiciones de protección del medio ambiente y la capacidad legal, técnica y económica del tipo de producción que se quiere desarrollar. Durante el proceso de solicitud, se realizará una inscripción previa al Registro Administrativo y una definitiva, si completa todos los trámites.

Una vez puesta en operación, los titulares deberán de proporcionar anualmente a la Administración información sobre la producción de la instalación.

En Cataluña, el procedimiento administrativo para incluir una instalación en el régimen especial se define en el Decreto 308/96 del 2 de septiembre, y consta de diversas fases:

- 1) Inclusión de la instalación en el Régimen especial (REPE)
- 2) Autorización administrativa de la instalación
- 3) Inscripción en el Registro (RIPRE)
- 4) Acta de puesta en marcha

9.10.9.- Contrato con la Empresa Distribuidora

El titular de una instalación de producción acogida al régimen especial ha de subscribir un contrato de venta de excedentes eléctricos con la empresa distribuidor, con una duración mínima de 5 años.

En este contrato aparecerán los siguientes aspectos:

- Punto de conexión y medida.
- Características de la energía cedida.
- Causas de rescisión o modificación del contrato.
- Condiciones económicas
- Condiciones de explotación de la interconexión
- Cobro de la energía suministrada a 30 días de la facturación.

9.10.10.-Derechos y Obligaciones

Derechos de un productor:

a) Conectar en paralelo su grupo o grupos generadores a la red de la compañía eléctrica suministradora.

b) Transferir a la compañía suministradora de electricidad sus excedentes de energía siempre que técnicamente sea posible su absorción por la red, y percibir por ello el precio que reglamentariamente se determine.

c) Utilizar conjunta o alternativamente en sus instalaciones la energía eléctrica autogenerada y la suministrada por la compañía eléctrica.

d) Alimentar parte de sus instalaciones con energía procedente de sus generadores, con independencia del suministro de la red.

e) Recibir en todo momento de la compañía eléctrica

suministradora, en el caso de fallo de sus sistemas de autogeneración, tanto la energía previamente convenida como la que sea necesaria para el completo desenvolvimiento de su actividad en las condiciones y forma que reglamentariamente se establezcan.

f) Establecer con la compañía eléctrica suministradora el régimen de producción concertada y acogerse a la tarificación correspondiente.

Obligaciones de un productor:

a) Entregar y recibir la energía en condiciones técnicas adecuadas, de forma que no se causen trastornos en el normal funcionamiento del sistema.

b) Someterse a la programación establecida en el régimen de producción concertada.

c) Abstenerse de ceder a terceros los excedentes de energía eléctrica no consumida.

9.10.11.- Puesta en Marcha de la Instalación

Antes de la puesta en marcha de cualquier parte de la instalación se ha de comprobar mediante una inspección visual, la correcta ejecución según el proyecto.

Al acabar el montaje del campo fotovoltaico, y antes de ponerlo en marcha, se han de realizar unas comprobaciones finales, que son sencillas debido a la alta fiabilidad y de los componentes comerciales, que rara vez presentan defectos de fabricación, por lo que los fallos, las pocas veces que se producen, suelen provenir de errores de montaje.

Se ha de comprobar al mediodía de un día soleado, con el circuito abierto, la tensión en los terminales de los paneles, a la salida de cada fase.

También se ha de comprobar la buena distribución de entre fases y el equilibrio entre ellas.

9.10.12.-Mantenimiento de la Central Fotovoltaica

El mantenimiento de la central, será:

1. Correctivo: reparar los equipos para que vuelvan a funcionar bajo las condiciones de servicio.

2. Preventivo: realizar operaciones previas necesarias para que el equipo se mantenga en condiciones de operación el máximo tiempo posible.

Las instalaciones fotovoltaicas tienen dos partes claramente diferenciadas:

- El conjunto de los paneles y inversores, que transforman la radiación solar en energía eléctrica, constituyendo en definitiva una planta de potencia de generación eléctrica.

- El conjunto de equipos de la interconexión y protección, que permiten que la energía alterna tenga las características adecuadas según las normativas vigentes, y la protección de las personas y las instalaciones.

El mantenimiento de los equipos electrónicos viene especificado por el fabricante.

En el planteamiento del servicio de mantenimiento de las instalaciones el instalador debe considerar los siguientes puntos:

- Las operaciones necesarias de mantenimiento.

- Las operaciones a realizar por el servicio técnico y las que han de realizar el encargado de la instalación.

- La periodicidad de las operaciones de mantenimiento.

- El contrato de mantenimiento y la garantía de los equipos.

En esta dirección conviene hacer algunas puntualizaciones de carácter general:

- Las operaciones de mantenimiento, pueden ser de dos tipos muy diferenciados. Por un lado tenemos la revisión del estado de operatividad de los equipos, conexiones y cableado, incluyendo aspectos mecánicos, eléctricos y de limpieza; y por otro, el control y calibración de los inversores.

- El mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas, no es especialmente conflictivo.

- Hace falta diferenciar con claridad entre el contrato de mantenimiento y la garantía. El primero se ha de establecer desde un principio, junto con la garantía, ya que ha de incluir únicamente la reposición de los equipos averiados durante un período de vigencia, pero no las operaciones usuales de mantenimiento que han de correr a cuenta equipo de la instalación.

- El período de mantenimiento preventivo ha de estar coordinado según los componentes.

- Los procedimientos de mantenimiento, y la frecuencia de estos serán reflejados en el libro de mantenimiento de la instalación.

Los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento, por la su propia configuración, carente de partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector. El mantenimiento abarca los siguientes procesos:

“ Limpieza periódica de los paneles. La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del panel reduce el rendimiento del mismo y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por las sombras. El problema puede llegar a ser serio en el caso de los residuos industriales y los procedentes de las aves. La intensidad del efecto depende de la opacidad del residuo. Las capas de polvo que reducen la intensidad del sol de forma uniforme no son peligrosas y la reducción de la potencia no suele ser significativa. La periodicidad del proceso del proceso de limpieza depende, lógicamente, de la intensidad del proceso de ensuciamiento. En el caso de los depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del panel, que impida a éstas que se posen.

La acción de la lluvia puede en muchos casos reducir al mínimo o eliminar la necesidad de la limpieza de los paneles.

La operación de limpieza debe ser realizada en general por el personal encargado del mantenimiento de la instalación, y consiste simplemente en el lavado de los paneles con agua y algún detergente no abrasivo, procurando evitar que el agua no se acumule sobre el panel. No es aceptable en ningún caso utilizar mangueras a presión.

“ La inspección visual del panel tiene por objeto detectar posibles fallos, concretamente:

- Posible rotura del cristal: normalmente se produce por acciones externas y rara vez por fatiga térmica inducida por errores de montaje.

- Oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas:

normalmente son debidas a entrada de humedad en el panel por fallo o rotura de las capas de encapsulado.

“ Control del estado de las conexiones eléctricas y del cableado. Se procederá a efectuar las siguientes operaciones:

- Comprobación del apriete y estado de los terminales de los cables de conexionado de los paneles.

- Comprobación de la estanquidad de la caja de terminales o del estado de los capuchones de protección de los terminales. En el caso de observarse fallos de estanquidad, se procederá a la sustitución de los elementos afectados y a la limpieza de los terminales. Es importante cuidar el sellado de la caja de terminales, utilizando según el caso, juntas nuevas o un sellado de silicona.

“ El mantenimiento del sistema de regulación y control difiere especialmente de las operaciones normales en equipos electrónicos. Las averías son poco frecuentes y la simplicidad de los equipos reduce el mantenimiento a las siguientes operaciones:

- Observación visual del estado y funcionamiento del equipo. La observación visual permite detectar generalmente su mal funcionamiento, ya que éste se traduce en un comportamiento muy anormal: frecuentes actuaciones del equipo, avisadores, luces, etc. En la inspección se debe comprobar también las posibles corrosiones y aprietes de bornas.

- Comprobación del conexionado y cableado de los equipos. Se procederá de forma similar que en los paneles, revisando todas las conexiones y juntas de los equipos.

- Comprobación del tarado de la tensión de ajuste a la temperatura ambiente, que es indicaciones sean correctas.

- Toma de valores: Registro de los amperios-hora generados y consumidos en la instalación, horas de trabajo,...

- .. El mantenimiento de las puestas a tierra: cuando se utiliza un método de protección que incluye la puesta a tierra, se ha de tener en cuenta que el valor de la resistencia de tierra, varía durante el año. Esta variación es debida a la destrucción corrosiva de los electrodos, aumento de la resistividad del terreno, aflojamiento, corrosión, polvo, etc... a les uniones de las líneas de tierra, rotura de la líneas de tierra...

Estas variaciones de la resistencia condicionan el control de la instalación para asegurar que el sistema de protección permanezca dentro de los límites de seguridad.

El programa de mantenimiento se basa en:

- Revisiones generales periódicas para poner de manifiesto los posibles defectos que existan en la instalación.

- Eliminación de los posibles defectos que aparezcan.

Las revisiones generales, es conveniente efectuarlas una vez al año, preferiblemente durante la época del año más seca y consiste en realizar las siguientes medidas:

- Medir la resistencia de tierra, realizándose en el punto de puesta a tierra.

- Medir la resistencia de cada electrodo, desconectándolo previamente de la línea de enlace a tierra.

- Medir desde todas las carcasas metálicas la resistencia total que ofrecen, tanto las líneas de tierra como la toma de tierra.

El conjunto de estas tres mediciones, nos permitirá el conocimiento de la eficacia global de la puesta a tierra, estado de los electrodos y el estado de conservación de las líneas de tierra (al comparar el resultado de medir la toma de tierra, y la toma de tierra incluyendo las líneas de tierra).

La eliminación de los posibles defectos se puede conseguir en:

- a) Reparación de cables y uniones afectadas.

- b) Limpieza y apriete de uniones.

- c) Regar la puesta de tierra, cuando el defecto sea debido a un aumento de la resistencia del terreno.

- .. Mantenimiento de los equipos de protección: la comprobación de todos los relés ha de efectuarse cuando se proceda a la revisión de toda la instalación, siguiendo todas las especificaciones de los fabricantes de estos.

9.10.13.-Planificación y Programación

La obra proyectada se ha de ejecutar siguiendo las pautas y los plazos indicados a continuación.

9.10.13.1.-Orden de Ejecución

Para la ejecución del proyecto en cuestión se procederá con el siguiente orden de actuación:

- Adecuación y construcción de la cubierta del complejo industrial para la construcción de los muretes de sujeción de los paneles.

- Instalación de equipos inversores y de los equipos de interconexión.

- Montaje y sujeción a los dados de hormigón de las estructuras de soporte de los paneles fotovoltaicos.

- Instalación de los paneles en las estructuras destinadas para ello.

- Realización de conexiones eléctricas.

- Instalación de todas las protecciones de interconexión, junto con su cableado.

- Una vez realizada toda la instalación se ha de proceder a una exhaustiva y correcta revisión de toda la instalación en general.

- Puesta en marcha de la instalación.

- Mantenimiento de la instalación.

9.11 Sistema de automatización y control del complejo

9.11.1 Introducción

Automatización es la técnica que comprende todos los sistemas que se proponen regular y controlar sin intervención humana en la marcha de una máquina, planta o proceso.

Una automatización bien concebida:

1. Simplifica considerablemente el trabajo del hombre a quien libera de la necesidad de estar permanentemente situado frente a la máquina, pudiendo dedicarse a otras tareas más notables.
2. Elimina las tareas complejas, peligrosas, pesadas e indeseables.
3. Facilita los cambios en los procesos, permitiendo pasar de un automatismo a otro.
4. Mejora la calidad de las instalaciones.
5. Permite economizar material y energía.
6. Aumenta la seguridad del personal.
7. Controla y protege las instalaciones y las máquinas.

Todo sistema automático, por simple que éste sea, se distingue entre la máquina propiamente dicha, planta o proceso y la parte de regulación y control constituida por el aparellaje del automatismo. Se basa en el concepto de bucle o lazo y está formado por componentes que corresponden espemáticamente a cuatro funciones básicas:

1. Detección: captadores y transductores
2. Sistemas automáticos de regulación y control: autómatas programables, microistemas, secuenciadores, células lógicas, relés, contactores auxiliares, reguladores, etc.,.
3. Control de potencia: graduadores, variadores de velocidad, arrancadores, distribuidores y contactores.
4. Diálogo hombre-máquina: pantallas de control, pupitres, botones, visualizadores.

9.11.2 Instalación frigorífica

9.11.2.1 Descripción del ciclo de funcionamiento

Empezando por el recipiente de líquido, el refrigerante a alta temperatura y presión fluye del recipiente a través de una tubería hacia el separador de líquido por medio de una válvula magnética controlada por un nivel situado en el separador dentro de éste y a través de una o varias tomas para la alimentación de las bombas de fluido frigorígeno que a su vez alimentan los diferentes evaporadores de las cámaras frigoríficas, en los cuales el líquido se vaporiza a presión y temperatura constante a medida que el calor suministrado como calor latente de vaporización pasa desde el espacio refrigerado a través de las paredes del evaporador hasta el líquido vaporizante. La presión del evaporador se controla por una válvula de presión constante. El refrigerante sale del evaporador hacia el separador de líquido, donde se separan las pequeñas gotas de líquido que se han arrastrado por este proceso. Del separador aspiran los compresores el gas totalmente libre de fluido frigorígeno en estado líquido. En el compresor, la temperatura y la presión del vapor son incrementados. El vapor de alta presión y temperatura fluye por la tubería de gas caliente hasta el condensador evaporativo, donde cede calor al agua que actúa como refrigerante en el condensador evaporativo.

A medida que el vapor cede calor al refrigerante frío, su temperatura de saturación correspondiente a la nueva presión alta y el vapor va condensándose pasando a estado líquido. Cuando el refrigerante llega a la parte inferior del condensador está totalmente condensado y el líquido pasa al recipiente de líquido.

9.11.2.2 Regulación y control en el sistema frigorífico

En el funcionamiento regular de un equipo frigorífico, hay que realizar unas operaciones que permitan a la instalación frigorífica funcionar de un modo preciso y automático, y además podamos vigilar su marcha. Para realizar esto, debemos aplicar a la instalación una serie de regulaciones y controles:

- Regulación y control de la temperatura de las cámaras.
- Regulación y control de la humedad de las cámaras.
- Regulación y control del circuito de alta presión.
- Regulación y control del circuito de baja presión.
- Regulación y control de los compresores.

En un ciclo de refrigeración son críticos:

- La temperatura y presión del gas a la salida y entrada del compresor.
- La temperatura y presión del condensador.
- La temperatura y presión en la zona de líquido.
- La temperatura y presión del evaporador.
- La presión de entrada del gas al evaporador.

- En el caso del ciclo de expansión directa, hay que prever un sistema de desescarchado.
- Humedad en el refrigerante.
- Capacidad frigorífica.

9.11.2.3 Modo de control de funcionamiento

El control de funcionamiento, para cualquier sistema frigorífico, el espaciamiento relativo de los ciclos “conectar” y “desconectar” variará con la carga del sistema.

Los controles usados para ciclar un sistema frigorífico son de dos tipos:

- **Por temperatura:** la temperatura de producto o la temperatura del espacio refrigerado o la temperatura del evaporador, desconectando o conectando el compresor.
- **Por presión:** la presión del lado de baja, conecta o desconecta el compresor.

El control que se adopta es un sistema de control por temperatura, en un ciclo de este tipo, la temperatura del espacio refrigerado o la del evaporador es controlada directamente por el termostato. Este termostato actúa para dar la orden de paro o marcha de los ventiladores del evaporador y a la valvula solenoide. Cuando la temperatura baja hasta la temperatura de “desconectar” el termostato da la orden de desconectar los contactores de los ventiladores y la electroválvula de líquido.

El funcionamiento de los compresores se regula y controla en función de la temperatura de la cámara, por medio de termostatos de ambiente. Éstos son los encargados de dar la orden de parar o poner en marcha los distintos compresores con sus etapas correspondientes.

9.11.2.4 Protecciones

La protección del funcionamiento automático de una instalación frigorífica impone la observación de numerosos parámetros:

- Presión (de aspiración, descarga, de lubricación en el caso de que el compresor incorpore bomba de aceite).
- Temperatura de descarga.
- Arranque de las máquinas

Con lo que adoptaremos:

- Presión de aceite: Presostato diferencial de aceite.
- Presión de alta: Sonda de presión y alarma sonora.
- Presión de baja: Sonda de presión.
- Temperatura de descarga: Termostatos.
- Arranque motores compresores: Arranque progresivo con compresor descargado. (estrella-triángulo y variador de frecuencia)
- Nivel líquido depósito de baja: Nivel electrónico y sonda de presión.

- Desescarche: Temporizador duración desescarche.
- Sala de máquinas: Detector de refrigerante y señalización sonora.

9.11.2.5 Reguladores adoptados

Reguladores de marcha

- a) Puesta en marcha: Contactores.
- b) Circuito de fluido frigorígeno de alimentación: Válvulas magnéticas.
- c) Regulación: Termostatos y/o sondas de temperatura.

Presostatos y/o sondas de presión.

Válvulas de regulación de presión constante en el evaporador.

Presostatos de alta presión para encendido y apagado ventiladores y bombas del condensador.

Reguladores de protección

Circuito de fluido frigorígeno: Presostatos y/o sondas para proteger los compresores.

- a. Presión de alta: Sonda de presión.
- b. Presión de baja: Sonda de presión.
- c. Presión de aceite: Presostato

Reguladores de control

- a) Señalización óptica: Se visualizará a través del sistema de supervisión.
- b) Señalización sonora:
 - Los incidentes funcionales para la alta temperatura en la descarga de los compresores.
 - El exceso de concentración de refrigerante en la sala de máquinas.

9.11.2.6 Resumen de las variables a controlar por el autómeta

- Cámara 1:

Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB1	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 1
PAB2	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 2
PDA1	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 1
PDA2	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 2
EV.C1.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 1
EV.C1.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 2
EV.C1.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 1
EV.C1.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 2
EV.C1.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 1
EV.C1.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 2
EV.C1.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C1.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C1.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C1.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C1.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C1.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C1.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C1.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C1.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C1.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C1.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C1.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM20-KM24	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM25-KM29	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM30-KM34	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM35-KM39	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM40-KM44	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM45-KM49	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM50-KM54	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM55-KM59	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM60-KM64	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9
KM65-KM69	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM70	Salida	Contactador bomba refrigerante nº 1
KM250	Salida	Contactador bomba aceite nº 1
KM251	Salida	Contactador bomba aceite nº 2

VAR.FREC_1.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_1.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_1.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_1.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM1	Salida	Contactador compresor nº 1
KM2	Salida	Contactador de línea compresor nº 2
KM3	Salida	Contactador de estrella compresor nº 2
KM4	Salida	Contactador de triángulo compresor nº 2
TM1-TM10	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C1.1-TM.C1.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 1
M1	Entrada	Pulsador de marcha cámara 1
P1	Entrada	Pulsador de paro cámara 1
SPE1	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 1
PMAN1	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 1
RT1	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 1
RT2	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 2
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C1.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 1
TEMP_ACEITE.C1.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 2
L1.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 1
L1.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 2
L1.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 1
L1.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 2
LEME1	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT1	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 234	Salida	Contactador bomba nº 1 condensador evaporativo
KM 238	Salida	Contactador de linea ventilador nº 1 condensador evaporativo
KM 239	Salida	Contactador estrella ventilador nº 1 condensador evaporativo
KM 240	Salida	Contactador triángulo ventilador nº 1 condensador evaporativo

Tabla 30. Resumen entradas-salidas del PLC cámara 1.

- **Cámara 2:**

Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB3	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 3
PAB4	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 4
PDA3	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 3
PDA4	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 4
EV.C2.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 3
EV.C2.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 4
EV.C2.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 3
EV.C2.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 4
EV.C2.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 3
EV.C2.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 4
EV.C2.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C2.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C2.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C2.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C2.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C2.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C2.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C2.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C2.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C2.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C2.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C2.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM71-KM75	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM76-KM80	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM81-KM85	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM86-KM90	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM91-KM95	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM96-KM100	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM101-KM105	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM106-KM110	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM111-KM115	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9
KM116-KM120	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM121	Salida	Contactador bomba refrigerante nº 1
VAR.FREC_2.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_2.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_2.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_2.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM5	Salida	Contactador compresor nº 3

KM6	Salida	Contactador de línea compresor nº 4
KM7	Salida	Contactador de esrella compresor nº 4
KM8	Salida	Contactador de triangulo compresor nº 4
TM11-TM20	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C2.1-TM.C2.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 2
M2	Entrada	Pulsador de marcha cámara 2
P2	Entrada	Pulsador de paro cámara 2
SPE2	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 2
RT3	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 3
RT4	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 4
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C2.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 3
TEMP_ACEITE.C2.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 4
L2.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 3
L2.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 4
L2.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 3
L2.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 4
LEME2	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT2	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 252	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº3
KM 253	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº4
KM 235	Salida	Contactador bomba condensador evaporativo
KM 241	Salida	Contactador línea ventilador nº 2 condensador evaporativo
KM 242	Salida	Contactador estrella ventilador nº 2 condensador evaporativo
KM 243	Salida	Contactador triangulo ventilador nº 2 condensador evaporativo

Tabla 31. Resumen entradas-salidas del PLC cámara 2.

- **Cámara 3:**

Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB5	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 5
PAB6	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 6
PDA5	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 5
PDA6	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 6
EV.C3.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 5
EV.C3.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 6
EV.C3.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 5
EV.C3.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 6
EV.C3.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 5
EV.C3.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 6
EV.C3.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C3.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C3.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C3.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C3.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C3.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C3.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C3.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C3.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C3.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C3.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C3.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM122-KM125	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM126-KM129	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM130-KM133	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM134-KM137	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM138-KM141	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM142-KM145	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM146-KM149	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM150-KM153	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM154-KM157	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9
KM158-KM161	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM162	Salida	Contactador bomba refrigerante nº 1
VAR.FREC_3.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_3.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_3.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_3.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM9	Salida	Contactador compresor nº 5

KM10	Salida	Contactador de línea compresor nº 6
KM11	Salida	Contactador de esrella compresor nº 6
KM12	Salida	Contactador de triangulo compresor nº 6
TM21-TM30	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C3.1-TM.C3.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 3
M3	Entrada	Pulsador de marcha cámara 3
P3	Entrada	Pulsador de paro cámara 3
PMAN3	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 3
SPE3	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 3
RT5	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 5
RT6	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 6
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C3.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 5
TEMP_ACEITE.C3.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 6
L3.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 5
L3.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 6
L3.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 5
L3.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 6
LEME3	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT3	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 254	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº5
KM 255	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº6
KM 236	Salida	Contactador bomba n º 3 condensador evaporativo
KM 244	Salida	Contactador línea ventilador nº 3 condensador evaporativo
KM 245	Salida	Contactador estrella ventilador nº 3 condensador evaporativo
KM 246	Salida	Contactador triangulo ventilador nº 3 condensador evaporativo

Tabla 32. Resumen entradas-salidas del PLC cámara 3.

- **Cámara 4:**

Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB7	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 7
PAB8	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 8
PDA7	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 7
PDA8	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 8
EV.C4.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 7
EV.C4.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 8
EV.C4.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 7
EV.C4.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 8
EV.C4.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 7
EV.C4.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 8
EV.C4.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C4.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C4.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C4.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C4.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C4.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C4.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C4.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C4.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C4.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C4.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C4.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM163-KM166	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM167-KM170	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM171-KM174	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM175-KM178	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM179-KM182	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM183-KM186	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM187-KM188	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM189-KM192	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM193-KM196	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9
KM197-KM200	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM201	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
VAR_FREQ.4.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR_FREQ.4.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR_FREQ.4.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR_FREQ.4.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM13	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7

KM14	Salida	Contactador de línea compresor nº 8
KM15	Salida	Contactador de esrella compresor nº 8
KM16	Salida	Contactador de triangulo compresor nº 8
TM31-TM40	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C4.1-TM.C4.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 4
M4	Entrada	Pulsador de marcha cámara 4
P4	Entrada	Pulsador de paro cámara 4
PMAN4	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 4
SPE4	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 4
RT7	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 7
RT8	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 8
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C4.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 7
TEMP_ACEITE.C4.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 8
L4.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 7
L4.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 8
L4.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 7
L4.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 8
LEME4	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT4	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 256	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº 7
KM 257	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº 8
KM 237	Salida	Contactador Bomba nº 4 condensador evaporativo
KM 247	Salida	Contactador de línea ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 248	Salida	Contactador estrella ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 249	Salida	Contactador triangulo ventilador nº 4 condensador evaporativo

Tabla 33. Resumen entradas-salidas del PLC cámara 4.

- **Cámara 5:**

Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB9	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 9
PDA9	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 9
EV.C5.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 9
EV.C5.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 9
EV.C5.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 9
EV.C5.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C5.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C5.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C5.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C5.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C5.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM202-KM204	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM205-KM207	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM208-KM210	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM211-KM213	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM214	Salida	Contactador bomba refrigerante nº 1
VAR.FREC_5.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_5.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_5.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_5.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM17	Salida	Contactador compresor nº 9
TM41-TM44	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 4
TM.C5.1- TM.C5.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 5
M5	Entrada	Pulsador de marcha cámara 5
P5	Entrada	Pulsador de paro cámara 5
SPE5	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 5
PMAN5	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 5
RT9	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 9
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
L5.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 9
L5.2	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 9
LEME5	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT5	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 237	Salida	Contactador Bomba nº 4 condensador evaporativo
KM 247	Salida	Contactador de línea ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 248	Salida	Contactador estrella ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 249	Salida	Contactador triangulo ventilador nº 4 condensador evaporativo

Tabla 34. Resumen entradas-salidas del PLC cámara 5.

- **Antecámara:**

Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB10	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 10
PDA10	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 10
PCON1	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
PCON2	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
PCON3	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
PCON4	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
EV.ANT.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 10
EV.ANT.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 10
EV.ANT.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 10
EV.ANT.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.ANT.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.ANT.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.ANT.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.ANT.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.ANT.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.ANT.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.ANT.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM215-KM217	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM218-KM220	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM221-KM223	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM224-KM226	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM227-KM229	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM230-KM232	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM233	Salida	Contactores bomba refrigerante nº 1
KM234-KM237	Salida	Contactores bombas condensador evaporativo
KM247	Salida	Contactores de línea ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM248	Salida	Contactores estrella ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM249	Salida	Contactores triángulo ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM259	Salida	Contactores Bomba aceite compresor nº 10
VAR.FREC_6.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_6.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_6.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_6.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM18	Salida	Contactores compresor nº 10
TM45-TM50	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 6
TM.ANT.1-TM.ANT.4	Entrada	Termostatos de ambiente antecámara

M6	Entrada	Pulsador de marcha antecámara
P6	Entrada	Pulsador de paro antecámara
SPE6	Entrada	Pulsador de paro emergencia antecámara
PMAN6	Entrada	Pulsador de paro manual antecámara
RT10	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 10
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
L6.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 10
L6.2	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 10
LEME6	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT6	Salida	Señal luminosa Modo automatico

Tabla 35. Resumen entradas-salidas del PLC antecámara.

9.11.3 Automata programable

9.11.3.1 Definición

Entendemos por Autómata Programable, o PLC (Controlador Lógico Programable), toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.,.

La función básica de los autómatas programables es la de reducir el trabajo del usuario a realizar el programa, es decir, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida, puesto que los elementos tradicionales (como relés auxiliares, de enclavamiento, temporizadores, contadores,...) son internos.

9.11.3.2 Estructura de un autómata programable

La estructura básica de un autómata programable es la siguiente:

- Fuente de alimentación:

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220 V corriente alterna, a baja tensión de corriente continua, normalmente a 24 V.

- Unidad Central de Proceso:

Se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

Contiene las siguientes partes:

- Unidad Central o de Proceso
- Temporizadores y contadores

- Memoria de programa
- Memoria de datos
- Memoria imagen de entrada
- Memoria de salida

- Módulo de entradas:

Es al que se unen los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores,...).

Cada cierto tiempo el estado de las entradas se transfiere a la memoria imagen de entrada. La información recibida en ella, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo a la programación.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los *pasivos* y los *activos*.

Los *captadores pasivos* son los que cambian su estado lógico (activado o no activado) por medio de una acción mecánica. Estos son los interruptores, pulsadores, finales de carrera,...

Los *captadores activos* son dispositivos electrónicos que suministran una tensión al autómata, que es función de una determinada variable.

- Módulo de salidas:

Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños,...)

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía a la memoria imagen de salidas, de donde se envía a la interface de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados.

Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, podemos utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

- A relés: son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.
- A triac: se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápidas.
- A transistores a colector abierto: son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión / desconexión muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua.

- Terminal de programación:

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema.

Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas.
- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos.

Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el autómatas, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software específicamente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

- Periféricos:

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómatas, pero sin embargo facilitan la labor del operario.

Los más utilizados son:

- Grabadoras a cassettes.
- Impresoras.
- Cartuchos de memoria EPROM.
- Visualizadores y paneles de operación OP.
- Memorias EEPROM.

9.11.3.3 Elección del autómatas programable

Para la regulación y control de la automatización de todas las cámaras, se opta por un sistema formado por 6 PLC's de Siemens modelo SIMATIC S7-315 2DP, cada cámara (incluida la antecámara) estará controlada por un PLC, que a su vez éstos formarán parte de una red conexcionada mediante PROFIBUS con otros autómatas que llevarán a cabo otras tareas (traselevadores, central fotovoltaica, etc,...) que se engloban en la automatización de este complejo.

Se utiliza los PLC's de la serie S7-300 ya que son unos de los controladores que permiten soluciones de automatización en casi todos los campos de aplicación industrial y son una solución óptima tanto en periferia centralizada como descentralizada y a las que se les añade permanentes innovaciones que revalorizan la plataforma de automatización. Dentro del abanico de autómatas de SIEMENS dadas las características de la instalación a automatizar, la familia del S7-200 se quedaba corto y la familia del S7-400 eran demasiado elevadas las prestaciones, por lo que era suficiente la familia del S7-300.

El S7-300 permite una construcción modular, muy cómodo de ampliar en caso de aumentar las tareas y que ocupa poco sitio y no es preciso respetar reglas de asignación de slots, junto a los módulos sólo se requiere un perfil soporte, elemento mecánico en el que se cuelgan y atornillan los módulos. Ello permite alcanzar una construcción robusta y con alta compatibilidad electromagnética.

El bus de fondo está integrado en los módulos y va configurándose por intermedio de los conectores de bus encargados de unir cada dos módulos.

Para la configuración de los PLC's se dispone de una gama escalonada de CPU's que abarcan desde la más sencilla hasta la de más alto rendimiento. Debido a su eficiente velocidad de procesamiento todas permiten alcanzar breves tiempos de ciclo, tiempos de ejecución de instrucciones reducidos en un valor comprendido entre 1/3 y 1/4 lo que permiten menores tiempo de ciclos en las máquinas, lo que constituye el fundamento para una mayor productividad.

Dadas las necesidades de entradas y salidas analógicas y digitales y los puertos de comunicación, se decide utilizar la CPU compacta S7-315 2DP, estas CPU's compactas llevan integradas funciones que permiten prescindir de algunos módulos adicionales, tienen en particular periferia y puertos integrados directamente.



Figura 46. Autómata Siemens SIMATIC S7-300.

Los puertos integrados de la CPU S7-315 2DP son un puerto MPI y un puerto profibus DP. Tal y como se muestra en la siguiente figura, extraída del manual de SIMATIC:

Tabla 1-4 Interfaces de las CPU

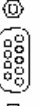
CPU 312 IFM CPU 313 CPU 314 IFM CPU 314	CPU 315-2 DP CPU 316-2 DP		CPU 318-2	
Interfase MPI	Interfase MPI	Interfase PROFI- BUS-DP	Interfase MPI/DP	Interfase PROFI- BUS-DP
 MPI	 MPI	 DP	 MPI/ DP	 DP
-	-	-	Reconfiguración en una interfase PRO- FIBUS-DP posible	-

Figura 47. Interfases de las CPU.

Estas CPU’s llevan una Micro Memory Card (MMC) en donde están almacenados los datos y programas lo que permiten prescindir de la pila tampón al uso, y suprimir sus costes de mantenimiento. Además en dicha MMC es posible guardar un proyecto completo inclusive su notación simbólica y comentarios, lo que simplifica las intervenciones del servicio técnico ya que los datos del proyecto están directamente en campo.

Según las necesidades de las cámaras, se necesitarán 3 módulos de ampliación de 32 salidas digitales cada uno, para poder dar servicio a los requisitos del sistema de automatización de las cámaras. En cambio, se necesitará 1 módulo de 16 entradas digitales y 3 módulos de entradas analógicas, para cada autómata.

Se decidió esta configuración de control con 6 PLC’s, por motivos de necesidades de la planta ya que de esta manera aún con el fallo de uno de los PLC’s de las cámaras aseguramos el funcionamiento del resto de la instalación.

La comunicación entre los distintos elementos del sistema de control se va a realizar a través de una conexión en red profibus DP, en dicha red vamos a integrar los 6 PLC’s, los 6 PLC’s encargados del almacenamiento automático de palets, el PLC master y el ordenador con el SCADA en la sala de control, el principal motivo por decidir usar este tipo de red es debido a la distancia que hay entre las cámaras donde están los PLC’s y la sala de control.

9.12 Sistema de Almacenamiento Automático

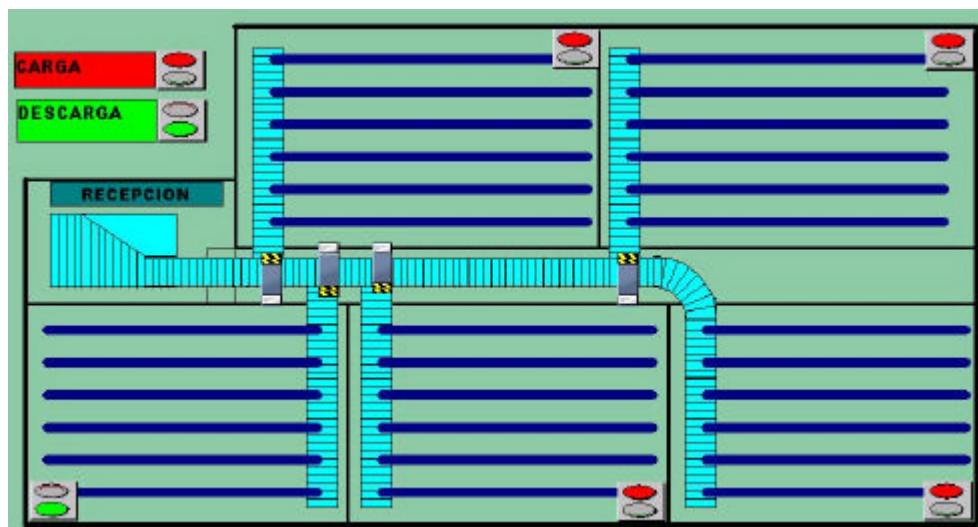
9.12.1 Descripción general

El sistema de automatización, del almacén, realiza la carga y descarga del producto congelado, de forma totalmente automatizada, solo interviene la mano del hombre, para cargar y descargar, el camión.

Este sistema consta de 5 partes diferenciadas:

- Sistema de recepción y análisis de producto.
- Rodillos de entrada y salida pasillo central y sistema de distribución.
- Rodillos de entrada y salida para cada cámara.
- Transelevador y estanterías.
- Sistema de sensores y panel de operador.

En la siguiente imagen, se visualiza la distribución en planta del sistema de automatización, las líneas de color azul, son los rodillos y las líneas de color azul fuerte, el recorrido de cada uno de los transelevadores.



Esquema de la distribución del almacén

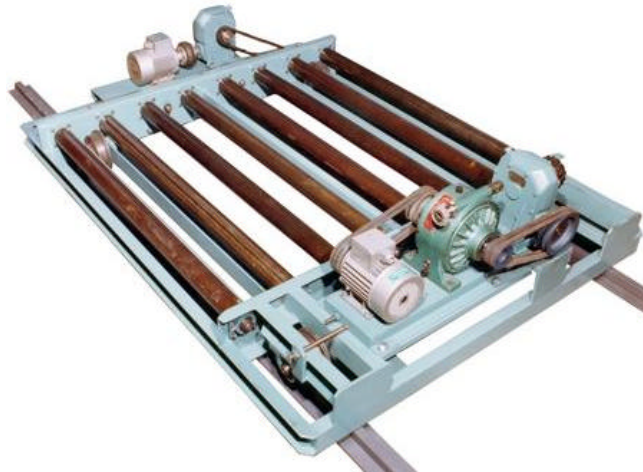
1. Sistema de recepción e identificación del producto.

Consta de un sistema transportador con rodillos de acero, con forma de embudo, puesto que para la zona de carga y descarga sea de mejor acceso, y al final de esta zona de recepción se encuentra situado el lector de código de barras, que indicará que producto se refiere y así poder colocarlo en la zona correspondiente.

2. Rodillos de entrada y salida pasillo central y sistema de distribución

Todo el pasillo central, Antecámara, está dispuesto un sistema de transportador con rodillos de acero, estos están controlados por motores que podemos variar su velocidad y sentido, para poder realizar el ajuste de selección de cámara, para ello, es necesario un barrera plegable, delante de cada entrada de cámara. Esta barrera está dimensionada, con

un ángulo suficiente que con el impacto de la paleta contra él, se desvíe, hacia la cámara correspondiente.



Trozo de transportador de rodillos de acero.

3. Rodillos de entrada y salida pasillo central y sistema de distribución

Es el mismo funcionamiento que el pasillo central, y se repite a las 5 cámaras. La única diferencia es que las barreras están orientadas del mismo sentido.

4. Transelevador y estanterías.

El Transelevador, realizada la tarea más complicada, coger la paleta de los rodillos y colocarla al sitio correspondiente del pasillo, no obstante el programa realizado para la selección de los productos, es quien rige el orden y lo distribuye según una pila, el primero en entrar es el primero en salir. Una vez la paleta está en el Transelevador, su autómatas se carga de todo el proceso.

El Transelevador viene con el sistema integrado de estanterías y todo lo necesario, es un servicio bajo llave.

Las características del sistema de almacenaje son:

Altura : 12 m.

Longitud: 50m. (cámara 3,4,5) 65m. las restantes.

Tipo de unidad de carga (paleta): 800 x 1200 x 1500 mm

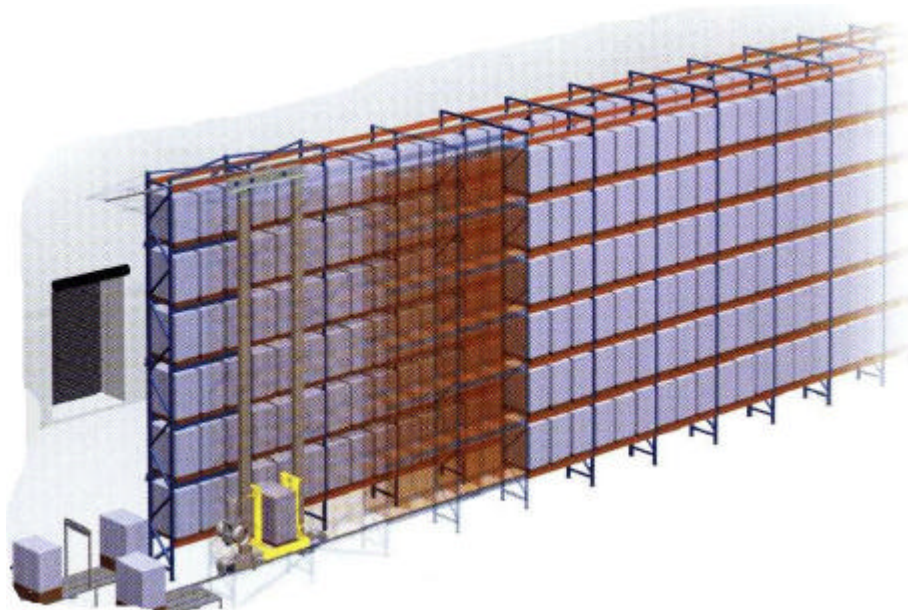
Peso unidad de carga: 1200 Kg

Capacidad :612

Tiempos de ciclo simples: 46.3 segundos

Velocidad : 90 paletas / hora

En el siguiente esquema se visualiza la forma de un pasillo con Transelevador.



Sistema del transelevador.

Este sistema incluye:

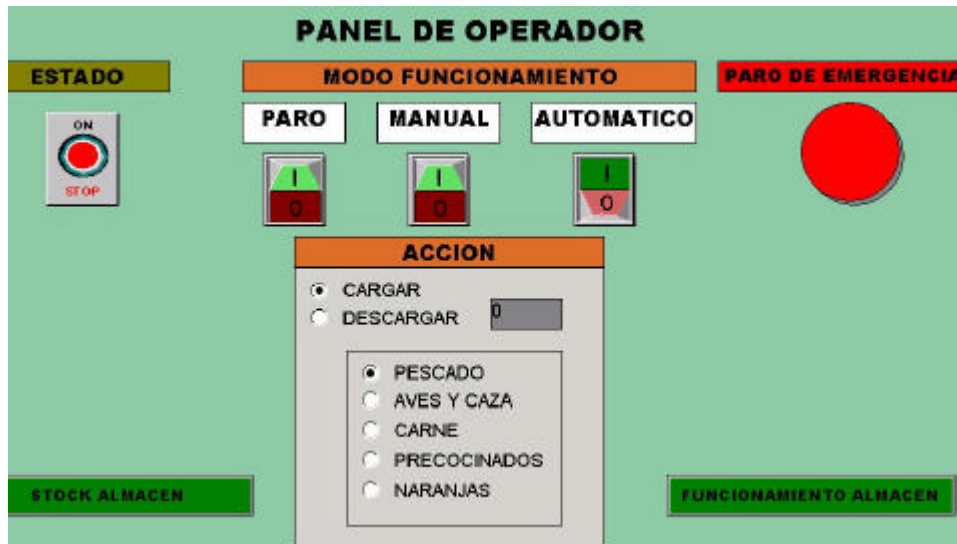
- Transelevador P-200
- Raíles superiores, inferiores y potencia
- Estantería
- Estación de E/S con picking para recepción de los rodillos
- Vallado de protección con puerta de acceso a pasillo
- Sistema informático: servidor de aplicaciones con sistema Backup y autómatas de control, PC de puesto para aplicación de sistema de gestión.
- Software de gestión de almacén.

El autómata de cada transelevador estará conectado, mediante una línea cremallera por los raíles, con Profibus DP, al PLC principal encargado de la automatización del almacén, gestión de carga y descarga, y colocación de la paleta al pasillo correspondiente, una vez, la paleta está depositada en el pasillo correspondiente, será el autómata principal, según sus algoritmos, comunicará a qué posición en coordenadas (X, Y) debe colocarse, mediante variables globales

- Sistema de sensores y panel de operador.

Para poder gestionar todas las paletas y realizar la movilidad se necesitan distintos tipos de sensores, sensores de posición, para indicar que la paleta está a su sitio, o aún no, o finales de carrera, para la selección de pasillos, al utilizar las barreras.

Mediante un panel de operador, se indica la acción a realizar, si queremos descargar, que alimento o si queremos cargar automáticamente.



Panel del operador.

9.12.2 Funcionamiento automático

9.12.2.1 Carga:

El camión descarga la mercancía en la zona de rodillos de recepción, estos al detectar presencia, y estar en modo automático de carga, estos se activan y empiezan introducir las paletas hacia el interior, pasando por el lector de código de barras, perfectamente instalado para siempre detectar, el producto. Una vez descifrada el destino de la paleta, se activa la barrera del pasillo central para que se introduzca a la cámara correspondiente.

Cuando el camino ala cámara esta libre y modificado para llegar al fin deseado, se activan los tramos de entrada de rodillos correspondientes a la cámara de entrada. El ultimo tramo antes de llegar, funcionara a una velocidad muy reducida, para minimizar el impacto contra la barrera.

Simultáneamente, al seleccionar que cámara a cargar, se sabe perfectamente mediante un contador cíclico, de posición 1 hasta posición máxima capacidad de paletas de la cámara, mediante y así siempre saber el valor fijo a un pasillo. Por eso que simultáneamente mientras se prepara el pasillo central el pasillo correspondiente de la cámara también se a preparado, y se activan los rodillos correspondientes de la misma forma.

Una vez llega la paleta ala zona de recepción del transelevador, el autómatas da la señal, a este que lo coja y lo ponga a unas ciertas coordenadas(x, y).

9.12.2.2 Descarga

Para Realizar la descarga, alguien debe de seleccionar, la cantidad de paletas a descargar y producto, una vez esto, el sistema actúa, muy parecidamente que en el modo carga, a través del contador cíclico de salida, que indica cual es la paleta a descargar en ese momento, dela cámara seleccionada, se le indica al transelevador que recoja esta paleta y la deposite a los rodillos, una vez allí, se activan los rodillos en posición descarga, todos, van a la misma velocidad y no es necesario el uso de las barreras, o sea que estarán todas en posición recluidas.

El sistema de descarga se termina al llegar, el contador que antes hemos seleccionado la cantidad a descargar, a cero o si se para manualmente.

9.12.3 Programación

Para realizar esta automatización, se a recurrido al programa S7–GRAPH, es un lenguaje especial para los autómatas dela familia S7-300 y S-400.

Se ha utilizado un PLC 315 2DP, que por una parte es esclavo del master de toda la instalación del complejo, pero a la vez, realiza la función de master para los autómatas del los transelevadores, Todo ello conectado por Profibus DP.

El S7-Graph, tiene la ventaja, que la forma de programar es mediante grafcet, y se tiene que complementar con el lenguaje KOP, para realizar las transiciones y condiciones.

9.13.- Supervisión y Control

9.13.1.-Introducción al SCADA

Tal como su nombre indica un SCADA es un sistema de Supervisión del Control y Adquisición de Datos (Supervisory Control And Data Acquisition). Se trata de una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de un proceso, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA.

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones para ordenadores (tipo PC, por ejemplo), con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general (como C, Pascal, o Basic), lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad. Algunos SCADA ofrecen librerías de funciones para lenguajes de uso general que permiten personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho SCADA.

Un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).

- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

- Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.

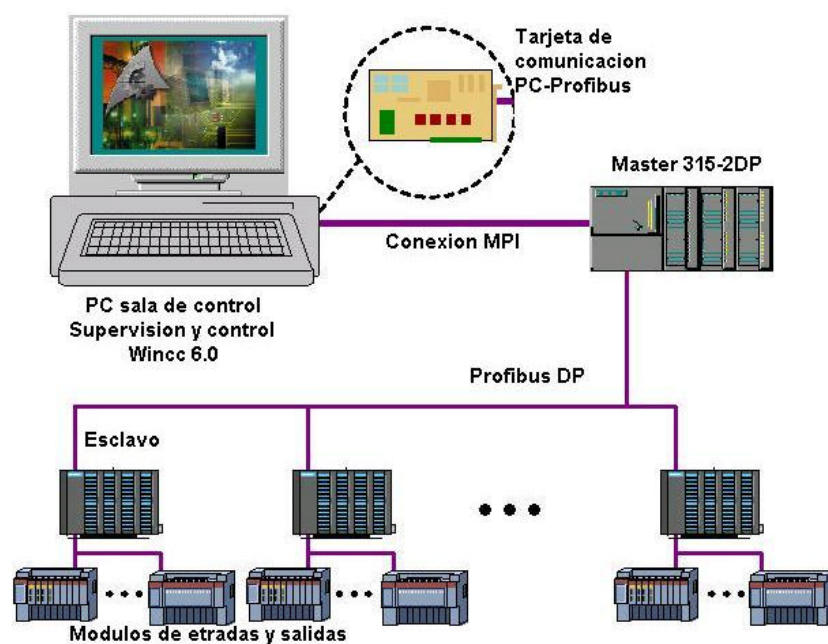
- Interfaz gráfico del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.

- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.

- Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesamiento ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

- Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

9.13.2.-Partes del sistema Scada



Esquema de la instrumentación del sistema SCADA.

9.13.2.1-Ordenador de la sala de control.

Para implementar el sistema SCADA, es necesario un ordenador, en este caso, solo utilizaremos uno, y el sistema, es un servidor monopuesto.

Este ordenador lleva instalado el programa WINCC v.6.0, y todas las aplicaciones relacionadas para poder realizar sus funciones básicas.

Características del PC:

Sistema Operativo: Windows 2000

Procesador: P4, 1,3 GHz

Memoria: 256 MB.

Disco duro: 40 GB.

Lector Cd-Rom

En el PC ubicaremos en uno de sus slots PCI una tarjeta SIMATIC NET, CP 5611 para conexión a PG o PC con bus PCI a profibus hasta 12 Mb, a través de dicha tarjeta nos conectaremos a la red profibus MPI al esclavo.

9.13.2.2.-Tarjeta de Comunicaciones Siemens CP 5611 :

Para que el PC sea capaz de comunicarse con el PLC S7 se debe instalar una tarjeta de comunicaciones en la computadora. En concreto, para este proyecto se ha seleccionado la tarjeta de comunicaciones CP 5611 de Siemens (referencia 6GK1 561-1AA0) la cual permite la conexión del PC a una red Profibus o MPI (como es nuestro caso).

El software y los controladores de esta tarjeta vienen incluidos con el paquete de software WinCC, y para su configuración se dispone de una pequeña aplicación en el panel de control con la cual podemos definir el número de estación que será asignada al PC y la velocidad de comunicación con que lo hará. Además se dispone de un 'test' que chequea el correcto funcionamiento de la tarjeta y muestra las estaciones que están conectadas a la red Profibus/MPI en ese preciso momento.

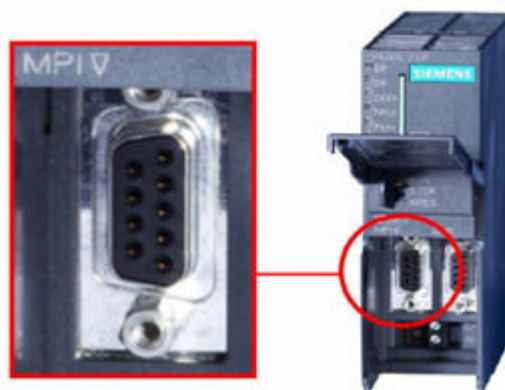
9.13.2.3.-Master

Para comunicar el ordenador con todo los elementos de campo, se utiliza un Autómata en funcion de master que estará conectado a todos los esclavos mediante la red prfibus.

El PLC seleccionado para la gestión del complejo frigorífico, es un Siemens Simatic S7 CPU 315 2DP

9.13.2.4.- Comunicación MPI (Multipoint Interface) :

Para la comunicación con otros elementos se dispone de 2 puertos que dan nombre a la CPU 315 2 DP. Esta particularidad resulta muy útil cuando se han de separar redes o bien hay que ampliar la existente.



Puerto de comunicaciones MPI de la CPU 315 2DP.

A través del puerto MPI ('Multi Point Interface') se pueden conectar hasta 31 estaciones más con direcciones de la 0 a la 31. La CPU por defecto viene configurada de fábrica con el número de estación 2, aunque se puede variar según interese.

En este puerto está prevista la conexión con el PC (estación MPI 5), la consola de programación para la descarga del programa del PLC (estación 0) y se pueden conectar otros componentes como paneles de operador, otros PC's, otras CPU's, etc.

El cable de conexión y el conector MPI es idéntico al descrito anteriormente en el apartado de conectores y cables Profibus.

La siguiente tabla muestra las características del puerto. Entre ellas destacar que se puede comunicar a una velocidad de 19.200 Kbaudios o 187,5 Kbaudios (como será en nuestro caso). El software Simatic S7 viene provisto con funciones de comunicación MPI con lo cual sólo será necesario configurar el tipo de red, las estaciones, la velocidad de comunicación y poco más. El administrador Simatic dispone de una aplicación llamada 'NetPro' que permite configurar con mucha facilidad el tipo de redes de comunicación que se van a usar en el proyecto.

1ª interfase	
Funcionalidad	
• MPI	sí
• maestro DP	no
• esclavo DP	no
• separación galvánica	no
MPI	
• servicios	
– funciones PG/OP	sí
– comunicación por datos globales	sí
– funciones básicas S7	sí
– funciones S7	sí (servidor)
• velocidades de transferencia	19,2; 187,5 Kbaudios

Interfase MPI

9.13.3.-Entorno de programación WinCC 6.0

El SCADA que se utiliza para ejecutar el control es el Simatic Windows Control Center (WinCC) v.6.0. de la firma Siemens.



Logotipo de presentación de Windows Control Center

El Simatic WinCC es un sistema de supervisión sobre PC ejecutable bajo los sistemas operativos Microsoft Windows NT y Windows 2000, por lo que la adaptación al sistema es intuitiva y fácil de utilizar, quien trabaja con Windows, sabe utilizar el teclado, el ratón y la pantalla táctil, tres de los elementos que también constituyen el hardware de Simatic WinCC. Pero el sistema incluye además una serie de funciones que demuestran su eficacia permanente al funcionar con la aplicación:

- Seguimiento de las intervenciones del operador en situaciones críticas del proceso. WinCC puede registrar modificaciones de variables con fecha, hora, nombre del usuario y una comparación entre el valor anterior y el actual.

- Bloque del proceso, los archivos y el sistema contra accesos no autorizados como la modificación de consignas, la selección de imágenes o la apertura del software de configuración desde el nivel de control y supervisión de la instalación.

Para poder contar con una interface de usuario atractiva y adecuada al proceso el sistema ofrece entre otras cosas:

- Objetos estándar y objetos gráficos.
- Botones, cuadros de verificación, botones de radio, correderas.
- Ventanas de aplicación y de imagen.
- Objetos OLE, controles ActiveX.
- Campos de entrada y salida, listados de texto.
- Barras, señalizaciones de estado e indicaciones agrupados.
- Objetos personalizados.

El Simatic WinCC no se limita a registrar alarmas de proceso y eventos locales, sino que los almacena en archivos breves o secuenciales y los pone a la disposición del operador en caso de necesidad.

Las alarmas pueden generarse de tres maneras diferentes: a partir de bits individuales, como consecuencia de una señal desde el PLC o como producto de alarmas analógicas provocadas por el rebase de valores límite. La confirmación o acuse se realiza alarma por alarma o de forma colectiva y se puede transmitir vía directa al PLC.

Además con el Simatic WinCC podemos adaptarnos a las ampliaciones futuras del sistema de control, tal como vamos a realizar, ya que nosotros vamos a añadir al SCADA de toda la planta de producción el equipo de refrigeración que hasta ahora era independiente y así tener el control de todas las instalaciones directamente desde la sala de control.

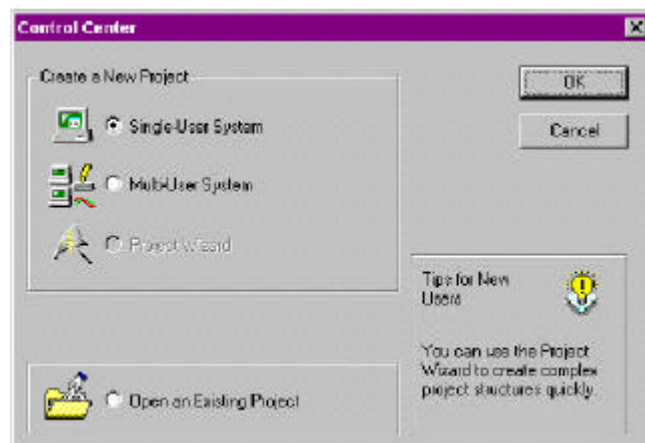
Vamos a dar unas pinceladas de lo que hemos realizado con el WinCC v6.0. y las opciones que nos ofrece dicho software para realizar el sistema de control.

El Windows Control Center representa el acceso a todas las opciones del WinCC como sistema de desarrollo para visualización de procesos industriales. Desde el Control Center podemos disponer de todos los módulos software para la creación de ventanas gráficas, archivos de procesos, ventanas de alarmas, y generación de documentos a impresora.

Además de esto, la filosofía abierta del WinCC posibilita la interconexión desde aquí del sistema con otras aplicaciones, ya sea a través de OLE, DDE o ODBC.

Al arrancar el WinCC, existen tres posibilidades:

- Que anteriormente no hubiera ningún proyecto abierto, con lo que se nos abre automáticamente una caja de diálogo en la que se nos permite crear un nuevo proyecto o abrir uno existente.
- Que ya hubiera un proyecto abierto anteriormente, con lo que no nos aparece esta caja de diálogo, sino el proyecto en cuestión.
- Que el proyecto ya estuviera abierto y en runtime cuando lo abandonamos la última vez, con lo que arranca automáticamente la runtime del WinCC.



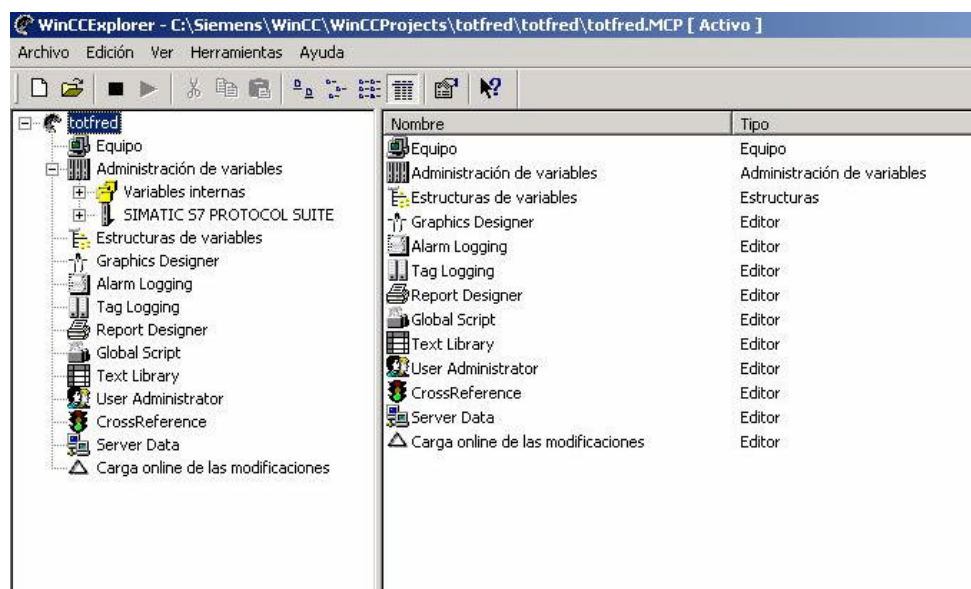
Ventana de creación o apertura de un proyecto en WinCC

Como se puede observar desde el Control Center, todo proyecto de WinCC se divide en una serie de partes bien definidas y siempre iguales, lo que nos permite afrontar cualquier tipo de proyecto siguiendo siempre las mismas pautas de trabajo.

Un proyecto general está compuesto por:

- El nombre del proyecto, en este caso **TOTFRED**.
- **Computer:** Todos los parámetros relacionados con el entorno de trabajo de la aplicación en general.
- **Tag Management:** Administrador de comunicaciones (hemos de tener en cuenta que tag equivale en el proyecto a una variable, sea de comunicaciones con el PLC o interna del proyecto).
- **Data Types:** Agrupación de las variables del WinCC por tamaño, sin distinción de origen de los datos (comunicaciones o internos).
- **Editores:** Editores de las diferentes partes en que se subdivide el runtime del WinCC. Dentro de este apartado nos encontramos con:
 - **Graphics Designer:** Editor gráfico que nos permite dibujar las pantallas que componen el WinCC.
 - **Alarm Logging:** Editor de alarmas que nos permite configurar las ventanas y tratamiento de alarmas del proceso.
 - **Tag Logging:** Editor de archivos y gráficas que se encarga de configurar el almacenamiento de datos y su posterior visualización en forma de curvas o de tablas.
 - **Report Designer:** Editor de informes a impresora. Se encarga de configurar todo lo referente al envío a impresora de informes.
 - **Global Script:** Compilador en C que nos permite programar nuestras propias acciones y ejecutarlas de manera periódica o mediante eventos de cambio de variables.

- **Text Library:** Editor de texto que nos permite asignar diferentes configuraciones de textos según el idioma seleccionado en el WinCC.
- **User Administrator:** Administrador de usuarios que nos permite activar o desactivar usuarios mediante activación de passwords.



Aspecto del programa Wincc

Los datos del proyecto los podemos repasar a partir de las opciones vistas desde la ventana del Control Center y que son las que hemos utilizado:

Información general:

Si nos posicionamos sobre el nombre del proyecto (**TOTFRED**) y presionamos el botón derecho del ratón, aparece un menú contextual indicándonos las opciones buscar y propiedades. Seleccionamos esta última teniendo acceso al cuadro de diálogo inferior. Su significado es:

El tipo de CPU nos permite seleccionar un proyecto para un sistema monopuesto o multipuesto. Evidentemente es importante tener cuidado en no cambiar este parámetro si deseamos trabajar en monopuesto.

Podemos también introducir la versión de nuestro proyecto y un comentario.

El campo GUID sirve como información para conocer el número ID que se le asigna al proyecto generado. WinCC asigna un número propio para cada proyecto generado. Este dato nos será útil a la hora de conocer la base de datos con la que debemos conectarnos a través de ODBC de manera externa a WinCC, ya que nos permitirá dirigirnos a la base de datos que corresponda según este indicador.

9.13.3.1.-Administración de los TAG's:

El administrador de variables se encarga de las comunicaciones entre las diversas redes de PLC's, acoplamientos punto a punto, y enlace con otras aplicaciones.

Se divide en dos tipos de variables determinadas por su origen:

1. Variables de comunicaciones: son aquellas cuyo valor se obtiene de la comunicación entre el WinCC y cualquier red de PLC's o aplicación.

2. Variables internas: son aquellas cuyo valor no se obtiene de la comunicación con otras aplicaciones, aunque pueden almacenar el resultado de una operación matemática obtenida a partir de variables de comunicaciones.

Las variables internas se almacenan en la rama del árbol internal tags.

Las variables identifican el valor real que queremos controlar a través del driver o canal de comunicaciones.

Un driver o canal de comunicaciones es una dll, con la extensión *.CHN que posibilita al WinCC comunicarse con un determinado protocolo con un tipo determinado de PLC industrial o aplicación software. Un canal de comunicaciones puede soportar varios enlaces de comunicaciones a la vez o no, dependiendo del tipo de canal.

Es posible generar un nuevo canal de comunicaciones si se dispone de la herramienta CDK, paquete de desarrollo de WinCC para canales de comunicaciones.

Para conectar el WinCC a unos autómatas de la serie S7-300 como es nuestro caso para obtener información de él. Primeramente necesitaremos añadir el driver de comunicaciones adecuado. Para ello, seleccionando con el botón derecho **tag management**, aparece un menú contextual cuya primera opción es añadir nuevo driver. Seleccionando esta opción nos aparecen todos aquellos drivers de que dispone el WinCC, seleccionamos el driver **Simatic S7 protocol suite**, parametrizamos los datos que nos piden y con esto se ha definido el enlace con los PLC S7-300 en la dirección **MPI..**

Todas las variables que se definan a partir de este enlace obtendrán su valor de las comunicaciones con dichos PLC's de manera automática.

Un tag es el elemento de enlace entre la base de datos del WinCC, las variables del PLC y los objetos del runtime de nuestra aplicación. Los valores de los tag's son almacenados en nuestra base de datos del proyecto. Cuando arranca el WinCC, carga estos valores de la base de datos. A partir de ese momento se pueden modificar dichos valores, pero hay que tener en cuenta que dichas dinimizaciones no se almacenan en la base de datos, por lo que si utilizamos variables internas para realizar una receta de valores, y nos salimos de WinCC, cargará al arrancar de nuevo los valores de las variables internas que tenga asignados en propiedades estáticas, y no el último valor que hubiésemos introducido.

Para crear una variable de comunicaciones o tag, nos colocamos sobre cualquiera de los grupos creados y seleccionamos con el botón derecho new tag.

Los tag's harán referencia a todas las variables del sistema que nosotros queremos controlar y ya están descritas en el capítulo de instrumentación, cada tag hace referencia a un equipo de donde tomar los valores para el SCADA, en nuestro caso vamos a comprar una licencia con 256 tag's, ya que en nuestro equipo tenemos 144 señales a controlar y las licencias son de 128, 256, 512, etc..., por lo que con la licencia de 256 tenemos suficiente.

9.13.3.2.-Editores:

Los editores son las diferentes formas de configurar el sistema para poder visualizar los datos del sistema a controlar, los editores que hemos utilizado son:

- Graphic Designer:

El editor Graphics Designer se encarga de la confección de las pantallas del WinCC. Básicamente es un entorno de dibujo con la característica de que los objetos poseen la capacidad de asociar sus propiedades a variables de comunicaciones que son proporcionadas por el Tag Management.

Desde este editor hemos realizado la confección de las pantallas que nos servirán para nuestro sistema de control y que posteriormente describiremos.

Las pantallas constan de un serie de dibujos denominados objetos que poseen dentro del Graphics Designer varias características comunes, incluyendo a la propia superficie en la que vamos a colocar los objetos. Los objetos hacen referencia a las diferentes formas de visualizar la información que queremos informar ya sean tanques, válvulas, motores, etc. y sobre estos objetos estarán los valores que queramos visualizar y controlar, presiones, temperaturas, alarmas, niveles, posición de válvulas, etc.

Cada objeto posee una serie de propiedades, cuyo número depende del tipo de objeto en cuestión. Para acceder a estas propiedades es necesario colocarse sobre el objeto y presionar el botón derecho del ratón, emergiendo un menú contextual y dándoles los valores deseados.

- Alarm Logging:

El Alarm Logging es el editor de alarmas que nos permite configurar las ventanas y tratamiento de alarmas del proceso. Cuando describamos las pantallas haremos referencia a las alarmas que hemos puesto para tener el control de la instalación de refrigeración,.

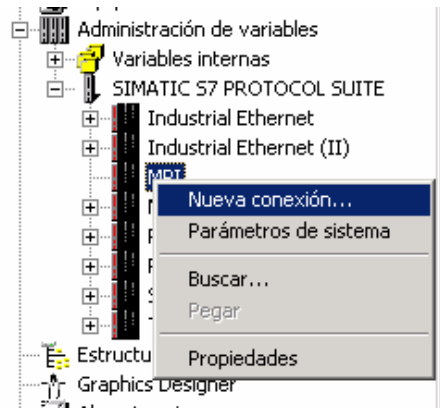
- Tag Logging:

El Tag logging es el editor de archivos y gráficas que se encarga de configurar el almacenamiento de datos y su posterior visualización en forma de curvas o de tablas. Desde este punto tendremos el control de las presiones y temperaturas en diferentes puntos de la instalación a lo largo del tiempo y también controlaremos el funcionamiento y porcentaje de funcionamiento de cada uno de los compresores.

Nuestra parte del SCADA constará de una pantalla principal donde se visualiza el funcionamiento básico de toda la instalación, en donde vemos todos los equipos del proceso de refrigeración con sus parámetros principales, desde esta pantalla podemos pasar a diferentes pantallas para cada etapa de refrigeración (compresión, condensación, expansión y evaporación) y una pantalla donde tenemos los datos del tanque de fluido refrigerador y su circulación.

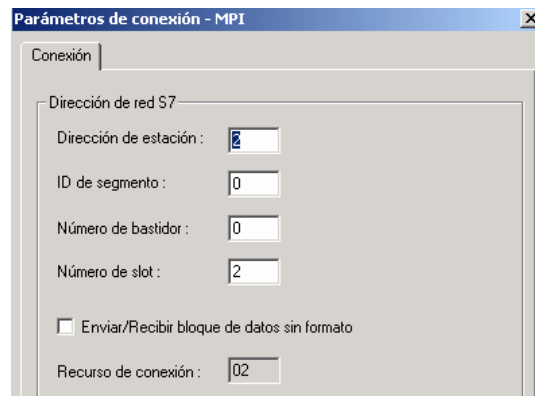
9.13.4.-Comunicación con S7 por MPI.

Insertamos el canal Simatic S7, y dentro del protocolo MPI, con el botón derecho, seleccionamos una nueva conexión.

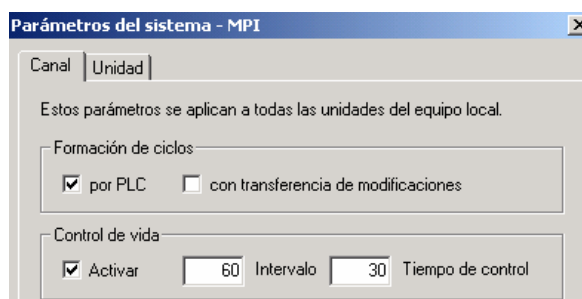


La nueva conexión la denominamos como nuestro PLC, en este caso 315_C_2DP, y en propiedades definimos la dirección MPI de nuestro equipo y el slot en el que se encuentra la CPU, que normalmente va a ser el 2. Poner como número de slot 2 es muy importante, ya que si no introducimos este valor (que por defecto viene a 0) no podremos comunicar en MPI con la CPU ya que el WinCC no la encontrará. Esto es necesario para comunicación con S7 300.

Una vez introducida la conexión nos aparece un icono en forma de dos manos unidas, indicándonos la conexión con nuestro PLC.



Si volvemos a presionar con el botón derecho sobre el canal MPI podemos determinar los parámetros del sistema del protocolo de comunicaciones.



9.13.5.-Pantallas del programa

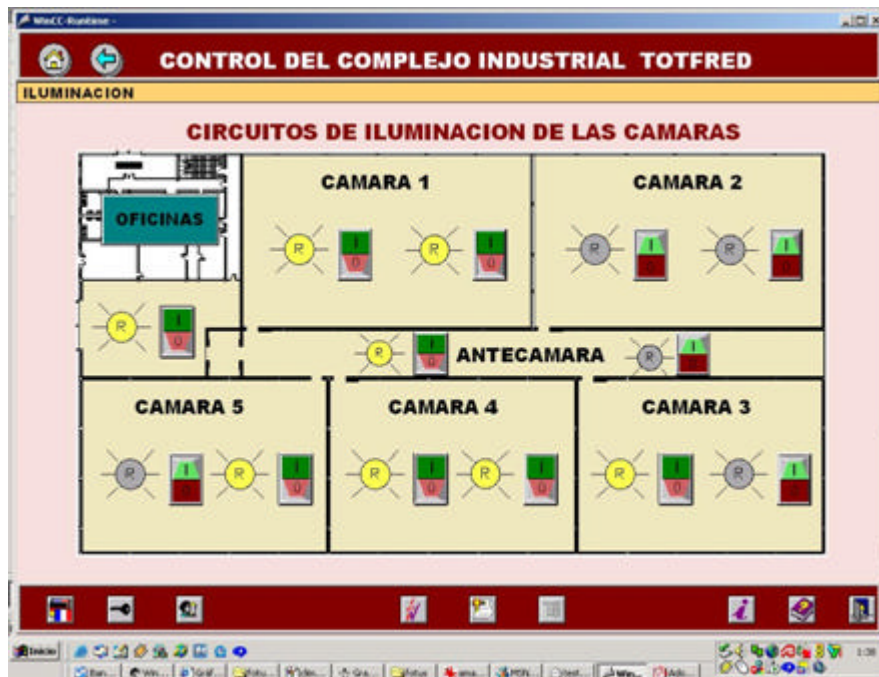
Las siguientes imágenes, son pantallas capturas del sistema SCADA realizado con WinCC, se muestran las más representativas del sistema.

Pantalla Principal

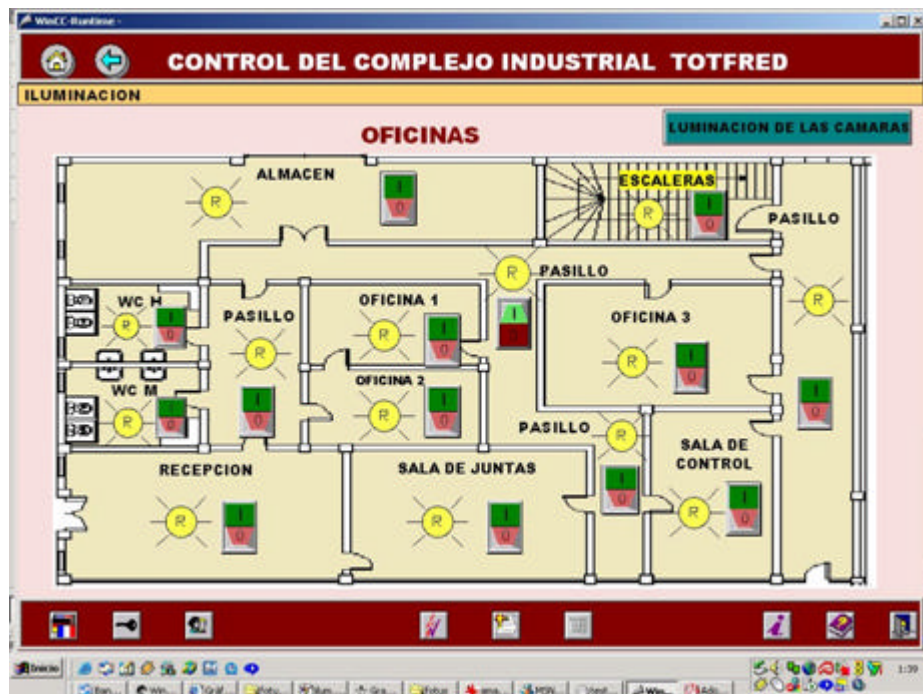
La pantalla principal es la que vemos cuando entramos en el Scada de la instalación, en ella, como vemos en la figura adjunta, tenemos la visualización de todos los bloques que se compone el complejo industrial, y da acceso a ellos.



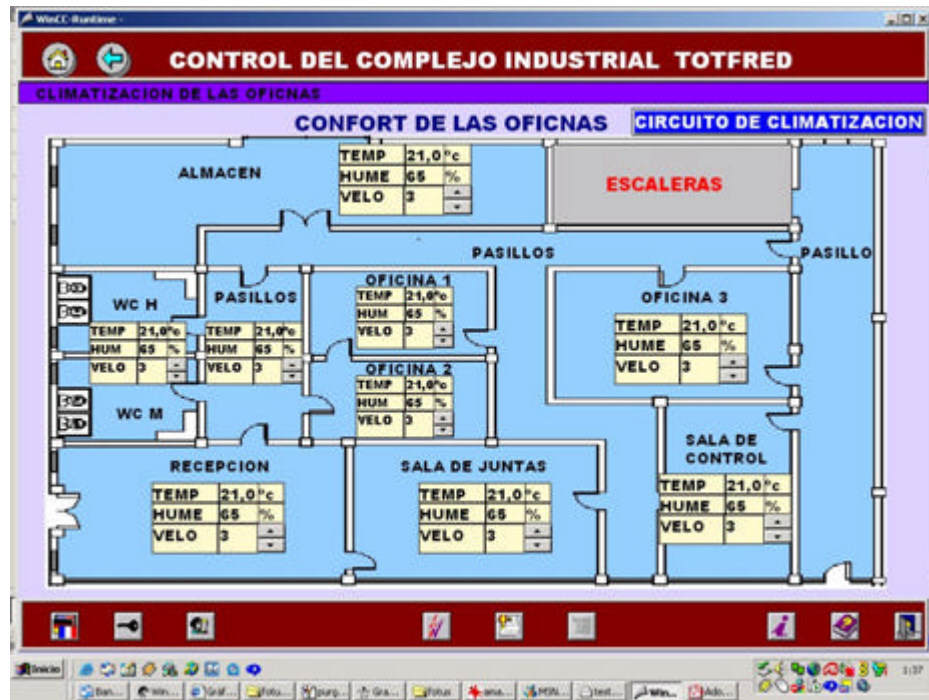
Iluminación de la nave: Muestra el estado de los circuititos de iluminación del complejo industrial, con interacción.



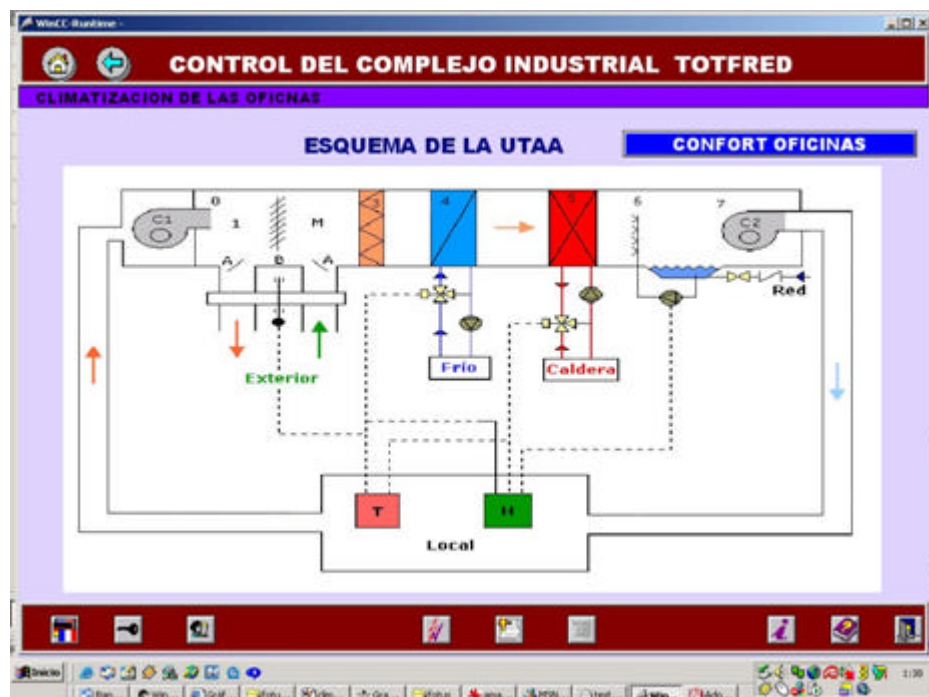
Iluminación de la oficina: Muestra el estado de los circuititos de iluminación de la oficina, con interacción.



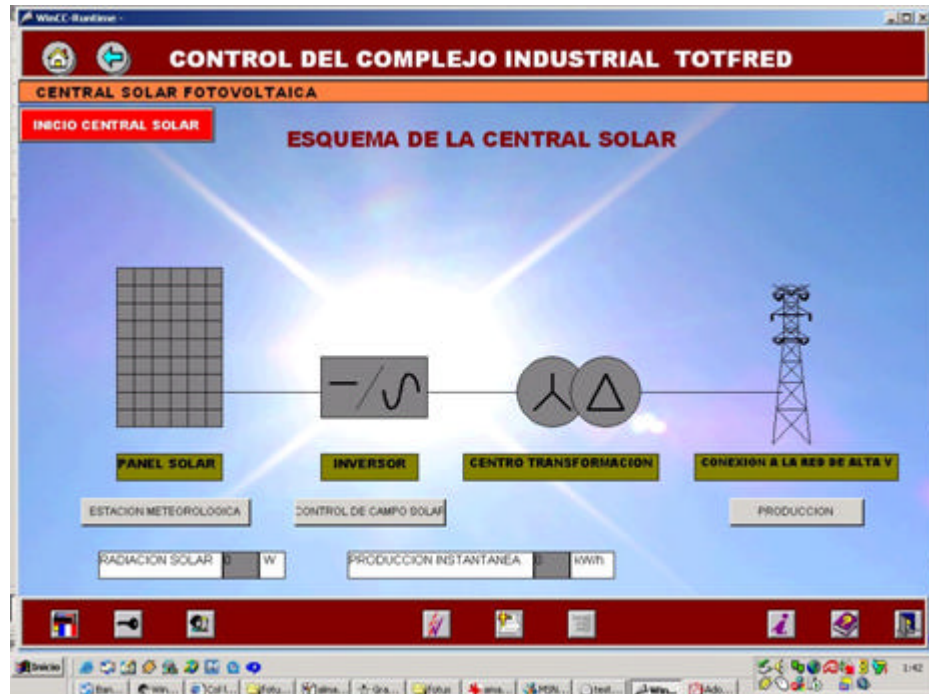
Climatización oficinas: Muestra el estado de confort en las oficinas, con interacción.



Esquema del circuito de climatización, UTA: Principales elementos del circuito, con acceso a parámetros.



Esquema central solar fotovoltaica: Muestra el esquema de la instalación, con sus componentes, y da acceso al sistema de monitoring de producción solar y estación meteorológica, y control del campo solar.



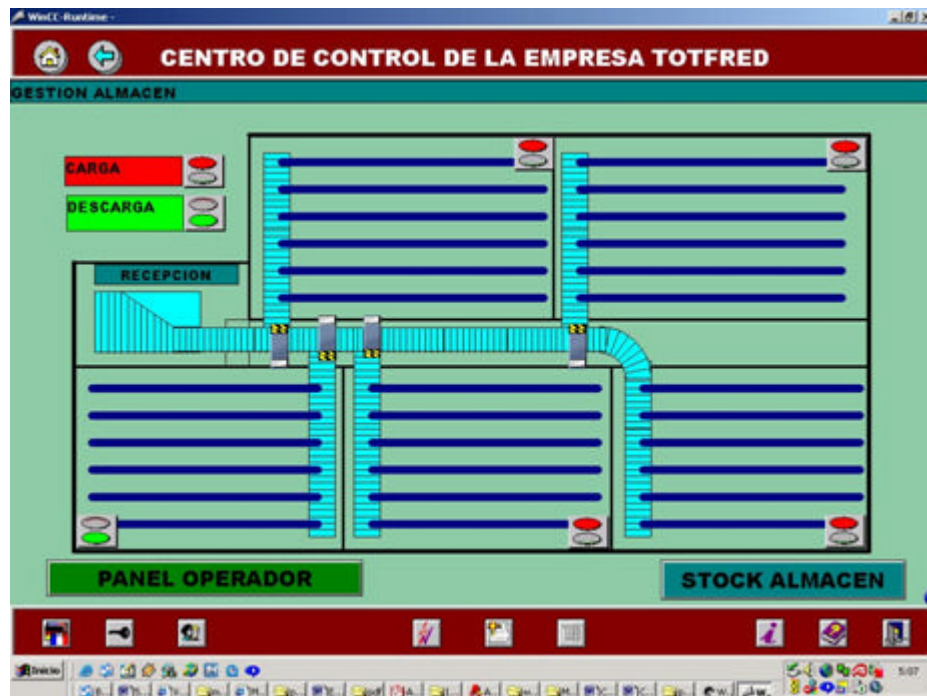
Gestión de almacén: Pantalla principal del control del almacén, con visualización del stock



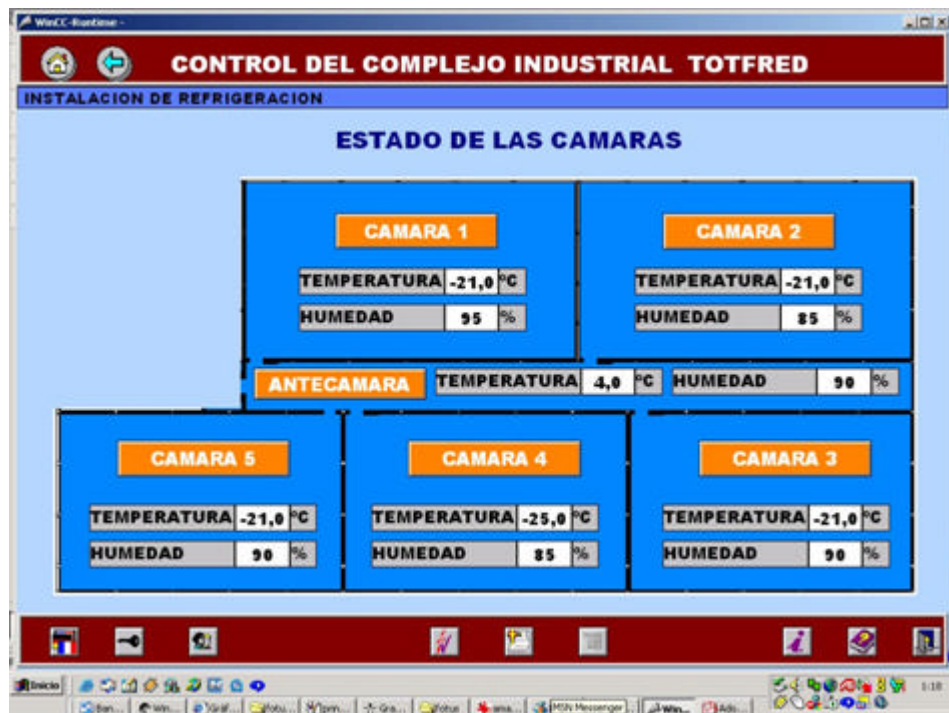
Panel de operador del almacén: Panel para el manejo del sistema.



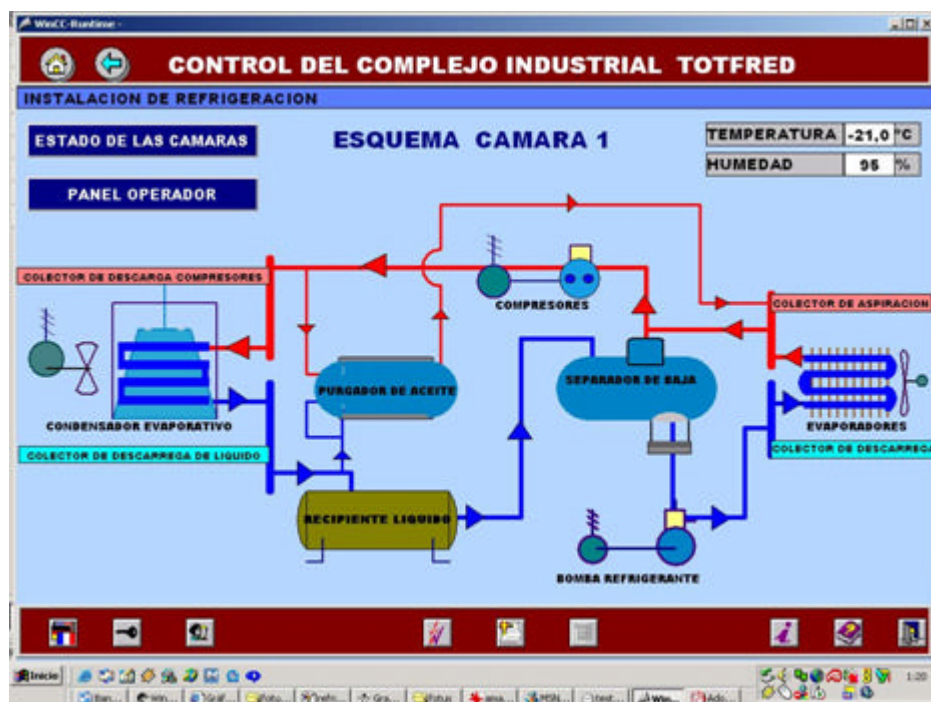
Funcionamiento del almacén: Visualización del proceso de almacenaje.



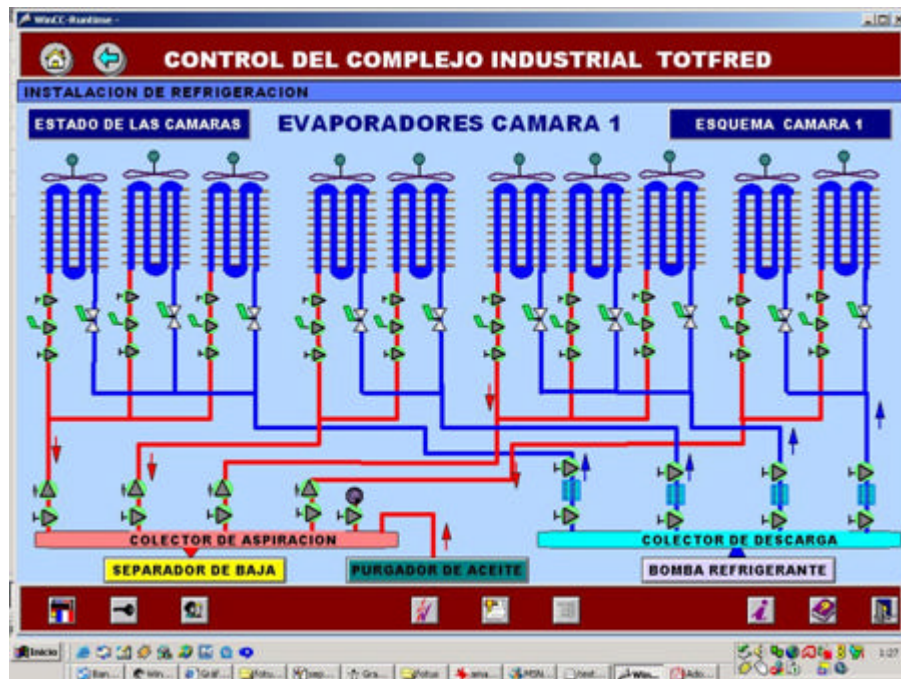
Instalación de refrigeración: Pantalla principal del control y supervisión del sistema de refrigeración, Visualización del estado de las cámaras y dando acceso a los circuitos.



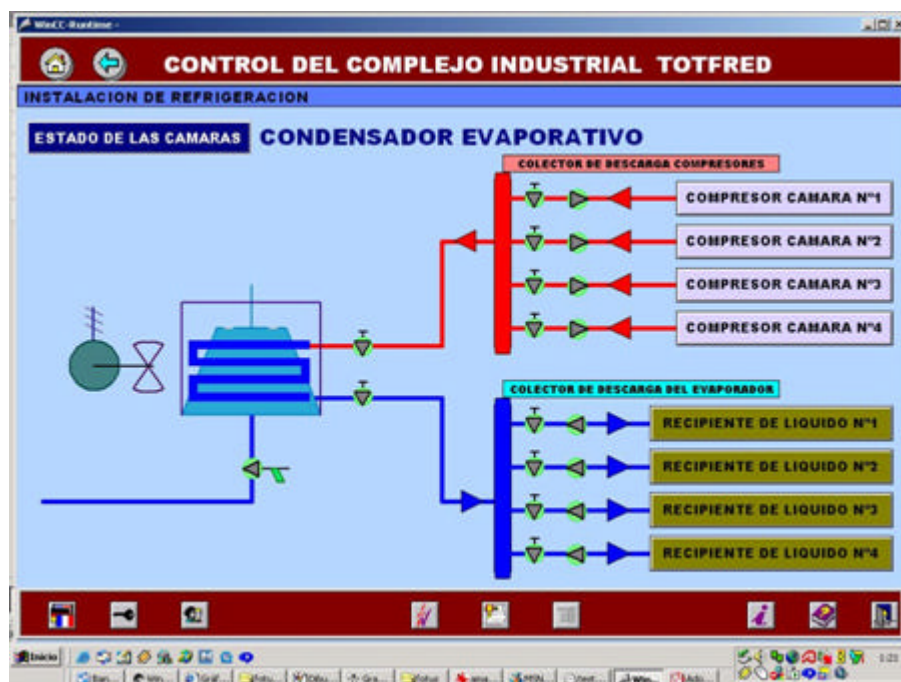
Esquema cámara 1: Esquema del circuito de refrigeración, con acceso a los componentes.



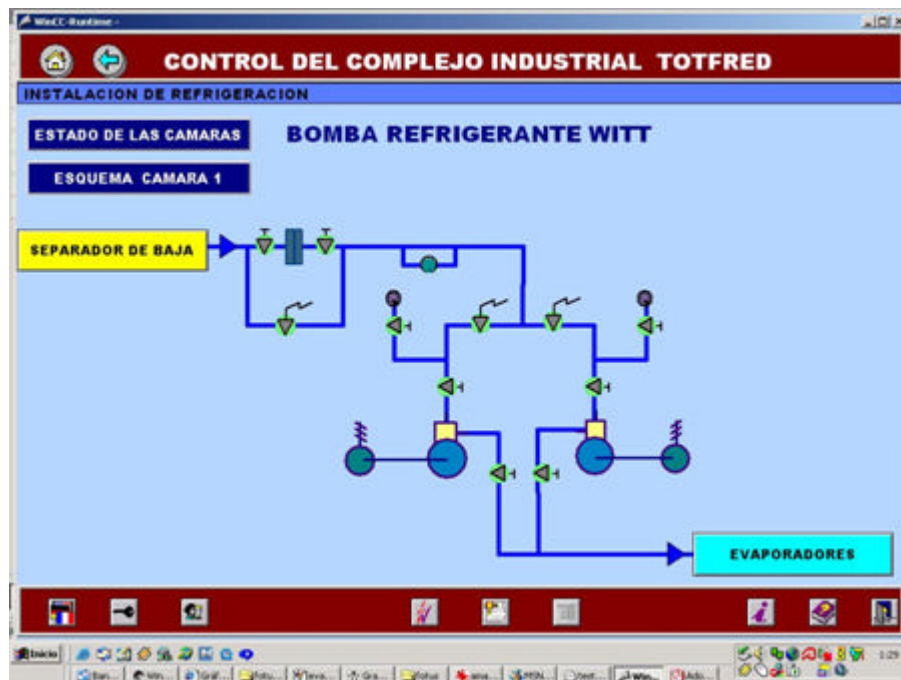
Evaporadores cámara 1: Esquema del circuito con interacción de todos los elementos.



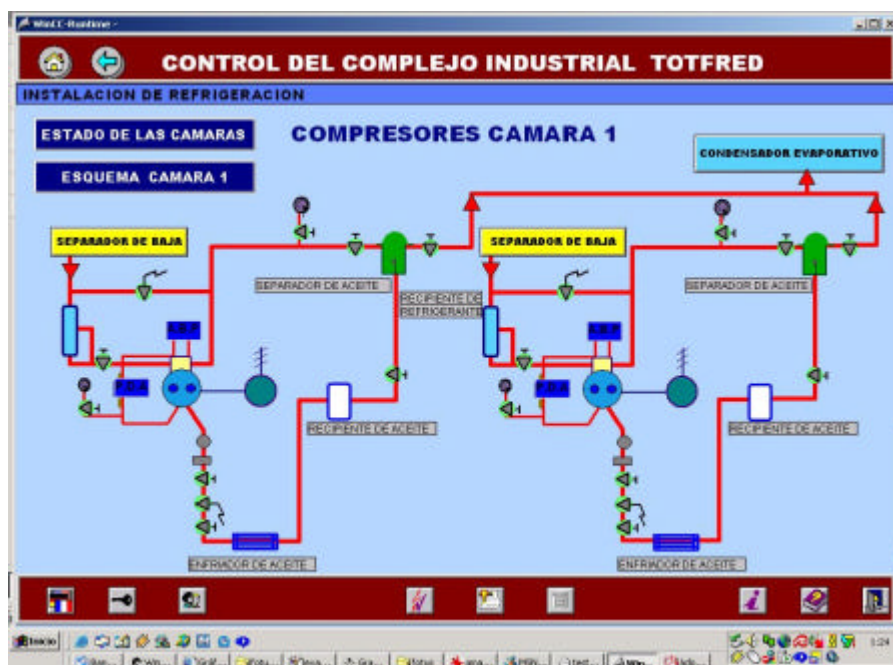
Condensador evaporativo: Esquema del circuito con interacción de todos los elementos.



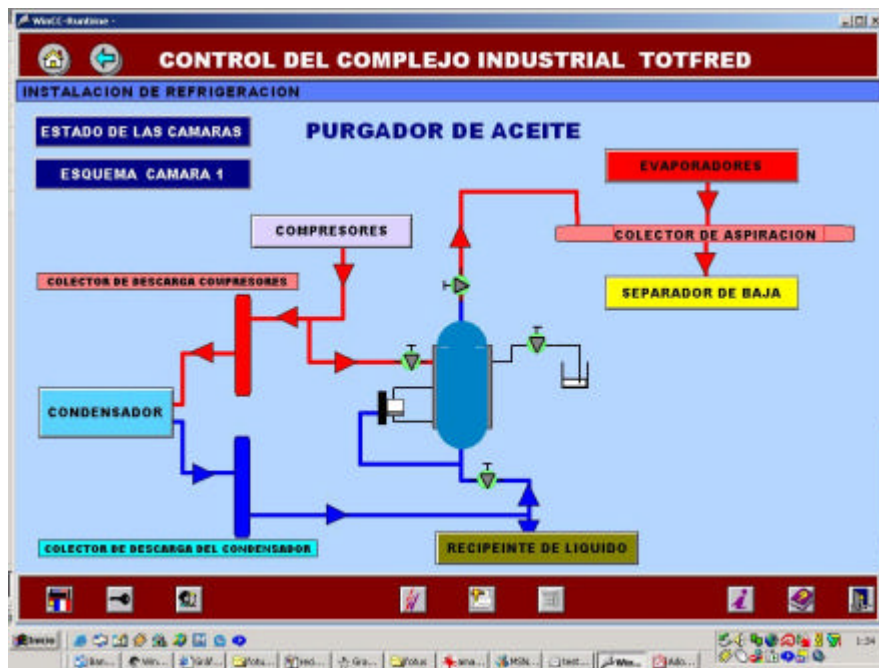
Bomba refrigerante: Esquema del circuito con interacción de todos los elementos.



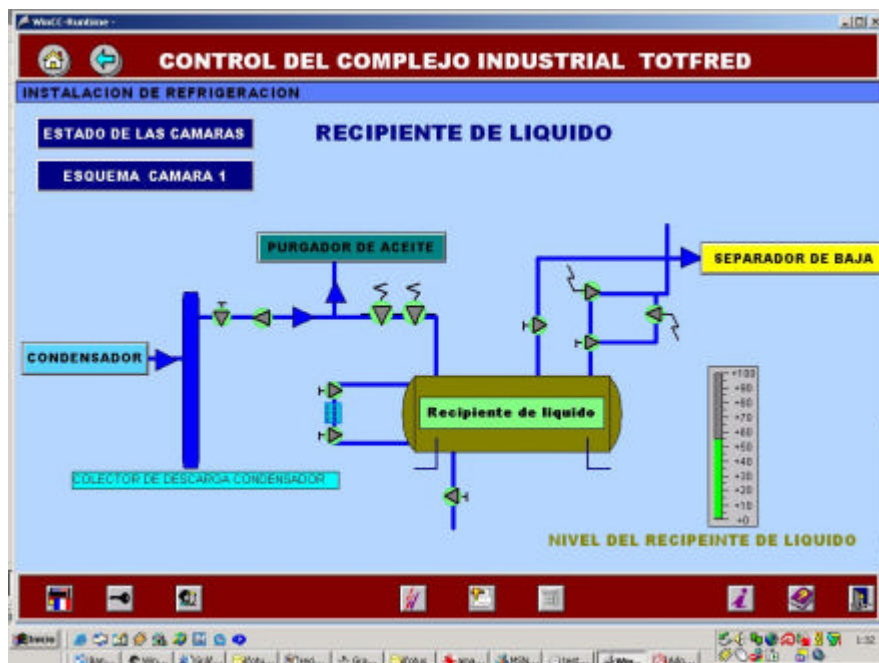
Compresores de tornillo : Esquema del circuito con interacción de todos los elementos.



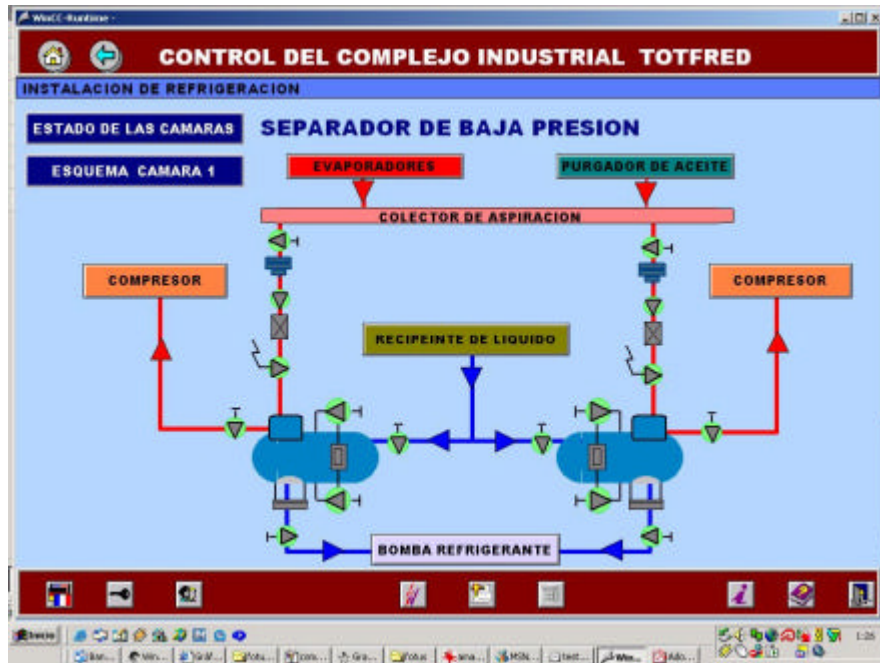
Purgador de aceite: Esquema del circuito con interacción de todos los elementos.



Recipiente de liquido: Esquema del circuito con interacción de todos los elementos.



Separador de baja: Esquema del circuito con interacción de todos los elementos.



9.14 Instalación eléctrica

El complejo industrial referido a la citada actividad está catalogado como de características especiales (Instalaciones en locales a muy baja temperatura) según el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-30)**.

9.14.1 Partes que componen la parte eléctrica

La instalación eléctrica del presente proyecto constará de las siguientes partes:

- Centro de Transformación de 2 x 2.000 kVA.
- Instalación interior del complejo.
- Instalación de puesta a tierra.
- Grupo electrógeno.

9.15 Centro de transformación

9.15.1 Características generales del centro de transformación

El centro de transformación será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-20.099.

La acometida al mismo será subterránea, se alimentará en anillo de la red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 25 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Fuerzas Eléctricas de Cataluña (FECSA).

Características celdas CAS 36 kV

Las celdas a emplear serán de la serie CAS-36, un conjunto de celdas compactas equipadas con aparataje de alta tensión, bajo envoltente única metálica con aislamiento integral, para una tensión admisible hasta 36 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE 20-090, 20-100, 20-104, 21-139.
- CEI 298, 129, 265, 694.
- UNESA Recomendación 6407 B.

Toda la aparataje estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una presión relativa de 0,3 bar (sobre la presión atmosférica), sellada de por vida y acorde a la norma CEI 56.

Sus dimensiones serán: 1050x1850x1000 mm (ancho x alto x profundidad).

Características celdas SM6 36

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparataje bajo envoltente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mando.
- e) Compartimento de control.

9.15.2 Descripción de la instalación

9.15.2.1 Obra civil

Local

El centro de transformación estará ubicado en el interior de un edificio destinado a otros usos.

Será de las dimensiones necesarias para alojar las celdas correspondientes y transformadores de potencia, respetándose en todo caso las distancias mínimas entre los elementos que se detallan en el vigente reglamento de alta tensión.

Las dimensiones del local, accesos, así como la ubicación de las celdas se indican en los planos del centro de transformación.

9.15.2.2 Características del local

Se detallan a continuación las condiciones mínimas que debe cumplir el local para poder albergar el C.T.:

- Acceso de personas: el acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica. La(s) puerta(s) se abrirá(n) hacia el exterior y tendrán como mínimo 2.400 mm. de altura y 1.250 mm. de anchura.

- Acceso de materiales: las vías para el acceso de materiales deberá permitir el transporte, en camión, de los transformadores y demás elementos pesados hasta el local. Las puertas se abrirán hacia el exterior y tendrán una luz mínima de 2.400 mm. de altura y de 1.400 mm. de anchura.

- Dimensiones interiores y disposición de los diferentes elementos: ver planos centro de transformación.

- Paso de cables A.T.: para el paso de cables de A.T. (acometida a las celdas de llegada y salida) se preveerá un foso de dimensiones adecuadas cuyo trazado figura en los planos correspondientes.

Las dimensiones del foso en la zona de celdas serán las siguientes: una anchura libre de 400 y 950 mm. en celdas CAS y SM6 respectivamente, y una altura que permita darles la correcta curvatura a los cables. Se deberá respetar una distancia mínima de 100 mm. entre las celdas y la pared posterior a fin de permitir el escape de gas SF6 (en caso de sobrepresión demasiado elevada) por la parte debilitada de las celdas sin poner en peligro al operador.

Fuera de las celdas, el foso irá recubierto por tapas de chapa estriada apoyadas sobre un cerco bastidor, constituido por perfiles recibidos en el piso.

- Se dispondrá un foso de recogida de aceite por transformador para evitar posibles derrames de líquido al exterior. Su capacidad mínima se indica en el capítulo de Cálculos.

- Acceso a transformadores: una malla de protección impedirá el acceso directo de personas a la zona de transformador. Dicha malla de protección irá enclavada mecánicamente por cerradura con el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección correspondiente, de tal manera que no se pueda acceder al transformador sin haber cerrado antes el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección.

- Piso: se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará al sistema de tierras a fin de evitar diferencias de tensión peligrosas en el interior del C.T. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

- Ventilación: se dispondrá un sistema de ventilación forzada mediante extractor debido a la imposibilidad de refrigerar el local por ventilación natural. El caudal de aire mínimo necesario se indica en la Memoria de Cálculo.

El C.T. no contendrá otras canalizaciones ajenas al mismo y deberá cumplir las exigencias que se indican en el Pliego de Condiciones respecto a resistencia al fuego, condiciones acústicas, etc.

9.15.2.3 Instalación eléctrica

Características de la Red de Alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 25 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

Características de la Aparamenta de Alta Tensión

Características generales celdas CAS 36 kV

- Tensión asignada:	36 kV
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:	
a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto:	70 kV ef.
a impulso tipo rayo:	170 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea:	400 A
- Intensidad asignada en funciones de protección.	200 A
- Intensidad nominal admisible de corta duración:	
durante un segundo	16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:	
40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.	

El poder de corte de la aparamenta será de 400 A eficaces en las funciones de línea y de 12,5 kA en las funciones de protección (ya se consiga por fusible o por interruptor automático).

El poder de cierre de todos los interruptores será de 40 kA cresta.

Todas las funciones (tanto las de línea como las de protección) incorporarán un seccionador de puesta a tierra de 40 kA cresta de poder de cierre.

Deberá existir una señalización positiva de la posición de los interruptores y seccionadores de puesta a tierra.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

Características generales celdas SM6 36 kV

- Tensión asignada: 36 kV
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 70 kV ef.
 - a impulso tipo rayo: 170 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A
- Intensidad asignada en interrump. automat. 400 A
- Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A

- Intensidad nominal admisible de corta duración:
durante un segundo 16 kA ef.

- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:
40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.

- Grado de protección de la envolvente: IP3X.

- Puesta a tierra:

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20.099, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado:

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en la memoria de cálculo.

Celda tres interruptores

Conjunto Compacto ref. CAS410, equipado con TRES funciones de línea con interruptor. Conjunto compacto estanco CAS en atmósfera de hexafluoruro de azufre, 36 KV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A en las funciones de línea.

El interruptor de la función de línea será un interruptor-seccionador de las siguientes características:

Poder de cierre: 40 kA cresta.

El conjunto compacto incorporará:

- Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones de línea.
- 3 lámparas individuales para conectar a dichos dispositivos.
- Pasatapas de tipo roscados de 400 A en las funciones de línea.

La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 A en cada función, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión.

Celda de paso de barras

Celda de paso de barras tipo GEM3616 de la serie SM6, de dimensiones: 300 mm de anchura, 1.432 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, para la unión superior por cable entre celdas CAS y SM6 y conteniendo:

- Juego de cables AT tripolar.
- Juego de 3 bornas enchufables.
- Juego de 3 terminales.

Celda de protección del transformador 1

Celda de protección con interruptor automático modelo SM6, tipo DM1DF3616, de dimensiones: 1.100 mm. de anchura, 1.518 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares $I_n=400$ A para conexión superior e inferior con celdas adyacentes.
- Seccionador en SF6.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SF1, $U_n=36$ kV, $I_n=400$ A, poder de corte = 12,5 kA, con bobina Mitop.
- 3 Transformadores de intensidad de relación 75-150/5A, 15VA 5P10, $I_{th}=80I_n$ y aislamiento 36 kV.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Preparada para salida lateral inferior por barrón a derechas.
- Relé RS3000S, protección digital de sobreintensidad (50-51/50N-51N) 2 fases + neutro para la detección de faltas entre fases y neutro, con señalización y disparo temporizados e instantáneos, para fases y neutro.
- Fuente de intensidad FI/4M-S.
- Enclavamiento por cerradura tipo E11 impidiendo maniobrar en carga el seccionador de la celda DM1-D e impidiendo acceder a la celda de trafo sin abrir el circuito.

Celda de medida

Celda modelo SM6, tipo GBCEA333616, medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior laterales por barras, de dimensiones: 1.100 mm de anchura, 1.518 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar $I_n= 400$ A.
- 3 Transformadores de intensidad de relación 75-150/5 A, 15 VA CL0,5, $I_{th}= 80 I_n$ y aislamiento 36 kV.
- 3 Transformadores de tensión, unipolares, de relación 27.500:V3/110:V3, 50VA, CL0.5, $F_t= 1.9 U_n$ y aislamiento 36 kV.
- Preparada para albergar otro juego de transformadores de medida.
- 6 puntos fijos de puesta a tierra (3 a la entrada y 3 a la salida)

- Enclavamiento E25 que no permitirá la entrada de la puerta de la celda sin abrir antes el seccionador de la celda de interruptor automático.
- Embarrado de puesta a tierra.

Celda de seccionamiento y remonte

Celda de seccionamiento y remonte modelo SM6, tipo SME3616, de dimensiones: 1.100 mm. de anchura, 1518 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares $I_n=400$ A para conexión superior con celdas adyacentes.
- Seccionador en SF6, 400 A, 36 KV.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Enclavamiento por cerradura tipo E13 impidiendo maniobrar en carga el seccionador de las celdas DM1-D y SME.

Celda de protección del transformador 1:

Celda de protección con interruptor automático modelo SM6, tipo DM1CZ3616, de dimensiones: 1.100 mm. de anchura, 1.632 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar $I_n=400$ A.
- Seccionador en SF6.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SFset, $U_n=36$ kV, $I_n=400$ A, poder de corte = 12.5 kA, con bobina de disparo a emisión de tensión.
- 3 captadores de intensidad modelo CSa 20A para la alimentación del relé VIP201,
- Indicadores de presencia de tensión.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Preparada para conexión inferior de cable unipolar seco.
- Embarrado de puesta a tierra.

El disyuntor irá equipado con una unidad de control VIP 201, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán:

- Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y defecto homopolar (2 umbrales): 50-51/50N-51N.
- Tipo de curvas: a tiempo constante e inverso.

- Autovigilancia.
- Reset de los indicadores.
- Señalización de disparo mediante indicador mecánico.
- Amperímetro digital.
- Temporización regulable del umbral alto.
- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda DM1C no se ha cerrado previamente.

Celda de protección del transformador 2:

Celda de protección con interruptor automático modelo SM6, tipo DM1CZ3616, de dimensiones: 1.100 mm. de anchura, 1.632 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar $I_n=400$ A.
- Seccionador en SF6.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SFset, $U_n=36$ kV, $I_n=400$ A, poder de corte = 12.5 kA, con bobina de disparo a emisión de tensión.
- 3 captadores de intensidad modelo CSa 20A para la alimentación del relé VIP201,
- Indicadores de presencia de tensión.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Preparada para conexión inferior de cable unipolar seco.
- Embarrado de puesta a tierra.

El disyuntor irá equipado con una unidad de control VIP 201, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán:

- Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y defecto homopolar (2 umbrales): 50-51/50N-51N.
- Tipo de curvas: a tiempo constante e inverso.
- Autovigilancia.
- Reset de los indicadores.
- Señalización de disparo mediante indicador mecánico.
- Amperímetro digital.
- Temporización regulable del umbral alto.
- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al

transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda DM1C no se ha cerrado previamente.

Transformador 1:

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 25 kV y la tensión a la salida en carga de 400V entre fases y 230V entre fases y neutro.

El transformador a instalar tendrá al neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural, marca Merlin Gerin Cevensa, en baño de aceite de silicona.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 20138 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal:	2000 kVA
- Tensión nominal primaria:	25.000 V
- Regulación en el primario:	+2,5% +5% +7,5% +10%
- Tensión nominal secundaria en vacío:	420 V
- Tensión de cortocircuito:	6 %
- Grupo de conexión:	Dyn11
- Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s	170 kV
- Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min	70 kV
- Protección de gas-presión-temperatura por relé	DGPT2

Conexión en el lado de alta tension:

- Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 18/30 kV, de 95 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

Conexión en el lado de baja tension:

- Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0,6/1 kV, de 4x240mm² Al para las fases y de 3x240mm² Al para el neutro.

Transformador 2:

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 25 kV y la tensión a la salida en carga de 400V entre fases y 230V entre fases y neutro.

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión refrigeración natural, marca Merlin Gerin Cevensa, en baño de aceite de silicona.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 20138 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal:	2000 kVA
- Tensión nominal primaria:	25.000 V
- Regulación en el primario:	+2,5% +5% +7,5% +10%
- Tensión nominal secundaria en vacío:	420 V
- Tensión de cortocircuito:	6 %
- Grupo de conexión:	Dyn11
- Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s	125 kV
- Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min	50 kV
- Protección de gas-presión-temperatura por relé	DGPT2

Conexión en el lado de alta tensión:

- Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 18/30 kV, de 95 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

Conexión en el lado de baja tensión:

- Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 4x240mm² Al para las fases y de 3x240mm² Al para el neutro.

Características material vario de Alta Tensión.

Embarrado general celdas CAS 36 kV:

El embarrado general de los conjuntos compactos CAS 36 kV se construye con barras cilíndricas de cobre ETP duro de 16 mm de diámetro.

Aisladores de paso celdas CAS 36 kV:

Son los pasatapas para la conexión de los cables aislados de alta tensión procedentes del exterior. Cumplen la norma UNESA 5205 A y serán de tipo roscado M16 para las funciones de línea y enchufables para las de protección.

Embarrado general celdas SM6 36 kV:

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

Piezas de conexión celdas SM6 36 kV:

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 5 m.da N.

Características de la aparamenta de Baja Tensión.

Las salidas de Baja Tensión estarán protegidas mediante interruptores automáticos de las siguientes características:

Nota: se describen en el mismo orden que los transformadores.

- Interruptor automático tetrapolar sobre bastidor abierto tipo Masterpact de Merlin Gerin de intensidad nominal 3.200 Amperios, con unidad de control electrónica para protección contra sobrecargas y contra cortocircuitos (ambos umbrales regulables), con posibilidad de mantenimiento de los contactos de corte principales y de los mecanismos auxiliares más importantes.

- Interruptor automático tetrapolar sobre bastidor abierto tipo Masterpact de Merlin Gerin de intensidad nominal 3.200 Amperios, con unidad de control electrónica para protección contra sobrecargas y contra cortocircuitos (ambos umbrales regulables), con posibilidad de mantenimiento de los contactos de corte principales y de los mecanismos auxiliares más importantes.

9.15.2.4 Medida de la energía eléctrica

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida. El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PL107-PE/ERZ de dimensiones 750mm. de alto x 1.000mm de largo y 300mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Regleta de verificación normalizada por la Compañía Suministradora.
- Contador de energía activa de simple tarifa CL 1 con emisor de impulsos.
- Contador de Energía Reactiva con emisor de impulsos, de simple tarifa, CL3.
- Módulo electrónico de tarificación.

9.15.2.5 Puesta a Tierra

Tierra de Protección

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

Tierra de Servicio

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de “Cálculo de la instalación de puesta a tierra” de la Memoria de Cálculo de este proyecto.

Tierras interiores.

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

9.15.2.6 Instalaciones secundarias

Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalizará los accesos al centro de transformación.

Baterías de Condensadores.

Para compensar el factor de potencia debido al consumo de energía reactiva por parte del propio transformador, se dispondrá de condensadores de la potencia relacionada en función de la potencia del transformador a compensar, conectados en el secundario de éste.

Serán conjuntos RECTIBLOC de Merlin Gerin formados por baterías fijas tipo VARPLUS (de la potencia indicada a continuación) protegidas por interruptor automático.

La batería está calculada para realizar una compensación de la reactiva a plena carga del transformador a fin de que el conjunto en funcionamiento tenga un factor de potencia cercano a 1 y se facilite así la correcta regulación de la batería calculada para la mejora del factor de potencia del consumo de la instalación de baja tensión.

Potencia del Transformador (kVA)	Potencia del condensador (kVAr)
2.000	140
2.000	140

Protección contra Incendios.

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

Ventilación.

El local deberá estar dotado de un sistema mecánico adecuado para proporcionar un caudal de ventilación equivalente al que se indica en el capítulo de cálculos, y dispondrá de cierre automático en caso de incendio.

Los conductos de ventilación forzada del centro deberán ser totalmente independientes de otros conductos de ventilación del edificio.

Las rejillas de admisión y expulsión de aire se instalarán de forma que un normal funcionamiento de la ventilación no pueda producir molestias a vecinos y viandantes.

Medidas de Seguridad.

Seguridad en celdas CAS

Los conjuntos compactos CAS estarán provistos de enclavamientos de tipo MECÁNICO que relacionan entre sí los elementos que la componen.

El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones, impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

El dispositivo de enclavamiento de la puerta de acceso con el seccionador de puesta a tierra permite garantizar la seguridad total en las intervenciones con los cables y conectores que se tengan que realizar en este compartimento.

El compartimento de fusibles, totalmente estanco, será inaccesible mediante bloqueo mecánico en la posición de interruptor cerrado, siendo posible su apertura únicamente cuando éste se sitúe en la posición de puesta a tierra y, en este caso, se pondrán a tierra ambos extremos de los fusibles.

La cuba metálica será de acero inoxidable de 2,5 mm de espesor. En la parte inferior de ésta existirá una clapeta de seguridad ubicada fuera del acceso del personal. En el caso de producirse un arco interno en la cuba, esta clapeta se desprenderá por el incremento de presión en el interior, canalizando todos los gases por la parte posterior de la celda garantizando la seguridad de las personas que se encuentren en el centro de transformación.

Seguridad en celdas SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que reaponen a los definidos por la Norma UNE 20.099, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

9.16 Instalación interior del complejo

Los circuitos que forman la instalación interior dividirán a ésta según el tipo de carga que alimenten, en;

- Instalación de alumbrado.
- Instalación de fuerza.

El alumbrado tiene por objeto determinar el sistema de iluminación, el tipo y número de puntos de luz necesarios en cada una de las dependencias, para establecer un nivel de iluminación acorde con las características y la actividad que se desarrolla. Tal y como ya se ha explicado anteriormente en el apartado 8.9 de la Memoria Descriptiva.

El número de circuitos que se establecerán y la sección de los conductores, están calculados y debidamente detallados en la Memoria de Cálculo.

9.16.1 Instalación de fuerza

La instalación de fuerza la formarán el conjunto de líneas que alimentan los cuadros de maniobra y protección de las máquinas y las que alimentan a las tomas de corriente.

Se dividirá la instalación en líneas independientes, con la excepción de las que alimentan a las tomas de corriente monofásicas, con el fin de que puedan ser controladas o reparadas en caso de avería sin interrumpir el funcionamiento del resto de la planta.

El número de líneas que se establecerán y la potencia que se les asigna a cada una de ellas se encuentra detallado en la Memoria de Cálculo.

9.16.2 Protecciones

9.16.2.1 Interruptor Automático de Protección Distribución Baja Tensión

Su finalidad es controlar la potencia consumida simultáneamente. Se alojará en el cuadro general de distribución, su módulo no será precintable por la compañía suministradora, debido a que la potencia se fijará por maxímetro.

Se colocará un Interruptor Automático General por cada línea de distribución.

Las características del Interruptor Automático General se encuentran detalladas en la Memoria de Cálculo.

9.16.2.2 Interruptores Magnetotérmicos

Se colocará un interruptor magnetotérmico en cada circuito, y su función será provocar la apertura cuando se produzcan sobreintensidades o cortocircuitos.

9.16.2.3 Interruptores Diferenciales

Los interruptores diferenciales podrán proteger a uno o varios circuitos a la vez, provocando la apertura del circuito o circuitos que protegen cuando en alguno de ellos se produzcan corrientes de defecto.

9.16.3 Sistema de instalación de los conductores

Se adoptará un sistema de instalación de conductores aislados bajo tubos protectores.

Dichos tubos protegerán al conductor contra los agentes exteriores (humedad, acciones mecánicas, etc.,).

Los tubos utilizados para alojar los conductores serán estancos, con aislamiento de PVC y con un grado de protección IP54.

La fijación del tubo a las paredes o techo se realizará por medio de abrazaderas protegidas contra la corrosión, de diámetro adecuado al tubo.

El trazado y montaje de los tubos se hará tal y como establece el **REBT – ITC 019**.

Los circuitos que discurren por la zona de oficinas se colocarán de forma empotrada para que mejore la estética de la instalación, el resto de los circuitos se realizará en montaje superficial, ya que no perjudica que la instalación se vea y requiere menos trabajo que la instalación empotrada, por lo que será más barata.

9.16.4 Conductores

Los conductores serán de cobre rígido y unipolares, con el aislamiento adecuado a la tensión que tengan que soportar.

Los conductores de fase estarán identificados con los colores: marrón, negro y gris, el neutro será el azul y el conductor de protección amarillo-verde.

9.16.5 Cajas de derivación

La derivación de los tubos se realizará por medio de cajas de derivación, que deberán tener un grado de protección IP 54. Las cajas y sus uniones con los tubos serán estancas.

La profundidad de las cajas equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm de profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

Las uniones entre conductores se realizarán en el interior de dichas cajas, provistas de bornes individuales de conexión.

9.16.6 Interruptores y tomas de corriente

Los interruptores a instalar serán unipolares, se emplearán para el encendido y apagado del alumbrado. Su poder de corte será superior a la magnitud de la intensidad de los circuitos donde se instalen. Se conectarán a la fase, nunca al neutro, y a una altura sobre el suelo de 1 m.

Las tomas de corriente serán de 10 – 16 – 32 A. Se situarán a una altura de 20 cm del suelo si son tomas monofásicas, mientras que las tomas trifásicas se situarán a 70 cm.

9.16.7 Arranque de los elementos de la instalación frigorífica

9.16.7.1 Arranque de los compresores

Los compresores de la instalación frigorífica de este complejo, en función de su potencia y de su modo de funcionamiento, dispondrán de los siguientes métodos de arranque:

- Compresor nº 1:** Arranque por variador de frecuencia (velocidad).
- Compresor nº 2:** Arranque estrella-triángulo.
- Compresor nº 3:** Arranque por variador de frecuencia (velocidad).
- Compresor nº 4:** Arranque estrella-triángulo.
- Compresor nº 5:** Arranque por variador de frecuencia (velocidad).
- Compresor nº 6:** Arranque estrella-triángulo.
- Compresor nº 7:** Arranque por variador de frecuencia (velocidad).
- Compresor nº 8:** Arranque estrella-triángulo.
- Compresor nº 9:** Arranque estrella-triángulo.
- Compresor nº 10:** Arranque estrella-triángulo.

9.16.7.2 Arranque y regulación de los ventiladores y bombas de agua del condensador

Al tratarse de ventiladores de cierta potencia (11 kW), el arranque que se efectúa es el de estrella-triángulo:

- Ventilador nº1:** Arranque estrella-triángulo.
- Ventilador nº2:** Arranque estrella-triángulo.
- Ventilador nº3:** Arranque estrella-triángulo.
- Ventilador nº4:** Arranque estrella-triángulo.

En cambio, las bombas de agua son de menor potencia (4 kW) lo que permite hacer un arranque directo:

- Bomba agua nº1:** Arranque directo.
- Bomba agua nº2:** Arranque directo.
- Bomba agua nº3:** Arranque directo.
- Bomba agua nº4:** Arranque directo.

El sistema de regulación del funcionamiento de los ventiladores y bombas del condensador evaporativo, consiste en que el primer ventilador arranca al mismo tiempo que el compresor y los ventiladores restantes arrancan de acuerdo con la variación de la presión de alta, de esta manera, cada ventilador tiene su magnetotérmico y contactor. El funcionamiento de las bombas de agua es el mismo que el de los ventiladores.

9.16.7.3 Arranque de los ventiladores del evaporador

Son ventiladores de poca potencia, se efectúa un arranque directo y se protegen con un disyuntor y un contactor.

Se protegen los ventiladores individualmente y se señalizan cada uno de ellos, para que, en caso de avería de un ventilador, no se pare todo el evaporador.

Los disyuntores de regulan de acuerdo con la intensidad nominal máxima del motor del ventilador del evaporador, para que, en caso de acumulación de hielo y aumento del consumo por encima del nominal, se pare el ventilador antes de quemarse.

9.16.7.4 Arranque de las bombas de refrigerante

Las bombas de refrigerante tienen una potencia de 5,5 kW, por tanto se efectúa un arranque en directo:

- Bomba refrigerante nº1:** Arranque directo.
- Bomba refrigerante nº2:** Arranque directo.
- Bomba refrigerante nº3:** Arranque directo.
- Bomba refrigerante nº4:** Arranque directo.
- Bomba refrigerante nº5:** Arranque directo.
- Bomba refrigerante nº6:** Arranque directo.
- Bomba refrigerante nº7:** Arranque directo.

9.17 Instalación de puesta a tierra

El objeto de la puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento determinado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Según lo expresado en el párrafo anterior, la puesta a tierra la plantearemos como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a los animales, a las instalaciones eléctricas y a los receptores a ellas conectados.

El **REBT**, en la **instrucción 024**, nos define cuál es el límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas :

- Locales húmedos : 24 V**
- Locales secos : 50 V**

El complejo frigorífico está catalogado como de características especiales (instalaciones en locales húmedos y mojados) según el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión** (Instrucción **ITC-030.6**). Por consiguiente la tensión máxima que podrá aparecer entre una masa cualquier en relación a tierra, o entre masas distintas será de 24V.

El electrodo de puesta a tierra se colocará en forma de anillo a lo largo de todo el complejo y se colocarán las picas necesarias hasta conseguir una resistencia a tierra $\leq 15 \Omega$.

Con estas premisas la I de los interruptores diferenciales debería ser :

$$I_{\Delta N} = \frac{24V}{150} = 1,6A$$

Al colocar en los circuitos de alumbrado interruptores diferenciales de sensibilidad 30mA. y en los de fuerza de 300mA, la seguridad en la instalación quedará suficientemente reforzada.

Las características y dimensionado de las distintas partes que forman la puesta a tierra se encuentran detalladas en la Memoria de Cálculo.

9.18 Grupo electrógeno

Con el fin de evitar las pérdidas que se ocasionarían en el proceso de manipulación y tratamiento, y sobre todo en las cámaras frigoríficas, caso de faltar el suministro de energía eléctrica proveniente de la empresa suministradora, dado que ésta no garantiza un suministro continuo, se instalará un grupo electrógeno.



Figura 48. Grupo electrógeno.

En las cámaras frigoríficas un corte prolongado del suministro de energía produciría el deterioro del producto almacenado, lo que provocaría momentos críticos indeseados. Estas pérdidas ocasionadas por la falta de energía se evitarían colocando un grupo electrógeno adecuado.

9.18.1 Características eléctricas

Las características eléctricas del grupo elegido son las siguientes:

- En servicio continuo **600 KVA**
- En servicio de emergencia **730 KVA**

Como puede observarse, con un $\cos \phi = 0,8$, la potencia disponible en servicio continuo será de 480 kW , con lo que tendremos satisfechas las necesidades previstas en la planta .

- Tensión

- Tensión entre fases **400 V**
- Tensión entre fase y neutro **230 V**

- Frecuencia

- La frecuencia normalizada de 50 Hz, que se consigue con una velocidad de arrastre de 1.500 rpm.

10 SOLUCIÓN ADOPTADA

10.1 Instalación frigorífica

10.1.1 Aislamiento de las cámaras frigoríficas

10.1.1.1 Aislamiento de paredes

Se instalarán paneles prefabricados *sándwich* de espuma de poliuretano marca **TAVER**, recubiertos por dos chapas de acero galvanizado y lacado de alto resistencia, con perfil machihembrado proporcionando así hermeticidad y robustez.

Según la temperatura de las cámaras, el espesor de los paneles prefabricados será de **100 mm** (conservación) ó **200 mm** (congelación).

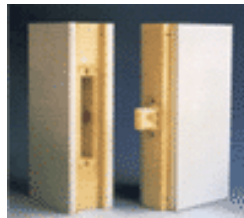


Figura 49. Detalle del perfil machihembrado

10.1.1.2 Aislamiento de techos

Se instalarán también paneles tipo *sandwich* de **200 mm** de espesor en las cámaras de congelación y de **100 mm** para las cámaras de conservación, con las mismas particularidades que el de las paredes.

Los paneles del techo se apoyarán sobre los laterales e irán a su vez, colgados del techo existente.

10.1.1.3 Aislamiento del suelo

Se colocará una barrera antivapor a base de asfalto de aluminio M-34, solapada, de **1 mm** de espesor, sobre la losa de hormigón del suelo para que de esta manera se evite cualquier entrada de agua, de vapor de agua que pudiera ocasionar alguna condensación.

Seguidamente se colocará el aislamiento consistente en dos capas de plancha de poliuretano de **40 kg/cm³**, con papel embreado de **100 mm** de espesor cada uno para conseguir un espesor de **200 mm** y una capa fina de una lámina de polietileno para evitar que los jugos del hormigonado de la losa de rodadura penetren en el aislante.

La losa de rodadura será de **100 mm** de espesor a base de hormigón en masa de **350 kg** de cemento e irá armado con mallazo electrosoldado de 5 mm de diámetro, acerado.

En las cámaras a temperaturas negativas tomaremos precauciones contra la congelación del suelo. Estas precauciones pueden consistir en la realización de un vacío sanitario, o en el calentamiento de las losas por medio de resistencias inmersas en las mismas alimentadas por corriente a baja tensión. Este último método lo descartamos debido a su alto coste de instalación y mantenimiento.

En todos los casos, con un sifón bien hondo aseguramos la evacuación de las aguas de limpieza o del desescarchado. Este sifón debe emplazarse en el exterior de la cámara si la temperatura de la misma es inferior a **0°C**.

10.1.2 Puertas

Teniendo en cuenta las dimensiones, geometría, tipo y movimiento de producto, etc., de las cámaras de este complejo, se instalará una **puerta de desplazamiento horizontal (Tipo 1) TAVER Instaclack** en cada una de las cámaras. Con todas las características constructivas y térmicas descritas anteriormente, cumpliendo de esta manera todas las exigencias que se muestran en la instrucción **M.I.I.F. 006** y accesorios en el apartado 8.



Figura 50. Detalle de las puertas.

Las puertas correderas de la serie **TIPO M3P serie 2004** tienen las siguientes características:

- Medidas: 2,5 x 2 m
- Material: acero inoxidable.
- Acabado interior: chapa lacada.
- Cubeta interior y exterior en chapa laceada.
- Aislamiento de 40 mm de espuma de poliuretano inyectado de densidad **42 kg /m**
- Burletes: perfiles en caucho diseñados especialmente.
- Mirillas de 400 x 600 mm.
- Bisagras de doble acción.
 - Disponen de una resistencia eléctrica.
- Automatizable.

10.1.3 Refrigerante

Como refrigerante se opta por el **amoníaco (R-717)**, ya que por sus propiedades termodinámicas es el refrigerante que más se aproxima al refrigerante ideal. Además el amoníaco posee un gran número de ventajas que lo hacen el más aconsejable para ser utilizado en grandes instalaciones industriales como es en nuestro caso, algunas de las cuales se describen seguidamente:

1. Transferencia de calor.
2. Diseño del equipo.
3. Grosor más reducido de la pared de las tuberías.
4. Miscibilidad con el agua.
5. Precio económico.

10.1.4 Compresores

Los compresores elegidos son del tipo tornillo, por las ventajas que presentan este tipo de compresor respecto a los demás, explicadas anteriormente. Las características técnicas de cada compresor elegido son las siguientes:



Figura 51. Detalle de los compresores.

- **Cámaras 1 y 2:** 2 compresores de tornillo en cada cámara de las siguientes especificaciones:

Características Técnicas:	
Marca:	MYCOM
Modelo:	250 VLD
Capacidad de enfriamiento:	800 kW
Volumen de aire aspirado:	2.375 m ³ / h
Potencia consumida:	300 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Cámaras 3 y 4:** 2 compresores de tornillo en cada cámara de las siguientes especificaciones:

Características Técnicas:	
Marca:	MYCOM
Modelo:	200 VLD
Capacidad de enfriamiento:	600 kW
Volumen de aire aspirado:	1.750 m ³ / h
Potencia consumida:	215 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Cámara 5:** 1 compresor de tornillo en esta cámara de las siguientes especificaciones:

Características Técnicas:	
Marca:	BITZER
Modelo:	OSKA7441-K
Capacidad de enfriamiento:	90 kW
Volumen de aire aspirado :	712 m ³ /h
Potencia consumida:	300 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Antecámara:** 1 compresor de tornillo en esta cámara de las siguientes especificaciones:

Características Técnicas:	
Marca:	BITZER
Modelo:	OSKA5361-K
Capacidad de enfriamiento:	110,1 kW
Volumen de aire aspirado:	871 m ³ / h
Potencia consumida:	300 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

- **Compresores de reserva:** 1 compresor de tornillo para las cámaras de congelación de las siguientes especificaciones:

Características Técnicas:	
Marca:	MYCOM
Modelo:	250 VLD
Capacidad de enfriamiento:	800 kW
Volumen de aire aspirado:	2.375 m ³ / h
Potencia consumida:	300 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

Otro compresor de tornillo para las cámaras de conservación de las siguientes especificaciones:

Características Técnicas:	
Marca:	BITZER
Modelo:	OSKA5361-K

Capacidad de enfriamiento:	110,1 kW
Volumen de aire aspirado:	871 m ³ / h
Potencia consumida:	300 kW
Nivel sonoro:	86 dB
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

10.1.5 Condensador

Para evacuar todo el calor de la instalación frigorífica, se instalará un condensador evaporativo de las siguientes especificaciones:

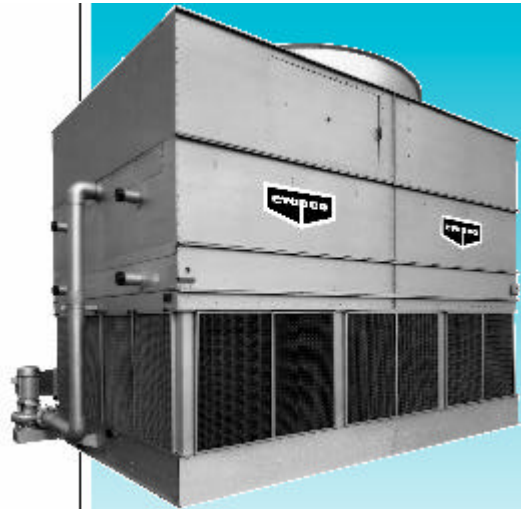


Figura 52. Detalle del condensador evaporativo.

Características Técnicas:	
Marca:	EVAPCO
Modelo:	ATC-1800
Capacidad de evacuación de calor:	7.754 kW
Ventiladores:	4 x 11 kW
Caudal de aire:	137,2 m ³ / s
Bomba de rocío:	4 x 4 kW
Caudal de líquido:	201,9 l / s
Capacidad Cáster:	7.570 l
Conexiones:	4 x 300 mm
Dimensiones:	
Longitud:	8,23 m
Anchura:	2,49 m
Altura:	5,42 m

10.1.6 Evaporadores

Los evaporadores elegidos para las cámaras son **evaporadores de circulación forzada**, concretamente del tipo cúbico que van colocados en el techo de las cámaras. Las características técnicas de dichos aparatos son:

▪ **Cámaras 1 y 2:** 10 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 2302
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	71.500 m ³ / h
Superficie:	1022,8 m ²
Flecha:	2 x 48 m
Ventiladores:	5 unid. x 1,9 kW Ø 630 mm
Capacidad frigorífica:	297,44 kW
Conexiones entrada:	2 x 42 mm
Conexiones salida:	2 x 66 mm
Desescarche:	Gas caliente; 2 x 28 mm
Consumo:	17,25 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

▪ **Cámara 3:** 10 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 1626
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	59.000 m ³ / h
Superficie:	681,9 m ²
Flecha:	2 x 45 m
Ventiladores:	4 unid. x 1,9 kW Ø 630 mm
Capacidad frigorífica:	210,12 kW
Conexiones entrada:	2 x 35 mm
Conexiones salida:	2 x 60 mm
Desescarche:	Gas caliente; 2 x 28 mm
Consumo:	13,8 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

▪ **Cámara 4:** 10 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 1841
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	57.200 m ³ / h
Superficie:	736,4 m ²
Flecha:	35 m
Ventiladores:	4 unid. x 1,9 kW Ø 630 mm
Capacidad frigorífica:	149,89 kW
Conexiones entrada:	2 x 42 mm
Conexiones salida:	2 x 66 mm
Desescarche:	Gas caliente; 42 mm
Consumo:	7,6 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

▪ **Cámara 5:** 4 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 384
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	13.800 m ³ / h
Superficie:	145,1 m ²
Flecha:	30 m
Ventiladores:	3 unid. x 0,64 kW Ø 450 mm
Capacidad frigorífica:	44,71 kW
Conexiones entrada:	28 mm
Conexiones salida:	42 mm
Desescarche:	Gas caliente; 28 mm
Consumo:	3,75 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)

▪ **Antecámara:** 6 unidades evaporadoras

Características Técnicas:	
Marca:	AIRCOIL BALTIMORE
Modelo:	FD 384
ΔT :	7 °C
Separación de aletas:	5,1 mm
Caudal de aire:	13.800 m ³ / h
Superficie:	145,1 m ²
Flecha:	30 m
Ventiladores:	3 unid. x 0,64 kW Ø 450 mm
Capacidad frigorífica:	44,71 kW
Conexiones entrada:	28 mm
Conexiones salida:	42 mm
Desescarche:	Gas caliente; 28 mm
Consumo:	3,75 kW
Refrigerante utilizado:	R-717 (amoníaco)



Figura 53. Detalle de los evaporadores AIRCOIL.

10.1.7 Válvulas de expansión

En cada uno de los evaporadores se instalará una válvula de expansión termostática electrónica. Las características técnicas de cada válvula de expansión son:

- **Cámara 1:** 10 válvulas de expansión termostáticas electrónicas marca **DANFOSS** modelo **TEAQ 85-85** con una capacidad de **372 kW**.
- **Cámara 2:** 10 válvulas de expansión termostáticas electrónicas marca **DANFOSS** modelo **TEAQ 85-85** con una capacidad de **372 kW**.
- **Cámara 3:** 10 válvulas de expansión termostáticas electrónicas marca **DANFOSS** modelo **TEAQ 85-55** con una capacidad de **244 kW**.
- **Cámara 4:** 10 válvulas de expansión termostáticas electrónicas marca **DANFOSS** modelo **TEAQ 85-55** con una capacidad de **244 kW**.
- **Cámara 5:** 4 válvulas de expansión termostáticas electrónicas marca **DANFOSS** modelo **TEAQ 20-12** con una capacidad de **52,3 kW**.
- **Antecámara:** 6 válvulas de expansión termostáticas electrónicas marca **DANFOSS** modelo **TEAQ 20-12** con una capacidad de **52,3 kW**.

10.1.8 Tuberías de refrigerante

Las tuberías utilizadas para la construcción de la instalación frigorífica, serán de acero al carbono sin soldadura con una cualidad de acero Adx (AFNOR A37 y A42). Las uniones se realizan con racores para soldar.

Los diámetros de las tuberías serán los indicados en la memoria de cálculo según el tramo correspondiente.

10.1.9 Recipiente de líquido

Para el circuito frigorífico de cada cámara se instalará un recipiente de líquido de la capacidad siguiente:

- **Cámara 1:** recipiente de 315 dm^3 de capacidad.
- **Cámara 2:** recipiente de 315 dm^3 de capacidad.
- **Cámara 3:** recipiente de 210 dm^3 de capacidad.
- **Cámara 4:** recipiente de 250 dm^3 de capacidad.
- **Cámara 5:** recipiente de 55 dm^3 de capacidad.
- **Antecámara:** recipiente de 55 dm^3 de capacidad.

10.1.10 Purgador de incondensables

Se instalará un recipiente purgador de incondensables, para facilitar el buen funcionamiento de la instalación frigorífica y asegurarnos un buen retorno del aceite al circuito de baja presión.

Se opta por utilizar equipos purgadores de la marca **DANFOSS** en todos los circuitos frigoríficos que constituyen la instalación frigorífica del complejo industrial.

10.1.11 Recipiente anti-golpes de líquido

Se opta por instalar un recipiente anti-golpes de líquido en la aspiración de cada compresor, con la finalidad de evitar golpes de aspiración que podrían dañar gravemente los compresores. Los

recipientes anti-golpes de líquido serán de la marca **DANFOSS** y de las capacidades que se muestran a continuación:

- **Compresores n° 1 y 2:** 200 dm³
- **Compresores n° 3 y 4:** 200 dm³
- **Compresores n° 5 y 6:** 175 dm³
- **Compresores n° 7 y 8:** 200 dm³
- **Compresor n° 9 y 10:** 50 dm³

10.1.12 Valvulería

Al igual que las tuberías y bridas de conexión, las válvulas de servicio, válvulas de regulación, filtros, visores de líquido, clapetas y demás valvulería general será de hierro y/o acero.

Todas las válvulas utilizadas son de la marca **DANFOSS**, adecuadas para instalaciones de frío industrial, con las correspondientes certificaciones. Dicha grifería cuenta con protección de la superficie, que evita posteriores problemas de corrosión, y posibles pintados.

También hay instaladas válvulas de seguridad, que están dispuestas en los lugares más críticos de la instalación.

10.1.13 Bombas de refrigerante

Se instalarán dos bombas de refrigerante (una de ellas de reserva) en cada circuito frigorífico de cada cámara, con el fin de asegurarse de la buena circulación del líquido refrigerante a todos los sitios de la instalación frigorífica.

Las bombas de refrigerante elegidas son capaces de suministrar 11.000 l/h, su consumo es de 5,5 kW y son de la marca **CORNELL**.

10.1.14 Instrumentación instalación frigorífica

Para la regulación de la instalación frigorífica se utilizan termostatos, termostatos de ambiente, presostatos de alta y baja presión y diferenciales de aceite, válvula reguladora del caudal de agua de condensación y higrostatos. Todos estos sensores y actuadores serán electrónicos y de la marca **DANFOSS**.

10.1.15 Equipo aire acondicionado

Se elige una bomba de calor aire-aire partida, con ventiladores centrífugos tanto en la unidad interior como en la unidad exterior:

Características Técnicas:	
Marca:	ROCA -YORK
Modelo:	ASAO-BCVO/I-452VG
Potencia frigorífica:	40 kW
Potencia calorífica:	44 kW
Potencia eléctrica verano:	16,5 kW
Potencia eléctrica en invierno:	16,2 kW
Caudal nominal aire interior:	10.700 m ³ /h

Presión máxima:	175 Pa
Caudal nominal aire exterior:	12.000 m ³ /h
Presión máxima:	190 Pa
Peso neto:	560 kg

10.1.16 Alumbrado

La solución elegida para la iluminación de las cámaras frigoríficas y de la zona de oficinas se ha detallado anteriormente en el apartado 8.9.3.3 de esta memoria descriptiva, con las características allí descritas.

10.1.17 Sistema de automatización

El sistema de automatización de las cámaras elegido es el de un control distribuido formado por 6 autómatas programables (SIMATIC S7-315 2DP), uno por cámara. Estos 6 autómatas están conectados a otro autómata que hace la función de **maestro**, y a su vez éste está conectado a un sistema SCADA mediante un PC (mediante MPI).

Tanto los autómatas de las cámaras, como el autómata maestro son modelo SIMATIC S7-315 2DP de la marca Siemens.

10.1.18 Centro de transformación

El centro de transformación será del tipo prefabricado y dispondrá de las dimensiones necesarias para alojar las celdas correspondientes y **dos transformadores de 2.000 kVA**, respetándose en todo caso las distancias mínimas entre los elementos que se detallan en el vigente reglamento de alta tensión.

Las dimensiones del local, accesos, así como la ubicación de las celdas se indican en los planos del centro de transformación.

10.1.19 Grupo electrógeno

Para poder abastecer las necesidades eléctricas del complejo en caso de fallo del suministro de la red eléctrica, se opta por disponer de un grupo electrógeno capaz de suministrar la potencia necesaria de los equipos mínimos necesarios del complejo industrial.

Para ello se instala un grupo electrógeno de la marca **SAVOIA** de las características eléctricas siguientes:

- En servicio continuo **625 kVA**
- En servicio de emergencia **730 kVA**
- Tensión entre fases **400 V**
- Tensión entre fase y neutro **230 V**
- La frecuencia normalizada de 50 Hz, que se consigue con una velocidad de arrastre de 1.500 rpm.

11 PLANIFICACIÓN

11.14 Introducción

La planificación se realizará a partir del primer día después de terminar la obra civil correspondiente al montaje del complejo industrial.

Se temporalizará por tres grandes grupos, Instalación Frigorífica, Instalación Eléctrica y Automatización y Gestión del almacenaje, ya que las realizarán empresas distintas y especializadas.

La temporización de la instalación del centro de transformación no se realiza, ya que su montaje va a cargo de la empresa suministradora de energía eléctrica. Cuya empresa está comprometida a tener listos todos los trabajos antes de la finalización de la totalidad de las instalaciones del resto del complejo industrial frigorífico, para poder hacer la puesta en marcha la misma sin condicionantes de suministro de energía.

11.15 Planificación Instalación Frigorífica

Tareas que se engloban en la Instalación Eléctrica	Cantidad de días						
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-75
Montaje evaporadores en las cámaras.							
Montaje compresores y accesorios en sala de máquinas.							
Montaje condensador evaporativo y accesorios.							
Instalación y conexión de tuberías líquido refrigerante.							
Instalación de sistemas de seguridad y control en sala de máquinas.							
Carga de líquido refrigerante.							
Comprobar, verificar y puesta en marcha.							

11.16 Planificación Instalación Eléctrica

Tareas que se engloban en la Instalación Eléctrica	Cantidad de días						
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-75
Montaje evaporadores en las cámaras.							
Montaje compresores y accesorios en sala de máquinas.							
Montaje condensador evaporativo y accesorios.							
Instalación y conexión de tuberías líquido refrigerante.							
Instalación de sistemas de seguridad y control en sala de máquinas.							
Carga de líquido refrigerante.							
Comprobar, verificar y puesta en marcha.							

11.17 Planificación Automatización y Gestión de almacenaje

Tareas que se engloban en la Instalación Eléctrica	Cantidad de días						
	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-75
Montaje instrumentación necesaria.							
Instalación de automatismos programables.							
Conexión autómatas programables con sensores y actuadores							
Programación Software programa SCADA.							
Instalación de transelevadores y caminos de rodillos.							
Comprobar, verificar y puesta en marcha.							

12 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto asciende a la cantidad de 7.172.210 €.

Visado: Joaquim Colomé Capera, Jaume Serra Serrahima.
Tarragona a, 29 de Marzo de 2004
Ingenieros Técnicos Industriales en Electrónica Industrial



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Automatización y Control de una Industria Frigorífica con Producción de Energía Solar

2. Memoria de Cálculo

AUTORES: Jaume Serra Serrahima,
Joaquim Colomé Capera.
DIRECTOR: José Ramon López López.

FECHA: Marzo / 2004.

INDICE

1- CÁLCULO DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS	6
1.1- Cálculo de espesores de los cerramientos	6
1.1.1- Composición	6
1.1.2- Cálculo del espesor de aislante	6
1.1.3- Tabla resumen cámaras	14
1.2- Movimiento de estiba de las cámaras	15
1.3- Cálculo de cargas térmicas	16
1.3.1- Partidas destinadas a enfriamiento de producto	16
1.3.1.1- Conservación de la mercancía (Q_{u1})	16
1.3.1.2- Congelación del producto (Q_{u2})	17
1.3.1.3- Calor desprendido por ciertos productos (Q_{u3})	19
1.3.1.4- Enfriamiento del embalaje (Q_e)	20
1.3.2- Partidas destinadas a compensación de pérdidas	21
1.3.2.1- Aportaciones de calor a través de las paredes	21
1.3.2.2- Enfriamiento del aire de renovación (Q_{p2})	24
1.3.2.3- Calor aportado por motores (Q_{p3})	25
1.3.2.4- Calor aportado por las personas (Q_{p4})	27
1.3.2.5- Aportación de calor debida al alumbrado (Q_{p5})	28
1.3.3- Balance térmico de la instalación	29
1.4- Cálculo de los componentes básicos del circuito frigorífico	30
1.4.1- Temperaturas adoptadas del ciclo frigorífico	30
1.4.2- Cálculo de parámetros fundamentales de un compresor	34
1.4.3- Tabla resumen	36
1.5- Elección de equipos	37
1.5.1- Elección de compresores	37
1.5.2- elección de evaporadores	39
1.5.3- Elección del equipo condensador	41
1.5.4- Elección válvulas de expansión	43
1.5.5- Elección del ventilador extractor de la cámara de conservación	45
1.5.6- Elección del ventilador extractor de la sala de máquinas	45
1.6- Cálculo de tuberías	46
1.6.1- Línea de aspiración	46
1.6.2- Línea de descarga	50
1.6.3- Línea de líquido	51

2- CÁLCULO DE ILUMINACIÓN	53
2.1- Cámaras	53
2.1.1- Cámaras de congelación 1 y 2	53
2.1.2- Cámaras congelación 3,4 y cámara de conservación 5	56
2.1.3- Antecámara-Pasillo	57
2.1.4- Antecámara-Entrada	58
2.2- Oficinas y servicios	59
2.2.1- Vestuarios-Lavabos	59
2.2.2- Almacén-taller	62
2.2.3- Recepción	63
2.2.4- Sala de juntas	64
2.2.5- Sala de control	65
2.2.6- Oficinas 1 y 2	66
2.2.7- Oficina 3	67
2.2.8- Pasillo-Lavabos	68
2.2.9- Pasillo-Interior	69
2.2.10- Pasillo-Almacén	70
2.2.11- Pasillo-Lateral	71
2.2.12- Sala de máquinas	72
3- CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	73
3.1- Introducción	73
3.2- Condiciones ambientales	73
3.2.1- Condiciones interiores de proyecto	73
3.2.2- Condiciones exteriores de proyecto	74
3.3- Cargas térmicas	76
3.3.1- Condiciones de proyecto	76
3.3.2- Cálculo de las partidas de calor sensible	78
3.3.3- Cálculo de las partidas latentes	92
3.3.4- Cálculos de las partidas del aire de ventilación	93
3.4- Cálculo de las cargas totales	95
3.5- Cálculo de los parámetros fundamentales	96
3.6- Equipo de aire acondicionado	99
3.7- Cálculo de conductos de aire	100

4- CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	106
4.1- Potencia instalada	106
4.2- Potencia de contrato	107
4.2.1- Tipo de tarifa acogida	107
4.2.1.1- Tarifas en Alta Tensión	108
4.2.1.2- Cálculo de las horas de utilización	109
4.2.2- Centro de transformación	110
4.2.2.1- Intensidad de Alta Tensión	110
4.2.2.2- Intensidad de Baja Tensión	111
4.2.2.3- Cortocircuitos	112
4.2.2.4- Dimensionamiento del embarrado	113
4.2.2.5- Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión	119
4.2.2.6- Dimensionado de la ventilación del C.T.	120
4.2.2.7- Dimensiones del pozo apagafuegos	121
4.2.2.8- Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	121
4.2.2.9- Cálculo de la resistencia de sistema de tierras	123
4.2.2.10- Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación	125
4.2.2.11- Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación	125
4.2.2.12- Cálculo de las tensiones aplicadas	126
4.2.2.13- Investigación de tensiones transferibles al exterior	127
4.2.3- Instalación interior	127
4.2.3.1- Subdivisión de las instalaciones	127
4.2.3.2- Sistema de instalación de conductores	137
4.2.3.3- Conductores	137
4.2.3.4- Cálculo de la sección de los conductores	138
4.2.4- Grupo electrógeno	157
4.2.4.1- Potencia necesaria	157
4.3- Cálculo batería condensadores	157
4.3.1- Cálculo de la potencia de la batería de condensadores	158
4.4- Puesta a tierra	158
4.4.1- Cálculo del electrodo	159
4.4.2- Electrodo elegido	159
4.4.3- Línea de enlace con tierra	160
4.4.4- Punto de puesta a tierra	160

4.4.5- Red de protección	160
5.- CÁLCULO INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED	161
5.1.- Dimensionado de la Instalación Fotovoltaica	161
5.2.- Número de paneles e inversores instalados	164
5.3.- Orientación e Inclinación óptima de los paneles	165
5.4.- Distancia mínima entre paneles	166
5.5.- Estructura de Soporte	169
5.6.- Peso de la Instalación	171
5.7.- Producción de energía	172
5.7.1- Cálculo de la radiación solar	172
5.7.2- Explotación del campo fotovoltaico	173
5.7.2- Explotación del campo fotovoltaico	174
5.8.- Cálculos eléctricos	176
5.8.1.- Sección de los conductores	177
5.8.2.-Cálculo de la potencia pico	180
5.8.3.- Puesta a tierra	180
5.9.- Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica	184
5.9.1- Facturación de energía cedida	184
5.9.2- Amortización	185
6.-REGULACIÓN Y CONTROL DEL COMPLEJO INDUSTRIAL	186
6.1.-Instalación frigorífica	186
6.1- Grafcet cámara 1	186
6.2- Grafcet cámara 2	196
6.3- Grafcet cámara 3	206
6.4- Grafcet cámara 4	216
6.5- Grafcet cámara 5	226
6.6- Grafcet Antecámara	233
6.2- Automatización del almacen	191
6.2.1- Grafcet almacenamiento	241

1 CÁLCULO DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS

1.1 Cálculo de espesores de los cerramientos

1.1.1 Composición

Techos y paredes

Como material aislante emplearemos paneles integrales o “sandwich”, constituidos básicamente por una lámina de material aislante (en general poliuretano) revestida por ambas caras con láminas de acero lacado. Estos paneles presentan la ventaja de su fácil aplicación, al poder ensamblarse unos con otros.

Materiales que forman las paredes y techos:

- Hormigón ligero (30 cm) $\rightarrow l = 3,725 \text{ W / m}\cdot\text{K}$
- Panel aislante sándwich poliuretano (10 cm ó 20 cm) $\rightarrow l = 0,020 \text{ W / m}\cdot\text{K}$

Suelo

Debe revestirse de hormigón pobre en forma de pendiente. Sobre este hormigonado se aplica una lámina contra el vapor formada por dos capas de emulsión bituminosa. El aislamiento se coloca encima. Encima se colocan unas losas de hormigón de grava menuda.

Materiales que forman el suelo:

- Rodadura de hormigón $\rightarrow l = 0,93 \text{ W / m}\cdot\text{K}$
- Lámina polietileno $\rightarrow l = 0,05 \text{ W / m}\cdot\text{K}$
- Poliuretano $\rightarrow l = 0,020 \text{ W / m}\cdot\text{K}$
- Barrera antivapor $\rightarrow l = 0,12 \text{ W / m}\cdot\text{K}$
- Losa de hormigón $\rightarrow l = 0,93 \text{ W / m}\cdot\text{K}$

1.1.2 Cálculo del espesor de aislante

Seguendo el método explicado en Reed [1], hacemos el cálculo del aislante de los diferentes cerramientos:

Paredes cámara 1

Pared Norte:

-Temperatura interior de la cámara: $-21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (252 K)

-Temperatura exterior de la cámara: Esta pared da al exterior. Por lo tanto, la temperatura es de $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (299 K)

- Tipo de aislante: Paneles sándwich de poliuretano.
- Coeficiente conductividad térmica (λ) : 0,020 W / (m·K)
- Pérdidas máximas admisibles (q): 6 W / m² (congelación)
- Cálculo del espesor del aislante:

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q} = \frac{0,020 \cdot (299 - 252)}{6} = 0,157 \text{ m} \quad (1)$$

Adoptamos un espesor de 0,20 m de aislante, ya que es el valor comercial más próximo, redondeando por encima, de espesor de los paneles sándwich prefabricados.

- Coeficiente global de conductividad térmica:

$$K = \frac{1}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0,2}{0,020} + \frac{0,3}{3,725}} = 0,0992 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)} \quad (2)$$

- Espesor total de la pared:

$$e_t = \text{espesor aislante} + \text{espesor pared}$$

$$e_t = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ m} \quad (3)$$

Pared Sur:

- Temperatura interior de la cámara: -21 °C (252 °K)
- Temperatura exterior de la cámara: Esta pared da al pasillo-antecámara. Por lo tanto, la temperatura es de 4 °C (277 °K)
- Tipo de aislante: Paneles sándwich de poliuretano.
- Coeficiente conductividad térmica (λ) : 0,020 W / (m·K)
- Pérdidas máximas admisibles (q): 6 W / m² (congelación)
- Cálculo del espesor del aislante:

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q} = \frac{0,020 \cdot (277 - 252)}{6} = 0,083 \text{ m}$$

Adoptamos un espesor de 0,20 m de aislante, ya que es el valor comercial más próximo, redondeando por encima, de espesor de los paneles sándwich prefabricados.

-Coeficiente global de conductividad térmica:

$$K = \frac{1}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0,2}{0,020} + \frac{0,3}{3,725}} = 0,0992 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

-Espesor total de la pared:

$$e_t = \text{espesor aislante} + \text{espesor pared}$$

$$e_t = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ m}$$

Pared Este:

-Temperatura interior de la cámara: -21 °C (252 °K)

-Temperatura exterior de la cámara: Esta pared da a la cámara de congelación 2. Por lo tanto, la temperatura debería ser -21 °C pero entonces nos saldría un espesor de aislante de 0,0 m. Por este motivo, suponemos un pequeño salto térmico de 1 °C, siendo la temperatura ahora de -20 °C (253 °K)

-Tipo de aislante: Paneles sándwich de poliuretano.

-Coeficiente conductividad térmica (λ): 0,020 W / (m·K)

-Pérdidas máximas admisibles (q): 6 W / m² (congelación)

-Cálculo del espesor del aislante:

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q} = \frac{0,020 \cdot (253 - 252)}{6} = 0,0033 \text{ m}$$

Adoptamos un espesor de 0,20 m de aislante para evitar el envejecimiento.

-Coeficiente global de conductividad térmica:

$$K = \frac{1}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0,2}{0,020} + \frac{0,3}{3,725}} = 0,0992 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

-Espesor total de la pared:

$$et = \text{espesor aislante} + \text{espesor pared}$$

$$et = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ m}$$

Pared Oeste:

-Temperatura interior de la cámara: -21 °C (252 °K)

-Temperatura exterior de la cámara: Esta pared da al pasillo de acceso a las oficinas. Por lo tanto, la temperatura es de 25 °C (298 °K)

-Tipo de aislante: Paneles sándwich de poliuretano.

-Coeficiente conductividad térmica (λ) : 0,020 W / (m·K)

-Pérdidas máximas admisibles (q): 6 W / m² (congelación)

-Cálculo del espesor del aislante:

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q} = \frac{0,020 \cdot (298 - 252)}{6} = 0,153 \text{ m}$$

Adoptamos un espesor de 0,20 m de aislante, ya que es el valor comercial más próximo, redondeando por encima, de espesor de los paneles sándwich prefabricados.

-Coeficiente global de conductividad térmica:

$$K = \frac{1}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0,2}{0,020} + \frac{0,3}{3,725}} = 0,0992 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

-Espesor total de la pared:

$$et = \text{espesor aislante} + \text{espesor pared}$$

$$et = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ m}$$

Como el método de cálculo del espesor del aislante de los distintos cerramientos de las otras cámaras es el mismo que el que hemos seguido anteriormente, pasamos a construir la siguiente tabla con los distintos valores de las otras cámaras, para simplificar el proceso de cálculo:

		Temp. Int (°C)	Temp. Ext. (°C)	Coef. Cond. Térm. (W/m·K)	Espesor aisl. (m)	Espesor comer. (m)	C. Glob. Con. Térm. (W/m²·K)	Espesor total pared (m)
Cámara 2	Norte	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Sur	-21	4	0,020	0,083	0,20	0,0992	0,5
	Este	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Oeste	-21	-21	0,020	0,0033	0,20	0,0992	0,5
Cámara 3	Norte	-21	4	0,020	0,083	0,20	0,0992	0,5
	Sur	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Este	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Oeste	-21	-25	0,020	0,0133	0,20	0,0992	0,5
Cámara 4	Norte	-25	4	0,020	0,0967	0,20	0,0992	0,5
	Sur	-25	26	0,020	0,17	0,20	0,0992	0,5
	Este	-25	-21	0,020	0,0133	0,20	0,0992	0,5
	Oeste	-25	1	0,020	0,0867	0,20	0,0992	0,5
Cámara 5	Norte	1	4	0,020	0,0075	0,10	0,197	0,4
	Sur	1	26	0,020	0,0625	0,10	0,197	0,4
	Este	1	-25	0,020	0,065	0,10	0,197	0,4
	Oeste	1	26	0,020	0,0625	0,10	0,197	0,4
Antecámara	Norte	4	-21	0,020	0,0625	0,10	0,197	0,4
	Sur	4	-25	0,020	0,0725	0,10	0,197	0,4
	Este	4	26	0,020	0,055	0,10	0,197	0,4
	Oeste	4	26	0,020	0,055	0,10	0,197	0,4

Tabla 1. Cálculo de espesor del aislante de las paredes.

Techo

Cámaras congelación 1, 2 y 3:

-Temperatura interior de la cámara: -21 °C (252 K)

-Temperatura exterior de la cámara: Esta pared es contigua al tejado de la nave, tomamos el 70 % de la temperatura de proyecto más la corrección solar:

$$T_e = 26 \cdot 70 \% + 5 = 23,2 \text{ °C } (296,2 \text{ K})$$

- Tipo de aislante: Paneles sándwich de poliuretano.
- Coeficiente conductividad térmica (λ) : 0,020 W / (m·K)
- Pérdidas máximas admisibles (q): 6 W / m² (congelación)
- Cálculo del espesor del aislante:

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q} = \frac{0,020 \cdot (296,2 - 252)}{6} = 0,147 \text{ m}$$

Adoptamos un espesor de 0,20 m de aislante, ya que es el valor comercial más próximo, redondeando por encima, de espesor de los paneles sándwich prefabricados.

- Coeficiente de conductividad térmica:

$$K = \frac{1}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{0,2}{0,020} + \frac{0,3}{3,725}} = 0,0992 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

- Espesor total de la pared:

$$et = \text{espesor aislante} + \text{espesor pared}$$

$$et = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ m}$$

Como el método de cálculo del espesor del aislante de los distintos techos de las otras cámaras es el mismo que el que hemos seguido anteriormente, pasamos a construir la siguiente tabla con los distintos valores de las otras cámaras, para simplificar el proceso de cálculo:

	Temp. Int (°C)	Temp. Ext. (°C)	Coef. Cond. Térm. (W/m·K)	Espesor aisl. (m)	Espesor comer. (m)	C. Glob. Con. Térm. (W/m ² ·K)	Espesor total techo (m)
Cámara 4	-25	23,2	0,020	0,1606	0,20	0,0992	0,5
Cámara 5	1	23,2	0,020	0,0555	0,10	0,197	0,4
Antecámara	4	23,2	0,020	0,048	0,10	0,197	0,4

Tabla 2. Cálculo de espesor aislante techos.

Suelo

Cámaras congelación 1, 2 y 3:

-Temperatura interior de la cámara: -21 °C (252 K)

-Temperatura exterior de la cámara: Para saber la temperatura del suelo se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_{se} = T_e + 15 / 2 = 26 + 15 / 2 = 20,5 \text{ °C } (293,5 \text{ K}) \quad (4)$$

-Tipo de aislante: Paneles sándwich de poliuretano.

-Coeficiente conductividad térmica (λ) : 0,020 W / (m·K)

-Pérdidas máximas admisibles (q): 6 W / m² (congelación)

-Cálculo del espesor del aislante:

$$e = \frac{k \cdot (T_{se} - T_i)}{q} = \frac{0,020 \cdot (293,5 - 252)}{6} = 0,1383 \text{ m}$$

Adoptamos un espesor de 0,20 m de aislante, ya que es el valor comercial más próximo, redondeando por encima, de espesor de los paneles sándwich prefabricados.

-Coeficiente de conductividad térmica:

$$K = \frac{1}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4}} = \frac{1}{\frac{0,2}{0,020} + \frac{0,1}{0,93} + \frac{0,1}{0,93} + \frac{0,001}{0,12} + \frac{0,05}{0,05}} = 0,0904 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

-Espesor total de la pared:

et = espesor aislante + rodadura hormigón + losa hormigón + barrera antivapor + lámina polietileno

$$et = 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,001 + 0,05 = 0,451 \text{ m}$$

Como el método de cálculo del espesor del aislante de los distintos suelos de las otras cámaras es el mismo que el que hemos seguido anteriormente, pasamos a construir la siguiente tabla con los distintos valores de las otras cámaras, para simplificar el proceso de cálculo:

	Temp. Int (°C)	Temp. Ext. (°C)	Coef. Cond. Térm. (W/m·K)	Espesor aisl. (m)	Espesor comer. (m)	C. Glob. Cond. Térm. (W/m²·K)	Espesor total suelo (m)
Cámara 4	-25	20,5	0,020	0,1516	0,20	0,0904	0,451
Cámara 5	1	20,5	0,020	0,0487	0,10	0,165	0,351
Antecámara	4	20,5	0,020	0,0413	0,10	0,165	0,351

Tabla 3. Cálculo de espesor aislante suelos

1.1.3 Tabla resumen cámaras

		Temp. Int (°C)	Temp. Ext. (°C)	Coef.Cond. Térm. (W/m·K)	Espesor aisl. (m)	Espesor comer. (m)	C. Glob. Cond. Térm.(W/m ² ·K)	Espesor total suelo (m)
Cámara 1	Norte	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Sur	-21	4	0,020	0,083	0,20	0,0992	0,5
	Este	-21	-21	0,020	0,0033	0,20	0,0992	0,5
	Oeste	-21	25	0,020	0,153	0,20	0,0992	0,5
	Techo	-21	23,2	0,020	0,147	0,20	0,0992	0,5
	Suelo	-21	20,5	0,020	0,1383	0,20	0,0904	0,451
Cámara 2	Norte	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Sur	-21	4	0,020	0,083	0,20	0,0992	0,5
	Este	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Oeste	-21	-21	0,020	0,0033	0,20	0,0992	0,5
	Techo	-21	23,2	0,020	0,147	0,20	0,0992	0,5
	Suelo	-21	20,5	0,020	0,1383	0,20	0,0904	0,451
Cámara 3	Norte	-21	4	0,020	0,083	0,20	0,0992	0,5
	Sur	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Este	-21	26	0,020	0,157	0,20	0,0992	0,5
	Oeste	-21	-25	0,020	0,0133	0,20	0,0992	0,5
	Techo	-21	23,2	0,020	0,147	0,20	0,0992	0,5
	Suelo	-21	20,5	0,020	0,1383	0,20	0,0904	0,451
Cámara 4	Norte	-25	4	0,020	0,0967	0,20	0,0992	0,5
	Sur	-25	26	0,020	0,17	0,20	0,0992	0,5
	Este	-25	-21	0,020	0,0133	0,20	0,0992	0,5
	Oeste	-25	1	0,020	0,0867	0,20	0,0992	0,5
	Techo	-25	23,2	0,020	0,1606	0,20	0,0992	0,5
	Suelo	-25	20,5	0,020	0,1516	0,20	0,0904	0,451
Cámara 5	Norte	1	4	0,020	0,0075	0,10	0,197	0,4
	Sur	1	26	0,020	0,0625	0,10	0,197	0,4
	Este	1	-25	0,020	0,065	0,10	0,197	0,4
	Oeste	1	26	0,020	0,0625	0,10	0,197	0,4
	Techo	1	23,2	0,020	0,0555	0,10	0,197	0,4
	Suelo	1	20,5	0,020	0,0487	0,10	0,165	0,351
Antecámara	Norte	4	-21	0,020	0,0625	0,10	0,197	0,4
	Sur	4	-25	0,020	0,0725	0,10	0,197	0,4
	Este	4	26	0,020	0,055	0,10	0,197	0,4
	Oeste	4	26	0,020	0,055	0,10	0,197	0,4
	Techo	4	23,2	0,020	0,048	0,10	0,197	0,4
	Suelo	4	20,5	0,020	0,0413	0,10	0,165	0,351

Tabla 4. Tabla resumen aislantes de las cámaras.

1.2 Movimiento de estiba de las cámaras

Este es un dato inicial del proyecto, se parametriza mediante el factor de entrada “x”:

$$x = \text{entrada diaria} / \text{total almacenable} = M_d / M$$

El valor de “x” puede variar mucho según el tipo de aplicación, y así:

- Para un túnel de prerefrigeración con un ciclo de ocho horas “x” vale 3.
- Para una cámara de enfriamiento (prerefrigeración) normal con ciclo de 24 horas “x” vale 1.
- Para una cámara de conservación, con cierto enfriamiento, el valor de “x” puede ser muy pequeño, oscilando en general en el rango de 0,06 – 0,2. Algunos de los valores frecuentes son:
 - Almacenes de distribución / proceso ($M < 200 \text{ Tm}$) $\rightarrow x = 0,08$
 - Almacenes de distribución / proceso ($M > 200 \text{ Tm}$) $\rightarrow x = 0,06$
 - Almacenes de frutas $\rightarrow x = 0,07 / 0,1$
 - Cámaras de atmósfera controlada $\rightarrow x = 0,1 / 0,2$
 - Venta al detalle o almacén público (1 a 2 días) $\rightarrow x = 1$
 - Venta al detalle o almacén público (3 a 4 días) $\rightarrow x = 0,5$
 - Venta al detalle o almacén público (> 4 días) $\rightarrow x = 0,3$

En cualquier caso deben plantearse como consideraciones a tener a cuenta:

- Las entradas no se suceden regularmente durante todo el período de almacenaje.
- Debe considerarse el momento estacional de entrada, es decir si la cámara va o no a recibir entradas frecuentes o en un único período de almacenaje.
- Aún en el caso de bajos valores “x”, debe tomarse en consideración asimismo el período de tiempo en que tiene lugar la entrada diaria de producto, si la masa diaria entra en un plazo breve del día, debe considerarse que todo el producto se enfría de forma similar, no obstante si el tonelaje diario es elevado, por lo que la carga diaria se efectúa a lo largo de toda la jornada, la última entrada se producirá cuando la primera ya haya sufrido un fuerte enfriamiento, por lo que en este caso se toma la mitad del tonelaje diario.

Así pues, con lo dicho anteriormente y teniendo en cuenta las características de nuestras cámaras, adoptamos para cada una de las cámaras una $x = 0,1$. Es decir, consideramos que el movimiento de estiba diaria de cada una de las cámaras será de un **10 % del total de la capacidad de almacenamiento**.

- Cámara 1 = 250.000 kg
- Cámara 2 = 250.000 kg
- Cámara 3 = 214.200 kg
- Cámara 4 = 214.200 kg
- Cámara 5 = 214.200 kg

1.3 Cálculo de cargas térmicas

Para el cálculo de las cargas térmicas seguimos el método utilizado en [1] en el cual; las partidas se reparten en estos dos usos, que denominaremos respectivamente Q_u y Q_p . El balance térmico de la instalación establece que el frío producido por la máquina debe ser igual a la suma de estos dos factores:

$$Q_t = Q_u + Q_p \quad (5)$$

Las partidas que se engloban en Q_u son:

- Q_{u1} : conservación de la mercancía (enfriar sin llegar a congelar).
- Q_{u2} : congelación y eventual subenfriamiento; esta partida se desglosa en:
 - Q_{u21} : enfriamiento desde la temperatura de entrada hasta la temperatura de congelación.
 - Q_{u22} : congelación.
 - Q_{u23} : enfriamiento desde la temperatura de congelación hasta la final.
- Q_{u3} : absorción del calor desprendido por ciertos productos.
- Q_e : refrigeración del embalaje.

Las partidas que componen Q_p son:

- Q_{p1} : aportaciones de calor por paredes, techo y suelo.
- Q_{p2} : enfriamiento y desecación del aire de renovación.
- Q_{p3} : calor aportado por motores y/o máquinas.
- Q_{p4} : aportaciones de calor debidas a las personas (ocupantes eventuales de la cámara).
- Q_{p5} : calor liberado por la iluminación.

El objetivo de los cálculos es obtener la potencia frigorífica (frigorías / hora) necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación. Todas las partidas se evalúan en 24 horas, de modo que al sumarlas se obtenga el total de frigorías / día (o kcal / día). Este total se divide por el tiempo (horas) de funcionamiento de la máquina, con lo que obtenemos la potencia frigorífica horaria.

1.3.1 Partidas destinadas a enfriamiento de producto

1.3.1.1 Conservación de la mercancía (Q_{u1})

Esta partida contempla el enfriamiento del producto desde la temperatura de entrada en la cámara hasta la temperatura final, por encima del punto de congelación. La expresión que se ha de aplicar es:

$$Q_{u1} = m \cdot c_p \cdot (T_e - T_f) \quad (6)$$

Donde:

c_p es el calor específico por encima del punto de congelación expresado en kJ / (kg·K)

m es la masa de mercancía que ha de enfriarse en kg

T_e es la temperatura del producto al entrar en la cámara en °C

T_f es la temperatura del producto al final del enfriamiento en °C, esta temperatura será superior a la de congelación.

	Producto	Calor esp. (kJ/kg·K)	Masa a enfriar (kg)	Temp. Entrada (°C)	Temp. Final (°C)	Qu ₁ (kJ/día)
Cámara 1	Pescado	3,43	250.000	4	-	0
Cámara 2	Aves y caza	3,31	250.000	4	-	0
Cámara 3	Carnero, etc	3,39	214.200	4	-	0
Cámara 4	Precocinados	2,93	214.200	4	-	0
Cámara 5	Naranjas	3,8	214.200	4	1	2.441.880
Antecámara	Varios	-	214.200	10	4	4.883.760
Total						7.325.640

Tabla 5. Resumen cálculos de la partida Qu₁.

$$Qu_1 = 7.325.640 \text{ kJ / día}$$

1.3.1.2 Congelación del producto (Qu₂)

Esta partida comprende tres etapas de enfriamiento.

La primera calcula el frío necesario para disminuir la temperatura de la mercancía desde la de entrada hasta la de congelación:

$$Qu_{21} = m \cdot c_p \cdot (T_e - T_c) \quad (7)$$

Donde:

T_c es la temperatura de congelación del producto en °C y los demás parámetros son los de la fórmula (6).

	Producto	Cp (kJ/kg·K)	m (kg)	Te (°C)	Tc (°C)	Qu ₂₁ (kJ/día)
Cámara 1	Pescado	3,43	275.000	4	-2	5.659.500
Cámara 2	Aves, caza	3,31	275.000	4	-1.7	5.188.425
Cámara 3	Carnero,etc	3,39	235.620	4	-2.2	4.952.261
Cámara 4	Precocinados	2,93	235.620	4	-1.7	3.935.090
Cámara 5	Naranjas	3,8	235.620	4	-	0
Antecámara	Varios	-	-	10	-	0
Total						19.735.276

Tabla 6. Resumen cálculos partida Qu₂₁.

La segunda etapa representa el frío invertido en la congelación, que al tratarse de un cambio de estado se realiza a temperatura constante:

$$Qu_{22} = L \cdot m \quad (8)$$

Donde:

L es el calor latente de congelación en kJ / kg

	Producto	L (kJ/kg)	m (kg)	Qu ₂₂ (kJ/día)
Cámara 1	Pescado	242,73	275.000	66.750.750
Cámara 2	Aves, caza	247	275.000	67.925.000
Cámara 3	Carnero,etc	217,62	235.620	51.275.624
Cámara 4	Precocinados	217,62	235.620	51.275.624
Cámara 5	Naranjas	0	-	0
Antecámara	Varios	0	-	0
Total				237.227.000

Tabla 7. Resumen cálculos partida Qu₂₂.

Finalmente, el tercer paso es disminuir la temperatura del producto desde el punto de congelación hasta la temperatura deseable para su mantenimiento. La expresión que se ha de emplear es:

$$Qu_{23} = m \cdot c_p \cdot (T_c - T_f) \quad (9)$$

Donde:

c_p es el calor específico por debajo del punto de congelación;

T_f es la temperatura final del producto en °C, inferior a la de congelación.

	Producto	Cp (kJ/kg·K)	m (kg)	Tc (°C)	Tf (°C)	Qu ₂₃ (kJ/día)
Cámara 1	Pescado	1,8	275.000	-2	-21	9.405.000
Cámara 2	Aves, caza	1,8	275.000	-1.7	-21	9.535.500
Cámara 3	Carnero,etc	1,8	235.620	-1.7	-21	8.185.439
Cámara 4	Precocinados	1,88	235.620	-1.7	-25	10.321.098
Cámara 5	Naranjas	-	-	-	-	0
Antecámara	Varios	-	-	-	-	0
Total						37.449.037

Tabla 8. Resumen cálculos partida Qu₂₃.

Nota: como podemos observar en esta partida consideramos un movimiento de estiba del 20 % del producto, en realidad el movimiento diario de producto será de un 10 % pero aplicamos un 10 % más para que el sistema sea capaz de absorber todo el calor aportado por el producto.

De este modo, la partida puede expresarse de la siguiente manera:

$$Qu_2 = Qu_{21} + Qu_{22} + Qu_{23} \quad (10)$$

$$Qu_2 = 19.735.276 + 237.227.000 + 37.449.037 = 294.411.310 \text{ kJ / día}$$

1.3.1.3 Calor desprendido por ciertos productos (Qu₃)

Las frutas y verduras continúan su proceso de maduración en el interior de las cámaras, aportando un calor adicional que se calcula en esta partida. Generalmente son cantidades bastante pequeñas, que se valoran de la siguiente manera:

$$Qu_3 = L_r \cdot m \quad (11)$$

Donde:

L_r es el calor de respiración en kJ / kg

Esta partida se aplica también cuando el producto debe sufrir fermentaciones o reaccionar químicamente desprendiendo calor, tomándose en lugar de L_r otra constante denominada calor de disociación, L_d , pero no será nuestro caso.

	Producto	L_r (kJ/kg)	m (kg)	Qu_3 (kJ/día)
Cámara 1	Pescado	0	-	0
Cámara 2	Aves, caza	0	-	0
Cámara 3	Carnero, etc	0	-	0
Cámara 4	Precocinados	0	-	0
Cámara 5	Naranjas	1,672	235.620	393.957
Antecámara	Varios	1,672	235.620	393.957
			Total	787.913

Tabla 9. Resumen cálculos partida Qu_3 .

Nota: como podemos observar en esta partida consideramos un movimiento de estiba del 20 % del producto, en realidad el movimiento diario de producto será de un 10 % pero aplicamos un 10 % más para que el sistema sea capaz de absorber todo el calor aportado por el producto.

$$Qu_3 = 787.913 \text{ kJ / día}$$

1.3.1.4 Enfriamiento del embalaje (Q_e)

Esta partida contabiliza el frío empleado en reducir la temperatura de los envoltorios o envases en que se almacena el producto, si no se encuentra a granel.

El embalaje del producto debe tenerse en cuenta especialmente cuando constituye una parte importante de la mercancía.

La expresión que nos permite calcular esta partida es:

$$Q_e = m_e \cdot c_e \cdot (T_e - T_f) \quad (12)$$

Donde:

c_e es el calor específico del material o del embalaje, en kJ / (kg·K)

m_e es la masa del embalaje, en kg

Si se desconoce el peso correspondiente al embalaje, puede hacerse una estimación porcentual relativa a la masa total de producto (aprox. entre un 2 % y 5 % del peso total).

	Producto	Material	c_e (kJ/kg·K)	m_e (kg)	T_e (°C)	T_f (°C)	Q_e (kJ/día)
Cámara1	Pescado	P. mad.	1,95	5.000	4	-21	243.750
Cámara2	Aves, etc	P. mad.	1,95	5.000	4	-21	243.750
Cámara3	Carnero,..	P. mad.	1,95	4.284	4	-21	208.845
Cámara4	Precocinados	P. mad.	1,95	4.284	4	-25	242.260
Cámara5	Naranjas	P. mad.	1,95	4.284	4	1	25.061
Antecám.	Varios	P. mad.	1,95	25.000	10	4	292.500
Total							1.256.166

Tabla 10. Resumen cálculos partida Q_e .

$$Q_e = 1.256.166 \text{ kJ / día}$$

1.3.2 Partidas destinadas a compensación de pérdidas

1.3.2.1 Aportaciones de calor a través de las paredes (Q_{p1})

La entrada de calor por paredes, techo y suelo de la cámara es inevitable. Pero puede reducirse eficazmente con la disposición de material aislante en toda la superficie interior del espacio frío.

El cálculo del valor de esta partida la haremos para cada superficie por separado, sumándolas después.

Para el cálculo del frío necesario para compensar estas pérdidas se aplica la ecuación que nos da el valor de la tasa de transferencia de calor en el caso de transmisión a través de una placa:

$$Q_{p1} = A \cdot K \cdot (t_{ext} - t_{int} + t')$$

(13)

Donde:

- A** es el área exterior de la pared en m^2
- K** es el coeficiente global de transmisión en $W / (m^2 \cdot K)$
- t_{ext}** es la temperatura exterior en $^{\circ}C$
- t_{int}** es la temperatura interior en $^{\circ}C$
- t'** es un suplemento de temperatura de la pared en $^{\circ}C$

El suplemento de temperatura t' trata de compensar el efecto del sol en las paredes, que hace que se pierda más frío por una pared expuesta que por otra situada a la sombra. De igual modo, entre las paredes expuestas al sol causarán más pérdidas aquellas que sean de colores oscuros, dado que el color blanco tiende a reflejar la radiación solar. Los valores de t' que habitualmente se toman son los de la tabla 7.

En nuestro caso, todas las paredes son de colores claros.

	Este	Sur	Oeste	Techo
Colores claros	2,2	1	2,2	5
Colores medios	3,3	2,2	3,3	8,3
Colores oscuros	4,4	2,8	4,4	11

Tabla 11. Suplementos de temperatura (°C) en paredes expuestas al sol.

	Pared	Sup. (m ²)	K (W/m ² K)	T _{ext} (°C)	T _{int} (°C)	T'	Qp ₁ (kJ/día)
Cámara 1	Este	420	0,0992	-21	-21	0	0
	Oeste	420	0,0992	25	-21	0	1.917
	Sur	720	0,0992	4	-21	0	1.786
	Norte	720	0,0992	26	-21	0	3.357
	Techo	2.100	0,0992	23,2	-21	5	10.250
	Suelo	2.100	0,0904	20,5	-21	0	7.878
Cámara 2	Este	420	0,0992	26	-21	2,2	2.050
	Oeste	420	0,0992	-21	-21	0	0
	Sur	720	0,0992	4	-21	0	1.785
	Norte	720	0,0992	26	-21	0	3.357
	Techo	2.100	0,0992	23,2	-21	5	10.250
	Suelo	2.100	0,0904	20,5	-21	0	7.878
Cámara 3	Este	420	0,0992	26	-21	2,2	2.050
	Oeste	420	0,0992	-25	-21	0	-167
	Sur	600	0,0992	26	-21	1	2.857
	Norte	600	0,0992	4	-21	0	1.254
	Techo	1.750	0,0992	23,2	-21	5	8.541
	Suelo	1.750	0,0904	20,5	-21	0	6.565
Cámara 4	Este	420	0,0992	-21	-25	0	167
	Oeste	420	0,0992	1	-25	0	1.084
	Sur	600	0,0992	26	-25	1	3.095
	Norte	600	0,0992	4	-25	0	1.726
	Techo	1.750	0,0992	23,2	-25	5	9.236
	Suelo	1.750	0,0904	20,5	-25	0	7.151
Cámara 5	Este	420	0,197	-25	1	0	-2.151
	Oeste	420	0,197	26	1	2,2	2.250
	Sur	600	0,197	26	1	1	3.073
	Norte	600	0,197	4	1	0	355
	Techo	1.750	0,197	23,2	1	5	9.377
	Suelo	1.750	0,165	20,5	1	0	5.631
Antecámara	Este	120	0,197	26	4	2,2	572
	Oeste	120	0,197	26	4	0 (*)	520
	Sur	1.440	0,197	-25	4	0	-8.227
	Norte	1.440	0,197	-21	4	0	-7.092
	Techo	1.200	0,197	23,2	4	5	5.721
	Suelo	1.200	0,165	20,5	4	0	3.267
TOTAL							107.364

Tabla 12. Resumen cálculos partida Qp₁.

$$Q_{p1} = 107.364 \text{ kJ / día}$$

(*) no esta expuesta al sol esta pared

1.3.2.2 Enfriamiento del aire de renovación (Q_{p2})

Una importante cantidad de frigorías se dedican al enfriamiento y desecación del aire que entra en la cámara. En el recinto refrigerado debe existir ventilación suficiente para sustituir periódicamente el aire viciado por aire fresco. Esta ventilación se realiza principalmente con el uso de las puertas de la cámara.

En nuestro caso, solo tendremos en cuenta esta partida para la cámara 5 (conservación) ya que en cámaras de congelación no hay aire de renovación.

Si se tuviera que calcular esta partida se emplearía la siguiente expresión:

$$Q_{p2} = n \cdot V \cdot (h_{\text{ext}} - h_{\text{int}}) \quad (14)$$

Donde:

- n** es el número de renovaciones de aire por día.
- V** es el volumen interior de la cámara, en m^3
- h_{ext}** es la entalpía del aire exterior, en kJ / m^3
- h_{int}** es la entalpía del aire interior, en kJ / m^3

El factor n representa el número de veces que, en teoría, se renueva el aire de un recinto refrigerado, en función inversamente proporcional a su volumen. Se trata de la ventilación natural producida con la entrada y salida de personas y género.

Esta relación se obtiene, de tablas específicas donde los valores indicados en ellas son el resultado de promedios experimentales.

Pero para poder aplicar la fórmula (14) necesitamos la entalpía en kJ / m^3 , por lo que debemos buscar la densidad del aire húmedo. La densidad se expresa a partir de:

$$d = \frac{P \cdot (1 + W)}{T \cdot (W \cdot R'_w + R'_a)} \quad (15)$$

Donde:

- P** es la presión atmosférica (101.300 Pa)
- W** es la humedad absoluta en kg vapor / kg aire seco
- R'_w** es la constante específica del vapor de agua. $R'_w = 461,5 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$
- R'_a** es la constante del aire seco. $R'_a = 287,1 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$
- T** es la temperatura absoluta en K

De esta manera, la partida Q_{p2} la calcularemos de la siguiente manera:

$$Q_{p2} = n \cdot V \cdot (h_{ext} \cdot d_{ext} - h_{int} \cdot d_{int}) \quad (16)$$

	n	V (m ³)	h_{ext} (kJ/kg)	d_{ext}	h_{int} (kJ/kg)	d_{int}	Q_{p2} (kJ/día)
Cámara 5	1	21.000	64,87	1,17	10,044	1,285	1.322.819
Total							1.322.819

$$Q_{p2} = 1.322.819 \text{ kJ / día}$$

1.3.2.3 Calor aportado por motores (Q_{p3})

Es el calor debido al trabajo de los motores y las máquinas en el espacio frío. El más típico es el calor causado por los motores de los ventiladores del evaporador, pero también tenemos en cuenta el causado por motores de carretillas elevadoras y transportadores.

La expresión que aplicamos es:

$$Q_{p3} = 0,2 \cdot S \cdot (N \cdot f) \cdot 3.600 \quad (17)$$

Donde:

- N** es la potencia de cada motor en kW
- f** es el tiempo de funcionamiento en horas.
- 3600** es el factor de conversión de horas a segundos.
- 0,2** es el factor que considera que un 20 % de la potencia del motor se transforma en calor.

CAMARA 1					
	Potencia (kW)	Tiempo Func. (h)	Factor 1	Factor 2	Q_{p3} (kJ/día)
Evaporadores	120	18	0,2	3.600	1.555.200
Transportadores	10	8	0,2	3.600	57.600
TOTAL					1.612.800

Tabla 13. Calor aportado por motores en cámara 1.

CAMARA 2					
	Potencia (kW)	Tiempo Func. (h)	Factor 1	Factor 2	Q _p (kJ/día)
Evaporadores	120	18	0,2	3.600	1.555.200
Transportadores	10	8	0,2	3.600	57.600
TOTAL					1.612.800

Tabla 14. Calor aportado por motores en cámara 2.

CAMARA 3					
	Potencia (kW)	Tiempo Func. (h)	Factor 1	Factor 2	Q _p (kJ/día)
Evaporadores	100	18	0,2	3.600	1.296.000
Transportadores	10	8	0,2	3.600	57.600
TOTAL					1.353.600

Tabla 15. Calor aportado por motores en cámara 3.

CAMARA 4					
	Potencia (kW)	Tiempo Func. (h)	Factor 1	Factor 2	Q _p (kJ/día)
Evaporadores	60	18	0,2	3.600	777.600
Transportadores	10	8	0,2	3.600	57.600
TOTAL					835.200

Tabla 16. Calor aportado por motores en cámara 4.

CAMARA 5					
	Potencia (kW)	Tiempo Func. (h)	Factor 1	Factor 2	Q _p (kJ/día)
Evaporadores	20	18	0,2	3.600	259.200
Transportadores	10	8	0,2	3.600	57.600
TOTAL					316.800

Tabla 17. Calor aportado por motores en cámara 5.

ANTECÁMARA					
	Potencia (kW)	Horas Func. (h)	Factor 1	Factor 2	Qp ₃ (kJ/día)
Evaporadores	20	18	0,2	3.600	259.200
Transportadores	10	8	0,2	3.600	57.600
TOTAL					316.800

Tabla 18. Calor aportado por motores en antecámara.

Por lo tanto, el valor total de Qp₃ será:

$$Q_{p_3} = 1.612.800 + 1.612.800 + 1.353.600 + 835.200 + 316.800 + 316.800 = 6.048.000 \text{ kJ / día}$$

1.3.2.4 Calor aportado por las personas (Qp₄)

El personal que almacena o manipula productos en una cámara fría aporta calor, sobretodo si realiza un trabajo intenso. Este calor varía también en función de las características de cada individuo y de la temperatura en la cámara:

Temperatura en la cámara (°C)	Equivalente calorífico por persona (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420
-30	450

Tabla 19. Calor aportado por personas según temperatura.

Obtenemos de la tabla 15 el valor del calor aportado por una persona según la temperatura de la cámara y multiplicamos este dato por el número de personas que preveemos en el espacio refrigerado y por el tiempo de promedio de permanencia, según la expresión:

$$Q_{p_4} = n \cdot q \cdot t \cdot 3,6 \quad (18)$$

Donde:

- n** es el número de personas.
- q** es el calor emitido por individuo y hora en kW
- t** es el tiempo de permanencia en horas.
- 3,6** es el factor de conversión de W a kJ / día

	n	q (kW)	t (h)	W ® kJ/día	Qp₄ (kJ / día)
Cámara 1	1	0,39	8	3,6	11,23
Cámara 2	1	0,39	8	3,6	11,23
Cámara 3	1	0,39	8	3,6	11,23
Cámara 4	1	0,42	8	3,6	12,10
Camara 5	1	0,27	8	3,6	7,78
Antecámara	1	0,24	8	3,6	6,91
TOTAL					60,5

Tabla 20. Resumen de los cálculos de la partida Qp₄.

$$\boxed{Qp_4 = 60,5 \text{ kJ / día}}$$

1.3.2.5 Aportación de calor debida al alumbrado (Qp₅)

Las lámparas de incandescencia invierten una parte de la potencia consumida en producir calor. Los fluorescentes, a causa de la potencia reactiva, producen un 30 % más, por lo que no suelen utilizarse.

En nuestro caso, utilizamos lámparas de vapor de mercurio con bombillas de 400 W para la iluminación de las cámaras. Por lo tanto, tendremos que aplicar el factor de 1.3 al tratarse lámparas de halogenuros y tener una parte de potencia reactiva. Para calcular esta aportación de calor debido a la iluminación utilizaremos la siguiente expresión:

$$Qp_5 = f \cdot P_{il} \cdot t' \cdot 3,6 \quad (19)$$

Donde:

- f** es el factor que tiene en cuenta el uso de lámparas fluorescentes (vale 1.3 en este caso, y 1 en los demás).
- P_{il}** es la potencia de iluminación, en W
- t'** es el tiempo que permanecen encendidas las luces.
- 3,6** es el factor de conversión de W a kJ / día

	P_{il} (W)	t' (h)	f	W ® kJ/día	Q_{p5} (kJ/día)
Cámara 1	18.000	8	1,3	3,6	673.920
Cámara 2	18.000	8	1,3	3,6	673.920
Cámara 3	16.000	8	1,3	3,6	599.040
Cámara 4	16.000	8	1,3	3,6	599.040
Cámara 5	16.000	8	1,3	3,6	599.040
Antecámara	12.000	8	1,3	3,6	449.280
TOTAL					3.594.240

Tabla 21. Resumen de los cálculos de la partida Q_{p5}.

$$\boxed{Q_{p5} = 3.594.240 \text{ kJ / día}}$$

1.3.3 Balance térmico de la instalación

Así pues, sumando todas las partidas que componen Q_u, tenemos:

$$Q_u = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_e \quad (20)$$

$$\boxed{Q_u = 7.325.640 + 294.411.310 + 787.913 + 1.256.166 = 303.781.020 \text{ kJ / día}}$$

De la misma manera, sumando todas las partidas que engloban Q_p, tenemos:

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} \quad (21)$$

$$\boxed{Q_p = 107.364 + 1.322.819 + 6.048.000 + 60,5 + 3.594.240 = 11.072.484 \text{ kJ / día}}$$

Por consiguiente, el valor de Q_t será:

$$Q_t = Q_u + Q_p$$

Q_u (kJ /día)	Q_p (kJ/día)	Q_t (kJ/día)
303.781.020	11.072.484	314.853.500

Tabla 22. Valor de Q_t expresado en kJ / día.

Finalmente el balance térmico de la instalación, aplicando un **10 %** del valor total de Q_t por **razones de seguridad por pérdidas por aperturas de puertas, etc,...**será:

$$Q_t = 314.853.500 \cdot 1,1 = 346.338.850 \text{ kJ / día}$$

Para un horario de funcionamiento de **18 horas** , tenemos:

$$Q_t = 346.338.850 \text{ (kJ / día) / 18 (h) = 19.241.047 kJ / h}$$

Q_t [kJ / h]	19.241.047
Q_t [kcal / h]	4.617.851
Q_t [W]	5.369.595

Tabla 23. Balance térmico expresado en diferentes magnitudes.

1.4 Cálculo de los componentes básicos del circuito frigorífico

1.4.1 Temperaturas adoptadas del ciclo frigorífico

En las cámaras 1 (pescado cong.), 2 (aves y caza cong.) y 3 (carnero y cordero cong.) se adopta una temperatura de evaporación (T_e) de **-28 °C**. En la cámara 4 (productos precocinados) la temperatura de evaporación es de **-32 °C**, en cambio, en la cámara 5 (naranjas) esta T_e es de **-6 °C**. Finalmente en la antecámara tenemos una $T_e = -3$ °C.

En toda la instalación frigorífica se ha tenido en cuenta una temperatura de condensación (T_c) de **+ 45 °C**. La T_c viene dada por las condiciones climáticas de la zona en cuestión siempre se debe tomar una **T_c superior a la temperatura máxima** que se pueda tener en el exterior del recinto industrial, de esta forma facilitamos el correcto funcionamiento del circuito frigorífico.

Otros parámetros fundamentales en instalaciones frigoríficas son la temperatura de subenfriamiento (T_{sub}) y la temperatura de recalentamiento (T_{rec}). Por las condiciones de trabajo, en esta instalación frigorífica optamos por una **$T_{sub} = 5$ °C**, en cambio, la **T_{rec} es igual a 0**.

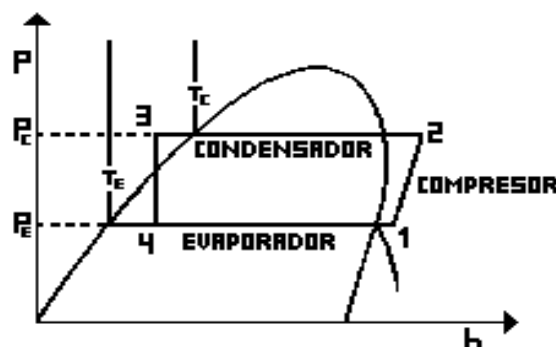


Figura 1. Diagrama p-h de un ciclo saturado simple.

- Diagrama p-h de las cámaras 1, 2 y 3:

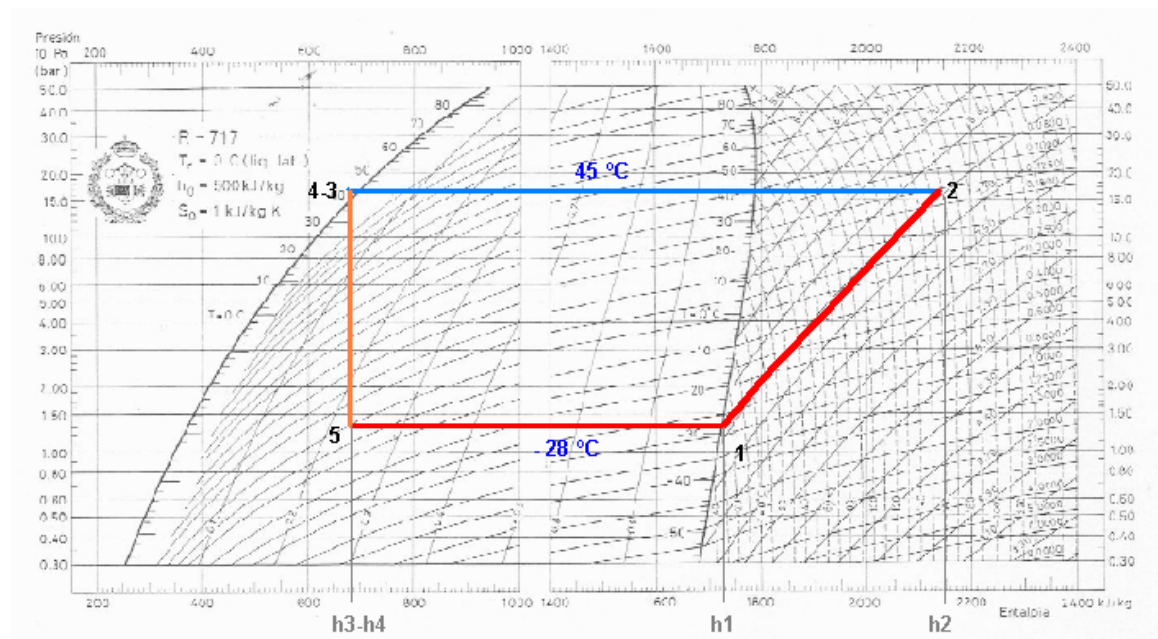


Figura 2. Diagrama p-h cámaras 1, 2 y 3.

Punto de trabajo	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Entalpía (kJ)	Volumen específico (m³/kg)
1	-28	1,4	1.725	0,9
2	45	17	2.150	0,12
3 y 4	40	17	690	-
5	-28	1,4	690	-

Tabla 24. Condiciones puntos de trabajo cámaras 1, 2 y 3.

- Diagrama p-h de la cámara 4:

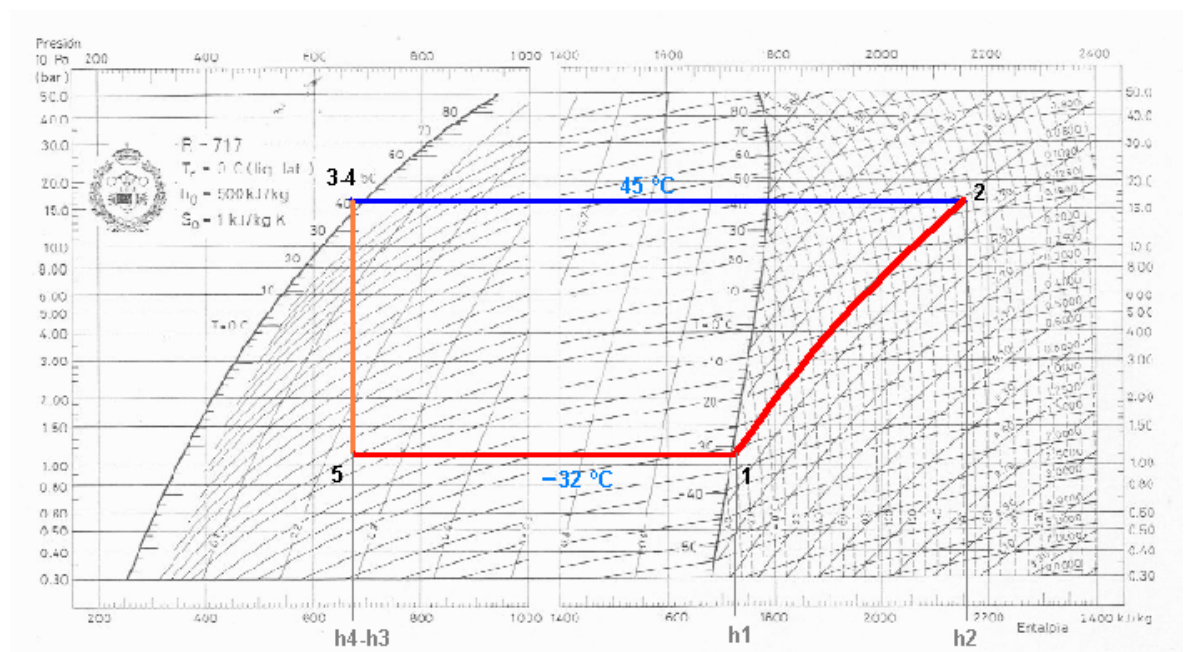


Figura 3. Diagrama p-h cámara 4.

Punto de trabajo	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Entalpía (kJ)	Volumen específico (m³/kg)
1	-32	1,1	1.725	1,0
2	45	17	2.150	0,125
3 y 4	40	17	690	-
5	-32	1,1	690	-

Tabla 25. Condiciones puntos de trabajo cámara 4.

- Diagrama p-h de la cámara 5:

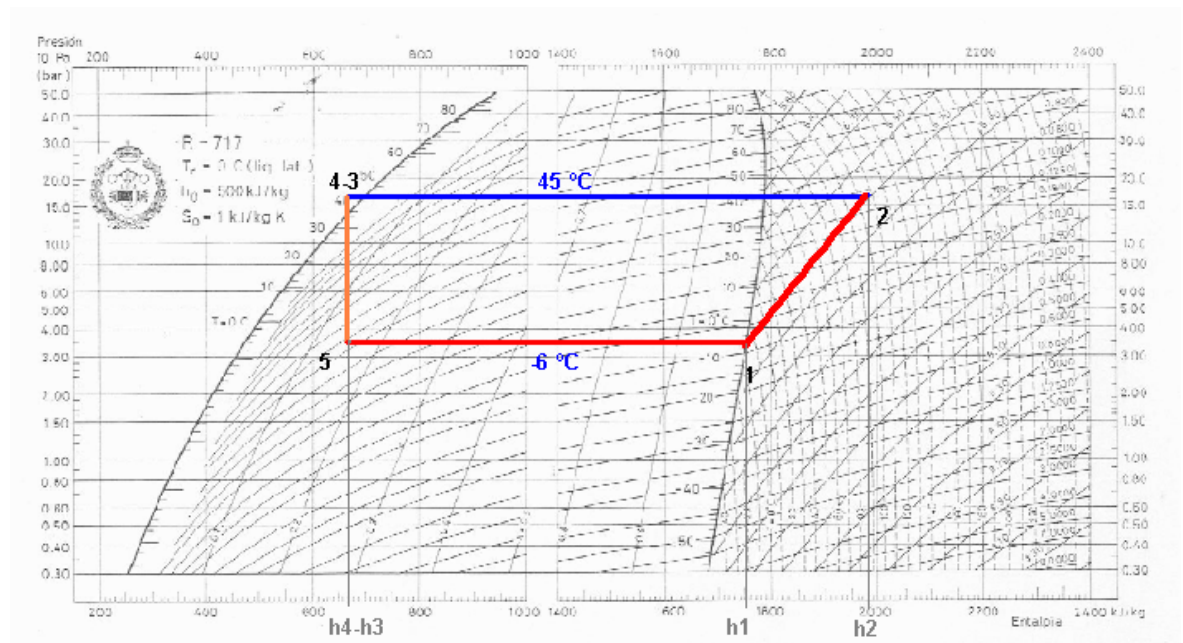


Figura 4. Diagrama p-h cámara 5.

Punto de trabajo	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Entalpía (kJ)	Volumen específico (m³/kg)
1	-6	3,5	1.750	0,35
2	45	17	2.000	0,10
3 y 4	40	17	690	-
5	-6	3,5	690	-

Tabla 26. Condiciones puntos de trabajo cámara 5.

- Diagrama p-h de la antecámara:

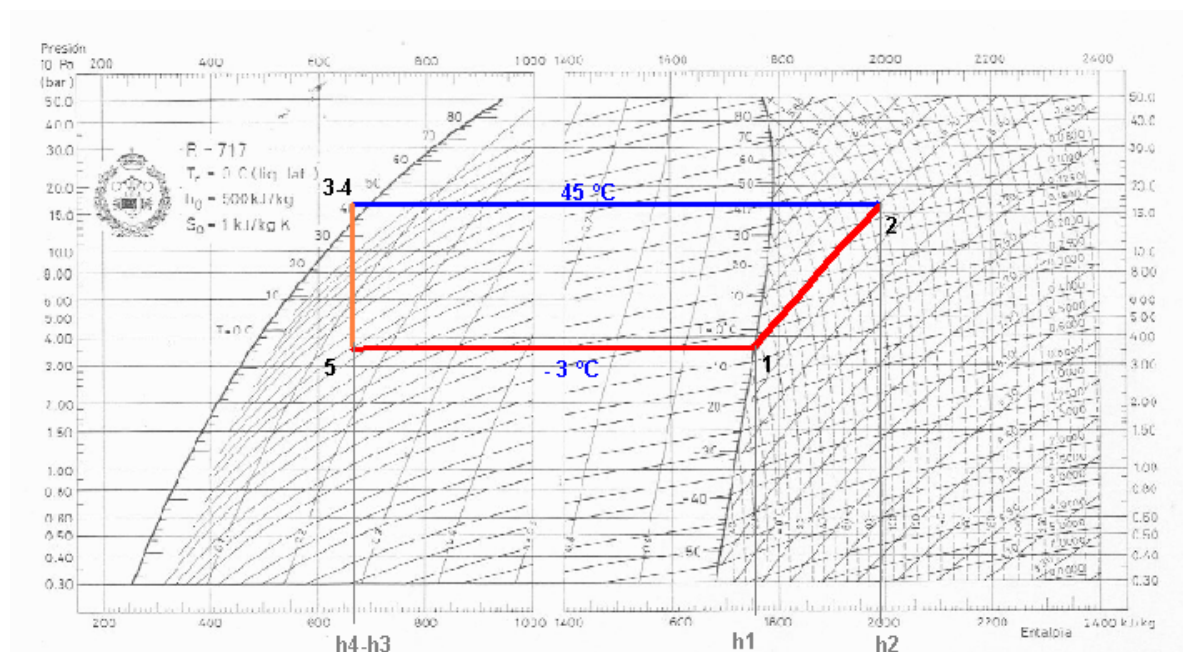


Figura 5. Diagrama p-h antecámara.

Punto de trabajo	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Entalpía (kJ)	Volumen específico (m³/kg)
1	-3	3,8	1.750	0,35
2	45	17	2.000	0,10
3 y 4	40	17	690	-
5	-3	3,8	690	-

Tabla 27. Condiciones puntos de trabajo antecámara.

1.4.2 Cálculo de parámetros fundamentales de un compresor

1. Potencia necesaria en el compresor

$$P = Cr / 632$$

Donde:

P: potencia teórica del compresor en C.V.

Cr: capacidad real de refrigeración del compresor en kcal/h

2. Producción frigorífica específica

$$q_e = h_1 - h_4 \text{ en [kcal/kg]}$$

3. Caudal másico de refrigerante

$$m = Q_e / q_e \text{ en [kg/h]}$$

4. Producción frigorífica volumétrica

$$q_v = q_e / v_1 \text{ en [kcal/m}^3\text{]}$$

5. Caudal en volumen

$$V = q_e / q_v \text{ en [m}^3\text{/h]}$$

6. Equivalente del trabajo de compresión

$$q_w = h_2 - h_1 \text{ en [kJ/kg]}$$

7. Eficiencia frigorífica

$$e = q_e / q_w \text{ [adimensional]}$$

8. Potencia frigorífica específica

$$K_i = 860 \cdot (kcal/kW \cdot h) \cdot e \text{ en [kcal/kW} \cdot h\text{]}$$

9. Potencia indicada

$$N_i = Q_e / K_i \text{ en [kW]}$$

10. Potencia a evacuar en el condensador

$$Q_c = Q_e + 860 \cdot N_i \text{ en [kcal/h]}$$

11. Potencia solicitada en el compresor

$$P_r = N_i / \eta_m \text{ en [kW]}$$

12. Potencia de salida del motor

$$P_s = P_r / \eta_t \text{ en [kW]}$$

13. Potencia entrada motor

$$P_e = P_s / \eta_{me} \text{ en [kW]}$$

14. Potencia consumida de línea

$$P_a = P_e / \cos \phi \text{ en [kVA]}$$

1.4.3 Tabla resumen

	Expresión	Unid.	Cámara 1	Cámara 2	Cámara 3	Cámara 4	Cámara 5	Antecámara
Potencia teor.compresor	$P = Q_e / 632$	C.V.	1983,77	1995,40	1529,56	959,55	110,86	362,99
	$P = Q_e / 860$	kW	1457,84	1466,38	1124,04	705,16	81,47	266,76
Prod. Espec. frigorífica	$q_e = h_1 - h_4$	kcal/kg	248,4	248,4	248,4	248,4	254,4	254,4
Caudal másico Refrig.	$m = Q_e / q_e$	kg/h	5047,28	5076,86	3891,63	2441,37	275,42	901,78
Prod. Frig. volumétrica	$q_v = q_e / v_1$	kcal/m ³	276	276	276	276	726,85	726,85
Caudal en volumen	$V = Q_e / q_v$	m ³ /h	4542,55	4569,18	3502,47	2197,23	96,39	315,62
Eq. trabajo compresión	$q_w = h_2 - h_1$	kJ/kg	102	102	102	102	60	60
Eficiencia frigorífica	$E = q_e / q_w$	adimen.	2,43	2,43	2,43	2,43	4,24	4,24
Pot. Frig. específica	$K_i = 860 \cdot E$	kcal/kW·h	2094,35	2094,35	2094,35	2094,35	3646,4	3646,4
Pot. indicada	$N_i = Q_e / K_i$	kW	598,63	602,14	461,56	289,55	19,21	62,91
Pot. en el condensador	$Q_c = Q_e + 860 \cdot N_i$	kcal/h	1768567,8	1778935	1363629	855458,4	86592,24	283521,07
	$Q_c = m(h_2 - h_3)$	kcal/h	1768567,8	1778935	1363629	855458,4	86592,24	283521,07
	$Q_c / 860$	kW	2056,47	2068,52	1585,61	994,71	100,68	329,67
Pot. sol. compresor	$P_r = N_i / 0,9$	kW	665,14	669,04	512,85	321,73	21,35	69,90
Pot. salida motor	$P_s = P_r / 0,92$	kW	722,98	727,22	557,44	349,70	23,20	75,98
Pot. entrada motor	$P_e = P_s / 0,9$	kW	803,31	808,02	619,38	388,56	25,78	84,42
Pot. cons. de línea	$P_a = P_e / 0,85$	kVA	945,07	950,61	728,68	457,13	30,33	99,32

Tabla 28. Resumen parámetros fundamentales compresores cámaras.

1.5 Elección de equipos

1.5.1 Elección de compresores

La elección de los compresores se realiza mediante criterios de ciclo de trabajo, temperaturas de aspiración y de descarga, presiones de aspiración y descarga, caudal de refrigerante aspirado, etc,...Una vez sabido todo esto, y mediante catálogos técnicos se realiza la elección del modelo adecuado.

- Cámaras de congelación:

- **Cámara 1:** $\phi_1 = 1.237.440 \text{ kcal / h} \rightarrow 1.439 \text{ kW}$

Para cubrir las necesidades frigoríficas de esta cámara instalamos 2 compresores de tornillo capaces de poder suministrar la potencia frigorífica:

$$\text{Potencia seleccionada} = \phi_1 / \text{n}^\circ \text{ compresores} = 1.439 / 2 = 719,5 \text{ kW}$$

Elegimos 2 compresores MYCOM de tornillo de 800 kW de potencia frigorífica, con un caudal de refrigerante aspirado de $2.375 \text{ m}^3 / \text{h}$.

- **Cámara 2:** $\phi_1 = 1.249.670 \text{ kcal / h} \rightarrow 1.454 \text{ kW}$

Para cubrir las necesidades frigoríficas de esta cámara instalamos 2 compresores de tornillo capaces de poder suministrar la potencia frigorífica:

$$\text{Potencia seleccionada} = \phi_1 / \text{n}^\circ \text{ compresores} = 1.454 / 2 = 727 \text{ kW}$$

Elegimos 2 compresores MYCOM de tornillo de 800 kW de potencia frigorífica, con un caudal de refrigerante aspirado de $2.375 \text{ m}^3 / \text{h}$.

- **Cámara 3:** $\phi_1 = 976.740 \text{ kcal / h} \rightarrow 1.136 \text{ kW}$

Para cubrir las necesidades frigoríficas de esta cámara instalamos 2 compresores de tornillo capaces de poder suministrar la potencia frigorífica:

$$\text{Potencia seleccionada} = \phi_1 / \text{n}^\circ \text{ compresores} = 1.136 / 2 = 568 \text{ kW}$$

Elegimos 2 compresores MYCOM de tornillo de 600 kW de potencia frigorífica, con un caudal de refrigerante aspirado de $1.750 \text{ m}^3 / \text{h}$.

- **Cámara 4:** $\phi_1 = 986.052 \text{ kcal / h} \rightarrow 1.147 \text{ kW}$

Para cubrir las necesidades frigoríficas de esta cámara instalamos 1 compresor de tornillo capaz de poder suministrar la potencia frigorífica:

$$\text{Potencia seleccionada} = f_1 / n^\circ \text{ compresores} = 1.147 / 2 = 573,5 \text{ kW}$$

Elegimos 2 compresor MYCOM de 600 kW de potencia frigorífica, con un caudal de refrigerante aspirado de $1.750 \text{ m}^3 / \text{h}$.

- Cámaras de conservación:

- **Cámara 5:** $\phi_1 = 75.065 \text{ kcal / h} \rightarrow 87 \text{ kW}$

Para cubrir las necesidades frigoríficas de esta cámara instalamos 1 compresor de tornillo capaz de poder suministrar la potencia frigorífica:

$$\text{Potencia seleccionada} = f_1 / n^\circ \text{ compresores} = 87 / 1 = 87 \text{ kW}$$

Elegimos 1 compresor BITZER de 90 kW de potencia frigorífica, con un flujo de masa de 271 kg / h .

- **Antecámara:** $\phi_1 = 92.856 \text{ kcal / h} \rightarrow 108 \text{ kW}$

Para cubrir las necesidades frigoríficas de esta cámara instalamos 1 compresor de tornillo capaz de poder suministrar la potencia frigorífica:

$$\text{Potencia seleccionada} = f_1 / n^\circ \text{ compresores} = 108 / 1 = 108 \text{ kW}$$

Elegimos 1 compresor BITZER de 110,1 kW de potencia frigorífica, con un flujo de masa de 361 kg / h .

- Compresores de reserva:

Al tratarse de un gran complejo industrial frigorífico, las normas de seguridad nos exigen a tener equipos de reserva para dar abastecimiento en caso de anomalía en algún de los equipos principales, por este motivo tendremos **un compresor MYCOM 250 VLD de 800 kW de potencia frigorífica** conectado en paralelo con los otros compresores para dar servicio a la demanda más grande de alguna de las cámaras de congelación.

Por otra parte, también dispondremos de otro compresor de reserva, para que de cobertura a la demanda más pequeña de alguna de las cámaras en caso de anomalía, en este caso, optamos por tener conectado en paralelo con el resto de compresores principales **un compresor BITZER OSKA5361-K de 110,1 kW de potencia frigorífica**.

1.5.2 Elección de evaporadores

Siguiendo el método marcado por el fabricante de los evaporadores AIRCOIL, pasamos a la selección de los evaporadores cúbicos de las cámaras.

Según el fabricante las potencias de los evaporadores de tiro forzado, han sido determinadas según la norma ASHRAE 25-68 "Calibrated, box method", con temperatura ambiente de +2,5 °C, temperatura evaporación de -7,5 °C y superficie seca (relación calor sensible /calor total RC=1).

La influencia del hielo sobre el coeficiente externo de transmisión y de la temperatura de evaporación sobre el coeficiente interno, pueden ser determinadas para condiciones normales de funcionamiento, multiplicando las potencias nominales por el factor de corrección deducido del presente diagrama, en función de la temperatura ambiente y el intervalo entre dos desescarches sucesivos.

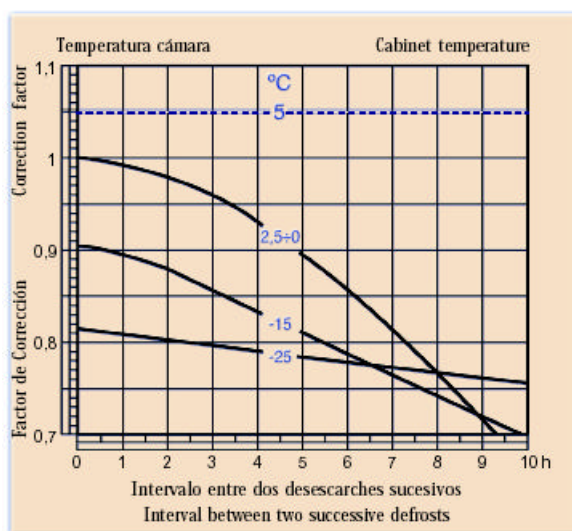


Figura 6. Gráfico de selección de los evaporadores AIRCOIL.

➤ Cámara 1:

Teniendo en cuenta las dimensiones y geometría de la cámara optamos por instalar 10 equipos evaporadores de las siguientes características:

Sabiendo también que efectuaremos un desescarche cada 6 horas y que la temperatura en el interior de la cámara es de -21 °C, mirando la figura 1, obtenemos el factor de corrección de **0,78**, por lo tanto:

$$f_o = \frac{f_1 \cdot 10}{t \cdot F_c} = \frac{1.437 \cdot 10}{7 \cdot 0,78} = 2.632 \text{ kW} \quad (22)$$

$$f_{ev} = f_o / n^{\circ} \text{ evap.} = 2.632 \text{ kW} / 10 = 263,2 \text{ kW}$$

Elegimos 10 evaporadores de ventilación forzada AIRCOIL FD 2302 de 297,44 kW de potencia frigorífica.

➤ **Cámara 2:**

Teniendo en cuenta las dimensiones y geometría de la cámara optamos por instalar 10 equipos evaporadores de las siguientes características:

Sabiendo también que efectuaremos un desescarche cada 6 horas y que la temperatura en el interior de la cámara es de $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$, mirando la figura 1, obtenemos el factor de corrección de **0,78**, por lo tanto:

$$f_o = \frac{f_1 \cdot 10}{t \cdot F_c} = \frac{1.455 \cdot 10}{7 \cdot 0,78} = 2.664 \text{ kW}$$

$$f_{ev} = f_o / n^{\circ} \text{ evap.} = 2.664 \text{ kW} / 10 = 266,4 \text{ kW}$$

Elegimos 10 evaporadores de ventilación forzada AIRCOIL FD 2302 de 297,44 kW de potencia frigorífica.

➤ **Cámara 3:**

Teniendo en cuenta las dimensiones y geometría de la cámara optamos por instalar 10 equipos evaporadores de las siguientes características:

Sabiendo también que efectuaremos un desescarche cada 6 horas y que la temperatura en el interior de la cámara es de $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$, mirando la figura 1, obtenemos el factor de corrección de **0,78**, por lo tanto:

$$f_o = \frac{f_1 \cdot 10}{t \cdot F_c} = \frac{1.137 \cdot 10}{7 \cdot 0,78} = 2.082 \text{ kW}$$

$$f_{ev} = f_o / n^{\circ} \text{ evap.} = 2.082 \text{ kW} / 10 = 208,2 \text{ kW}$$

Elegimos 10 evaporadores de ventilación forzada AIRCOIL FD 1626 de 210,12 kW de potencia frigorífica.

➤ **Cámara 4:**

Teniendo en cuenta las dimensiones y geometría de la cámara optamos por instalar 10 equipos evaporadores de las siguientes características:

Sabiendo también que efectuaremos un desescarche cada 6 horas y que la temperatura en el interior de la cámara es de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, mirando la figura 1, obtenemos el factor de corrección de **0,77**, por lo tanto:

$$f_o = \frac{f_1 \cdot 10}{t \cdot F_c} = \frac{1148 \cdot 10}{7 \cdot 0,77} = 2.130 \text{ kW}$$

$$f_{ev} = f_o / n^{\circ} \text{ evap.} = 2.130 \text{ kW} / 10 = 213 \text{ kW}$$

Elegimos 10 evaporadores AIRCOIL FD 1841 de 237,91 kW de potencia frigorífica.

➤ **Cámara 5:**

Teniendo en cuenta las dimensiones y geometría de la cámara optamos por instalar 4 equipos evaporadores de las siguientes características:

Sabiendo también que efectuaremos un desescarche cada 8 horas y que la temperatura en el interior de la cámara es de 1 °C, mirando la figura 1, obtenemos el factor de corrección de **0,77**, por lo tanto:

$$f_o = \frac{f_1 \cdot 10}{t \cdot F_c} = \frac{76,06 \cdot 10}{7 \cdot 0,77} = 141,11 \text{ kW}$$

$$f_{ev} = f_o / n^{\circ} \text{ evap.} = 141,11 \text{ kW} / 4 = 35,28 \text{ kW}$$

Elegimos 4 evaporadores AIRCOIL FD 384 de 44,71 kW de potencia frigorífica.

➤ **Antecámara:**

Teniendo en cuenta las dimensiones y geometría de la cámara optamos por instalar 6 equipos evaporadores de las siguientes características:

Sabiendo también que efectuaremos un desescarche cada 8 horas y que la temperatura en el interior de la cámara es de 4 °C, mirando la figura 1, obtenemos el factor de corrección de **0,77**, por lo tanto:

$$f_o = \frac{f_1 \cdot 10}{t \cdot F_c} = \frac{108,26 \cdot 10}{7 \cdot 0,77} = 200,9 \text{ kW}$$

$$f_{ev} = f_o / n^{\circ} \text{ evap.} = 200,9 \text{ kW} / 6 = 33,47 \text{ kW}$$

Elegimos 10 evaporadores AIRCOIL FD 384 de 44,71 kW de potencia frigorífica.

1.5.3 Elección del equipo condensador

Debido a la necesidad de evacuar una gran cantidad de calor y a las características de la instalación, optamos por utilizar un condensador evaporativo. Este tipo de equipo combina las funciones de un condensador de agua y una torre de enfriamiento.

Para seleccionar la unidad adecuada, primero calculamos la cantidad total de calor a evacuar por el condensador evaporativo, teniendo en cuenta también el calor producido por los compresores:

$$f_o = f_{ev} + (860 \cdot P_{comp}) = 8.471.000 + (860 \cdot 2.121) = 10.295.060 \text{ kcal} \quad (23)$$

$$f_g = 10.295.060 \text{ kcal} \text{ ® } 11.971 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia seleccionada} = f_o / n^{\circ} \text{ de condensadores} = 11.971 / 1 = 11.971 \text{ kW}$$

Sabiendo la potencia necesaria del equipo condensador, junto con la temperatura de bulbo húmedo de la zona (en nuestro caso, 20 °C), la temperatura de condensación (45 °C) y el refrigerante utilizado (R-717) pasamos a la elección del equipo condensador mediante catálogo.

Pero antes, para saber realmente el calor a evacuar debemos de aplicar un factor de corrección según nos indica el fabricante EVAPCO en el catálogo. Este factor de corrección depende básicamente del refrigerante utilizado, de la temperatura de condensación y sobretodo de la temperatura de bulbo húmedo.

TABLE 3 Ammonia (R-717) Heat Rejection Factors

Condensing Pressure, (KPa)	Cond. Temp. °C.	WET BULB TEMPERATURE, °C																	
		10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1063	30	0,95	1,03	1,12	1,23	1,31	1,40	1,51	1,63	1,79	1,99	2,24	2,56	3,00	—	—	—	—	—
1133	32	0,84	0,90	0,97	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,43	1,55	1,70	1,88	2,11	—	—	—	—	—
1206	34	0,76	0,81	0,86	0,93	0,98	1,02	1,07	1,12	1,19	1,28	1,38	1,48	1,61	1,80	2,06	—	—	—
1245	35	0,71	0,76	0,81	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,08	1,15	1,23	1,30	1,39	1,53	1,69	1,90	2,15	2,47
1284	36	0,69	0,73	0,77	0,82	0,86	0,89	0,92	0,96	1,01	1,07	1,13	1,20	1,28	1,39	1,53	1,70	1,91	2,17
1365	38	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,78	0,81	0,83	0,86	0,90	0,94	0,99	1,05	1,12	1,21	1,31	1,44	1,59
1451	40	0,58	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,80	0,83	0,87	0,91	0,96	1,02	1,09	1,18	1,29
1539	42	0,53	0,55	0,57	0,60	0,61	0,63	0,64	0,66	0,68	0,71	0,74	0,76	0,80	0,84	0,88	0,93	0,99	1,06
1630	44	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56	0,56	0,58	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,83	0,86

Figura 7. Tabla factor de corrección para R-717.

Mirando al catálogo con:

-Refrigerante: R-717

-Temp. Húmeda: 20 °C

-Temp. Condensación: 45 °C

$$\Rightarrow a = 0,59$$

Por lo tanto,

$$\text{Calor a evacuar} = \text{calor total a evacuar} \times \text{factor de capacidad} =$$

$$11.971 \quad \times \quad 0,59 \quad = \underline{7.063 \text{ kW}} \quad (24)$$

Características técnicas del condensador evaporativo elegido:

Características Técnicas:	
Marca:	EVAPCO
Modelo:	ATC-1800
Capacidad de evacuación de calor:	7.754 kW
Ventiladores:	4 x 11 kW
Caudal de aire:	137,2 m ³ / s
Bomba de rocío:	4 x 4 kW
Caudal de líquido:	201,9 l / s
Capacidad Cáster:	7.570 l
Conexiones:	4 x 300 mm
Dimensiones:	
Longitud:	8,23 m
Anchura:	2,49 m
Altura:	5,42 m

1.5.4 Elección válvulas de expansión

En cada evaporador se instalará una válvula de expansión electrónica, según el método del fabricante Danfoss, calculamos la capacidad de las válvulas de expansión:

- Evaporadores cámaras 1 y 2:

-Refrigerante = **R-717 (NH₃)**

-Capacidad evaporadores **Q₀ = 297,44 kW**

-Temperatura de evaporación **t_e = -28 °C (@ p_e = 1,4 bar)**

-Temperatura de Condensación **t_c = + 45 °C (@ p_c = 17,5 bar)**

-Subenfriamiento **Dt = 4 °C**

-Pérdida de presión **Δp₁** a través de tuberías etc, estimamos **0,5 bar**.

Por lo tanto la pérdida de presión a través de la válvula de expansión termostática será de:

$$Dp = p_c - p_e - p_1 \quad (25)$$

$$Dp = 17,5 - 1,4 - 0,5 = 15,6 \text{ bar} \text{ ® } \underline{\underline{16 \text{ bar}}}$$

Ahora mirando a la tabla siguiente facilitada por el fabricante encontramos el modelo de válvula de expansión termostática adecuada:

Rango: -40 a +10°C (-0.6 a 5 bar)

R 717

Capacidad en kW								Tipo
Pérdida de carga a través de la válvula Δp bar								
2	4	6	8	10	12	14	16	
2.1	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.2	4.4	TEAQ 20-1
4.1	5.2	6.0	6.8	7.5	8.0	8.3	8.7	TEAQ 20-2
5.9	7.8	9.1	10.1	11.2	12.0	12.6	13.0	TEAQ 20-3
10.5	12.9	15.1	17.1	18.7	20.0	20.8	21.5	TEAQ 20-5
15.7	20.9	24.4	27.9	30.2	31.7	33.1	34.3	TEAQ 20-8
24.4	31.4	36.6	41.9	44.8	47.7	50.0	52.3	TEAQ 20-12
40.7	51.8	60.5	68.6	75.1	79.1	83.3	85.6	TEAQ 20-20
69.3	85.6	101.0	113.0	122.0	134.0	140.0	145.0	TEAQ 85-33
114.0	145.0	169.0	186.0	204.0	221.0	233.0	244.0	TEAQ 85-55
162.0	221.0	256.0	291.0	314.0	337.0	355.0	372.0	TEAQ 85-85

Factor de corrección para subenfriamiento (R 717)

Subenf. t _s K	2	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Factor	1.01	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.91	0.89	0.87	0.86	0.85

Tabla 29. Tabla modelos de válvulas de expansión electrónicas Danfoss.

Nota: En nuestro caso, como tenemos un subenfriamiento de 4 °C, los valores de la tabla 21 son los reales, en caso de tener un subenfriamiento distinto, tendremos que aplicar un factor de corrección el valor del cual depende del valor de subenfriamiento utilizado.

Así pues para los evaporadores de las cámaras 1 y 2, se instalarán **válvulas de expansión termostáticas electrónicas Danfoss modelo TEAQ 85-85 con una capacidad de 372 kW.**

En la siguiente tabla resumimos los modelos de las válvulas de expansión termostáticas electrónicas, seleccionadas mediante el mismo procedimiento explicado anteriormente, de los evaporadores de las cámaras 3, 4, 5 y de la antecámara:

	Pres. evap. / Pres. cond.	Cap. Evap. (kW)	Temp. Evap. (°C)	Temp. Cond. (°C)	Subenf. (°C)	Perd. Presión (bar)	Modelo
Evap. Cámara 3	1,4 / 17,5	210,12	- 28	+ 45	4	0,5	TEAQ 85-55
Evap. Cámara 4	1,1 / 17,5	237,91	- 32	+ 45	4	0,5	TEAQ 85-55
Evap. Cámara 5	3,5 / 17,5	44,71	- 6	+ 45	4	0,5	TEAQ 20-12
Evap. Antecámara	3,9 / 17,5	44,71	- 3	+ 45	4	0,5	TEAQ 20-12

Tabla 30. Tabla resumen de las válvulas de expansión seleccionadas para los evaporadores de la cámaras 3, 4, 5 y antecámara.

1.5.5 Elección del ventilador extractor de la cámara de conservación

La cámara 5 está destinada a la conservación de naranjas, como ya se ha explicado anteriormente, en este tipo de cámaras debe de haber una renovación periódica del aire para evitar de esta manera el deterioro prematuro del producto.

Por este motivo instalaremos un ventilador extractor en dicha cámara. El cálculo del ventilador extractor de aire se hará por el caudal de aire a extraer, de esta manera aseguramos que haya la renovación de aire deseada.

Las dimensiones de la cámara 5 son las siguientes:

- Longitud (L) = 50 m
- Anchura (A) = 35 m
- Altura (H) = 6 m

Por lo tanto, el volumen de la cámara 5 es de:

$$\text{Volumen} = L \times A \times H = 50 \times 35 \times 12 = 21.000 \text{ m}^3 \quad (26)$$

Entonces, como deseamos hacer **una renovación de aire por día y en un periodo de tiempo de dos horas**, el caudal de aire que necesario que nos tiene que dar el ventilador es el siguiente:

$$\text{Caudal de aire} = \text{Volumen} / \text{Periodo de tiempo} \quad (27)$$

$$\text{Caudal de aire} = 21.000 \text{ m}^3 / 2 \text{ h} = 10.500 \text{ m}^3 / \text{h}$$

El ventilador extractor de aire elegido es de la marca **S&P** modelo **HXTR /4-560** que **proporciona un caudal de aire de 12.460 m³/h.**

1.5.6 Elección del ventilador extractor de la sala de máquinas

Como indica la instrucción **MI.IF -007** del **Reglamento de Seguridad para Plantas Frigoríficas**, en su apartado II, ésta será una sala de máquinas de ventilación forzada.

Para el cálculo de los extractores necesarios, se tiene en cuenta la cantidad de fluido frigorígeno que puede acumularse en la instalación, de esta manera se puede relacionar la carga de refrigerante con el caudal de aire que debe ser capaz el ventilador de extraer, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = 50 \sqrt[3]{P^2} = 50 \sqrt[3]{5100^2} \approx 14.814 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (28)$$

Donde:

Q = caudal de aire del ventilador en m³ / h

P = carga de refrigerante total del equipo en kg

El ventilador extractor elegido para la sala de máquinas es de la marca **S&P** modelo **HXTR/6-710** que es **capaz de extraer un caudal de 16.668 m³ / h.**

1.6 Cálculo de tuberías

Para realizar el cálculo del diámetro de las tuberías del circuito frigorífico, seguimos el método explicado en Cálculos en Instalaciones Frigoríficas [1].

Tal y como hemos comentado en la memoria descriptiva, los cálculos de los distintos diámetros de tuberías se realizarán adoptando unas pérdidas de carga máximas de:

- **Tubería de Aspiración: 1 °C**
- **Tubería de Descarga: 1 °C**
- **Tubería de Líquido: 0,5 °C**

1.6.1 Línea de aspiración

Seguidamente pasamos a calcular el diámetro para las tuberías de aspiración del compresor 1, que incluye la cámara 1.

- Potencias frigoríficas:
 - Total $\cong 1.235.000$ kcal/h
 - Evap. 1 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 2 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 3 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 4 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 5 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 6 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 7 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 8 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 9 = 123.500 kcal/h
 - Evap. 10 = 123.500 kcal/h
- Fluido frigorígeno: R-717
- Temperatura de evaporación: -28 °C
- Temperatura de condensación: + 45 °C

Debido a la gran capacidad de potencia frigorífica y al gran tamaño de los evaporadores de la cámara 1, optamos por agruparlos en grupos de 3 unidades y de 2 unidades.

Para realizar el cálculo del diámetro de las tuberías antes nos serviremos de la tabla siguiente, donde se muestran los distintos factores de corrección que necesitamos aplicar para el rango de temperaturas de evaporación y condensación de nuestra instalación frigorífica (-28 °C y +45 °C respectivamente).

- Temperatura de condensación = + 45 °C:

	Temperatura evaporación										
Coef.	- 40	- 35	- 30	- 25	- 20	- 15	- 10	- 5	0	5	10
K_{2asp}	6.340	4.952	3.920	3.141	2.546	2.084	1.723	1.437	1.208	1.024	0.873
K_{3asp}	6.927	5.384	4.234	3.365	2.702	2.189	1.789	1.475	1.224	1.024	0.861
K_{2liq}	1.036	1.028	1.020	1.013	1.006	0.999	0.993	0.988	0.983	0.978	0.973
K_{3liq}	1.100	1.091	1.083	1.075	1.068	1.061	1.055	1.049	1.043	1.038	1.034
K_{2desc}	1.149	1.117	1.087	1.059	1.032	1.007	0.984	0.961	0.940	0.921	0.902
K_{3desc}	1.348	1.284	1.226	1.172	1.122	1.075	1.032	0.992	0.954	0.919	0.887

Tabla 31. Coeficientes de corrección para cálculo gráfico de tuberías de acero soldado para R-717.

De acuerdo con la tabla 23. Tubería de acero soldado, $T_e = -28\text{ °C}$ y $T_c = +45\text{ °C}$, extraemos los factores de corrección que deberemos aplicar a la producción frigorífica antes de entrar al gráfico de diámetros y velocidades de las tuberías, en este caso son:

$$K_{2asp} = 3,764 \text{ (interpolando entre } -30 \text{ y } -25\text{ °C)}$$

$$K_{3asp} = 4,060 \text{ (interpolando entre } -30 \text{ y } -25\text{ °C)}$$

Por tanto el diámetro de la **tubería de aspiración 1** la obtenemos modificando la potencia frigorífica mediante :

$$Q_{0 \text{ gráfico}} = K_{2asp} \cdot Q_{0 \text{ instalación}} = 3,764 \cdot 370.500 = 1.394.562 \text{ kcal / h}$$

Ahora calculamos la longitud equivalente total, teniendo en cuenta los diversos accidentes como pueden ser codos, curvas, válvulas, recipientes, bifurcaciones en T, etc....:

Longitud tramo	75,00 m
6 codos de 5" (2,6)	15,00 m
2 bifurcaciones T de 5" (2,64)	5,28 m

$$\text{Longitud equivalente} = 95,28 \text{ m}$$

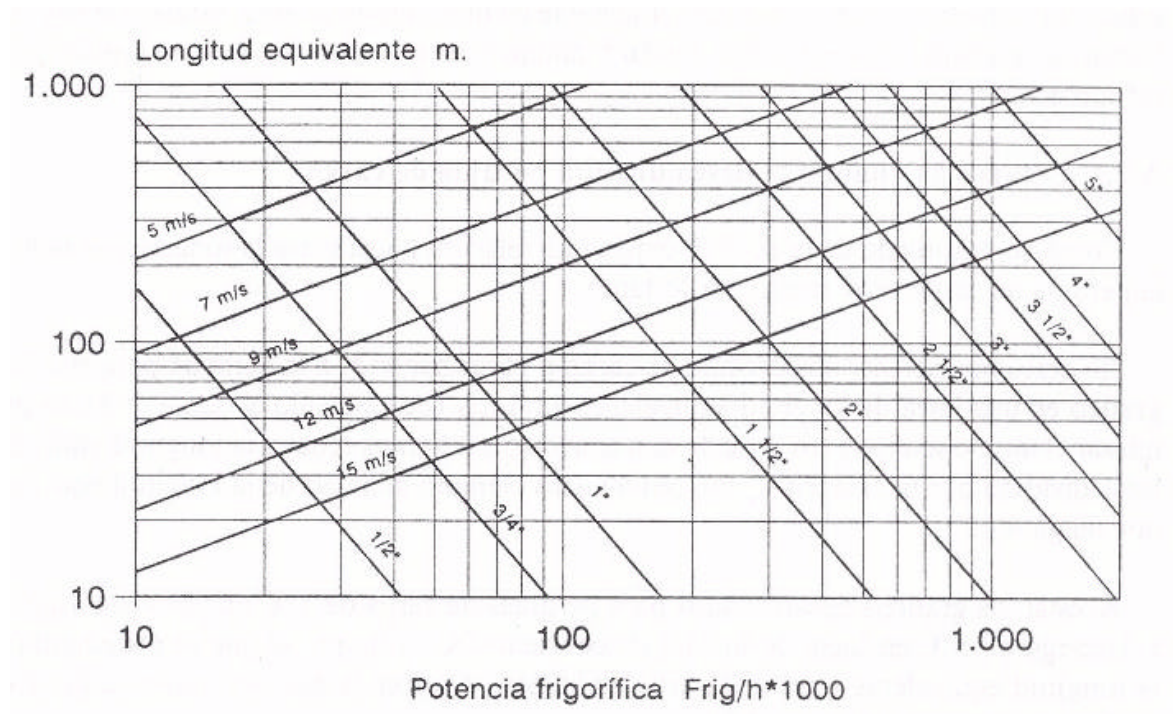


Figura 8. Ábaco para cálculo de tuberías de aspiración.

Mediante el gráfico de la figura 21, y según la longitud equivalente y la potencia frigorífica, **obtenemos un diámetro de tubería de 5"**.

Seguidamente calculamos la velocidad real, utilizando el mismo gráfico, manteniendo el diámetro obtenido y aplicando la corrección a la potencia frigorífica:

$$Q_{0 \text{ gráfico}} = K_{3\text{asp}} \cdot Q_{0 \text{ instalación}} = 4,060 \cdot 370.500 = 1.504.230 \text{ kcal / h}$$

Obteniendo de esta manera, una velocidad real de: **v @ 18 m /s**

Para el cálculo de las otras tuberías de aspiración se sigue la misma metodología, por éste motivo, se resumen en la siguiente tabla:

Nº Comp.	Cámara	Nº Línea asp.	Pot. Frig. (kcal/h)	K _{2asp}	K _{3asp}	Q ₀ grafico (kcal/h)	Long. Eq. (m)	Diámetro Tubería	Q ₀ grafico (kcal/h)	Velocidad (m/s)
1 y 2	1	2	370.500	3,764	4,060	1.394.562	158	4"	1.504.230	18
1 y 2	1	3	247.000	3,764	4,060	929.708	175	4"	1.002.820	16
1 y 2	1	4	247.000	3,764	4,060	929.708	135	3 1/2"	1.002.820	18
3 y 4	2	1	375.390	3,764	4,060	1.412.968	165	4"	1.524.083	18
3 y 4	2	2	375.390	3,764	4,060	1.412.968	200	4"	1.524.083	18
3 y 4	2	3	250.260	3,764	4,060	941.979	225	4"	1.016.056	16
3 y 4	2	4	250.260	3,764	4,060	941.979	185	3 1/2"	1.016.056	16
5 y 6	3	1	293.346	3,764	4,060	1.104.154	175	3 1/2"	1.190.985	18
5 y 6	3	2	293.346	3,764	4,060	1.104.154	235	4"	1.190.985	15
5 y 6	3	3	195.564	3,764	4,060	736.103	260	3 1/2"	793.990	14
5 y 6	3	4	195.564	3,764	4,060	736.103	210	3 1/2"	793.990	15
7 y 8	4	1	296.184	4,333	4,694	1.283.365	125	3 1/2"	1.390.288	18
7 y 8	4	2	296.184	4,333	4,694	1.283.365	170	4"	1.390.288	18
7 y 8	4	3	197.456	4,333	4,694	855.577	125	3 1/2"	926.858	18
7 y 8	4	4	197.456	4,333	4,694	855.577	170	3 1/2"	926.858	16
9	5	1	65.360	1,494	1,538	97.648	110	1 1/2"	100.524	12
10	Ant.	1	93.104	1,345	1,375	125.224	175	1 1/2"	125.225	11

Tabla 32. Resumen cálculo diámetros de tuberías de aspiración.

1.6.2 Línea de descarga

Para el cálculo de este tipo de líneas utilizaremos el siguiente gráfico, que es el correspondiente a la línea de descarga:

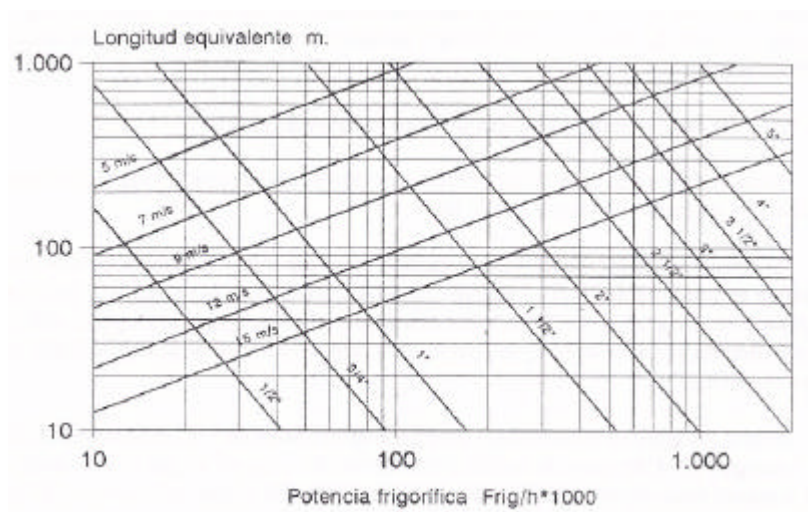


Figura 9. Ábaco para el cálculo de tuberías de descarga.

Aquí en este apartado, pasamos a calcular las tuberías de descarga de los distintos compresores, la metodología sigue siendo la misma que la utilizada para calcular la línea de aspiración, por este motivo para simplificar un poco los cálculos construimos la siguiente tabla con los datos y resultados de cada línea de descarga:

Nº Comp.	Cámara	Nº Línea Desc.	Pot. Frig. (kcal/h)	K _{2desc}	K _{3desc}	Q _{0 gráfico} (kcal/h)	Long. Eq. (m)	Diámetro Tubería	Q _{0 gráfico} (kcal/h)	Velocidad (m/s)
1 y 2	1	1	1.235.820	1,076	1,184	1.329.742	60	3 ½ “	1.463.211	18
3 y 4	2	2	1.251.300	1,076	1,184	1.346.399	45	3 “	1.481.539	20
5 y 6	3	3	977.820	1,087	1,226	1.062.890	55	3 ”	1.198.807	20
7 y 8	4	4	987.280	1,087	1,226	1.073.173	50	3 “	1.210.405	20
9	5	5	65.412	0,961	0,992	62.861	55	1 ”	64.889	14
10	Ant.	6	93.104	0,961	0,992	89.473	60	1 “ ½	92.359	14

Tabla 33. Resumen cálculo tuberías de descarga.

1.6.3 Línea de líquido

El cálculo de la línea de líquido se realiza en 2 tramos, el primero es el que va desde el condensador hasta el colector de descarga, el segundo tramo, comprende desde el colector de descarga hasta las válvulas de expansión de los distintos evaporadores de las cámaras.

Para el cálculo de la línea de líquido utilizaremos el gráfico siguiente, que es el correspondiente para las líneas de líquido:

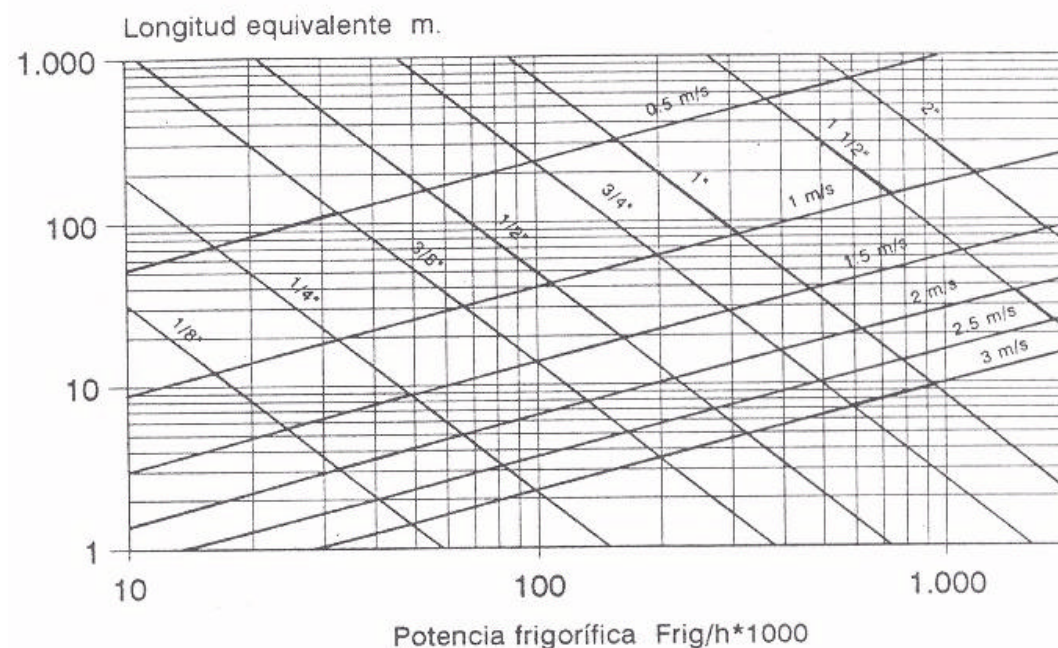


Figura 10. Ábaco para el cálculo de las tuberías de líquido.

La metodología para el cálculo de las líneas de líquido es el mismo que se ha utilizado para el cálculo de las líneas de aspiración y de descarga, así pues para simplificar los cálculos construimos la siguiente tabla:

- Hasta colector de descarga:

Cámara	Nº Línea Líqu.	Pot. Frig. (kcal/h)	K_{2liq}	K_{3liq}	Q_0 gráfico (kcal/h)	Long. Eq. (m)	Diámetro Tubería	Q_0 gráfico (kcal/h)	Velocidad (m/s)
1	1	1.938.500	1,006	1,067	1.950.131	60	2 “	2.068.380	2
2	2	1.938.500	1,006	1,067	1.950.131	45	2 “	2.068.380	2
3	3	1.938.500	1,036	1,099	2.008.286	55	2 ”	2.130.412	2
4	4	1.938.500	1,036	1,099	2.008.286	55	2 ”	2.130.412	2
5	3	1.938.500	0,988	1,049	1.915.238	55	2 “	2.033.487	2
Ant.	4	1.938.500	0,988	1,049	1.915.238	50	2 “	2.033.487	2

Tabla 34. Resumen cálculo tuberías de líquido hasta colector de descarga.

- Desde colector de descarga hasta válvula de expansión:

Cámara	Nº Linea Líqu.	Pot. Frig. (kcal/h)	K _{2liq}	K _{3liq}	Q ₀ gráfico (kcal/h)	Long. Eq. (m)	Diámetro Tubería	Q ₀ gráfico (kcal/h)	Velocidad (m/s)
1	1	581.550	1,006	1,067	585.039	100	1 ½ “	620.514	1
1	2	581.550	1,006	1,067	585.039	155	1 ½ “	620.514	1
1	3	387.700	1,006	1,067	390.026	170	1 ½ “	413.676	1
1	4	387.700	1,006	1,067	390.026	130	1 ½ “	413.676	1
2	1	581.550	1,006	1,067	585.039	160	1 ½ “	620.514	1
2	2	581.550	1,006	1,067	585.039	190	1 ½ “	620.514	1
2	3	387.700	1,006	1,067	390.026	215	1 ½ “	413.676	1
2	4	387.700	1,006	1,067	390.026	175	1 ½ “	413.676	1
3	1	581.550	1,006	1,067	585.039	170	1 ½ ”	620.514	1
3	2	581.550	1,006	1,067	585.039	225	1 ½ “	620.514	1
3	3	387.700	1,006	1,067	390.026	250	1 ½ “	413.676	1
3	4	387.700	1,006	1,067	390.026	200	1 ½ “	413.676	1
4	1	581.550	1,036	1,099	602.486	120	1 ½ “	639.124	1
4	2	581.550	1,036	1,099	602.486	165	1 ½ “	639.124	1
4	3	387.700	1,036	1,099	401.657	130	1 ½ “	426.082	1
4	4	387.700	1,036	1,099	401.657	135	1 ½ “	426.082	1
5	1	1.938.500	0,988	1,049	1.915.238	105	2 “	2.033.487	1,5
Ant.	1	1.938.500	0,988	1,049	1.915.238	170	2 “	2.033.487	1,5

Tabla 35. Resumen cálculo tuberías de líquido desde colector de descarga hasta válvula de expansión.

2 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN

Para realizar el cálculo de iluminación, seguimos el método explicado en Luminotécnica de la Enciclopedia CEAC de electricidad []. Los pasos seguidos son éstos:

1. Determinación del nivel de iluminación deseado.
2. Elección tipo de lámpara.
3. Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.
4. Determinación de la altura de suspensión de los aparatos de alumbrado.
5. Distribución de los aparatos de alumbrado.
6. Número mínimo de aparatos de alumbrado.
7. Cálculo del flujo luminoso total.
8. Distribución del número definitivo de aparatos de alumbrado.

2.1 Cámaras

2.1.1 Cámaras de congelación 1 y 2

Las dos cámaras tienen las mismas dimensiones por lo tanto tendrán la misma iluminación.

- Dimensiones de la cámara:

Largo (L): 60 m

Ancho (A): 35 m

Altura (H): 12 m

- Nivel de iluminación deseado:

E= 200 lux

- Tipo de lámpara:

Según las normas generales del proyecto, las lámparas más apropiadas son las de vapor de mercurio, de color corregido, ya que son manantiales luminosos unitarios muy potentes, lo que hace idóneos para instalarlos en aparatos de alumbrado para grandes superficies.

Por este motivo, utilizaremos lámparas de **vapor de mercurio de 400 W**, con un flujo luminoso de **24.000 lúmenes**, y una eficacia luminosa de **60 lm/W**.

- Sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado:

El sistema de iluminación es un sistema de iluminación directa, ya que es el más adecuado para locales industriales de gran altura, de esta manera no podrá haber deslumbramiento.

El aparato de alumbrado que adoptamos es el reflector dispersivo de aluminio anodizado.

- Altura de suspensión de los aparatos de alumbrado:

El plano útil de trabajo estará situado a nivel del suelo, por lo tanto tendremos:

$$H = H = 12 \text{ m}$$

La relación que se tiene que mantener es como mínimo:

$$d / h = 4 / 6 \quad (25)$$

$$d = 4 * 12 / 6 = 8 \text{ m} \quad (26)$$

Adoptamos **d = 8 m**

- Distribución de los aparatos de alumbrado

En nuestro caso, debido a que se trata de aparatos intensivos ($H > 10 \text{ m}$), seguimos la norma siguiente:

$$e \leq 0,9 \cdot d \quad (27)$$

$$e \leq 0,9 \cdot 8 \leq 7,2 \text{ m} \quad (28)$$

$$e' = e / 2 = 7,2 / 2 = 3,6 \text{ m} \quad (28)$$

- Número mínimo de aparatos de alumbrado

$$n = (L + e - 2 \cdot e') / e = (60 + 7,2 - (2 \cdot 3,6)) / 7,2 = 8,33 @ 9 \quad (30)$$

$$n' = (A + e - 2 \cdot e') / e = (35 + 7,2 - (2 \cdot 3,6)) / 7,2 = 4,86 @ 5 \quad (31)$$

$$N_{\text{mín.}} = n \cdot n' = 9 \cdot 5 = 45 \text{ aparatos de alumbrado} \quad (32)$$

- Cálculo del flujo luminoso total

Índice del local

$$K = (2 \cdot L + 8 \cdot A) / 10 \cdot H = (2 \cdot 60 + 8 \cdot 35) / 10 \cdot 11 = 3,64 \quad (33)$$

Factores de reflexión

$$\text{Techo} = 0,7$$

$$\text{Paredes} = 0,5$$

Factor de utilización $m = 0,70$

Factor de depreciación:

Considerando un ensuciamiento normal y una limpieza de los aparatos de alumbrado una vez por año tenemos:

$$d = 1,35$$

Flujo luminoso teórico necesario

$$f_o = (E \cdot S \cdot d) / m = (200 \cdot 2.100 \cdot 1,35) / 0,70 = 810.000 \text{ lm} \quad (34)$$

Flujo luminoso que han de proporcionar las lámparas, teniendo en cuenta que $h_A = 0,80$

$$f = f_o / h_A = 810.000 / 0,80 = 1.012.500 \text{ lm} \quad (35)$$

- Distribución del número definitivo de aparatos de alumbrado

Lámpara de vapor de mercurio 400 W con $\phi = 24.000 \text{ lm}$

$$N = f / j = 1.012.500 / 24.000 = 42,2 \quad (36)$$

Adoptamos 45 aparatos de alumbrado con un flujo luminoso total de:

$$f_t = N \cdot j = 45 \cdot 24.000 = 1.080.000 \text{ lm} \quad (37)$$

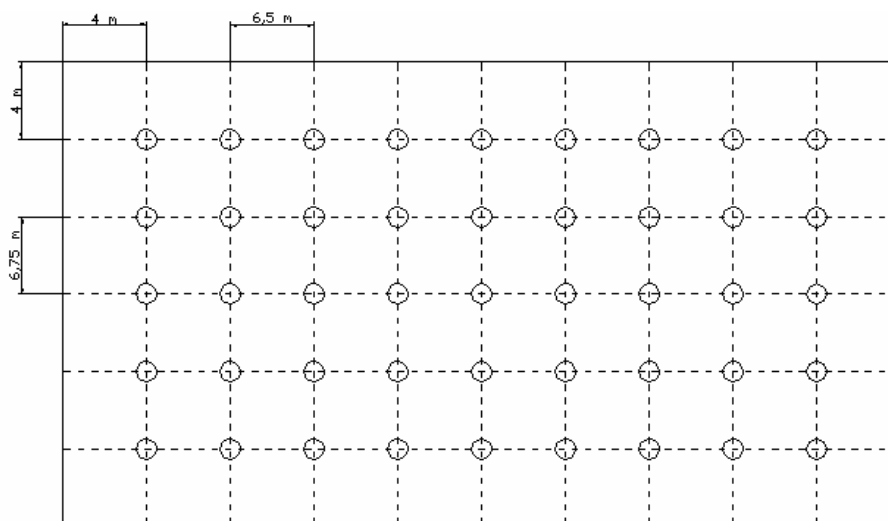
El nivel de iluminación sobre el plano de trabajo será finalmente de:

$$E_t = (f_o \cdot m \cdot h_A) / S \cdot d = (1.080.000 \cdot 0,70 \cdot 0,80) / 2.100 \cdot 1,35 = 213 \text{ lux} \quad (38)$$

El consumo total de la iluminación será:

$$P_{il} = 45 \cdot 400 = 18 \text{ kW} \quad (39)$$

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



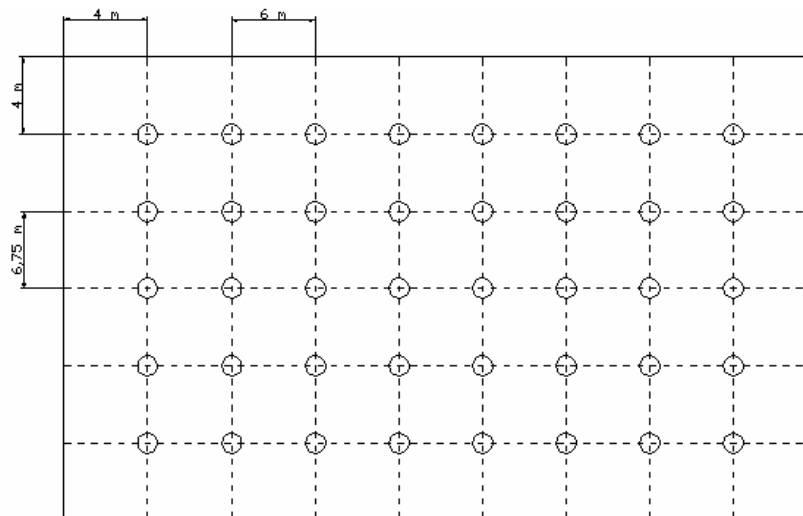
2.1.2 Cámaras congelación 3, 4 y Cámara de conservación 5

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.1.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

CÁMARAS 3, 4 Y 5			
Largo =	50 m	K =	3,45
Ancho =	35 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	12 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	200 lux	m =	0,7
Lámpara utilizada =	Vapor mercurio 400 W	d =	1,35
Flujo luminoso lámpara =	24.000 lm	f_o' =	675.000 lm
Eficacia luminosa lámpara =	60 lm / W	h_A =	0,80
H =	12 m	f =	843,750 lm
d =	8 m	N =	35,2 aparatos
e ξ	7,2 m	Número definitivo aparatos =	40 aparatos
e' =	3,6 m	f_t =	960.000 lm
n =	7 aparatos	E_t =	228 lux
n' =	5 aparatos	Consumo =	16 kW
Nmín =	35 aparatos		

Tabla 36. Resumen cálculos iluminación cámaras 3, 4 y 5.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



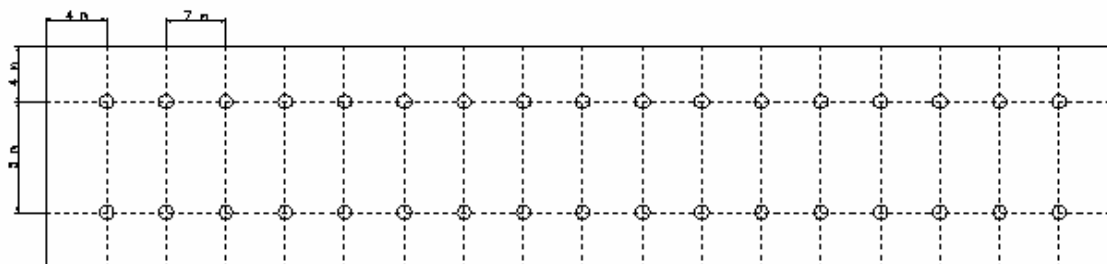
2.1.3 Antecámara-pasillo

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.1.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

ANTECÁMARA-PASILLO			
Largo =	120 m	K =	2,91
Ancho =	10 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	12 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	200 lux	m =	0,68
Lámpara utilizada =	Vapor mercurio 400 W	d =	1,35
Flujo luminoso lámpara =	24.000 lm	f_o' =	476.471 lm
Eficacia luminosa lámpara =	60 lm / W	h_A =	0,80
H =	12 m	f =	595.589 lm
d =	8 m	N =	24,82 aparatos
e $\leq$	7,2 m	Número definitivo aparatos =	34 aparatos
e' =	3,6 m	f_t =	720.000 lm
n =	17 aparatos	E_t =	242 lux
n' =	2 aparatos	Consumo =	12 kW
N _{mín} =	34 aparatos		

Tabla 37. Resumen cálculos iluminación antecámara-pasillo.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



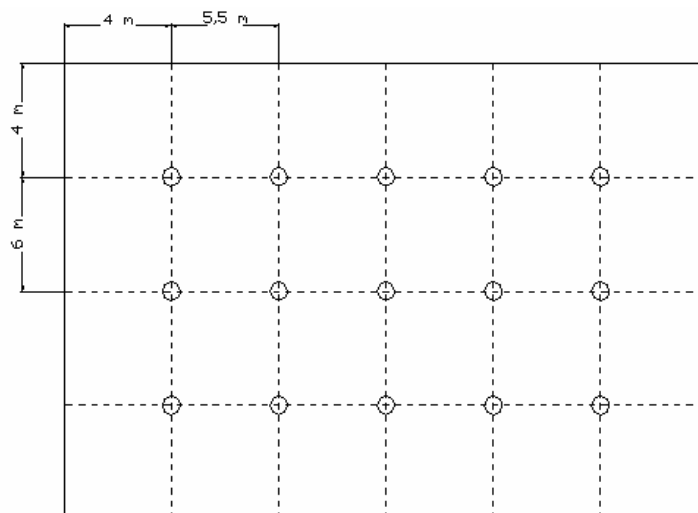
2.1.4 Antecámara-entrada

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.1.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

ANTECÁMARA-ENTRADA			
Largo =	30 m	K =	2,0
Ancho =	20 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	12 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	200 lux	m =	0,63
Lámpara utilizada =	Vapor mercurio 400 W	d =	1,35
Flujo luminoso lámpara =	24.000 lm	$f_o =$	257.143 lm
Eficacia luminosa lámpara =	60 lm / W	$h_A =$	0,80
H =	12 m	f =	321.429 lm
d =	5 m	N =	13,4 aparatos
e ξ	7,2 m	Número definitivo aparatos =	15 aparatos
e' =	3,6 m	$f_t =$	360.000 lm
n =	5 aparatos	$E_t =$	224 lux
n' =	3 aparatos	Consumo =	6 kW
Nmín =	15 aparatos		

Tabla 38. Resumen cálculos iluminación antecámara-entrada.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



2.2 Oficinas y servicios

2.2.1 Vestuarios-Lavabos

Los dos vestuarios tienen las mismas dimensiones por lo tanto tendrán la misma iluminación.

- Dimensiones:

Largo (L): 5,3 m

Ancho (A): 4,6 m

Altura (H): 2,5 m

- Nivel de iluminación deseado:

E= 150 lux

- Tipo de lámpara:

Utilizaremos **lámparas fluorescentes de 35 W**, con un flujo luminoso de 3.300 lúmenes, y una eficacia luminosa de 95 lm/W.

- Sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado:

El sistema de iluminación es un sistema de iluminación directa con pantallas de rejillas difusoras de celosía para evitar el deslumbramiento.

- Altura de suspensión de los aparatos de alumbrado:

El plano útil de trabajo estará situado a nivel del suelo, por lo tanto tendremos:

$$H = h = 2,5 \text{ m}$$

La relación que se tiene que mantener es como mínimo:

$$d / h = 4 / 5$$

$$d = 4 * 2,5 / 5 = 2 \text{ m}$$

Como utilizaremos luminarias empotradas en el techo. Adoptamos $d = 2,5 \text{ m}$

- Distribución de los aparatos de alumbrado

En nuestro caso, debido a que se trata de aparatos extensivos ($H < 4 \text{ m}$), seguimos la norma siguiente:

$$e / d \leq 1,6$$

$$e \leq d * 1,6 \leq 4 \text{ m}$$

$$e' = e / 2 = 4 / 2 = 2 \text{ m}$$

- Número mínimo de aparatos de alumbrado

$$n = (L + e - 2 \cdot e') / e = (5,3 + 4 - (2 \cdot 2)) / 4 = 1,33 @ 2$$

$$n' = (A + e - 2 \cdot e') / e = (4,6 + 4 - (2 \cdot 2)) / 4 = 1,15 @ 2$$

$$N_{\text{mín.}} = n \cdot n' = 2 \cdot 2 = 4 \text{ aparatos de alumbrado}$$

- Cálculo del flujo luminoso total

Índice del local

$$K = (2 \cdot L + 8 \cdot A) / 10 \cdot H = (2 \cdot 5,3 + 8 \cdot 4,6) / 10 \cdot 2,5 = 1,9$$

Factores de reflexión

$$\text{Techo} = 0,7$$

$$\text{Paredes} = 0,5$$

Factor de utilización $m = 0,40$

Factor de depreciación:

Considerando un ensuciamiento normal y una limpieza de los aparatos de alumbrado una vez por año tenemos:

$$d = 1,55$$

Flujo luminoso teórico necesario

$$f'_0 = (E \cdot S \cdot d) / m = (150 \cdot 24,38 \cdot 1,55) / 0,40 = 14.171 \text{ lm}$$

Flujo luminoso que han de proporcionar las lámparas, teniendo en cuenta que $h_A = 0,60$

$$f = f'_0 / h_A = 14.171 / 0,60 = 23.618 \text{ lm}$$

- Distribución del número definitivo de aparatos de alumbrado:

Lámpara fluorescente de 35 W con $\phi = 3.300 \text{ lm}$

$$N = f / j = 23.618 / 3.300 = 7,2$$

Adoptamos 4 aparatos de alumbrado con 2 lámparas fluorescentes de 35 W cada uno y con un flujo luminoso total de:

$$f = N \cdot j = 4 \cdot 6.600 = 26.400 \text{ lm}$$

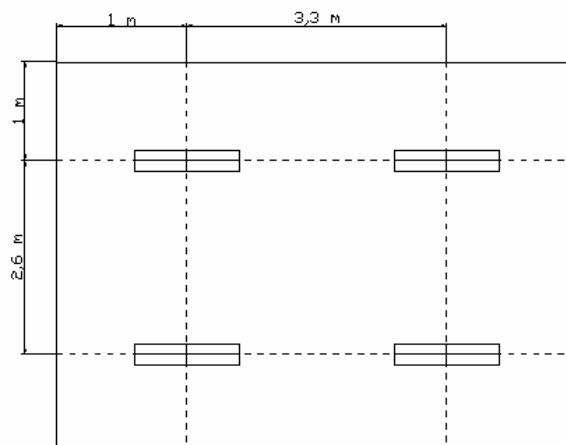
El nivel de iluminación sobre el plano de trabajo será finalmente de:

$$E = (f'_0 \cdot m \cdot h_A) / S \cdot d = (26.400 \cdot 0,40 \cdot 0,60) / 24,38 \cdot 1,55 = 168 \text{ lux}$$

El consumo total de la iluminación será:

$$P_{il} = 8 \cdot 35 = 280 \text{ W}$$

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



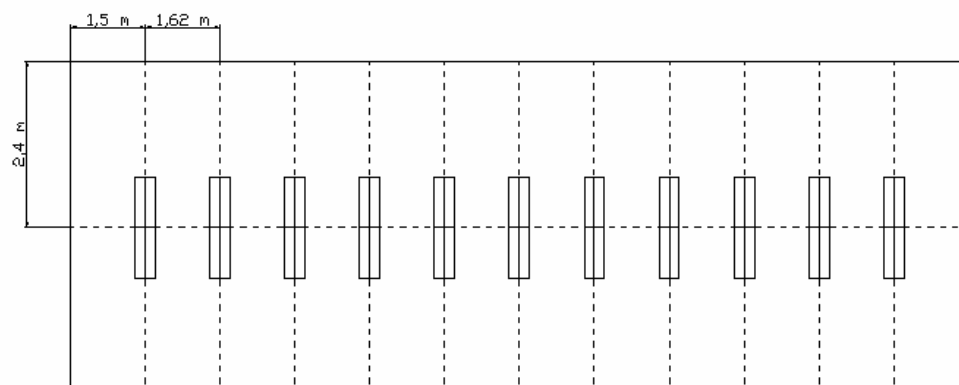
2.2.2 Almacén-Taller

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

ALMACÉN-TALLER			
Largo =	19,2 m	K =	1,71
Ancho =	4,8 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	4,5 m	Factor ref. Paredes =	0,3
E =	250 lux	m =	0,35
Lámpara utilizada =	fluorescente 3 x 58 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	3 x 5.200 lm	f'o =	102.035 lm
Eficacia luminosa lámpara =	90 lm / W	h _A =	0,60
H =	4,5 m	f =	170.058 lm
d =	4 m	N =	32,7 lámparas
e £	6 m	Número definitivo aparatos =	11 aparatos (3 x 58 W)
e' =	3 m	f _t =	171.600 lm
n =	4 aparatos	E _t =	253 lux
n' =	1 aparatos	Consumo =	1.914 W
Nmín =	4 aparatos		

Tabla 39. Resumen cálculos iluminación almacén-taller.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



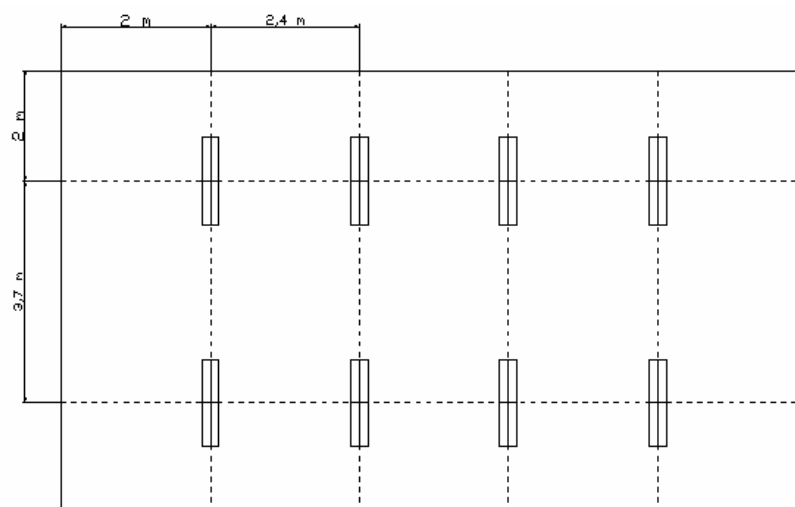
2.2.3 Recepción

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

RECEPCIÓN			
Largo =	11,3 m	K =	3,37
Ancho =	7,7 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	250 lux	m =	0,46
Lámpara utilizada =	fluorescente 3 x 58 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	3 x 5.200 lm	f'o =	73.297 lm
Eficacia luminosa lámpara =	90 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	122.161 lm
d =	2,5 m	N =	23,5 lámparas
e £	4 m	Número definitivo aparatos =	8 aparatos (3 x 58 W)
e' =	2 m	f _t =	124.800 lm
n =	3 aparatos	E _t =	255,4 lux
n' =	2 aparatos	Consumo =	1.392 W
Nmín =	6 aparatos		

Tabla 40. Resumen cálculos iluminación recepción.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



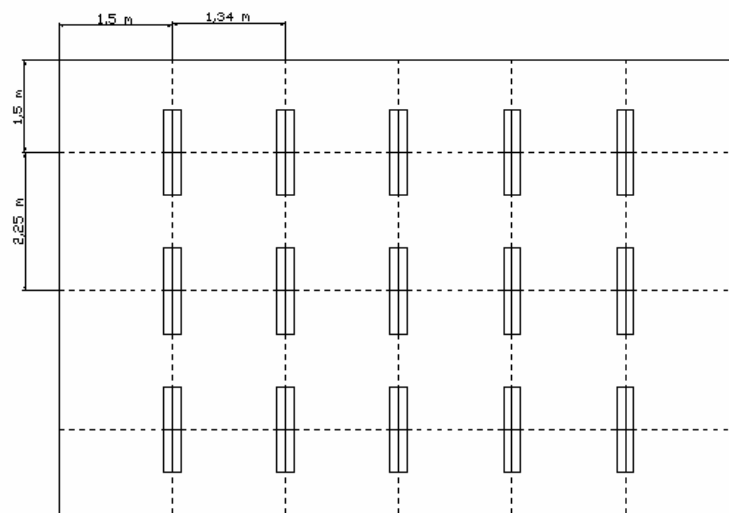
2.2.4 Sala de juntas

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

SALA DE JUNTAS			
Largo =	9,7 m	K =	3,18
Ancho =	7,5 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	500 lux	m =	0,46
Lámpara utilizada =	fluorescente 3 x 58 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	3 x 5.200 lm	f'o =	122.568 lm
Eficacia luminosa lámpara =	90 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	204.280 lm
d =	2,5 m	N =	39,3 lámparas
e £	4 m	Número definitivo aparatos =	15 aparatos (3 x 58 W)
e' =	2 m	f _t =	234.000 lm
n =	3 aparatos	E _t =	573 lux
n' =	2 aparatos	Consumo =	2.610 W
Nmín =	6 aparatos		

Tabla 41. Resumen cálculos iluminación sala de juntas.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



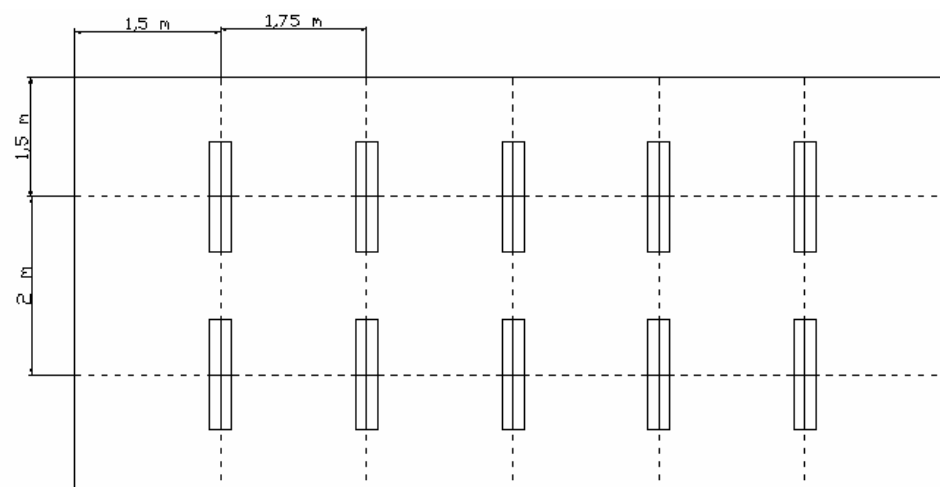
2.2.5 Sala de control

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

SALA DE CONTROL			
Largo =	10 m	K =	2,4
Ancho =	5 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	500 lux	m =	0,43
Lámpara utilizada =	fluorescente 3 x 58 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	3 x 5.200 lm	f _o =	90.117 lm
Eficacia luminosa lámpara =	90 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	150.194 lm
d =	2,5 m	N =	28,9 lámparas
e £	4 m	Número definitivo aparatos =	10 aparatos (3 x 58 W)
e' =	2 m	f _t =	156.000 lm
n =	3 aparatos	E _t =	519,3 lux
n' =	2 aparatos	Consumo =	1.740 W
Nmín =	6 aparatos		

Tabla 42. Resumen cálculos iluminación sala de control.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



2.2.6 Oficinas 1 y 2

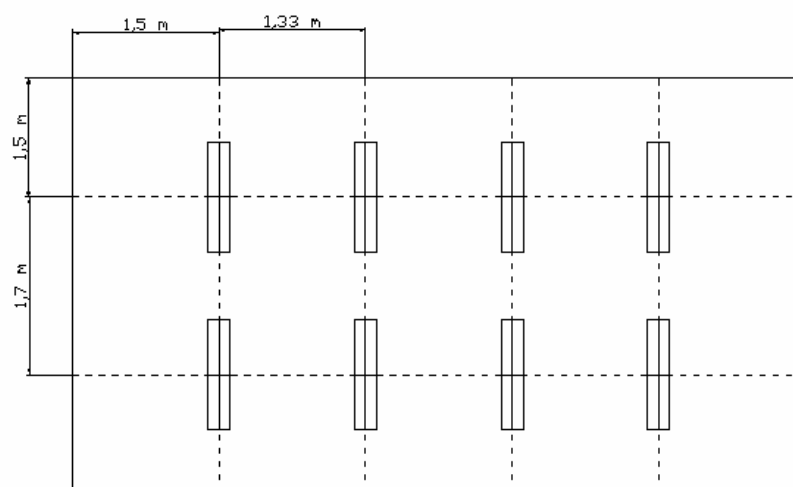
Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

OFICINAS 1 Y 2			
Largo =	7 m	K =	2,06
Ancho =	4,7 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	500 lux	m =	0,40
Lámpara utilizada =	fluorescente 3 x 58 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	3 x 5.200 lm	f'o =	63.744 lm
Eficacia luminosa lámpara =	90 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	106.240 lm
d =	2,5 m	N =	20,4 lámparas
e £	4 m	Número definitivo aparatos =	8 aparatos (3 x 58 W)
e' =	2 m	f _t =	124.800 lm
n =	2 aparatos	E _t =	587,4 lux
n' =	2 aparatos	Consumo =	1.392 W
Nmín =	4 aparatos		

Tabla 43. Resumen cálculos iluminación oficina 1 y 2.

Las dos oficinas tienen las mismas dimensiones por lo tanto tendrán la misma iluminación.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



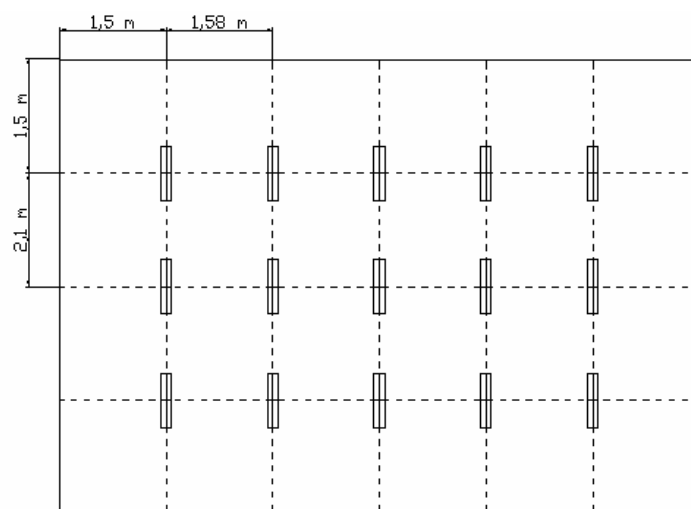
2.2.7 Oficina 3

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

OFICINA 3			
Largo =	9,3 m	K =	3,05
Ancho =	7,2 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	500 lux	m =	0,46
Lámpara utilizada =	fluorescente 3 x 58 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	3 x 5.200 lm	f'o =	112.814 lm
Eficacia luminosa lámpara =	90 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	188.022 lm
d =	2,5 m	N =	36,2 lámparas
e £	4 m	Número definitivo aparatos =	15 aparatos (3 x 58 W)
e' =	2 m	f _t =	234.000 lm
n =	3 aparatos	E _t =	541 lux
n' =	2 aparatos	Consumo =	2.610 W
Nmín =	6 aparatos		

Tabla 44. Resumen cálculos iluminación oficina 3.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



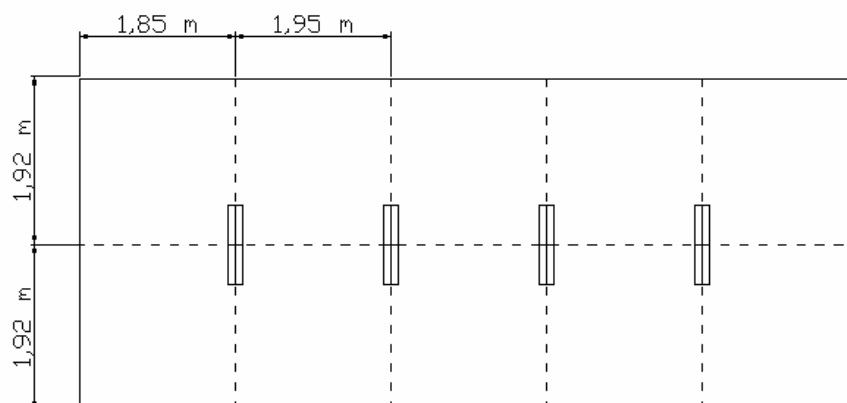
2.2.8 Pasillo-Lavabos

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

PASILLO-LAVABOS			
Largo =	9,55 m	K =	1,99
Ancho =	3,84 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	100 lux	m =	0,40
Lámpara utilizada =	fluorescente 2 x 35 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	2 x 3.300 lm	f _o =	14.211 lm
Eficacia luminosa lámpara =	95 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	23.684 lm
d =	2,5 m	N =	7,17 lámparas
e ℓ	4 m	Número definitivo aparatos =	4 aparatos (2 x 35 W)
e' =	2 m	f _t =	26.400 lm
n =	3 aparatos	E _t =	112 lux
n' =	1 aparato	Consumo =	280 W
Nmín =	3 aparatos		

Tabla 45. Resumen cálculos iluminación pasillo-lavabos.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



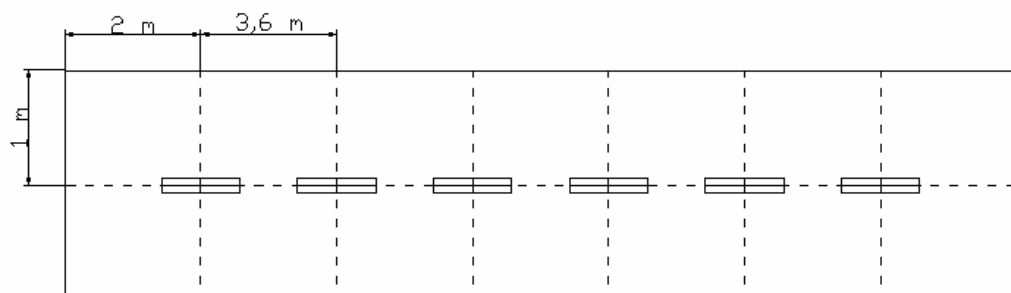
2.2.9 Pasillo-Interior

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

PASILLO-INTERIOR			
Largo =	22 m	K =	2,4
Ancho =	2 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	100 lux	m =	0,43
Lámpara utilizada =	fluorescente 2 x 28 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	2 x 2.600 lm	f _o =	15.861 lm
Eficacia luminosa lámpara =	93 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	26.435 lm
d =	2,5 m	N =	10,2 lámparas
e £	4 m	Número definitivo aparatos =	6 aparatos (2 x 28 W)
e' =	2 m	f _t =	31.200 lm
n =	6 aparatos	E _t =	118 lux
n' =	1 aparato	Consumo =	336 W
Nmín =	6 aparatos		

Tabla 46. Resumen cálculos iluminación pasillo-interior.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



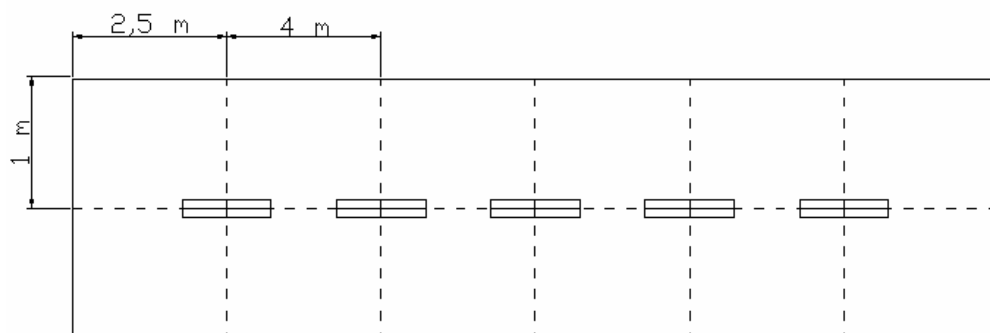
2.2.10 Pasillo-almacén

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

PASILLO-ALMACÉN			
Largo =	21 m	K =	2,32
Ancho =	2 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	100 lux	m =	0,43
Lámpara utilizada =	fluorescente 2 x 28 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	2 x 2.600 lm	f _o =	15.140 lm
Eficacia luminosa lámpara =	93 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	25.233 lm
d =	2,5 m	N =	9,7 lámparas
e $\leq$	4 m	Número definitivo aparatos =	5 aparatos (2 x 28 W)
e' =	2 m	f _t =	26.000 lm
n =	6 aparatos	E _t =	103 lux
n' =	1 aparato	Consumo =	280 W
Nmín =	6 aparatos		

Tabla 47. Resumen cálculos iluminación pasillo-almacén.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



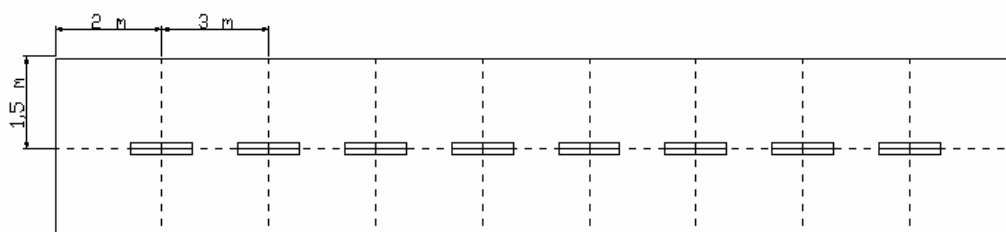
2.2.11 Pasillo-lateral

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

PASILLO-LATERAL			
Largo =	25 m	K =	2,96
Ancho =	3 m	Factor ref. Techo =	0,7
Altura =	2,5 m	Factor ref. Paredes =	0,5
E =	100 lux	m =	0,47
Lámpara utilizada =	fluorescente 1 x 58 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	1 x 5.200 lm	f _o =	24.734 lm
Eficacia luminosa lámpara =	90 lm / W	h _A =	0,60
H =	2,5 m	f =	41.224 lm
d =	2,5 m	N =	7,93 lámparas
e £	4 m	Número definitivo aparatos =	8 aparatos (1 x 58 W)
e' =	2 m	f _t =	41.600 lm
n =	7 aparatos	E _t =	101 lux
n' =	1 aparato	Consumo =	464 W
Nmín =	7 aparatos		

Tabla 48. Resumen cálculos iluminación pasillo-lateral.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



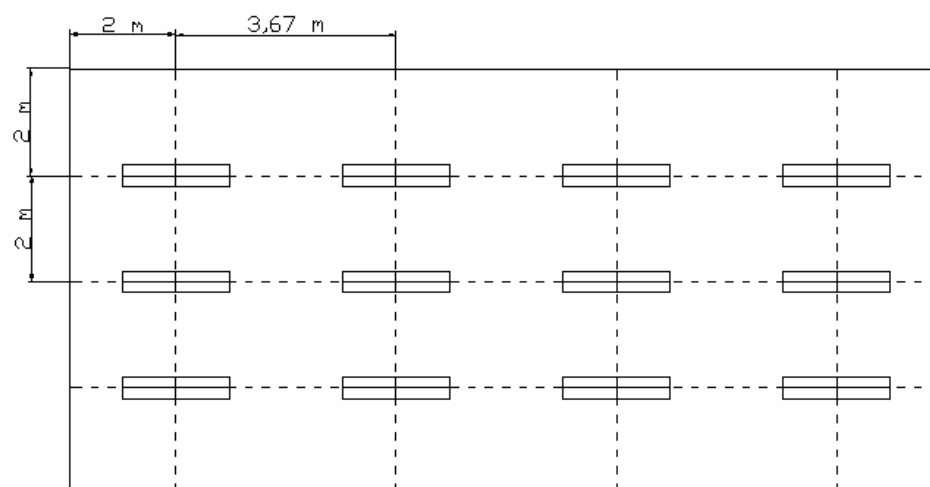
2.2.12 Sala de máquinas

Como la metodología de cálculo de iluminación es la misma que en el apartado 2.2.1, para simplificar los cálculos los resumimos en la siguiente tabla:

SALA DE MÁQUINAS			
Largo =	15 m	K =	2,35
Ancho =	8 m	Factor ref. Techo =	0,5
Altura =	4 m	Factor ref. Paredes =	0,3
E =	200 lux	m =	0,43
Lámpara utilizada =	fluorescente 2 x 80 W	d =	1,55
Flujo luminoso lámpara =	2 x 6.150 lm	f'o =	86.512 lm
Eficacia luminosa lámpara =	77 lm / W	h _A =	0,60
H =	4 m	f =	144.186 lm
d =	4 m	N =	23,45 lámparas
e £	6 m	Número definitivo aparatos =	12 aparatos (2 x 80 W)
e' =	3 m	f _t =	147.600 lm
n =	3 aparatos	E _t =	205 lux
n' =	2 aparatos	Consumo =	1.920 W
Nmín =	6 aparatos		

Tabla 49. Resumen cálculos iluminación sala de máquinas.

La distribución final de las luminarias será la siguiente:



3 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

3.1 Introducción

Para refrigerar un local, de una forma o de otra, hay que introducir frío en el mismo, que es lo mismo que “extraer” calor. Ahora bien, ¿cuánto calor debemos extraer para mantener una temperatura diferente de la del exterior?

La respuesta es muy sencilla: el mismo que entra debido a la diferencia de temperaturas entre la del exterior (más alta) y la del interior.

La carga térmica no es otra cosa que el calor que entra en el local; por ello es tan importante el cálculo de la carga térmica, aunque el objetivo final es la determinación de la potencia frigorífica necesaria de la máquina que ha de producir el frío.

3.2 Condiciones ambientales

3.2.1 Condiciones interiores de proyecto

En la práctica han sido elaboradas tablas que indican las condiciones de proyecto aconsejadas para varios tipos de instalaciones de acondicionamiento y toman implícitamente en consideración el aspecto económico de la instalación.

Tipo de aplicación	Temperatura [°C]	Humedad relativa [%]	Variación de temperatura [°C]
CONFORT GENERAL Apartamento, chalet, hotel, oficina, colegio, hospital, etc.	25-26	45-50	1 a 2
COMERCIOS Banco, peluquería, grandes almacenes, supermercados, etc.	26-27	45-50	1 a 2
APLICACIONES DE BAJO FACTOR DE CALOR SENSIBLE Auditorio, iglesia, bar, restaurante, cocina, etc.	26-27	50-60	0,5 a 1
CONFORT INDUSTRIAL Secciones de montaje, salas de máquinas, etc.	26-29	50-60	2 a 3

Tabla 50. Condiciones de proyecto recomendadas para ambiente interior para verano (Manual de Aire Acondicionado Carrier).

Confort y normativa

En cuanto a la normativa vigente y confort térmico, el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios RITE, de obligado cumplimiento, en su apartado ITE 02, fija una serie de valores límite que a continuación se indican de forma resumida.

ITE 02.2 Condiciones interiores

Las condiciones interiores de diseño se fijan en función de la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta y, en general para verano, estarán comprendidas entre los siguientes límites.

Temperaturas operativas [°C]	Velocidad media del aire [m/s]	Humedad relativa [%]
23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60

Tabla 51. Límites recomendados para las condiciones interiores de diseño (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios)

3.2.2 Condiciones exteriores de proyecto

Las condiciones ambientales exteriores de cálculo serán las que se indican en la Recomendación Técnica correspondiente aprobada por el Ministerio de Industria y Energía. En cualquier caso, se podrán utilizar como condiciones exteriores de cálculo aquellas que cubran el 97,5 % del total de las horas de diciembre, enero y febrero para calefacción, y las que no hayan sido excedidas en más del 5 % en las horas totales de insolación en los meses de junio, julio, agosto y septiembre para refrigeración.

Ciudad	Condiciones normales Verano		Variación diurna [° C]	Condiciones normales Invierno		Vientos dominantes [km/h]	Altitud [m]	Latitud
	Temperatura seca [° C]	Humedad relativa [%]		Temperatura seca [° C]	Días- grado acumulados			
Albacete	35	36	18	-7	1377	0 12	686	39° 00
Alicante	31	60	13		338	SE 9	7	38° 21
Almería	30	70	8	5	208	SO 9	65	36° 51
Ávila	30	41	17	-6	2127	NO 11	1126	40° 39
Badajoz	38	47	17	-1	767	NO 7	186	38° 53
Barcelona	31	68	8	2	656	S 8.5	95	41° 24
Bilbao	30	71		0	820		32	43° 18
Burgos	30	42	15	-6	2048	SO 8.5	929	42° 20
Cáceres	38	37	14	-1	1003	NO -	459	39° 29
Cádiz	32	55	12	2	227	SE 20	28	36° 28
Castellón	29	60	9	4	452	NO 3	27	39° 59
C. Real	37	56	20	-4	1312	SO 4	628	38° 59

Córdoba	38	33	17	-1	662	SO 5	128	37° 53
Coruña	23	63	9	2	827	SO 18	54	43° 22
Cuenca	33	52	18	-7	828	O -	949	40° 05
Gerona	33	58	10	-3	939	S 5	95	41° 59
Granada	36	49	18	-2	1042	O 4	775	37° 11
Guadalajara	34	37		-4	1469		1017	40° 38
Huelva	31	57	14	1	402	SO -	4	37° 16
Huesca	31	72	15	-5	1350	Calma -	488	42° 08
Jaén	36	35	14	0	830	SO 5	586	37° 46
Las Palmas	24	66	4	15	0	NE 9	6	28° 11
León	28	45	16	-6	2143	NO 8	908	42° 35
Lérida	33	50	14	-5	1226		323	41° 41
Logroño	33	59	14	-3	1405	NO -	380	42° 28
Lugo	26	67	14	-2	1771	NE 12	465	43° 00
Madrid	34	43	15	-3	1405	NE 10	667	40° 25
Málaga	28	60	6	13	248	S 7	40	36° 43
Murcia	36	59	14	-1	432	SO -	42	37° 59
Oviedo	26	70		-2	1200	NE -	232	43° 22
Palencia	30	45	16	-6	1781	NE -	734	42° 00
P. Mallorca	28	63	8	4	527	Varia 9	28	39° 34
Pamplona	32	51	12	-5	1535	N 8	734	42° 00
Pontevedra	27	62	12	0	871	N 12	19	42° 26
Salamanca	34	46	18	-7	1662	O -	803	40° 58
Santander	25	74	7	2	724	O 20	69	43° 28
S. Sebastián	22	76	7	-1	913	S 17	181	43° 19
S.C. Tenerife	22	55	8	15	0	N 18	37	28° 28
Segovia	33	35	17	-6	1866	O -	1002	40° 57
Sevilla	40	43	18	1	438	SO -	30	37° 23
Soria	29	45	18	-7	1978	Varia 15	1063	41° 46
Tarragona	26	68	7	1	626	S 5	60	41° 07
Teruel	32			-8	1802		915	40° 21
Toledo	34	34	16	-4	158	E 5	540	39° 51
Valencia	32	68	11.4	0	516	O 10	10	39° 29
Valladolid	33	45	13	-5	1709	SO 10	694	41° 39
Vitoria	26	70	13	-4	1560	NE -	542	42° 51
Zamora	32	65	18	-6	1501	O 11	649	41° 30
Zaragoza	34	57	14	-3	1151	NO 15	200	41° 39

Tabla 52. Condiciones exteriores de proyecto.

3.3 Cargas térmicas

3.3.1 Condiciones de proyecto

Las condiciones ambientales exteriores para el presente proyecto son:

Localidad: Tarragona

Altitud: 60 m

Latitud: 41° 07

Vientos dominantes: Sur 5 km/h

- Condiciones normales verano:

Temperatura seca: 26 °C

Humedad relativa: 68 %

Variación diurna: 7 °C

- Condiciones normales invierno:

Temperatura seca: 1 °C

Días-grado acumulados: 626 (*)

(*) Los días-grado anuales que se reseñan son la suma de todos los días del año con temperatura seca inferior a 15 °C, multiplicada por el número de grados comprendidos entre 15 ° de termómetro seco y la temperatura media del día.

En primer lugar situaremos en el diagrama psicrométrico los puntos que corresponden a las condiciones exteriores:

1: $t_1 = 26\text{ °C}$; $j_1 = 68\%$

2: $t_1 = 25\text{ °C}$; $j_1 = 50\%$

(Diagrama psicrométrico)

Y con esto obtenemos las humedades $W_1 = 14,5 \text{ g/kg}$ y $W_2 = 12 \text{ g/kg}$.

El salto térmico es: $Dt = 26 - 25 = 1 \text{ °C}$, porque no hay corrección de la temperatura exterior, ya que consideramos el cálculo a las 15 h solares (ver tabla 4).

La diferencia de humedades: $DW = 14,5 - 12 = 2,5 \text{ g/kg}$

Excursión térmica diaria, ET [°C]	Corrección en ° C			
	Hora solar			
	12	14	15	16
5	-2,5	-0,5	0	-0,5
7.5	-3,0	-0,5	0	-0,5
10	-3,0	-0,5	0	-0,5
12.5	-3,0	-0,5	0	-0,5
15	-3,0	-0,5	0	-0,5
17.5	-3,0	-0,5	0	-0,5

Tabla 53. Corrección de la temperatura exterior.

3.3.2 Cálculo de las partidas de calor sensible

S1. Calor sensible debido a la radiación a través de ventanas, claraboyas o lucernarios.

Esta partida tiene en cuenta la energía que llega al local procedente de la radiación solar que atraviesa elementos transparentes a la radiación (cristales de ventanas, claraboyas, etc.). Para calcular esta partida, hay que saber la orientación de la ventana.

Hay que elegir una hora solar de cálculo, generalmente entre las 12 y las 16 hora solar y un día determinado que generalmente es el 23 de julio o el 24 de agosto. Con estos datos acudimos a la tabla 5 y obtenemos la radiación solar unitaria, R , en $\text{kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Si la ventana tiene **marco metálico** hay que **multiplicar por 1,17** los valores indicados en la tabla 5.

Fecha	Orientación	Hora solar				
		12	13	14	15	16
21 de Junio	N	38	38	38	35	32
	NE	38	38	38	35	32
	E	38	38	38	35	32
	SE	92	38	38	35	32
	S	146	119	94	51	32
	SO	92	192	268	301	295
	O	38	119	257	385	439
	NO	38	38	81	198	303
	Horizontal	642	629	569	485	363
23 de Julio	N	38	38	38	35	32
	NE	38	38	38	35	32
	E	38	38	38	35	32
	SE	113	40	38	35	32
	S	187	170	119	70	35
	SO	113	222	298	339	322
	O	38	116	265	390	444
	NO	38	38	70	179	284
	Horizontal	631	610	550	463	341
24 de Agosto	N	38	38	38	35	29
	NE	38	38	38	35	29
	E	38	38	38	35	29
	SE	179	67	38	35	29
	S	276	263	241	138	65
	SO	179	290	377	396	374
	O	38	122	273	393	439
	NO	38	38	43	124	222
	Horizontal	580	556	501	406	271

Tabla 54. Radiación solar R, en kcal/(h · m²), a través de vidrio ordinario, para 1 m² de ventana incluyendo el marco, en un punto a 40° de latitud Norte.

Consultamos las tablas 6 y 7 por si tenemos que aplicar factores de corrección debidos a la utilización de vidrios especiales o persianas.

Tipo de vidrio		Factor
Vidrio ordinario simple		1
Vidrio de 6 mm		0,94
Vidrio absorbente % de absorción	40-48	0,80
	48-56	0,73
	56-70	0,62
Vidrio doble ordinario		0,90
Vidrio triple		0,83
Vidrio de color:		0,70
Ámbar		
Rojo oscuro		0,56
Azul oscuro		0,60
Verde oscuro		0,32
Verde grisáceo		0,46
Opalescente claro		0,43
Opalescente oscuro		0,37

Tabla 55. Corrección según el tipo de vidrio.

			Factor con persiana			
			Persiana veneciana interior			Persiana veneciana exterior
			Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro
Vidrio ordinario			0,56	0,65	0,75	0,15
Vidrio a 6 mm			0,56	0,65	0,74	0,14
Vidrio absorbente	Porcentajes de absorción	40-48 %	0,56	0,62	0,72	0,12
		48-56 %	0,53	0,59	0,62	0,11
		56-70 %	0,51	0,54	0,56	0,10
Vidrio doble			0,54	0,61	0,67	0,14
Vidrio triple			0,48	0,39	0,64	0,12

Tabla 56. Factores de atenuación.

El calor debido a la radiación es sensible y lo llamaremos $\dot{Q}_{SR}$, valdrá:

$$\dot{Q}_{SR} = S \cdot R \cdot f \quad (40)$$

Por f hemos indicado el producto de todos los factores de corrección a que hubiera lugar.

-Radiación solar:

LOCAL	SUP. VENTANA	TIPO VIDRIO	K	f	Qsr
	(m2)		(kcal/h·m2)		(kcal/h)
Vestuarios Masc. pared N	0	-	-		0
Vestuarios Masc. pared S	0	-	-		0
Vestuarios Masc. pared E	0	-	-		0
Vestuarios Masc. pared O	1,5	vidrio absorbente 50 %	456,3	0,431	294,79
Vestuarios Fem. pared N	0	-	-		0
Vestuarios Fem. pared S	0	-	-		0
Vestuarios Fem. pared E	0	-	-		0
Vestuarios Fem. pared O	1,5	vidrio absorbente 50 %	456,3	0,431	294,79
Oficina 1 pared N	0	-	-		0
Oficina 1 pared S	0	-	-		0
Oficina 1 pared E	0	-	-		0
Oficina 1 pared O	0	-	-		0
Oficina 2 pared N	0	-	-		0
Oficina 2 pared S	0	-	-		0
Oficina 2 pared E	0	-	-		0
Oficina 2 pared O	0	-	-		0
Oficina 3 pared N	0	-	-		0
Oficina 3 pared S	0	-	-		0
Oficina 3 pared E	0	-	-		0
Oficina 3 pared O	0	-	-		0
Sala de Juntas pared N	0	-	-		0
Sala de Juntas pared S	0	-	-		0
Sala de Juntas pared E	0	-	-		0
Sala de Juntas pared O	0	-	-		0

Sala de Control pared N	0	-	-	0
Sala de Control pared S	0	-	-	0
Sala de Control pared E	0	-	-	0
Sala de Control pared O	0	-	-	0
Recepción pared N	0	-	-	0
Recepción pared S	0	-	-	0
Recepción pared E	0	-	-	0
Recepción pared O	3	vidrio absorbente 50 %	456,3	0,431 589,59
Almacén-Taller pared N	0	-	-	0
Almacén-Taller pared S	0	-	-	0
Almacén-Taller pared E	0	-	-	0
Almacén-Taller pared O	3	vidrio absorbente 50 %	456,3	0,431 589,59
				Total 1.769

S2. Calor debido a la radiación y transmisión a través de paredes y techo exteriores.

El techo no lo tendremos en cuenta porque se trata de un falso-techo, no es exterior. Para tenerlo en cuenta en esta partida debe ser exterior.

Para calcular esta partida hay que aplicar la fórmula:

$$\dot{Q}_{STR} = K \cdot S \cdot DTE$$

Donde:

$\dot{Q}_{STR}$	calor sensible radiación y transmisión;
K	es el coeficiente de transmisión de la pared o techo y se expresa en $W/(m^2 \cdot K)$ o en $kcal/(h \cdot m^2 \cdot ^\circ C)$
S	es la superficie de la pared (si hay una puerta se incluye la puerta).
DTE	quiere decir <i>diferencia de temperaturas equivalente</i> . Se trata de un salto térmico corregido para tener en cuenta el efecto de la radiación. Para saber la DTE de una pared, se emplea la tabla 8. Se necesita saber: -La orientación del muro o pared. -El producto de la densidad por el espesor (DE) del muro. -La hora solar de proyecto.

Para saber la DTE del techo, se emplea la tabla 9. Se necesita saber:

- Si el techo es soleado o en sombra.
- El producto de la densidad por el espesor (DE) del techo.
- La hora solar del proyecto.

Orientación del muro	DE Kg/m ²	Hora solar				
		12	13	14	15	16
NE	100	7,4	6,9	6,4	6,9	7,4
	300	10,8	8,1	5,3	5,8	6,4
	500	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3
	700	3	5,3	7,4	8,5	7,4
E	100	17,4	10,8	6,4	6,9	7,4
	300	16,9	10,2	7,4	6,9	6,4
	500	13,1	13,6	13,1	10,8	9,7
	700	5,3	8,1	9,7	10,2	9,7
SE	100	15,2	14,1	13,1	10,2	8,5
	300	15,2	14,1	13,6	11,3	9,7
	500	8,5	9,2	9,7	10,2	9,7
	700	3	5,8	7,4	8,1	8,5
S	100	11,9	14,7	16,4	15,2	14,1
	300	6,4	10,8	13,1	13,6	14,1
	500	1,9	4,1	6,4	8,1	8,5
	700	1,9	1,9	1,9	3,6	5,3
SO	100	3	10,2	14,1	18,6	21,9
	300	0,8	4,2	6,4	13,1	17,5
	500	3	3,6	4,2	6,4	7,4
	700	3	3	3	3,6	4,2
O	100	3	7,4	10,8	17,5	21,9
	300	1,9	3,6	5,3	10,2	14,1
	500	3	3,6	4,2	5,3	6,4
	700	4,2	4,7	5,3	5,3	5,3
NO	100	3	5,3	6,4	10,2	13,1
	300	0,8	3	4,2	5,3	6,4
	500	1,9	1,9	1,9	2,5	3
	700	3	3	3	3	3
N	100	1,9	4,2	5,3	6,4	7,4
	300	-0,3	1,3	3	4,2	5,3
	500	-0,3	0,2	0,8	1,3	1,9
	700	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8

Tabla 57 Diferencia de temperaturas equivalente DTE de muros.

	DE kg/m ²	Hora solar				
		12	13	14	15	16
Techo soleado	50	8,1	13,1	17,5	20,8	23,6
	100	8,5	12,5	16,4	19,7	22,5
	200	8,5	12,5	15,2	18,12	0,8
	300	8,5	11,9	14,7	16,91	9,2
	400	8,5	11,9	14,11	5,2	17,5
Techo en sombra	100	3	4,7	6,4	6,9	7,4
	200	0,8	2,5	4,2	5,3	6,4
	300	-0,3	0,8	1,9	3	4,2

Tabla 58. Valores de la diferencia de temperaturas equivalente, DTE, para techos.

Este valor de DTE obtenido de las tablas 8 y 9 no es el definitivo. En la tabla 10, en función de la variación o excursión térmica diaria y el salto térmico, se dan unos valores que sumaremos o restaremos, según el signo, al valor de DTE que hemos obtenido antes. Este nuevo valor es el definitivo.

Temperatura exterior – Temperatura interior, Dt	Excursión (variación) térmica diaria (ET)												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-7,5
4	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5
5	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5
6	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5
7	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5
8	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5
9	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5
10	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5
11	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5
12	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5
13	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5
14	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5
15	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5
16	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5

Tabla 59. Corrección de la diferencia de temperatura equivalente, DTE.

-Radiación y transmisión (paredes exteriores y techo):

LOCAL	SUPERFICIE	MATERIAL PARED	K	DTE	Qstr
	(m2)		(kcal/hm2°C)	(°C)	(kcal/h)
Vestuarios Masc. pared N	0	-	-	-	0
Vestuarios Masc. pared S	0	-	-	-	0
Vestuarios Masc. pared E	0	-	-	-	0
Vestuarios Masc. pared O	8,75	Hormigón 30 cm	1,42	7,2	89,46
Vestuarios Masc. techo	0	-	-	-	0
Vestuarios Fem. pared N	0	-	-	-	0
Vestuarios Fem. pared S	0	-	-	-	0
Vestuarios Fem. pared E	0	-	-	-	0
Vestuarios Fem. pared O	8,75	Hormigón 30 cm	1,42	7,2	89,46
Vestuarios Fem. techo	0	-	-	-	0
Oficina 1 pared N	0	-	-	-	0
Oficina 1 pared S	0	-	-	-	0
Oficina 1 pared E	0	-	-	-	0
Oficina 1 pared O	0	-	-	-	0
Oficina 1 techo	0	-	-	-	0
Oficina 2 pared N	0	-	-	-	0
Oficina 2 pared S	0	-	-	-	0
Oficina 2 pared E	0	-	-	-	0
Oficina 2 pared O	0	-	-	-	0
Oficina 2 techo	0	-	-	-	0
Oficina 3 pared N	0	-	-	-	0
Oficina 3 pared S	0	-	-	-	0
Oficina 3 pared E	0	-	-	-	0
Oficina 3 pared O	0	-	-	-	0
Oficina 3 techo	0	-	-	-	0
Sala de Juntas pared N	0	-	-	-	0
Sala de Juntas pared S	0	-	-	-	0
Sala de Juntas pared E	0	-	-	-	0
Sala de Juntas pared O	0	-	-	-	0
Sala de Juntas techo	0	-	-	-	0
Sala de Control pared N	0	-	-	-	0
Sala de Control pared S	0	-	-	-	0
Sala de Control pared E	0	-	-	-	0
Sala de Control pared O	0	-	-	-	0
Sala de Control techo	0	-	-	-	0

Recepción pared N	0	-	-	-	0
Recepción pared S	0	-	-	-	0
Recepción pared E	0	-	-	-	0
Recepción pared O	18,75	Hormigón 30 cm	1,42	7,2	191,7
Recepción techo	0	-	-	-	0
Almacén-Taller pared N	86,4	Hormigón 30 cm	1,42	1,2	147,23
Almacén-Taller pared S	0	-	-	-	0
Almacén-Taller pared E	0	-	-	-	0
Almacén-Taller pared O	18,6	Hormigón 30 cm	1,42	7,2	190,17
Almacén-Taller techo	0	-	-	-	0
Total					708

S3. Calor debido a la transmisión (sólo transmisión) a través de paredes y techo no exteriores.

Aquí en esta partida tenemos en cuenta las paredes y techos que no son exteriores. También se incluyen las superficies vidriadas, ya que en S1 sólo se ha calculado la radiación y también tenemos transmisión. Así pues, hay que incluir en esta partida:

- Paredes interiores.
- Techos interiores.
- Suelos (siempre son interiores).
- Superficies vidriadas y claraboyas.

Las paredes generalmente no se cuentan; su superficie se incluye en la pared. Este calor, que es sensible también, lo llamamos $\dot{Q}_{ST}$ y se calcula mediante la expresión:

$$\dot{Q}_{ST} = S \cdot K \cdot \Delta t \quad (41)$$

Donde:

- S es la superficie del elemento en m^2
- K es el coeficiente global en $W/(m^2 \cdot K)$ o $kcal/(h \cdot m^2 \cdot ^\circ C)$
- Δt es el salto térmico en $^\circ C$

Si se trata de una pared o un techo colindante con un local refrigerado, esta pared o techo no se cuenta. Si son colindantes con un local no refrigerado, el salto térmico que se utiliza se rebaja en $3^\circ C$.

-Transmisión a través de paredes y techo no exteriores:

LOCAL	SUPERFICIE	MATERIAL PARED	K	S.TÉRMICO	Qstr
	(m2)		(kcal/hm ² °C)	(°C)	(kcal/h)
Vestuarios Masc. pared N	13,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Vestuarios Masc. pared S	13,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Vestuarios Masc. pared E	8,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	16,63
Vestuarios Masc. pared O	-	-	-	-	0,00
Vestuarios Masc. Techo	25,3	mort.Cemento, forjado	0,91	1	23,02
Vestuarios Masc. Suelo	25,3	embaldosado,hormigón	0,93	1	23,53
Vestuarios Masc. Vidrio	1,5	vidrio absorbente 50 %	5	1	7,50
Vestuarios Fem. Pared N	13,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Vestuarios Fem. Pared S	13,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Vestuarios Fem. Pared E	8,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	16,63
Vestuarios Fem. Pared O	-	-	-	-	0,00
Vestuarios Fem. Techo	25,3	mort. Cemento, forjado	0,91	1	23,02
Vestuarios Fem. suelo	25,3	embaldosado, hormigón	0,93	1	23,53
Vestuarios Fem. vidrio	1,5	vidrio absorbente 50 %	5	1	7,50
Oficina 1 pared N	17,5	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	33,25
Oficina 1 pared S	17,5	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Oficina 1 pared E	11,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	22,33
Oficina 1 pared O	11,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	22,33
Oficina 1 techo	32,9	mort. Cemento, forjado	0,91	1	29,94
Oficina 1 suelo	32,9	embaldosado, hormigón	0,93	1	30,60
Oficina 1 vidrio	0	vidrio absorbente 50 %	5	-	0,00
Oficina 2 pared N	17,5	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Oficina 2 pared S	17,5	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Oficina 2 pared E	11,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	22,33
Oficina 2 pared O	11,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	22,33
Oficina 2 techo	32,9	mort. Cemento, forjado	0,91	1	29,94
Oficina 2 suelo	32,9	embaldosado, hormigón	0,93	1	30,60
Oficina 2 vidrio	0	vidrio absorbente 50 %	5	-	0,00
Oficina 3 pared N	23,25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	44,18
Oficina 3 pared S	23,25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	44,18
Oficina 3 pared E	18	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	34,20
Oficina 3 pared O	18	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	34,20
Oficina 3 techo	66,96	mort. Cemento, forjado	0,91	1	60,93
Oficina 3 suelo	66,96	embaldosado, hormigón	0,93	1	62,27

Oficina 3 vidrio	0	vidrio absorbente 50 %	5	-	0,00
Sala de Juntas pared N	24,25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	46,08
Sala de Juntas pared S	24,25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Sala de Juntas pared E	18,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	35,63
Sala de Juntas pared O	18,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Sala de Juntas techo	72,75	mort. Cemento, forjado	0,91	1	66,20
Sala de Juntas suelo	72,75	embaldosado, hormigón	0,93	1	67,66
Sala de Juntas vidrio	0	vidrio absorbente 50 %	5	-	0,00
Sala de Control pared N	12,5	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Sala de Control pared S	12,5	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Sala de Control pared E	25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	47,50
Sala de Control pared O	25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	47,50
Sala de Control techo	50	mort. Cemento, forjado	0,91	1	45,50
Sala de Control suelo	50	embaldosado, hormigón	0,93	1	46,50
Sala de Control vidrio	0	vidrio absorbente 50 %	5	-	0,00
Recepción pared N	28,25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	53,68
Recepción pared S	28,25	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Recepción pared E	18,75	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	0	0,00
Recepción pared O	-	-	-	1	0,00
Recepción techo	87,01	mort. Cemento, forjado	0,91	1	79,18
Recepción suelo	87,01	embaldosado, hormigón	0,93	1	80,92
Recepción vidrio	3	vidrio absorbente 50 %	5	1	15,00
Almacén-Taller pared N	-	-	-	-	0,00
Almacén-Taller pared S	86,4	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	164,16
Almacén-Taller pared E	15,5	Ladrillo hueco 10 cm	1,9	1	29,45
Almacén-Taller pared O	-	-	-	-	0,00
Almacén-Taller techo	92,16	mort. Cemento, forjado	0,91	1	83,87
Almacén-Taller suelo	92,16	embaldosado, hormigón	0,93	1	85,71
Almacén-Taller vidrio	3	vidrio absorbente 50 %	5	1	15,00
				Total	1.674

S4. Calor sensible debido al aire de infiltraciones

El local que se acondiciona debe estar exento de entradas de aire caliente del exterior. Sin embargo, cuando se abren puertas o ventanas, o bien a través de las fisuras, es inevitable que algo de aire exterior entre el local.

Para valorar la cantidad de aire que entra por las puertas utilizamos la tabla 11, teniendo en cuenta que el dato obtenido en esta tabla es por puerta y por persona.

Tipo de local	Volumen V_i en m ³ /h por persona y puerta	
	Sin vestíbulo	Con vestíbulo
Bancos	13,5	10,2
Peluquerías	8,5	6,5
Bares	12,0	9,0
Estancos	51,0	38,0
Pequeños comercios	13,6	10,2
Tienda de confecciones	4,3	3,2
Farmacias	11,9	9,0
Habitación hospital	6,0	4,4
Sala de té	8,5	6,5
Restaurantes	4,3	3,2
Comercio en general	6,0	4,4

Tabla 60. Aire de infiltraciones en metros cúbicos por hora (m³/h), por persona y por puerta.

Una vez calculado el valor del caudal total de infiltraciones, V_i , que es igual a:

$$\dot{V}_i = \text{valor de la tabla 10} \times \text{número de puertas} \times \text{número de personas}$$

Aplicamos la fórmula:

$$\dot{Q}_{SI} = \dot{V}_i (\Delta t) \cdot 0,29 \quad (42)$$

Siendo:

$\dot{V}_i$ es el volumen de infiltración en m³/h

Δt es el salto térmico en °C

$\dot{Q}_{SI}$ es el calor sensible debido a las infiltraciones, viene dado en kcal/h

En nuestro caso, no hemos considerado esta partida, debido a que en las oficinas no hay puertas exteriores. Evidentemente habrá aire de infiltraciones pero, en estas circunstancias, esta partida puede despreciarse.

S5. Calor sensible generado por las personas que ocupan el local

Las personas que ocupan el recinto generan calor sensible y calor latente debido a la actividad que realizan y a que su temperatura (unos 37 °C) es mayor que la que debe mantenerse en el local. Cuando hablamos de las personas que ocupan el local, nos referimos al numero medio de personas que lo ocupan, no a las personas que pueda haber en un instante determinado.

En la tabla 12 encontramos la información que necesitamos, según la temperatura del local y el tipo de actividad que realice la gente del local.

Cuadro de actividad	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista con actividad moderada	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso	115	250	120	250	125	245	130	230

Tabla 61. Calor emitido por las personas en kcal/h.

Así pues junto con el valor de la tabla 12 multiplicado por el nº de personas de cada ambiente, hallamos el valor de esta partida Q_{sp} en kcal/h.

LOCAL	Nº PERSONAS	CALOR EMITIDO (kcal/h)	Qsp (kcal/h)
VESTUARIOS MASCULINO	0	-	0
VESTUARIOS FEMENINO	0	-	0
OFICINA 1	1	60	60
OFICINA 2	1	60	60
OFICINA 3	1	60	60
SALA DE JUNTAS	0	-	0
SALA DE CONTROL	2	60	120
RECEPCIÓN	1	60	60
ALMACÉN-TALLER	0	-	0
		TOTAL	360

S6. Calor generado por la iluminación del local

La iluminación produce calor que hay que tener en cuenta. Si la iluminación es incandescente, se multiplica la potencia eléctrica de iluminación, en kW, por 860 y tendremos el calor generado en kcal/h.

Si la iluminación es fluorescente, además hay que multiplicar por el factor 1,25. Llamaremos $\dot{Q}_{SIL}$ a esta partida, así pues:

a) Incandescente

$$\dot{Q}_{SIL} = \text{potencia eléctrica de iluminación} \times 860 \quad (43)$$

b) Fluorescente

$$\dot{Q}_{SIL} = \text{potencia eléctrica de iluminación} \times 860 \times 1,25 \quad (44)$$

-Calor generado por iluminación:

LOCAL	POT. ILUMINACIÓN (kW)	TIPO ILUMINACIÓN	FACTOR (kW->kcal/h)	FACTOR FLUORES.	Qsil (kcal/h)
VESTUARIOS MASC.	0,28	Fluorescente	860	1,25	301
VESTUARIOS FEM.	0,28	Fluorescente	860	1,25	301
OFICINA 1	1,39	Fluorescente	860	1,25	1.494,25
OFICINA 2	1,39	Fluorescente	860	1,25	1.494,25
OFICINA 3	2,61	Fluorescente	860	1,25	2.805,75
SALA DE JUNTAS	2,61	Fluorescente	860	1,25	2.805,75
SALA DE CONTROL	1,74	Fluorescente	860	1,25	1.870,5
RECEPCIÓN	1,39	Fluorescente	860	1,25	1.494,25
ALMACÉN-TALLER	1,91	Fluorescente	860	1,25	2.053,25
				TOTAL	14.620

S7. Calor generado por máquinas

En esta partida consideraremos el calor generado por los ordenadores de las oficinas. Para ello, se multiplica la potencia eléctrica de consumo de cada equipo, en kW, por 860 y tendremos el calor generado en kcal/h, utilizaremos la misma forma que en la partida anterior:

$$\dot{Q}_{\text{SIL}} = \text{potencia eléctrica consumida} \times 860 \quad (45)$$

-Calor generado por ordenadores:

LOCAL	POT. EQUIPO (kW)	T. APARATO	FACTOR (kW->kcal/h)	Qsma (kcal/h)
VESTUARIOS MASC.	0	-	860	0
VESTUARIOS FEM.	0	-	860	0
OFICINA 1	0,3	ORDENADOR	860	258
OFICINA 2	0,3	ORDENADOR	860	258
OFICINA 3	0,3	ORDENADOR	860	258
SALA DE JUNTAS	0,3	ORDENADOR	860	258
SALA DE CONTROL	0,6	ORDENADOR	860	516
RECEPCIÓN	0,3	ORDENADOR	860	258
ALMACÉN-TALLER	0	-	860	0
TOTAL				1.806

3.3.3 Cálculo de las partidas latentes**L1. Calor latente debido al aire de infiltraciones**

Con el mismo caudal de infiltraciones, $\dot{V}_i$, obtenido a partir de la tabla 11, aplicamos la fórmula:

$$\dot{Q}_{LI} = \dot{V}_i \cdot (\Delta W) \cdot 0,72 \quad (46)$$

Donde:

$\dot{V}_i$ es el caudal de infiltraciones en m³/h

$\dot{Q}_{LI}$ es la partida en kcal/h

ΔW es la diferencia de las humedades absolutas, en g/kg, del aire exterior del local menos la del interior del local. Estas humedades absolutas se obtienen mediante el diagrama psicrométrico.

Como hemos dicho en el apartado S4 no se consideran infiltraciones ya que en nuestro caso son despreciables.

L2. Calor latente generado por las personas que ocupan el local

Esta partida es muy similar a la S5. En la tabla 12 aparece el dato del calor latente generado por persona. Bastará multiplicar por el número de personas. Esta partida la llamaremos $\dot{Q}_{LP}$, en kcal/h.

-Calor latente generado por personas que ocupan el local:

LOCAL	Nº PERSONAS	CALOR EMITIDO (kcal/h)	Qlp (kcal/h)
VESTUARIOS MASCULINO	0	-	0
VESTUARIOS FEMENINO	0	-	0
OFICINA 1	1	50	50
OFICINA 2	1	50	50
OFICINA 3	1	50	50
SALA DE JUNTAS	0	-	0
SALA DE CONTROL	2	50	100
RECEPCIÓN	1	50	50
ALMACÉN-TALLER	0	-	0
		TOTAL	300

L3. Calor latente producido por cualquier otra causa

Esta partida, calor latente producido por cualquier otra causa, tiene el mismo significado que la S8. En nuestro caso no la consideraremos ya que no tenemos ningún otro factor que nos produzca calor latente al que se refiere esta partida.

3.3.4 Cálculo de las partidas del aire de ventilación

S9. Calor sensible procedente del aire de ventilación

Esta partida la designaremos por $\dot{Q}_{SV}$, en kcal/h y se obtiene aplicando la fórmula:

$$\dot{Q}_{SV} = \dot{V}_V (\Delta t) \cdot f \cdot 0,29 \quad (47)$$

Donde:

$\dot{V}_v$ es el caudal volumétrico de ventilación en m³/h (ver tabla 4).

Δt es el salto térmico en °C

f es un coeficiente de la batería de refrigeración, llamado factor de *by pass*.

-Calor sensible procedente del aire de ventilación:

LOCAL	PERSONAS	VENTILACIÓN (m3/h/pers)	S. TÉRMICO (°C)	BY-PASS	FACTOR	Qsv (kcal/h)
VESTUARIOS MASC.	0	250	2	0,2	0,29	0
VESTUARIOS FEM.	0	250	2	0,2	0,29	0
OFICINA 1	1	85	2	0,2	0,29	9,86
OFICINA 2	1	85	2	0,2	0,29	9,86
OFICINA 3	1	85	2	0,2	0,29	9,86
SALA DE JUNTAS	0	85	2	0,2	0,29	0
SALA DE CONTROL	2	85	2	0,2	0,29	19,72
RECEPCIÓN	1	50	2	0,2	0,29	5,8
ALMACÉN-TALLER	0	13	2	0,2	0,29	0
TOTAL						55

L4. Calor latente procedente del aire de ventilación

Esta partida es la latente correspondiente al aire de ventilación. Se calcula con una fórmula análoga:

$$Q_{LV} = \dot{V}_v (\Delta W) \cdot f \cdot 0,72 \quad (48)$$

Donde:

Q_{LV} es la denominación de esta partida en kcal/h

$\dot{V}_v$ es el caudal volumétrico de ventilación en m³/h (ver tabla 4).

ΔW es la diferencia de humedades absolutas (exterior menos interior), en g/kg

f es un coeficiente de la batería de refrigeración, llamado factor de *by-pass*.

-Calor latente procedente del aire de ventilación:

LOCAL	PERSONAS	VENTILACIÓN	DIF.HUM	BY-PASS	FACTOR	Qlv
		(m3/h/pers)	(g/kg)			(kcal/h)
VESTUARIOS MASC.	0	200	2,5	0,2	0,72	0
VESTUARIOS FEM.	0	200	2,5	0,2	0,72	0
OFICINA 1	1	85	2,5	0,2	0,72	30,6
OFICINA 2	1	85	2,5	0,2	0,72	30,6
OFICINA 3	1	85	2,5	0,2	0,72	30,6
SALA DE JUNTAS	0	85	2,5	0,2	0,72	0
SALA DE CONTROL	2	85	2,5	0,2	0,72	61,2
RECEPCIÓN	1	50	2,5	0,2	0,72	18
ALMACÉN-TALLER	0	13	2,5	0,2	0,72	0
TOTAL						171

3.4 Cálculo de las cargas totales

La carga sensible total, $\dot{Q}_{SE}$, será:

$$\dot{Q}_{SE} = \dot{Q}_{SR} + \dot{Q}_{STR} + \dot{Q}_{ST} + \dot{Q}_{SI} + \dot{Q}_{SP} + \dot{Q}_{SIL} + \dot{Q}_{SMA} + \dot{Q}_{SV} \quad (49)$$

CARGA SENSIBLE	CALOR GENERADO (kcal/h)
Radiación (Qsr)	1.768,76
Transmisión-radiación (Qstr)	1.674,45
Transmisión (Qst)	708,01
Personas (Qsp)	360,00
Iluminación (Qsil)	14.620,00
Infiltraciones (Qsi)	0,00
Ordenadores (Qsma)	1.806,00
Ventilación (Qsv)	55,10
TOTAL	20.992

Tabla 62. Resumen de carga sensible efectiva total

La carga latente total, $\dot{Q}_{LE}$, será:

$$\dot{Q}_{LE} = \dot{Q}_{LI} + \dot{Q}_{LP} + \dot{Q}_{LV} \quad (50)$$

CARGA LATENTE CALOR GENERADO (kcal/h)	
Personas (Qlp)	300,00
Ventilación (Qlv)	171,00
Infiltraciones (Qli)	0,00
TOTAL	471

Tabla 63. Resumen de carga latente efectiva total

A la carga sensible hay que añadir un 10 % en concepto de seguridad. Así, la *carga sensible efectiva total* vale:

$$20.992 + 0,1 \cdot 20.992 = 23.091 \text{ kcal/h}$$

A la carga latente hay que añadir también un 10 %. Luego, la *carga latente efectiva total* vale:

$$471 + 0,1 \cdot 471 = 518 \text{ kcal/h}$$

Por tanto, para saber la *carga efectiva total* hemos de sumar la componente sensible y la latente:

$$23.091 + 518 = 23.609 \text{ kcal/h}$$

3.5 Cálculo de los parámetros fundamentales

En primer lugar, hay que clasificar los parámetros conocidos y lo que es necesario calcular.

El objetivo es elegir juiciosamente la máquina climatizadora, para lo cual debemos conocer el caudal de aire, la temperatura de entrada, la temperatura de salida, la potencia frigorífica y la temperatura de rocío de la máquina. Estas variables están indicadas en la tabla 65.

Parámetros conocidos	Parámetros que hay que determinar
t_1 temperatura exterior	$\dot{V}$ caudal del trabajo de la UTAA
j_1 humedad relativa exterior	t_4 temperatura de rocío de la UTAA
t_2 temperatura interior	t_5 temperatura de aire de suministro
j_2 humedad relativa interior	t_3 temperatura del aire a la entrada de la UTAA
$\dot{V}_V$ caudal de ventilación	N_R potencia frigorífica de la UTAA
$\dot{Q}_{se}$ carga sensible efectiva total	
$\dot{Q}_{le}$ carga latente efectiva total	
f factor de by-pass	

Tabla 64. Clasificación de los parámetros fundamentales.

a) Obtención de la temperatura de rocío de la UTAA, t_4 .

Una vez calculadas la carga sensible efectiva, $\dot{Q}_{se}$, y la carga latente efectiva, $\dot{Q}_{le}$, obtenemos el factor de calor sensible efectivo, $FCSE$:

$$FCSE = \frac{\dot{Q}_{se}}{\dot{Q}_{se} + \dot{Q}_{le}} = \frac{23.091}{23.091 + 518} = 0,98 \quad (51)$$

Este valor lo señalamos en la escala del factor de calor sensible, situada a la derecha del diagrama (fig.2) y se traza una recta uniendo el valor señalado en la escala con el foco. A continuación se traza una paralela que pase por el punto (2) (condiciones del local) hasta cortar la curva de saturación, el punto de corte es el punto (4). Esta recta que hemos trazado de (2) a (4), paralela a la otra recta, es la recta de trazos 2-4, llamada recta térmica efectiva del local. La vertical que baja desde el punto 4 nos da la temperatura de rocío t_4 de la UTAA.

b) Obtención del caudal de aire

Para ello aplicamos la fórmula:

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_{se}}{0,29 \cdot (1 - f) \cdot (t_2 - t_4)} = \frac{23.091}{0,29 \cdot (1 - 0,25) \cdot (25 - 13)} = 8.847 \text{ m}^3/\text{h} \quad (52)$$

Siendo:

$\dot{V}$	el caudal de aire en m ³ /h
$\dot{Q}_{se}$	la carga sensible efectiva, en kcal/h
f	el factor de <i>by-pass</i> de la batería (generalmente se toma 0,25).
t_2	la temperatura interior del local.
t_4	la temperatura de rocío de la UTAA.

c) Obtención de la temperatura del aire a la entrada de la UTAA, t_3 .

Aplicamos la fórmula:

$$t_3 = \frac{\dot{V}_v}{\dot{V}} \cdot (t_1 - t_2) + t_2 = \frac{1.250}{8.847} \cdot (26 - 25) + 25 = 25,14 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (53)$$

Siendo:

t_3	la temperatura a la entrada de la UTAA.
$\dot{V}_v$	el caudal de aire exterior de ventilación en m ³ /h
$\dot{V}$	el caudal de aire en m ³ /h
t_1	la temperatura exterior.
t_2	la temperatura interior del local.

Con este dato de la temperatura t_3 , situamos el punto (3) en la recta 1-2. Unimos el punto (3) con el punto (4).

d) Obtención de la temperatura salida, t_5 .

Para ello, aplicamos la fórmula:

$$t_5 = f \cdot (t_3 - t_4) + t_4 = 0,25 \cdot (25,14 - 13) + 13 = 16,03 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (54)$$

Siendo:

f	el factor de <i>by-pass</i> de la batería.
t_3	la temperatura de entrada.
t_4	la temperatura de rocío de la UTAA.

e) Obtención de la potencia frigorífica de la UAA, N_R .

Es uno de los datos más importantes. Una vez calculadas las temperaturas t_3 y t_5 situamos en el diagrama los puntos (3) y (5). Para ello, primero trazamos la recta 1-2 y situamos el punto (3); a continuación trazamos la recta 3-4 y situamos el punto (5).

Obtenemos las entalpías h_3 y h_5 en kcal/h y aplicamos la ecuación:

$$N_R = 1,2 \cdot \dot{V} \cdot (h_3 - h_5) = 1,2 \cdot 8.847 (12,4 - 9,6) = 29,726 \text{ kcal/h} \quad (55)$$

Siendo:

N_R es la potencia frigorífica de la UTAA, en kcal/h

$\dot{V}$ es el caudal de aire en m^3/h

h_3 y h_5 son las entalpías de los estados 3 y 5, kcal/kg

3.6 Equipo de aire acondicionado

Elegimos una bomba de calor aire-aire partida, con ventiladores centrífugos tanto en la unidad interior como en la unidad exterior:

Características Técnicas:	
Marca:	ROCA-YORK
Modelo:	ASAO-BCVO/I-452VG
Potencia frigorífica:	40 kW
Potencia calorífica:	44 kW
Potencia eléctrica verano:	16,5 kW
Potencia eléctrica en invierno:	16,2 kW
Caudal nominal aire interior:	10.700 m^3/h
Presión máxima:	175 Pa
Caudal nominal aire exterior:	12.000 m^3/h
Presión máxima:	190 Pa
Peso neto:	560 kg

3.7 Cálculo de conductos de aire

Los métodos utilizados, normalmente, en el cálculo de conductos son los siguientes:

-Método del rozamiento constante. Consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud. Es el método más utilizado en baja velocidad y en conductos de retorno de alta velocidad.

-Método de recuperación estática. Su fundamento es el dimensionamiento del conducto de tal forma que los tramos secundarios tengan una velocidad inferior a la del tramo principal, para que la ganancia de presión estática compense las pérdidas por rozamiento de la siguiente sección del conducto. Proporciona redes más equilibradas que el anterior método y se utiliza tanto para conductos de alta como de baja velocidad en impulsión.

En baja velocidad se utilizan conductos rectangulares o circulares, pero en alta velocidad, cuando el cálculo es muy crítico, es preferible utilizar los circulares.

A continuación vamos a exponer el método de rozamiento constante para conductos de baja velocidad.

Una vez determinados los caudales de aire, se eligen, como hemos visto, los elementos terminales, rejillas o difusores y la forma y dimensiones de la red de conductos necesaria para acceder a las rejillas o difusores, en base a las disponibilidades de espacio (la altura suele ser la restricción más normal), procurando que la red sea lo más equilibrada posible.

El tramo inicial del conducto principal es el más importante y por él se empieza el cálculo.

Se dibuja de forma esquemática la forma de la red de conductos, numerando los tramos distintos y anotando las distancias de los mismos y los caudales.

Se calcula la sección inicial, asignando la velocidad en el tramo inicial en base a la tabla 16, en nuestro caso 7,5 m/s, mediante:

Tipo de edificio	Velocidad en el primer tramo del conducto principal (m/s)
Edificio residencial	≅ 6,5
Edificio público	≅ 6,5
Cines y teatros	≅ 7
Escuelas	≅ 7 a 8
Supermercados	≅ 8 a 10
Edificios industriales	≅ 8 a 12

Tabla 65. Velocidad en el primer tramo para diversos tipos de edificios.

$$S = c / 3.600 \cdot V \quad (56)$$

Donde:

S	es la sección del conducto (m ²)
c	es la velocidad del aire (m/s)
V	es el caudal del equipo (m ³ /h)

Conocido el caudal de cada tramo y la caída de presión unitaria que adoptamos a través del diagrama para el cálculo de conductos se obtiene el diámetro equivalente.

Una vez obtenido el diámetro equivalente de cada tramo, se acude a la tabla 17 y se eligen las dimensiones adecuadas, para que salga el diámetro equivalente del tramo; tengamos presente que al menos una dimensión podremos elegirla por diseño.

A continuación detallamos esquemáticamente los cálculos para los tramos del conducto principal:

c	velocidad, que se asigna en base a la tabla 16
$S = \frac{V}{3.600 \cdot c}$	sección del tramo inicial
H	la dimensión vertical se asigna en base al espacio existente para hacer pasar el conducto
$De = 1,3 \cdot \frac{(H \cdot W)^{0.625}}{(H + W)^{0.250}}$	el diámetro equivalente se calcula con esta fórmula o se obtiene a partir de la tabla 17.
Dr / L	la caída de presión en mm c.a por m de longitud de conducto; se obtiene del diagrama, a partir del caudal y del diámetro equivalente.

Cálculo de las derivaciones

Las derivaciones se calculan con una caída de presión unitaria distinta de la que se ha utilizado en el conducto principal.

Se calcula en primer lugar la presión en A, es decir, en la boca de salida del ventilador.

Para ello, multiplicaremos la caída unitaria en el conducto principal por la longitud total equivalente de todo el conducto principal y le sumaremos la pérdida de presión ocasionada por el aire al atravesar la última, solo la última rejilla o difusor, de esta manera:

$$(Dp / L) \cdot (\text{longitud total equivalente} + \text{pérdida en el último difusor o rejilla}) \quad (57)$$

A esta cantidad le añadiremos la recuperación estática, que será:

$$0,75 \cdot \frac{c_1^2 - c_2^2}{16} \quad (58)$$

Siendo:

c_1 la velocidad en el tramo inicial.

c_2 la velocidad en el último tramo del conducto principal.

Si llamamos:

LTE: longitud total equivalente.

Dp_D: pérdida (en mm.c.a.) que se produce en la última rejilla o difusor.

RE: la recuperación estática.

La suma anterior sería la pérdida total de presión en el conducto principal; por lo tanto, la presión en A, es decir, la presión en la boca de salida del ventilador será:

$$p_A = \frac{\rho}{L} \cdot (L T E + \rho p_D + R E) \quad (59)$$

La presión en B es muy fácil de calcular, ya que será la presión en A menos lo que hemos perdido entre A y B. Si llamamos L_{AB} la longitud total equivalente entre A y B, tendremos:

$$p_B = p_A - \frac{\rho}{L} \cdot L_{AB} \quad (60)$$

Esta presión que tenemos en B, parte se consume en rozamiento y parte en atravesar la rejilla o difusor del brazo BA. Consideremos que esta rejilla consume Δp_D mm.c.a. La parte destinada a rozamiento será:

$$p_B - \Delta p_D \quad (61)$$

Entonces aplicaremos una caída unitaria de:

$$\frac{\rho}{L} = \frac{p_B - \rho p_D}{L_{BG}} \quad (62)$$

Siendo L_{BG} la longitud total equivalente de la derivación BG.

Con esta caída unitaria y sabiendo el caudal, con el diagrama determinamos el diámetro equivalente y luego las dimensiones.

La idea principal se resume en los siguientes puntos:

- El primer tramo del conducto principal se calcula aparte. La base es asignar una velocidad para este primer tramo o una pérdida de carga unitaria.
- La pérdida unitaria, $\Delta p / L$, en mm.c.a. / m que sale en el primer tramo se aplica a todos los tramos del conducto principal, o sea, que todo el conducto principal funcionará con la misma pérdida unitaria.
- La presión se va perdiendo, salvo las pequeñas recuperaciones estáticas, desde la boca de salida del ventilador, donde tenemos la presión más alta, hasta la boca de salida del último difusor o rejilla del conducto principal, donde la presión es cero. No olvidemos que estamos trabajando con presiones relativas y que la presión relativa atmosférica es cero.
- En las derivaciones no se aplica la misma caída unitaria que en el conducto principal. Se calcula aparte; primero se determina la presión en A, luego la presión en la boca de la derivación y se utiliza la pérdida unitaria justa para que se pierda por rozamiento la presión inicial menos la que se necesitará en la rejilla o el difusor.

Pérdidas por curvas

Para calcular con exactitud la pérdida de carga que producen los codos o curvas, hay que utilizar la tabla 18. En dicha tabla, R es el radio de la curva y L es la longitud equivalente. G es la dimensión que gira para formar la curva, sin cambiar de plano. Y V es la altura del conducto.

V/G	R/G	L/G
0,25	0,5	25
	0,75	12
	1,00	7
	1,50	4
0,50	0,50	40
	0,75	16
	1,00	9
	1,50	4
1,00	0,50	50
	0,75	21
	1,00	11
	1,50	4,5
2,00	0,50	55
	0,75	30
	1,00	13
	1,50	5
4,00	0,50	65
	0,75	43
	1,00	17
	1,50	6

Tabla 66. Longitud equivalente de curvas de 90°

Pérdidas por derivaciones

Para calcular la pérdida de carga debida a las derivaciones, debemos acudir a la tabla 19; de esta tabla, mediante el ángulo de derivación y la relación entre velocidad en la derivación y la velocidad en el conducto principal, obtenemos un número. Éste número, n , nos permite obtener la caída de presión en mm.c.a. mediante la expresión:

$$\Delta p = n \cdot \frac{c^2}{16} \quad (63)$$

Donde:

- D_p es la caída de presión, en mm.c.a.
 c es la velocidad real del aire en la derivación, en m/s
 n es el valor que se obtiene en la tabla 19.

Ángulo de la derivación	Relación entre la velocidad en la derivación y la velocidad en el conducto principal						
	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	3
90°	6,5	3,1	2	1,5	0,95	0,74	0,62
60°	5	2,2	1,3	0,77	0,47	0,47	0,58
45°	3,5	1,3	0,64	0,43	0,40	0,45	0,54

Tabla 67. Valor de n para calcular la pérdida de carga en derivaciones.

Recuperación estática

La caída de presión en el último tramo es de **9,59 mm.c.a.** a este valor tenemos que sumarle la caída de presión de la última rejilla, que en nuestro caso es de 1.50 mm.c.a. Así pues, la caída total de presión es **9,59 + 1,50 = 11,09 mm.c.a.**

Si tenemos en cuenta la recuperación estática entonces, tenemos que:

$$? p_r = 0,75 \frac{c_1^2 - c_2^2}{16} = 0,75 \frac{7,5^2 - 2,76^2}{16} = 2,28 \text{ mm.c.a.} \quad (58)$$

Siendo c_1 la velocidad en el tramo inicial y c_2 la velocidad en el último tramo del conducto principal.

Por lo tanto la caída total de presión, teniendo en cuenta la recuperación estática será:

$$D_{p_r} = 11,09 - 2,28 = 8,81 \text{ mm.c.a.} \quad (64)$$

(conductos tabla) tabla nº 68

4 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

4.1 Potencia instalada

En el siguiente cuadro se muestran todos los consumos eléctricos del complejo industrial. En este cuadro se detalla la ubicación y el tipo de consumo, además siguiendo con lo marcado en las **ITC-44** y **ITC-47** del **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**, se aplican los distintos factores de corrección según sea para **alumbrado de descarga (1,8)** ó para **motores (1,25)**.

Distribución consumo	Descripción	nº Receptores	Fc	Tensión (V)	Pot. Unitaria (W)	Potencia real (W)
Cámara 1	1 comp. MYCOM 250VLD	2	1,25	400	300000	750000
	1 vent. evaporador Aircoil FD 2302	50	1,25	400	1900	118750
	1 bomba refrigerante cornell	1	1,25	400	5500	6875
Cámara 2	1 comp. MYCOM 250VLD	2	1,25	400	300000	750000
	1 vent. evaporador Aircoil FD 2302	50	1,25	400	1900	118750
	1 bomba refrigerante cornell	1	1,25	400	5500	6875
Cámara 3	1 comp. MYCOM 200VLD	2	1,25	400	215000	537500
	1 vent. evaporador Aircoil FD 1626	40	1,25	400	1900	95000
	1 bomba refrigerante cornell	1	1,25	400	5500	6875
Cámara 4	1 comp. MYCOM 250VLD	2	1,25	400	215000	537500
	1 cond. Evaporativo EVAPCO ATC-1800	1	1,25	400	60000	75000
	1 bomba refrigerante cornell	1	1,25	400	5500	6875
	1 vent. Evaporador Aircoil 1841	40	1,25	400	1900	95000
Cámara 5	1 comp. BITZER OSKA5351-K	1	1,25	400	27900	34875
	1 vent. evaporador Aircoil FD 384	12	1,25	400	640	9600
	1 bomba refrigerante cornell	1	1,25	400	5500	6875
	1 ventilador extractor S&P HXTR /4-560	1	1,25	400	1400	1750
Antecámara/ Otros	1 comp. BITZER OSKA5361-K	1	1,25	400	34300	42875
	1 vent. evaporador Aircoil FD 384	18	1,25	400	640	14400
	1 ventilador extractor S&P HXTR /6-710	1	1,25	400	1000	1250
	1 bomba refrigerante cornell	1	1,25	400	5500	6875
	1 equipo aire acondicionado	1	1,25	400	44000	55000
Alumbrado Cámaras	1/2 alumbrado cámara 1	23	1,8	230	400	16560
	2/2 alumbrado cámara 1	22	1,8	230	400	15840
	1 timbre-sirena cámara 1	1	1	230	100	100
	1 alumbrado de emergencia C1	16	1	230	8	128
	1/2 alumbrado cámara 2	23	1,8	230	400	16560
	2/2 alumbrado cámara 2	22	1,8	230	400	15840
	1 timbre-sirena cámara 2	1	1	230	100	100
	1 alumbrado de emergencia C2	16	1	230	8	128
	1/2 alumbrado cámara 3	20	1,8	230	400	14400
	2/2 alumbrado cámara 3	20	1,8	230	400	14400
	1 timbre-sirena cámara 3	1	1	230	100	100
	1 alumbrado de emergencia C3	14	1	230	8	112
	1/2 alumbrado cámara 4	20	1,8	230	400	14400
	2/2 alumbrado cámara 4	20	1,8	230	400	14400
	1 timbre-sirena cámara 4	1	1	230	100	100
	1 alumbrado de emergencia C4	14	1	230	8	112
	1/2 alumbrado cámara 5	20	1,8	230	400	14400
	2/2 alumbrado cámara 5	20	1,8	230	400	14400
	1 timbre-sirena cámara 5	1	1	230	100	100
	1 alumbrado de emergencia C5	14	1	230	8	112
	1/2 alumbrado antecámara	23	1,8	230	400	16560
	2/2 alumbrado antecámara	22	1,8	230	400	15840
	1 timbre-sirena ant	1	1	230	100	100
	1 alumbrado de emergencia ant	27	1	230	8	216
	Tomas de corriente	5	1	230	10000	50000
Alumbrado oficinas	1 alumbrado vestuarios	16	1,2	230	35	672
	1 alumbrado almacén	33	1,2	230	58	2296,8
	1 alumbrado recepción	24	1,2	230	58	1670,4
	1 alumbrado sala de juntas	45	1,2	230	58	3132
	1 alumbrado sala de control	30	1,2	230	58	2088
	1 alumbrado oficina 1	24	1,2	230	58	1670,4
	1 alumbrado oficina 2	24	1,2	230	58	1670,4
	1 alumbrado oficina 3	45	1,2	230	58	3132
	1 alumbrado pasillo-lavabos	8	1,2	230	35	336
	1 alumbrado pasillo-interior	12	1,2	230	28	403,2
	1 alumbrado pasillo-almacén	10	1,2	230	28	336
	1 alumbrado pasillo-lateral	8	1,2	230	58	556,8
	1 alumbrado sala de maquinas	24	1,2	230	80	2304
	1 alumbrado emergencia	15	1	230	8	120
	1 alumbrado exterior	1	1,8	230	10000	18000
	Tomas de corriente	10	1	230	2200	22000
Automatización	1 Transelevador	32	1,25	400	8000	320000
	1 automática SIEMENS S7-315 2DP	13	1	230	100	1300
POTENCIA TOTAL A INSTALAR =						3895196

Tabla 69. Cuadro de potencia instalada.

Mediante el sumatorio de todas estas potencias, obtendremos la potencia real a contratar.

4.2 Potencia de contrato

La potencia que se va a instalar en el complejo es de **3.895.196 W**.

Considerando que todos los receptores no van a estar funcionando simultáneamente, tomaremos un coeficiente de simultaneidad de **0,8**, con este dato resulta que la potencia prevista de consumo será de:

$$3.895.196 \cdot 0,8 = 3.116.157 \text{ W}$$

La potencia de contrato se puede realizar de dos maneras:

- Tomando una de las potencias normalizadas que la empresa suministradora (FECSA-ENDESA) tiene establecidas.
- Fijando la potencia por maxímetro.

La principal diferencia entre ambas opciones radica en que la primera, consiste en tomar la potencia inmediatamente superior a la potencia prevista y por este motivo la compañía siempre factura una cuota base de facturación fija. En cambio, en la segunda opción, la potencia base de facturación depende de la potencia utilizada no de la potencia contratada.

Si la potencia máxima demandada, registrada por el maxímetro en el período de facturación, estuviese dentro del +5 y del -15 por 100, respecto a la contratada establecida en la Póliza de Abono, dicha potencia registrada será la potencia de facturación.

Cuando la potencia máxima demandada, registrada por el maxímetro en el período de facturación, fuese superior 105 por 100 de la potencia contratada, la potencia base de facturación en el período considerado será igual al valor registrado por el maxímetro, más el doble de la diferencia entre el valor registrado por el maxímetro y el valor correspondiente al 105 por 100 de la potencia contratada.

Si la potencia máxima demandada en el período a facturar fuese inferior al 85 por 100 de la contratada, la facturación se hará en base a una potencia igual al 85 por 100 citado.

Se puede evitar alcanzar una potencia superior al 105 por 100 de la contratada y de esta forma los consiguientes recargos en el recibo, regulando el interruptor general (I.C.P.) a la intensidad adecuada.

4.2.1 Tipo de tarifa acogida

Teniendo en cuenta la potencia a contratar, que será de 3.117 kW fija da con maxímetro, muy superior a los 50 kW, es obligatorio instalar contador de doble o triple tarifa, la elección entre un tipo y otro de contador está basada en que, con doble tarifa sólo existen cuatro horas punta y resto, obteniendo un recargo del 40 % del consumo en horas punta y con el de triple tarifa tenemos, 4 horas punta, 12 horas llano y 8 horas valle, teniendo el 70 % de recargo del consumo en horas punta y una bonificación del 43 % en horas valle.

Para decidimos por el contador de doble o triple tarifa tendremos que tener en cuenta en que horas se produce el mayor consumo, dado que la planta frigorífica la parte de la instalación que más energía consume es el equipo frigorífico, el cual se encuentra funcionando a lo largo de todo el día y durante todo el año, es fácil pensar que nos interesará el contador de triple tarifa, ya uqe aunque tengamos un recargo del 70 % en las horas punta, también tendremos una bonificación del 43 % en las 8 horas valle, con lo cual en lugar de tener un recargo podríamos tener incluso una cierta bonificación.

Por los razonamientos expuestos anteriormente, optaremos por colocar un contador Tipo 3 (triple tarifa) con maxímetro.

4.2.1.1 Tarifas en alta tensión

Como el suministro de la planta lo hacemos con una tensión de 25.000 V, tendremos que acogernos a las tarifas en alta tensión.

Las tarifas en alta tensión se dividen en generales y específicas, como a estas ultimas no podemos acogernos, tendremos que optar por una de las generales, que son:

- Tarifa 1: Corta utilización.
- Tarifa 2: Media utilización.
- Tarifa 3: Larga utilización.

En función del escalón de tensión en que se haga la acometida, se definen doce modalidades de tarifas generales en alta tensión, las cuales se pueden ver en la tabla que se da a continuación, en la que se establecen los cuatro escalones de tensión normalizados para el transporte y distribución de energía eléctrica en alta tensión.

Tarifas Generales en Alta Tensión:

NIVEL DE TENSIÓN	UTILIZACIÓN		
	CORTA	MEDIA	LARGA
Hasta 36 kV inclusive	1.1	2.1	3.1
Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	1.2	2.2	3.2
Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	1.3	2.3	3.3
Mayor de 145 kV	1.4	2.4	3.4

Tabla 70. Tarifas Generales en Alta Tensión.

En nuestro caso, tendremos que elegir entre las tarifas 1.1, 2.1 y 3.1, ya que son las que corresponden a la tensión de suministro de 25.000 V.

Para elegir una de estas tarifas, tendremos que tener en cuenta el concepto de *horas de utilización*, que se define como el resultado de dividir el consumo mensual en kWh entre la potencia contratada o facturada en kW.

$$h = \frac{\text{kWh}}{\text{kW}} \quad (65)$$

4.2.1.2 Cálculo de las horas de utilización

Como hemos dicho anteriormente, el concepto de horas de utilización es el resultado de dividir el consumo mensual en kWh entre la potencia contratada o facturada en kW.

$$h = \frac{\text{kWh}}{\text{kW}}$$

Consumo mensual:

- EQUIPO FRIGORÍFICO:

Consideraciones: el condensador, compresores, los evaporadores y las bombas de refrigerante trabajan 18 horas / día.

$$((75 + (750 \cdot 2) + 937,75 + 451,5 + (6,875 \cdot 6)) \cdot 18) \cdot 30 = 1.623.024 \text{ kWh}$$

- EQUIPO AIRE ACONDICIONADO:

Consideraciones: el equipo estará funcionando 8 horas / día de lunes a viernes.

$$(55 \cdot 8) \cdot 20 = 8.800 \text{ kWh}$$

- ALUMBRADO CÁMARAS:

Consideraciones: el alumbrado estará funcionando una media de 8 horas / día. Suponiendo 20 días laborables al mes.

$$(185,01 \cdot 8) \cdot 20 = 29.601 \text{ kWh}$$

- ALUMBRADO OFICINAS:

Consideraciones: el alumbrado estará funcionando una media de 8 horas / día. Suponiendo 20 días laborables al mes.

$$(36,314 \cdot 8) \cdot 20 = 5.810 \text{ kWh}$$

- SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN:

Consideraciones: el alumbrado estará funcionando una media de 8 horas / día. Suponiendo 20 días laborables al mes.

$$20 \cdot ((320 \cdot 8) + (1,3 \cdot 8)) = 51.408 \text{ kWh}$$

Energía consumida en el mes:

- Equipo Frigorífico	→	1.623.024 kWh
- Equipo Aire Acondicionado	→	8.800 kWh
- Alumbrado Cámaras	→	29.601 kWh
- Alumbrado Oficinas	→	5.810 kWh
- Sistemas de Automatización	→	51.408 kWh

$$\text{TOTAL} = \quad \mathbf{1.718.643 \text{ kWh}}$$

Las horas de utilización serán por lo tanto:

$$h = \frac{\text{kWh}}{\text{kW}} = \frac{1.718.643}{3.117} = 551 \text{ horas}$$

Una vez calculadas las horas de utilización, y sabiendo que **por debajo de las 360 horas**, es más rentable la tarifa 1.1, que **de 360 horas hasta 570 horas** es más rentable la tarifa 2.1 y **a partir de las 570 horas** es más rentable la tarifa 3.1. Entonces optamos por la tarifa 2.1, ya que **551 horas < 570 horas**, por lo tanto, en nuestro caso, se trata de la tarifa más económica.

Al tener un contador de triple tarifa con maxímetro, los plazos de facturación serán mensuales y el maxímetro se pondrá a cero en el momento que se realice la lectura.

4.2.2 Centro de transformación

El centro de transformación del complejo frigorífico industrial, debido a sus necesidades energéticas, estará compuesto por **2 transformadores de 2.000 kVA** cada uno. De esta manera, aseguramos el suministro de **3.117 kW** de potencia eléctrica necesario para abastecer al complejo frigorífico. Seguidamente se realizan los cálculos de dimensionamiento del centro de transformación en cuestión.

4.2.2.1 Intensidad de Alta Tensión.

En un sistema trifásico, la **intensidad primaria I_p** viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (66)$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA

U = Tensión compuesta primaria en kV = 25 kV

Ip = Intensidad primaria en Amperios

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del Transformador (kVA)	Ip (A)
2.000	46,19
2.000	46,19

Tabla 71. Intensidades de los primarios de los transformadores.

siendo la intensidad total primaria de **92,38 Amperios**.

4.2.2.2 Intensidad de Baja Tensión.

En un sistema trifásico la **intensidad secundaria Is** viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (67)$$

Siendo:

S Potencia del transformador en kVA

W_{fe} Pérdidas en el hierro

W_{cu} Pérdidas en los arrollamientos

U Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0,4 kV

Is Intensidad secundaria en Amperios

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del Transformador (kVA)	Is (A)
2.000	2.852,83
2.000	2.852,83

Tabla 72. Intensidades de los secundarios de los transformadores.

4.2.2.3 Cortocircuitos.

a) Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de **500 MVA** en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

b) Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (68)$$

Siendo:

S_{cc}	Potencia de cortocircuito de la red en MVA
U	Tensión primaria en kV
I_{ccp}	Intensidad de cortocircuito primaria en kA

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s} \quad (69)$$

Siendo:

S	= Potencia del transformador en kVA
U_{cc}	= Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.
U_s	= Tensión secundaria en carga en voltios.
I_{ccs}	= Intensidad de cortocircuito secundaria en kA

c) Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$$S_{cc} = 500 \text{ MVA}$$

$$U = 25 \text{ kV}$$

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = 11,55 \text{ kA}$$

d) Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
2.000	6	48,11
2.000	6	48,11

Tabla 73. Tensión de cortocircuito e Intensidad secundaria máxima de los transformadores.

Siendo:

- **U_{cc}** Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.
- **I_{ccs}** Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

4.2.2.4 Dimensionamiento del embarrado.

➤ CELDAS CAS

El embarrado de los conjuntos compactos CAS está constituido por tramos de **550 mm** de longitud, de barra cilíndrica maciza de cobre ETP duro.

La separación entre las barras y entre aisladores en un conjunto compacto (separación entre fases) es de **130 mm**.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal	400 A
- Límite térmico 1 seg.	16 kA ef.
- Límite electrodinámico	40 kA cr.

Por tanto, hay que asegurar que el límite térmico es superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

➤ **CELDAS SM6**

El embarrado de las celdas SM6 está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertas de aislamiento termorretráctil.

Las barras se fijan a las conexiones al efecto existentes en la parte superior del cárter del aparato funcional (interruptor-seccionador o seccionador en SF6). La fijación de barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de **750 mm**. La separación entre barras (separación entre fases) es de **350 mm**.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal otras funciones	400 A
- Límite térmico (1 seg.)	16 kA ef.
- Límite electrodinámico	40 kA cresta

Por tanto, hay que asegurar que el límite térmico es superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Comprobación por densidad de corriente.

➤ **CELDAS CAS.**

Para la intensidad nominal de 400 A el embarrado de las celdas CAS es cilíndrico de tubo de cobre macizo de diámetro de $\varnothing 16$ mm. lo que equivale a una sección de 201 mm².

La densidad de corriente es:

$$d = \frac{400}{201} = 1,99 \text{ A / mm}^2 \quad (70)$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible en régimen permanente para un diámetro de 16 mm. es de **464 A**, lo cual corresponde a la densidad máxima de **2,31 A/mm²** superior a la calculada (1,99 A/mm²). Con estos datos se garantiza el embarrado de 400 A y un calentamiento inferior de 30°C sobre la temperatura ambiente.

➤ **CELDA SM6**

Para la intensidad nominal de 400 A el embarrado de las celdas SM6 es de tubo de cobre macizo de diámetro de Ø20 mm., lo que equivale a una sección de 314 mm².

La densidad de corriente es:

$$d = \frac{400}{314} = 1,27 \text{ A / mm}^2$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible en régimen permanente es de **630A**. Con estos datos se garantiza el embarrado de 400 A y un calentamiento de 30°C sobre la temperatura ambiente.

Comprobación por solicitud electrodinámica.

➤ **CELDA CAS.**

Para el cálculo consideramos un cortocircuito trifásico de 16 kA eficaces y 40 kA cresta.

El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, conforme a la siguiente expresión:

$$F = 13,85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{I_{cc}^2}{d} \cdot L \cdot \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2} - \frac{d}{L}} \quad (71)$$

Siendo:

F	Fuerza resultante en Nw
f	Coefficiente en función de cosφ, siendo f = 1 para cosφ = 0
I_{cc}	Intensidad máxima de cortocircuito = 16.000 A eficaces.
d	Separación entre fases = 130 mm
L	Longitud tramos embarrado = 550 mm

y sustituyendo, **F = 1.187 Nw**

Esta fuerza está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = \frac{F}{L} = 0,220 \text{ kg / mm} \quad (72)$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se produce en los extremos, siendo:

$$M_{\text{máx}} = \frac{q \cdot L^2}{12} = 5,551 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (73)$$

El embarrado tiene un diámetro de $\varnothing 16 \text{ mm}$.

El módulo resistente de la barra es:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 16^3}{32} = 0,402 \text{ cm}^3 = 402 \text{ mm}^3 \quad (74)$$

La fatiga máxima es:

$$r_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{W} = \frac{5,551}{402} = 13,8 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2 \quad (75)$$

Para la barra de cobre deformada en frío tenemos:

$$r_{o'2} = 19 \text{ kg} / \text{mm}^2 \gg r_{\text{máx}} \quad (76)$$

y por lo tanto, existe un gran margen de seguridad.

➤ CELDAS SM6.

Para el cálculo consideramos un cortocircuito trifásico de 16 kA eficaces y 40 kA cresta.

El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, conforme a la siguiente expresión:

$$F = 13,85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{I_{cc}^2}{d} \cdot L \cdot \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - \frac{d}{L} \quad (77)$$

Siendo:

F	Fuerza resultante en Nw
f	Coeficiente en función de $\cos\phi$, siendo $f = 1$ para $\cos\phi = 0$
Icc	Intensidad máxima de cortocircuito = 16.000 A eficaces.
d	Separación entre fases = 350 mm
L	Longitud tramos embarrado = 750 mm

y sustituyendo, **F = 484 Nw**

Esta fuerza está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = \frac{F}{L} = 0,066 \text{ kg / mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se produce en los extremos, siendo:

$$M_{\text{máx}} = \frac{q \cdot L^2}{12} = 3.086 \text{ kg / mm}$$

El embarrado tiene un diámetro de $\varnothing 20$ mm.

El módulo resistente de la barra es:

$$W = \frac{p \cdot d^3}{32} = \frac{p \cdot 2^3}{32} = 0,785 \text{ cm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$r_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{W} = \frac{3.086}{785} = 3,93 \text{ kg / mm}^2$$

Para la barra de cobre deformada en frío tenemos:

$$r_{o'2} = 19 \text{ kg / mm}^2 \gg r_{\text{máx}}$$

y por lo tanto, existe un gran margen de seguridad.

Cálculo por solicitud térmica. Sobreintensidad térmica admisible.

➤ CELDAS CAS.

La sobreintensidad máxima admisible durante 1 segundo se determina de acuerdo con CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{1}{a} \cdot \sqrt{\frac{t}{dq}} \quad (77)$$

Siendo:

S	Sección de cobre en mm ² = 201 mm ²
a	13 para el cobre.
t	Tiempo de duración del cortocircuito en segundos.
I	Intensidad eficaz en A
dq	180° para conductores inicialmente a t° ambiente.

Si reducimos el valor de dq en 30°C, por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para t = 1 seg.

$$dq = 150^\circ$$

$$I = S \cdot a \cdot \sqrt{\frac{dq}{t}} \quad (78)$$

y sustituyendo:

$$I = 201 \cdot 13 \cdot \sqrt{\frac{150}{1}} = 32002 \text{ A}$$

Por tanto **Ith > 16 kA** eficaces durante 1 segundo.

➤ **CELDAS SM6.**

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{a} \cdot \sqrt{\frac{t}{dq}}$$

Siendo:

S	Sección de cobre en mm ² = 314 mm ²
a	13 para el cobre.
t	Tiempo de duración del cortocircuito en segundos.
I	Intensidad eficaz en Amperios.
dq	180° para conductores inicialmente a t° ambiente.

Si reducimos este valor en 30°C por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para I = 16 kA:

$$dq = 150^\circ$$

$$t = dq \cdot \frac{S^2}{I^2}$$

y sustituyendo:

$$t = 150 \cdot \frac{314^2}{16.000^2} = 9,76 \text{ s}$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 16 kA eficaces durante más de un segundo.

4.2.2.5 Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión.

➤ **ALTA TENSIÓN.**

No se instalarán fusibles de alta tensión al utilizar como interruptor de protección un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan.

➤ BAJA TENSION.

La salida de Baja Tensión de cada transformador se protegerá mediante un interruptor automático.

La intensidad nominal y el poder de corte de dicho interruptor serán como mínimo iguales a los valores de intensidad nominal de Baja Tensión e intensidad máxima de cortocircuito de Baja Tensión indicados en los apartados 4.2.5.2 y 4.2.5.3 respectivamente.

4.2.2.6 Dimensionado de la ventilación del C.T.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$Sr = \frac{Wcu + Wfe}{0,24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta t^3}} \quad (79)$$

Siendo:

Wcu	Pérdidas en cortocircuito del transformador en kW
Wfe	Pérdidas en vacío del transformador en kW
h	Distancia vertical entre centros de rejillas = m
Dt	Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C
K	Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como
Sr	Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Pérdidas Wcu + Wfe (kW)	Sr mínima (m ²)
2.000	23,5	23,5
2.000	23,5	23,5

Tabla 74. Pérdidas y superficie mínima de reja de entrada ventilación de los transformadores.

4.2.2.7 Dimensiones del pozo apagafuegos.

El foso de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia transformador (kVA)	Volumen mínimo del foso (litros)
2.000	1.053
2.000	1.053

Tabla 75. Volumen mínimo foso de los transformadores.

4.2.2.8 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.

a) Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = **500 W · m**

b) Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (Fuerzas Eléctricas de Cataluña (FECSA)), el tiempo máximo de eliminación del defecto es de **0,65 s**. Los valores de **K** y **n** para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$\boxed{K = 72 \text{ y } n = 1}$$

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

$$R_n = 0 \text{ W y } X_n = 25 \text{ W con}$$

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} \quad (80)$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_d(máx) = \frac{25.000V}{\sqrt{3} \cdot Z_n} \quad (81)$$

con lo que el valor obtenido es **$I_d = 577,35 \text{ A}$**

c) Diseño preliminar de la instalación de tierra.

➤ TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5 / 64 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$\mathbf{K_r = 0,0399 \text{ W}/(\text{W} \cdot \text{m})}$$

$$\mathbf{K_p = 0,00588 \text{ V}/(\text{W} \cdot \text{m} \cdot \text{A})}$$

- Descripción:

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 6 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 30 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

➤ TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/64 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0,0399 \text{ W} / (\text{W} \cdot \text{m})$$

$$K_p = 0,00588 \text{ V} / (\text{W} \cdot \text{m} \cdot \text{A})$$

- Descripción:

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 6 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 30 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ($=37 \times 0,650$).

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión. Dicha separación está calculada en el apartado 2.8.8.

4.2.2.9 Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

➤ TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot s \quad (82)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = \frac{25.000V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (83)$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = I_d \cdot R_t \quad (84)$$

Siendo:

$$s = 500 \text{ W} \cdot \text{m}$$

$$K_r = 0,0399 \text{ W} / (\text{W} \cdot \text{m})$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 20 \text{ W}$$

$$I_d = 451,27 \text{ A}$$

$$U_d = 9.002,9 \text{ V}$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo de **10.000 Voltios**.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a **100 Amperios**, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

➤ **TIERRA DE SERVICIO.**

$$R_t = K_r \cdot s = 0,0399 \cdot 500 = 20 \text{ W}$$

que vemos que es inferior a 37 W

4.2.2.10 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus paramentos tendrán una resistencia de **100.000 ohmios** como mínimo (al mes de su realización).

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p \cdot s \cdot I_d = 0,00588 \cdot 500 \cdot 451,27 = 1.326,8 \text{ V}$$

4.2.2.11 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

En el caso de existir en el paramento interior una armadura metálica, ésta estará unida a la estructura metálica del suelo.

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t \cdot I_d = 20 \cdot 451,27 = 9.002,9 \text{ V} \quad (85)$$

4.2.2.12 Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 U_p(\text{exterior}) &= 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \frac{1}{e} + \frac{6 \cdot s}{1.000} \cdot \frac{h}{\emptyset} \\
 U_p(\text{acceso}) &= 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \frac{1}{e} + \frac{3 \cdot s + 3 \cdot s \cdot h}{1.000} \cdot \frac{h}{\emptyset}
 \end{aligned}
 \tag{86}$$

Siendo:

Up	Tensiones de paso en Voltios
K	72
n	1
t	Duración de la falta en segundos: 0,65 s
s	Resistividad del terreno.
s · h	Resistividad del hormigón = 3.000 Ω · m

obtenemos los siguientes resultados:

$$U_p(\text{exterior}) = 4.430,8 \text{ V}$$

$$U_p(\text{acceso}) = 12.738,5 \text{ V}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior:

$$U_p = 1.326,8 \text{ V} < U_p(\text{exterior}) = 4.430,8 \text{ V}$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 9.002,9 \text{ V} < U_p(\text{acceso}) = 12.738,5 \text{ V}$$

4.2.2.13 Investigación de tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima $D_{mín}$, entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{mín} = \frac{s \cdot I_d}{2.000p} \quad (87)$$

Con:

$$s = 500 \text{ W} \cdot \text{m}$$

$$I_d = 451,27 \text{ A}$$

obtenemos el valor de dicha distancia:

$$D_{mín} = 35,92 \text{ m}$$

4.2.3 Instalación interior

4.2.3.1 Subdivisión de las instalaciones

El complejo industrial frigorífico está abastecido por 2 transformadores de 2.000 kVA cada uno. La separación de consumos para cada transformador, tal y como se muestra en los planos **XX**, es la siguiente:

➤ El transformador 1 da servicio a:

❑ Instalación de fuerza:

▪ **Cuadro nº 1:**

- *Línea 1.1:* Compresor nº 1. Trifásica. 300 kW

▪ **Cuadro nº 2:**

- *Línea 2.1:* Compresor nº 2. Trifásica. 300 kW

▪ **Cuadro nº 3:**

- *Línea 3.1:* Compresor nº 3. Trifásica. 300 kW

▪ **Cuadro nº 4:**

- *Línea 4.1:* Compresor nº 4. Trifásica. 300 kW

▪ **Cuadro nº 5:**

- *Línea 5.1:* Ventilador nº 1 evaporador nº 1 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.2:* Ventilador nº 2 evaporador nº 1 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.3:* Ventilador nº 3 evaporador nº 1 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.4:* Ventilador nº 4 evaporador nº 1 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.5:* Ventilador nº 5 evaporador nº 1 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.6:* Ventilador nº 1 evaporador nº 2 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.7:* Ventilador nº 2 evaporador nº 2 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.8:* Ventilador nº 3 evaporador nº 2 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.9:* Ventilador nº 4 evaporador nº 2 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.10:* Ventilador nº 5 evaporador nº 2 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.11:* Ventilador nº 1 evaporador nº 3 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.12:* Ventilador nº 2 evaporador nº 3 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.13:* Ventilador nº 3 evaporador nº 3 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.14:* Ventilador nº 4 evaporador nº 3 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.15:* Ventilador nº 5 evaporador nº 3 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.16:* Ventilador nº 1 evaporador nº 4 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.17:* Ventilador nº 2 evaporador nº 4 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.18:* Ventilador nº 3 evaporador nº 4 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.19:* Ventilador nº 4 evaporador nº 4 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.20:* Ventilador nº 5 evaporador nº 4 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.21:* Ventilador nº 1 evaporador nº 5 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.22:* Ventilador nº 2 evaporador nº 5 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.23:* Ventilador nº 3 evaporador nº 5 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.24:* Ventilador nº 4 evaporador nº 5 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.25:* Ventilador nº 5 evaporador nº 5 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.26:* Ventilador nº 1 evaporador nº 6 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.27:* Ventilador nº 2 evaporador nº 6 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.28:* Ventilador nº 3 evaporador nº 6 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.29:* Ventilador nº 4 evaporador nº 6 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 5.30:* Ventilador nº 5 evaporador nº 6 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW

- Línea 5.31: Ventilador nº 1 evaporador nº 7 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.32: Ventilador nº 2 evaporador nº 7 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.33: Ventilador nº 3 evaporador nº 7 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.34: Ventilador nº 4 evaporador nº 7 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.35: Ventilador nº 5 evaporador nº 7 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.36: Ventilador nº 1 evaporador nº 8 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.37: Ventilador nº 2 evaporador nº 8 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.38: Ventilador nº 3 evaporador nº 8 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.39: Ventilador nº 4 evaporador nº 8 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.40: Ventilador nº 5 evaporador nº 8 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.41: Ventilador nº 1 evaporador nº 9 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.42: Ventilador nº 2 evaporador nº 9 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.43: Ventilador nº 3 evaporador nº 9 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.44: Ventilador nº 4 evaporador nº 9 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.45: Ventilador nº 5 evaporador nº 9 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.46: Ventilador nº 1 evaporador nº 10 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.47: Ventilador nº 2 evaporador nº 10 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.48: Ventilador nº 3 evaporador nº 10 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.49: Ventilador nº 4 evaporador nº 10 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.50: Ventilador nº 5 evaporador nº 10 Cámara 1. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 5.51: Bomba refrigerante Compresor nº 1 y 2. Trifásica. 5,5 kW

▪ **Cuadro nº 6:**

- Línea 6.1: Ventilador nº 1 evaporador nº 1 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.2: Ventilador nº 2 evaporador nº 1 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.3: Ventilador nº 3 evaporador nº 1 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.4: Ventilador nº 4 evaporador nº 1 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.5: Ventilador nº 5 evaporador nº 1 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.6: Ventilador nº 1 evaporador nº 2 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.7: Ventilador nº 2 evaporador nº 2 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.8: Ventilador nº 3 evaporador nº 2 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.9: Ventilador nº 4 evaporador nº 2 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.10: Ventilador nº 5 evaporador nº 2 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.11: Ventilador nº 1 evaporador nº 3 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.12: Ventilador nº 2 evaporador nº 3 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.13: Ventilador nº 3 evaporador nº 3 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.14: Ventilador nº 4 evaporador nº 3 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW

- Línea 6.15: Ventilador nº 5 evaporador nº 3 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.16: Ventilador nº 1 evaporador nº 4 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.17: Ventilador nº 2 evaporador nº 4 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.18: Ventilador nº 3 evaporador nº 4 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.19: Ventilador nº 4 evaporador nº 4 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.20: Ventilador nº 5 evaporador nº 4 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.21: Ventilador nº 1 evaporador nº 5 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.22: Ventilador nº 2 evaporador nº 5 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.23: Ventilador nº 3 evaporador nº 5 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.24: Ventilador nº 4 evaporador nº 5 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.25: Ventilador nº 5 evaporador nº 5 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.26: Ventilador nº 1 evaporador nº 6 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.27: Ventilador nº 2 evaporador nº 6 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.28: Ventilador nº 3 evaporador nº 6 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.29: Ventilador nº 4 evaporador nº 6 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.30: Ventilador nº 5 evaporador nº 6 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.31: Ventilador nº 1 evaporador nº 7 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.32: Ventilador nº 2 evaporador nº 7 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.33: Ventilador nº 3 evaporador nº 7 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.34: Ventilador nº 4 evaporador nº 7 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.35: Ventilador nº 5 evaporador nº 7 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.36: Ventilador nº 1 evaporador nº 8 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.37: Ventilador nº 2 evaporador nº 8 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.38: Ventilador nº 3 evaporador nº 8 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.39: Ventilador nº 4 evaporador nº 8 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.40: Ventilador nº 5 evaporador nº 8 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.41: Ventilador nº 1 evaporador nº 9 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.42: Ventilador nº 2 evaporador nº 9 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.43: Ventilador nº 3 evaporador nº 9 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.44: Ventilador nº 4 evaporador nº 9 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.45: Ventilador nº 5 evaporador nº 9 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.46: Ventilador nº 1 evaporador nº 10 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.47: Ventilador nº 2 evaporador nº 10 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.48: Ventilador nº 3 evaporador nº 10 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.49: Ventilador nº 4 evaporador nº 10 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.50: Ventilador nº 5 evaporador nº 10 Cámara 2. Trifásica. 1,9 kW
- Línea 6.51: Bomba refrigerante Compresor nº 3 y 4. Trifásica. 5,5 kW

▪ **Cuadro nº 18:**

- *Línea 18.1:* Motor transelevador nº 1 Cámara 1. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.2:* Motor transelevador nº 2 Cámara 1. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.3:* Motor transelevador nº 3 Cámara 1. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.4:* Motor transelevador nº 4 Cámara 1. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.5:* Motor transelevador nº 5 Cámara 1. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.6:* Motor transelevador nº 6 Cámara 1. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.7:* Motor transelevador nº 1 Cámara 2. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.8:* Motor transelevador nº 2 Cámara 2. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.9:* Motor transelevador nº 3 Cámara 2. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.10:* Motor transelevador nº 4 Cámara 2. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.11:* Motor transelevador nº 5 Cámara 2. Trifásica. 8 kW
- *Línea 18.12:* Motor transelevador nº 6 Cámara 2. Trifásica. 8 kW

➤ El transformador 2 da servicio a:

□ Instalación de fuerza:

▪ **Cuadro nº 7:**

- *Línea 7.1:* Compresor nº 5. Trifásica. 215 kW

▪ **Cuadro nº 8:**

- *Línea 8.1:* Compresor nº 6 Trifásica. 215 kW

▪ **Cuadro nº 9:**

- *Línea 9.1:* Compresor nº 7 Trifásica. 215 kW

▪ **Cuadro nº 10:**

- *Línea 10.1:* Compresor nº 8 Trifásica. 215 kW

▪ **Cuadro nº 11:**

- *Línea 11.1:* Ventilador nº 1 evaporador nº 1 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.2:* Ventilador nº 2 evaporador nº 1 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.3:* Ventilador nº 3 evaporador nº 1 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.4:* Ventilador nº 4 evaporador nº 1 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.5:* Ventilador nº 1 evaporador nº 2 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.6:* Ventilador nº 2 evaporador nº 2 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW

- *Línea 11.7:* Ventilador nº 3 evaporador nº 2 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.8:* Ventilador nº 4 evaporador nº 2 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.9:* Ventilador nº 1 evaporador nº 3 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.10:* Ventilador nº 2 evaporador nº 3 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.11:* Ventilador nº 3 evaporador nº 3 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.12:* Ventilador nº 4 evaporador nº 3 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.13:* Ventilador nº 1 evaporador nº 4 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.14:* Ventilador nº 2 evaporador nº 4 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.15:* Ventilador nº 3 evaporador nº 4 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.16:* Ventilador nº 4 evaporador nº 4 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.17:* Ventilador nº 1 evaporador nº 5 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.18:* Ventilador nº 2 evaporador nº 5 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.19:* Ventilador nº 3 evaporador nº 5 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.20:* Ventilador nº 4 evaporador nº 5 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.21:* Ventilador nº 1 evaporador nº 6 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.22:* Ventilador nº 2 evaporador nº 6 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.23:* Ventilador nº 3 evaporador nº 6 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.24:* Ventilador nº 4 evaporador nº 6 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.25:* Ventilador nº 1 evaporador nº 7 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.26:* Ventilador nº 2 evaporador nº 7 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.27:* Ventilador nº 3 evaporador nº 7 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.28:* Ventilador nº 4 evaporador nº 7 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.29:* Ventilador nº 1 evaporador nº 8 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.30:* Ventilador nº 2 evaporador nº 8 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.31:* Ventilador nº 3 evaporador nº 8 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.32:* Ventilador nº 4 evaporador nº 8 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.33:* Ventilador nº 1 evaporador nº 9 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.34:* Ventilador nº 2 evaporador nº 9 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.35:* Ventilador nº 3 evaporador nº 9 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.36:* Ventilador nº 4 evaporador nº 9 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.37:* Ventilador nº 1 evaporador nº 10 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.38:* Ventilador nº 2 evaporador nº 10 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.39:* Ventilador nº 3 evaporador nº 10 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.40:* Ventilador nº 4 evaporador nº 10 Cámara 3. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 11.41:* Bomba refrigerante Compresor nº 5 y 6. Trifásica. 5,5 kW

▪ **Cuadro nº 12:**

- *Línea 12.1:* Ventilador nº 1 evaporador nº 1 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.2:* Ventilador nº 2 evaporador nº 1 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.3:* Ventilador nº 3 evaporador nº 1 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.4:* Ventilador nº 4 evaporador nº 1 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.5:* Ventilador nº 1 evaporador nº 2 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.6:* Ventilador nº 2 evaporador nº 2 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.7:* Ventilador nº 3 evaporador nº 2 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.8:* Ventilador nº 4 evaporador nº 2 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.9:* Ventilador nº 1 evaporador nº 3 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.10:* Ventilador nº 2 evaporador nº 3 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.11:* Ventilador nº 3 evaporador nº 3 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.12:* Ventilador nº 4 evaporador nº 3 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.13:* Ventilador nº 1 evaporador nº 4 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.14:* Ventilador nº 2 evaporador nº 4 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.15:* Ventilador nº 3 evaporador nº 4 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.16:* Ventilador nº 4 evaporador nº 4 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.17:* Ventilador nº 1 evaporador nº 5 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.18:* Ventilador nº 2 evaporador nº 5 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.19:* Ventilador nº 3 evaporador nº 5 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.20:* Ventilador nº 4 evaporador nº 5 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.21:* Ventilador nº 1 evaporador nº 6 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.22:* Ventilador nº 2 evaporador nº 6 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.23:* Ventilador nº 3 evaporador nº 6 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.24:* Ventilador nº 4 evaporador nº 6 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.25:* Ventilador nº 1 evaporador nº 7 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.26:* Ventilador nº 2 evaporador nº 7 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.27:* Ventilador nº 3 evaporador nº 7 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.28:* Ventilador nº 4 evaporador nº 7 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.29:* Ventilador nº 1 evaporador nº 8 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.30:* Ventilador nº 2 evaporador nº 8 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.31:* Ventilador nº 3 evaporador nº 8 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.32:* Ventilador nº 4 evaporador nº 8 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.33:* Ventilador nº 1 evaporador nº 9 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.34:* Ventilador nº 2 evaporador nº 9 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.35:* Ventilador nº 3 evaporador nº 9 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.36:* Ventilador nº 4 evaporador nº 9 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW

- *Línea 12.37:* Ventilador nº 1 evaporador nº 10 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.38:* Ventilador nº 2 evaporador nº 10 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.39:* Ventilador nº 3 evaporador nº 10 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.40:* Ventilador nº 4 evaporador nº 10 Cámara 4. Trifásica. 1,9 kW
- *Línea 12.41:* Ventilador nº 1 condensador evaporativo. Trifásica. 11 kW
- *Línea 12.42:* Ventilador nº 2 condensador evaporativo. Trifásica. 11 kW
- *Línea 12.43:* Ventilador nº 3 condensador evaporativo. Trifásica. 11 kW
- *Línea 12.44:* Ventilador nº 4 condensador evaporativo. Trifásica. 11 kW
- *Línea 12.45:* Bomba nº 1 condensador evaporativo. Trifásica. 4 kW
- *Línea 12.46:* Bomba nº 2 condensador evaporativo. Trifásica. 4 kW
- *Línea 12.47:* Bomba nº 3 condensador evaporativo. Trifásica. 4 kW
- *Línea 12.48:* Bomba nº 4 condensador evaporativo. Trifásica. 4 kW
- *Línea 12.49:* Bomba refrigerante Compresores nº 7 y 8. Trifásica. 5,5 kW

▪ **Cuadro nº 13**

- *Línea 13.1:* Compresor nº 9. Trifásica. 34,3 kW
- *Línea 13.2:* Compresor nº 10. Trifásica. 27,9 kW

▪ **Cuadro nº 14**

- *Línea 14.1:* Ventilador nº 1 evaporador nº 1 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.2:* Ventilador nº 2 evaporador nº 1 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.3:* Ventilador nº 3 evaporador nº 1 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.4:* Ventilador nº 1 evaporador nº 2 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.5:* Ventilador nº 2 evaporador nº 2 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.6:* Ventilador nº 3 evaporador nº 2 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.7:* Ventilador nº 1 evaporador nº 3 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.8:* Ventilador nº 2 evaporador nº 3 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.9:* Ventilador nº 3 evaporador nº 3 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.10:* Ventilador nº 1 evaporador nº 4 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.11:* Ventilador nº 2 evaporador nº 4 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.12:* Ventilador nº 3 evaporador nº 4 Cámara 5. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 14.13:* Ventilador extractor Cámara 5. Trifásica. 1,4 kW
- *Línea 14.14:* Bomba refrigerante Compresor nº 9. Trifásica. 5,5 kW

▪ **Cuadro nº 15**

- *Línea 15.1:* Ventilador nº 1 evaporador nº 1 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.2:* Ventilador nº 2 evaporador nº 1 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.3:* Ventilador nº 3 evaporador nº 1 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.4:* Ventilador nº 1 evaporador nº 2 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.5:* Ventilador nº 2 evaporador nº 2 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.6:* Ventilador nº 3 evaporador nº 2 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.7:* Ventilador nº 1 evaporador nº 3 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.8:* Ventilador nº 2 evaporador nº 3 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.9:* Ventilador nº 3 evaporador nº 3 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.10:* Ventilador nº 1 evaporador nº 4 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.11:* Ventilador nº 2 evaporador nº 4 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.12:* Ventilador nº 3 evaporador nº 4 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.13:* Ventilador nº 1 evaporador nº 5 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.14:* Ventilador nº 2 evaporador nº 5 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.15:* Ventilador nº 3 evaporador nº 5 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.16:* Ventilador nº 1 evaporador nº 6 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.17:* Ventilador nº 2 evaporador nº 6 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.18:* Ventilador nº 3 evaporador nº 6 Antecámara. Trifásica. 0,64 kW
- *Línea 15.19:* Bomba refrigerante Compresor nº 8. Trifásica. 5,5 kW
- *Línea 15.20:* Ventilador extractor Sala de máquinas. Trifásica. 1 kW
- *Línea 15.21:* Equipo Aire Acondicionado. Trifásica. 44 kW

□ Instalación de alumbrado:

▪ **Cuadro nº 16**

- *Circuito 16.1:* ½ alumbrado Cámara 1. Trifásico. 9,2 kW
- *Circuito 16.2:* 2/2 alumbrado Cámara 1. Trifásico. 8,8 kW
- *Circuito 16.3:* ½ alumbrado Cámara 2. Trifásico. 9,2 kW
- *Circuito 16.4:* 2/2 alumbrado Cámara 2. Trifásico. 8,8 kW
- *Circuito 16.5:* ½ alumbrado Cámara 3. Trifásico. 8 kW
- *Circuito 16.6:* 2/2 alumbrado Cámara 3. Trifásico. 8 kW
- *Circuito 16.7:* ½ alumbrado Cámara 4. Trifásico. 8 kW
- *Circuito 16.8:* 2/2 alumbrado Cámara 4. Trifásico. 8 kW
- *Circuito 16.9:* ½ alumbrado Cámara 5. Trifásico. 8 kW
- *Circuito 16.10:* 2/2 alumbrado Cámara 5. Trifásico. 8 kW
- *Circuito 16.11:* ½ alumbrado Antecámara. Trifásico. 9,2 kW

- *Circuito 16.12:* 2/2 alumbrado Antecámara. Trifásico. 8,8 kW
- *Circuito 16.13:* Timbre-sirena Cámaras. Monofásico. 0,6 kW
- *Circuito 16.14:* Alumbrado de emergencia Cámaras. Monofásico. 0,808 kW
- *Circuito 16.15:* Tomas de corriente. Trifásico. 50 kW

▪ **Cuadro nº 17**

- *Circuito 17.1:* Vestuarios. Monofásico. 0,56 kW
- *Circuito 17.2:* Almacén. Monofásico. 1,914 kW
- *Circuito 17.3:* Recepción. Monofásico. 1,392 kW
- *Circuito 17.4:* Sala de juntas. Monofásico. 2,610 kW
- *Circuito 17.5:* Sala de control. Monofásico. 1,740 kW
- *Circuito 17.6:* Oficina 1. Monofásico. 1,392 kW
- *Circuito 17.7:* Oficina 2. Monofásico. 1,392 kW
- *Circuito 17.8:* Oficina 3. Monofásico. 2,610 kW
- *Circuito 17.9:* Pasillo-lavabos. Monofásico. 0,28 kW
- *Circuito 17.10:* Pasillo-interior. Monofásico. 0,336 kW
- *Circuito 17.11:* Pasillo-almacén. Monofásico. 0,28 kW
- *Circuito 17.12:* Pasillo-lateral. Monofásico. 0,464 kW
- *Circuito 17.13:* Sala de máquinas. Monofásico. 1,920 kW
- *Circuito 17.14:* Emergencia-oficinas. Monofásico. 0,120 kW
- *Circuito 17.15:* Alumbrado exterior. Trifásico. 10 kW
- *Circuito 17.16:* Tomas de corriente. Trifásico. 22 kW

▪ **Cuadro nº 19**

- *Línea 19.1:* Motor transelevador nº 1 Cámara 3. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.2:* Motor transelevador nº 2 Cámara 3. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.3:* Motor transelevador nº 3 Cámara 3. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.4:* Motor transelevador nº 4 Cámara 3. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.5:* Motor transelevador nº 5 Cámara 3. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.6:* Motor transelevador nº 6 Cámara 3. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.7:* Motor transelevador nº 1 Cámara 4. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.8:* Motor transelevador nº 2 Cámara 4. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.9:* Motor transelevador nº 3 Cámara 4. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.10:* Motor transelevador nº 4 Cámara 4. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.11:* Motor transelevador nº 5 Cámara 4. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.12:* Motor transelevador nº 6 Cámara 4. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.13:* Motor transelevador nº 1 Cámara 5. Trifásica. 8 kW

- *Línea 19.14:* Motor transelevador nº 2 Cámara 5. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.15:* Motor transelevador nº 3 Cámara 5. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.16:* Motor transelevador nº 4 Cámara 5. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.17:* Motor transelevador nº 5 Cámara 5. Trifásica. 8 kW
- *Línea 19.18:* Motor transelevador nº 6 Cámara 5. Trifásica. 8 kW

▪ **Cuadro nº 20**

- *Línea 20.1:* Automáta Programable nº1 Cámara 1. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.2:* Automáta Programable nº2 Cámara 1. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.3:* Automáta Programable nº1 Cámara 2. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.4:* Automáta Programable nº2 Cámara 2. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.5:* Automáta Programable nº1 Cámara 3. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.6:* Automáta Programable nº2 Cámara 3. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.7:* Automáta Programable nº1 Cámara 4. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.8:* Automáta Programable nº2 Cámara 4. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.9:* Automáta Programable nº1 Cámara 5. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.10:* Automáta Programable nº2 Cámara 5. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.11:* Automáta Programable nº1 Antecámara. Monofásica. 100 W
- *Línea 20.12:* Automáta Programable nº2 Antecámara. Monofásica. 100 W

4.2.3.2 Sistema de instalación de conductores

Se adoptará una instalación de conductores bajo tubos protectores. Dichos tubos protegerán al conductor contra los agentes exteriores (humedad, acciones mecánicas, etc...).

Exceptuando los circuitos de alumbrado de la zona de oficinas y servicios, que se realizarán empotrados para mejorar la estética de la instalación. En el resto de los circuitos el montaje de los tubos será superficial, ya que no perjudica que la instalación se vea y requiere menos trabajo que la instalación empotrada, por lo que es más barata.

4.2.3.3 Conductores

Los conductores serán de cobre rígido y unipolares.

El aislamiento de los conductores será polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo (PVC), de tensión nominal 1 kV.

Los conductores de fase estarán identificados por los colores: marrón, negro y gris, el neutro será el azul y el conductor de protección será el amarillo-verde.

4.2.3.4 Cálculo de la sección de los conductores

La sección de los conductores se determinará tal y como establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su instrucción **ITC-BT 019**, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión.
- Intensidad máxima admisible en servicio permanente.

□ MÉTODO DE CÁLCULO

a) Por caída de tensión, la instrucción **ITC-BT 019** establece:

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso, la caída de tensión máxima admisible será del **4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.**

La sección se obtiene aplicando las siguientes fórmulas:

-En circuitos monofásicos:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot V \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos j}{\gamma \cdot V} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot V \cdot V} \quad (88)$$

$$I = \frac{P \cdot Fc}{V \cdot \cos j} \quad (89)$$

-En circuitos trifásicos:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot V \cdot V} = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos j}{\gamma \cdot V} = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot V \cdot V} \quad (90)$$

$$I = \frac{P \cdot Fc}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos j} \quad (91)$$

Donde:

S	Sección del conductor en mm ²
g	Conductividad. ($\gamma_{cu} = 56$ y $\gamma_{al} = 35$)
L	Longitud de la línea en m
P	Potencia del circuito en W
DV	Caída de tensión en V
V	Tensión nominal en el origen del circuito en V
Cos j	Factor de potencia.
Fc	Factor de corrección. (Motores = 1,25; Alumbrado Descarga = 1,8)

b) Por capacidad térmica:

Este método considera que la intensidad que circula por un conductor no va a producir un calentamiento excesivo en el mismo. Establecida la corriente que va a circular por la línea, la sección se obtiene mediante tablas (véase **ITC-BT 07**).

Cálculo de las acometidas:

Los conductores de los cables utilizados en las acometidas serán de cobre e irán enterrados bajo tubo. El tipo de cables elegidos serán terna de cables unipolares con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

Como se ha dicho anteriormente el complejo industrial está alimentado eléctricamente por 2 transformadores de 2.000 kVA cada uno. De los cuales, salen 5 acometidas trifásicas de cada uno de ellos. El cálculo de la primera acometida del transformador 1 se realiza seguidamente, las posteriores se resumen en el cuadro que sigue.

CÁLCULO DE LA ACOMETIDA Nº 1 DEL TRANSFORMADOR 1:

- Tensión de servicio: 400 V
- Nivel de aislamiento: 1.000 V
- Longitud: 30 m; $\cos \varphi = 0,8$
- Potencia a instalar: 300.000 W
- Potencia de cálculo: (Según **ITC-BT 47**)

$$300.000 \times 1,25 = 375.000 \text{ W}$$

- Cálculo por calentamiento:

$$I_n = (P / 1,73 \cdot V \cdot \cos j \cdot h) = (375.000 / 1,73 \cdot 400 \cdot 0,87 \cdot 0,8) = 778,60 \text{ A}$$

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x240/150) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **880 A**.

- Cálculo de la caída de tensión:

$$Du \text{ (parcial)} = 1,73 \cdot I \cdot L \cdot \cos j / S \cdot C$$

$$Du = 1,73 \cdot 778,60 \cdot 30 \cdot 0,8 / 2 \cdot 240 \cdot 56 = 1,20 \text{ V}$$

$$u = Du / V \cdot 100 = 1,20 / 400 \cdot 100 = 0,30 \%$$

$$Du \text{ (total)} = 0,30 \% < 4,5 \% \text{ Máximo Admisible}$$

TABLA RESUMEN CÁLCULO ACOMETIDAS:

TRAFO 1								
Acom. N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	C.V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)
1	30	375000	400	2	778,60	2x(3x240/150)	1,20	0,30
2	30	375000	400	2	778,60	2x(3x240/150)	1,20	0,30
3	30	375000	400	2	778,60	2x(3x240/150)	1,20	0,30
4	30	375000	400	2	778,60	2x(3x240/150)	1,20	0,30
5	35	371250	400	2	770,82	2x(3x240/150)	1,39	0,35

TRAFO 2								
Acom. N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	C.V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)
1	30	268750	400	2	558,00	2x(3x150/70)	1,38	0,34
2	35	268750	400	2	558,00	2x(3x150/70)	1,61	0,40
3	40	268750	400	2	558,00	2x(3x150/70)	1,84	0,46
4	50	268750	400	2	571,13	2x(3x150/70)	2,35	0,59
5	35	306533	400	2	651,42	2x(3x185/95)	1,52	0,38
6	40	309368	400	2	657,45	2x(3x185/95)	1,76	0,44
7	45	182000	400	2	386,77	2x(3x150/70)	1,43	0,36

Tabla 76. Resumen cálculo secciones acometidas.

TABLA RESUMEN LINEAS DISTRIBUCIÓN CUADROS:

El procedimiento que se sigue para el cálculo de la sección de las líneas de distribución a los cuadros es el mismo que se ha seguido para calcular la sección de las acometidas, así pues resumiremos los resultados en la siguiente tabla:

TRAFO 1								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
1	20	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	0,80	0,20	0,49
2	22	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	0,88	0,22	0,53
3	25	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	1,00	0,25	0,56
4	30	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	1,20	0,30	0,61
5	32	125625	400	260,83	1x(3x150/70)	1,38	0,34	0,69
6	35	125625	400	260,83	1x(3x150/70)	1,50	0,38	0,73
7	38	120000	400	249,15	1x(3x150/70)	1,56	0,39	0,74

TRAFO 2								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
1	30	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	1,47	0,37	0,68
2	40	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	1,84	0,46	0,86
3	42	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	1,93	0,48	0,94
4	42	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	1,93	0,48	0,94
5	38	101875	400	216,50	1x(3x150/70)	1,36	0,34	0,71
6	40	176875	400	375,88	1x(3x240/150)	1,55	0,39	0,76
7	42	236135	400	490,28	2x(3x150/70)	1,70	0,42	0,79
8	38	77750	400	165,23	1x(3x95/50)	1,63	0,41	0,84
9	40	18225	400	38,73	1x(3x25/16)	1,53	0,38	0,81
10	38	77525	400	164,75	1x(3x95/50)	1,63	0,41	0,84
11	40	62618	400	133,07	1x(3x95/50)	1,38	0,35	0,78
12	45	180000	400	382,52	2x(3x150/70)	1,42	0,35	0,79
13	20	2000	230	8,70	2x6+TTx6	0,25	0,06	0,49

Tabla 77. Resumen cálculo secciones líneas distribución.

Transformador 1:

- Linea 1: da servicio al cuadro n° 1.
- Linea 2: da servicio al cuadro n° 2.
- Linea 3: da servicio al cuadro n° 3.
- Linea 4: da servicio al cuadro n° 4.
- Linea 5: da servicio al cuadro n° 5.
- Linea 6: da servicio al cuadro n° 6.
- Linea 7: da servicio al cuadro n° 18.

Transformador 2:

- Linea 1: da servicio al cuadro n° 7.
- Linea 2: da servicio al cuadro n° 8.
- Linea 3: da servicio al cuadro n° 9.
- Linea 4: da servicio al cuadro n° 10.
- Linea 5: da servicio al cuadro n° 11.
- Linea 6: da servicio al cuadro n° 12.
- Linea 7: da servicio al cuadro n° 16.
- Linea 8: da servicio al cuadro n° 13.
- Linea 9: da servicio al cuadro n° 14.
- Linea 10: da servicio al cuadro n° 15.
- Linea 11: da servicio al cuadro n° 17.
- Linea 12: da servicio al cuadro n° 19.
- Linea 13: da servicio al cuadro n° 20.

Para todas las líneas de distribución de cuadros se eligen cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con conductores de cobre y de sección indicada en cada caso en la tabla 27, se instalarán al aire y bajo tubo.

TABLA RESUMEN CÁLCULO SECCIONES DE LÍNEAS:**- Cuadro n°1:**

cuadro n°1								
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
1.1	15	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	0,60	0,15	0,65

Tabla 78. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°1.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x240/150) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **880 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 800 A.
- Contactores tripolares de 800 A.
- Relé térmico de 800 A.

- Cuadro n°2:

cuadro n°2								
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
2.1	15	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	0,60	0,15	0,68

Tabla 79. Resumen cálculo secciones lineas cuadro n°2.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x240/150) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **880 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 800 A.
- Contactores tripolares de 800 A.
- Relé térmico de 800 A.

- Cuadro n°3:

cuadro n°3								
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
3.1	15	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	0,60	0,15	0,71

Tabla 80. Resumen cálculo secciones lineas cuadro n°3.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x240/150) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **880 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 800 A.
- Contactores tripolares de 800 A.
- Relé térmico de 800 A.

- Cuadro nº4:

cuadro nº4								
Linea Nº	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
4.1	15	375000	400	778,60	2x(3x240/150)	0,60	0,15	0,76

Tabla 81. Resumen cálculo secciones líneas cuadro nº4.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x240/150) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **880 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 800 A.
- Contactores tripolares de 800 A.
- Relé térmico de 800 A.

- Cuadro nº5:

cuadro nº5								
Linea Nº	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
5.1	70	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,42	0,36	1,05
5.2	72	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,46	0,37	1,06
5.3	74	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,50	0,38	1,07
5.4	76	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,54	0,39	1,08
5.5	78	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,58	0,40	1,09
5.6	81	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,65	0,41	1,10
5.7	83	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,69	0,42	1,11
5.7	85	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,73	0,43	1,12
5.8	87	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,77	0,44	1,13
5.9	89	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,81	0,45	1,14
5.10	91	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,85	0,46	1,15
5.11	94	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,91	0,48	1,17
5.12	96	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,95	0,49	1,18
5.13	98	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	1,99	0,50	1,19
5.14	100	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,03	0,51	1,20
5.15	102	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,07	0,52	1,21
5.16	105	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,13	0,53	1,22
5.17	107	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,17	0,54	1,23
5.18	109	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,21	0,55	1,24
5.19	111	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,25	0,56	1,25
5.20	113	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,30	0,57	1,26
5.21	116	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,36	0,59	1,28
5.22	118	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,40	0,60	1,29
5.23	120	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,44	0,61	1,30
5.24	122	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,48	0,62	1,31
5.25	124	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,52	0,63	1,32
5.26	135	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,74	0,69	1,38
5.27	137	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,78	0,70	1,39
5.28	139	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,82	0,71	1,40
5.29	141	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,86	0,72	1,41
5.30	143	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,90	0,73	1,42
5.31	146	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,97	0,74	1,43
5.32	148	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,01	0,75	1,44
5.33	150	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,05	0,76	1,45
5.34	152	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,09	0,77	1,46
5.35	154	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,13	0,78	1,47
5.36	157	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,19	0,80	1,49
5.37	159	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,23	0,81	1,50
5.38	161	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,27	0,82	1,51
5.39	163	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,31	0,83	1,52
5.40	165	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,35	0,84	1,53
5.41	168	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,41	0,85	1,54
5.42	170	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,45	0,86	1,55
5.43	172	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,49	0,87	1,56
5.44	174	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,53	0,88	1,57
5.45	176	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,57	0,89	1,58
5.46	179	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,64	0,91	1,60
5.47	181	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,68	0,92	1,61
5.48	183	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,72	0,93	1,62
5.49	185	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,76	0,94	1,63
5.50	187	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,80	0,95	1,64
5.51	35	6875	400	14,27	1x(3x6/6)	2,06	0,51	1,20

Tabla 82. Resumen cálculo secciones lineas cuadro nº5.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x6/6) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **36,8 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 25 A.
- Contactores tripolares de 25 A.
- Relé térmico de 10 A.

- cuadro n° 6:

cuadro n°6								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm ²)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
6.1	140	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,84	0,71	1,40
6.2	142	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,88	0,72	1,41
6.3	144	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,92	0,73	1,42
6.4	146	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,97	0,74	1,43
6.5	148	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,01	0,75	1,44
6.6	151	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,07	0,77	1,46
6.7	153	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,11	0,78	1,47
6.8	155	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,15	0,79	1,48
6.9	157	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,19	0,80	1,49
6.10	159	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,23	0,81	1,50
6.11	162	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,29	0,82	1,51
6.12	164	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,33	0,83	1,52
6.13	166	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,37	0,84	1,53
6.14	168	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,41	0,85	1,54
6.15	170	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,45	0,86	1,55
6.16	173	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,51	0,88	1,57
6.17	175	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,55	0,89	1,58
6.18	177	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,60	0,90	1,59
6.19	179	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,64	0,91	1,60
6.20	181	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,68	0,92	1,61
6.21	184	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,74	0,93	1,62
6.22	186	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,78	0,94	1,63
6.23	188	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,82	0,95	1,64
6.24	190	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,86	0,96	1,65
6.25	192	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,90	0,97	1,66
6.26	200	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,06	1,02	1,71
6.27	202	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,10	1,03	1,72
6.28	204	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,14	1,04	1,73
6.29	206	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,18	1,05	1,74
6.30	208	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,22	1,06	1,75
6.31	211	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,29	1,07	1,76
6.32	213	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,33	1,08	1,77
6.33	215	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,37	1,09	1,78
6.34	217	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,41	1,10	1,79
6.35	219	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,45	1,11	1,80
6.36	222	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,51	1,13	1,82
6.37	224	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,55	1,14	1,83
6.38	226	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,59	1,15	1,84
6.39	228	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,63	1,16	1,85
6.40	230	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,67	1,17	1,86
6.41	233	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,73	1,18	1,87
6.42	235	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,77	1,19	1,88
6.43	237	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,81	1,20	1,89
6.44	239	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,85	1,21	1,90
6.45	241	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,90	1,22	1,91
6.46	244	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	4,96	1,24	1,93
6.47	246	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	5,00	1,25	1,94
6.48	248	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	5,04	1,26	1,95
6.49	250	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	5,08	1,27	1,96
6.50	252	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	5,12	1,28	1,97
6.51	40	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	0,81	0,20	0,89

Tabla 83. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°6.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x6/6) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **36,8 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 25 A.
- Contactores tripolares de 25 A.
- Relés térmicos de 10 A.

- Cuadro n°7:

cuadro n°7								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
7.1	60	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	2,76	0,69	1,40

Tabla 84. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°7.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x150/70) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **616 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 630 A.
- Contactor tripolar de 630 A.
- Relé térmico de 630 A.

- Cuadro n°8:

cuadro n°8								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
8.1	70	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	3,22	0,80	1,66

Tabla 85. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°8.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x150/70) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **616 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 630 A.
- Contactor tripolar de 630 A.
- Relé térmico de 630 A.

- Cuadro n°9:

cuadro n°9								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
9.1	80	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	3,68	0,92	1,86

Tabla 86. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°9.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x150/70) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **616 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 630 A.
- Contactor tripolar de 630 A.
- Relé térmico de 630 A.

- Cuadro n°10:

cuadro n°10								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
10.1	90	268750	400	558,00	2x(3x150/70)	4,14	1,03	2,10

Tabla 87. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°10.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x(3x150/70) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **616 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor automático de 630 A.
- Contactor tripolar de 630 A.
- Relé térmico de 630 A.

- Cuadro n°11:

cuadro n°11								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm ²)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
11.1	115	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,34	0,58	1,29
11.2	117	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,38	0,59	1,30
11.3	119	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,42	0,60	1,31
11.4	121	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,46	0,61	1,32
11.5	123	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,50	0,62	1,33
11.6	126	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,56	0,64	1,35
11.7	128	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,60	0,65	1,36
11.7	130	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,64	0,66	1,37
11.8	132	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,68	0,67	1,38
11.9	134	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,72	0,68	1,39
11.10	136	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,76	0,69	1,40
11.11	139	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,82	0,71	1,42
11.12	141	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,86	0,72	1,43
11.13	143	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,90	0,73	1,44
11.14	145	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,95	0,74	1,45
11.15	147	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	2,99	0,75	1,46
11.16	150	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,05	0,76	1,47
11.17	152	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,09	0,77	1,48
11.18	154	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,13	0,78	1,49
11.19	156	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,17	0,79	1,50
11.20	158	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,21	0,80	1,51
11.21	161	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,27	0,82	1,53
11.22	163	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,31	0,83	1,54
11.23	165	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,35	0,84	1,55
11.24	167	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,39	0,85	1,56
11.25	169	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,43	0,86	1,57
11.26	150	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,05	0,76	1,47
11.27	152	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,09	0,77	1,48
11.28	154	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,13	0,78	1,49
11.29	156	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,17	0,79	1,50
11.30	158	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,21	0,80	1,51
11.31	161	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,27	0,82	1,53
11.32	163	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,31	0,83	1,54
11.33	165	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,35	0,84	1,55
11.34	167	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,39	0,85	1,56
11.35	169	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,43	0,86	1,57
11.36	172	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,49	0,87	1,58
11.37	174	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,53	0,88	1,59
11.38	176	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,57	0,89	1,60
11.39	178	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,62	0,90	1,61
11.40	180	2375	400	4,93	1x(3x6/6)	3,66	0,91	1,62
11.41	55	6875	400	14,27	1x(3x6/6)	3,23	0,81	1,52

Tabla 88. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°11.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x6/6) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **36,8 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 25 A.
- Contactores tripolares de 25 A.
- Relés térmicos de 15 A.

- Cuadro nº12:

cuadro nº12								
Línea Nº	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
12.1	70	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	0,85	0,21	0,92
12.2	72	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	0,88	0,22	0,93
12.3	74	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	0,90	0,23	0,94
12.4	76	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	0,93	0,23	0,94
12.5	80	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	0,97	0,24	0,95
12.6	82	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,00	0,25	0,96
12.7	84	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,02	0,26	0,97
12.7	86	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,05	0,26	0,97
12.8	90	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,10	0,27	0,98
12.9	92	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,12	0,28	0,99
12.10	94	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,15	0,29	1,00
12.11	96	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,17	0,29	1,00
12.12	100	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,22	0,30	1,01
12.13	102	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,24	0,31	1,02
12.14	104	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,27	0,32	1,03
12.15	106	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,29	0,32	1,03
12.16	110	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,34	0,34	1,05
12.17	112	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,36	0,34	1,05
12.18	114	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,39	0,35	1,06
12.19	116	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,41	0,35	1,06
12.20	105	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,28	0,32	1,03
12.21	107	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,30	0,33	1,04
12.22	109	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,33	0,33	1,04
12.23	111	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,35	0,34	1,05
12.24	115	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,40	0,35	1,06
12.25	117	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,43	0,36	1,07
12.26	119	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,45	0,36	1,07
12.27	121	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,47	0,37	1,08
12.28	125	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,52	0,38	1,09
12.29	127	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,55	0,39	1,10
12.30	129	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,57	0,39	1,10
12.31	132	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,61	0,40	1,11
12.32	135	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,65	0,41	1,12
12.32	137	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,67	0,42	1,13
12.33	139	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,69	0,42	1,13
12.34	142	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,73	0,43	1,14
12.35	144	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,75	0,44	1,15
12.36	146	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,78	0,44	1,15
12.37	148	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,80	0,45	1,16
12.38	150	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,83	0,46	1,17
12.39	152	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,85	0,46	1,17
12.40	154	2375	400	4,93	1x(3x10/10)	1,88	0,47	1,18
12.41	80	13750	400	28,55	1x(3x10/10)	5,64	1,41	2,12
12.42	82	13750	400	28,55	1x(3x10/10)	5,79	1,45	2,16
12.43	84	13750	400	28,55	1x(3x10/10)	5,93	1,48	2,19
12.44	86	13750	400	28,55	1x(3x10/10)	6,07	1,52	2,23
12.45	85	5000	400	10,38	1x(3x10/10)	2,18	0,55	1,26
12.46	87	5000	400	10,38	1x(3x10/10)	2,23	0,56	1,27
12.47	89	5000	400	10,38	1x(3x10/10)	2,28	0,57	1,28
12.48	91	5000	400	10,38	1x(3x10/10)	2,33	0,58	1,29
12.49	70	6875	400	14,27	1x(3x10/10)	4,12	1,03	1,74

Tabla 89. Resumen cálculo secciones líneas cuadro nº12.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x10/10) mm² Cu.** Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **51,2 A.**

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 10 A.
- Interruptores automáticos de 30 A. (Condensador Evaporativo)
- Contactores tripolares de 10 A.
- Contactores tripolares de 30 A. (Condensador Evaporativo)
- Relés térmicos de 10 A.
- Relés térmicos de 30 A. (Condensador Evaporativo)

- Cuadro n°13:

cuadro n°13								
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
13.1	75	42875	400	89,02	1x(3x50/25)	3,30	0,83	1,67
13.2	78	34875	400	72,41	1x(3x50/25)	2,79	0,70	1,54

Tabla 90. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°13.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x50/25) mm² Cu.** Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **144 A.**

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 200 A.
- Contactores tripolares de 100 A.
- Relés térmicos de 100 A.

- Cuadro n°14:

cuadro n°14								
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
14.1	45	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,18	0,05	0,86
14.2	47	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,19	0,05	0,86
14.3	49	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,02	0,00	0,81
14.4	65	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,27	0,07	0,88
14.5	67	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,28	0,07	0,88
14.6	69	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,28	0,07	0,88
14.7	45	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,18	0,05	0,86
14.8	47	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,19	0,05	0,86
14.9	49	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,20	0,05	0,86
14.10	65	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,27	0,07	0,88
14.11	67	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,28	0,07	0,88
14.12	69	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,28	0,07	0,88
14.13	70	1750	400	3,63	1x(3x10/10)	0,63	0,16	0,97
14.14	75	6875	400	14,27	1x(3x10/10)	2,65	0,66	1,47

Tabla 91. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°14.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x10/10) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **51,2 A**.

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 10 A.
- Interruptor automático de 15 A. (Bomba Refrigerante)
- Contactores tripolares de 5 A.
- Contactor tripolar de 15 A. (Bomba Refrigerante)
- Relés térmicos de 5 A.
- Relé térmico de 15 A. (Bomba Refrigerante)

- Cuadro n°15:

cuadro n°15								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
15.1	30	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,12	0,03	0,91
15.2	31	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,13	0,03	0,91
15.3	32	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,13	0,03	0,91
15.4	70	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,29	0,07	0,95
15.5	71	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,29	0,07	0,95
15.6	72	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,30	0,07	0,95
15.7	72	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,30	0,07	0,95
15.8	73	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,30	0,07	0,95
15.9	74	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,30	0,08	0,96
15.10	115	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,47	0,12	1,00
15.11	116	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,48	0,12	1,00
15.12	117	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,48	0,12	1,00
15.13	120	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,49	0,12	1,00
15.14	121	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,50	0,12	1,00
15.15	122	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,50	0,13	1,01
15.16	160	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,66	0,16	1,04
15.17	161	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,66	0,17	1,05
15.18	162	800	400	1,66	1x(3x10/10)	0,67	0,17	1,05
15.19	55	6875	400	14,27	1x(3x10/10)	1,94	0,49	1,37
15.20	75	1250	400	2,60	1x(3x10/10)	0,48	0,12	1,00
15.21	50	55000	400	114,20	1x(3x95/50)	1,49	0,37	1,25

Tabla 92. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°15.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x10/10) mm² Cu** y de **1x(3x95/50) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **51,2 A** y **228 A**, respectivamente.

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA. (Aire Acondicionado)
- Interruptores automáticos de 10 A.
- Interruptor automático de 15 A. (Bomba Refrigerante)
- Interruptor automático de 125 A. (Aire Acondicionado)
- Contactores tripolares de 5 A.
- Contactor tripolar de 15 A. (Bomba Refrigerante)
- Contactores tripolares de 125 A.
- Relés térmicos de 5 A.
- Relé térmico de 15 A. (Bomba Refrigerante)
- Relé térmico de 125 A. (Aire Acondicionado)

- Cuadro n°16:

cuadro n°16								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
16.1	50	16560	400	34,38	1x(3x25/16)	1,70	0,42	1,21
16.2	52	15840	400	32,89	1x(3x25/16)	1,69	0,42	1,21
16.3	100	16560	400	34,38	1x(3x25/16)	3,40	0,85	1,64
16.4	105	15840	400	32,89	1x(3x25/16)	3,41	0,85	1,64
16.5	120	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,46	0,62	1,41
16.6	125	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,57	0,64	1,43
16.7	85	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,74	0,44	1,23
16.8	90	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,85	0,46	1,25
16.9	55	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,13	0,28	1,07
16.10	60	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,23	0,31	1,10
16.11	100	16560	400	34,38	1x(3x25/16)	3,40	0,85	1,64
16.12	115	11000	400	22,84	1x(3x25/16)	2,60	0,65	1,44
16.13	120	750	400	1,56	1x(3x10/10)	0,46	0,12	0,91
16.14	150	1010	400	2,10	1x(3x10/10)	0,78	0,19	0,98
16.15	120	50000	400	103,81	1x(3x50/25)	6,16	1,54	2,33

Tabla 93. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°16.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x10/10) mm² Cu**, de **1x(3x25/16) mm² Cu**, de **1x(3x50/25) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **51,2 A**, **96 A** y **144 A**, respectivamente.

Aunque las líneas de alumbrado sean monofásicas, el suministro se hará en trifásico, de esta manera, intercalando las fases entre si podremos dar tres suministros monofásicos con un solo trifásico.

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 63 A de sensibilidad 30 mA.
- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 10 A.
- Interruptores automáticos de 25 A.
- Interruptores automáticos de 40 A.

- Cuadro n°17:

cuadro n°17								
Línea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
17.1	50	1008	400	2,09	1x(3x10/10)	0,26	0,06	0,85
17.2	52	3445	400	7,15	1x(3x10/10)	0,92	0,23	1,02
17.3	100	2506	400	5,20	1x(3x10/10)	1,29	0,32	1,11
17.4	105	4698	400	9,75	1x(3x10/10)	2,53	0,63	1,42
17.5	120	3132	400	6,50	1x(3x10/10)	1,93	0,48	1,27
17.6	125	2506	400	5,20	1x(3x10/10)	1,61	0,40	1,19
17.7	85	2506	400	5,20	1x(3x10/10)	1,09	0,27	1,06
17.8	90	4698	400	9,75	1x(3x10/10)	2,17	0,54	1,33
17.9	55	504	400	1,05	1x(3x10/10)	0,14	0,04	0,83
17.10	60	605	400	1,26	1x(3x10/10)	0,19	0,05	0,84
17.11	100	504	400	1,05	1x(3x10/10)	0,26	0,06	0,85
17.12	115	835	400	1,73	1x(3x10/10)	0,49	0,12	0,91
17.13	120	3456	400	7,18	1x(3x10/10)	2,13	0,53	1,32
17.14	150	120	400	0,25	1x(3x10/10)	0,09	0,02	0,81
17.15	120	18000	400	37,37	1x(3x25/16)	4,43	1,11	1,90
17.16	120	22000	400	45,68	1x(3x25/16)	5,42	1,35	2,14

Tabla 94. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°17.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x10/10) mm² Cu** y de **1x(3x25/16) mm² Cu**. Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **51,2 A** y **96 A**, respectivamente.

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 30 mA.
- Interruptores diferenciales de 63 A de sensibilidad 30 mA.
- Interruptor diferencial con transformador toroidal de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 10 A.
- Interruptores automáticos de 40 A.
- Interruptores automáticos de 50 A.

- Cuadro n°18:

cuadro n°18								
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
18.1	150	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,08	0,77	1,51
18.2	160	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,28	0,82	1,56
18.3	170	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,49	0,87	1,61
18.4	180	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,69	0,92	1,66
18.5	190	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,90	0,97	1,71
18.6	150	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,08	0,77	1,46
18.7	160	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,28	0,82	1,56
18.8	170	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,49	0,87	1,61
18.9	180	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,69	0,92	1,66
18.10	190	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,90	0,97	1,71
18.11	200	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	4,11	1,03	1,77
18.12	210	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	4,31	1,08	1,82

Tabla 95. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°18.

Se eligen tres cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x25/16) mm² Cu.** Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **96 A.**

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 63 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 25 A.
- Contactores tripolares de 25 A.
- Relés térmicos de 25 A.

- Cuadro n°19:

cuadro n°19								
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)
19.1	150	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,08	0,77	1,56
19.2	155	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,18	0,80	1,59
19.3	160	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,28	0,82	1,61
19.4	165	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,39	0,85	1,64
19.5	170	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,49	0,87	1,66
19.6	175	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	3,59	0,90	1,69
19.7	100	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,05	0,51	1,30
19.8	105	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,16	0,54	1,33
19.9	110	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,26	0,56	1,35
19.10	115	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,36	0,59	1,38
19.11	120	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,46	0,62	1,41
19.12	125	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	2,57	0,64	1,43
19.13	50	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,03	0,26	1,05
19.14	55	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,13	0,28	1,07
19.15	60	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,23	0,31	1,10
19.16	65	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,33	0,33	1,12
19.17	70	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,44	0,36	1,15
19.18	75	10000	400	20,76	1x(3x25/16)	1,54	0,38	1,17

Tabla 96. Resumen cálculo secciones líneas cuadro n°19.

Se eligen dos cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **1x(3x25/16) mm² Cu.** Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **96 A.**

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 63 A de sensibilidad 300 mA.
- Interruptores automáticos de 25 A.
- Contactores tripolares de 25 A.
- Relés térmicos de 25 A.

- Cuadro n°20:

cuadro n°20									
Linea N°	Long. (m)	P (W)	V (V)	Intens. (A)	Sec. A Instalar (mm2)	C.D.T. (V)	C. D. T. (%)	CDT Acum. (%)	
20.1	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.2	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.3	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.4	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.5	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.6	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.7	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.8	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.9	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.10	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.11	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	
20.12	10	125	400	0,26	2x6+TTx6	0,01	0,00	0,79	

Tabla 97. Resumen cálculo secciones lineas cuadro n°19.

Se eligen dos cables unipolares 0,6/1 kV de Polietileno reticulado (XLPE) con una sección de **2x6+TTx6 mm² Cu.** Con una Intensidad Máxima Admisible, considerando un factor de **0,8** (bajo tubo), y 40 °C de **36,8 A.**

Protecciones del cuadro:

- Interruptores diferenciales de 40 A de sensibilidad 30 mA.
- Interruptores automáticos de 5 A.

4.2.4 Grupo electrógeno

Con el fin de evitar las pérdidas que se ocasionarían en el proceso de manipulación y tratamiento, y sobre todo en las cámaras frigoríficas, caso de faltar el suministro de energía eléctrica proveniente de la empresa suministradora, dado que ésta no garantiza un suministro continuo, se instalará un grupo electrógeno.

En las cámaras frigoríficas un corte prolongado del suministro de energía produciría la maduración anticipada del producto que alojan, o incluso su deterioro, lo que provocaría momentos críticos indeseados. Estas pérdidas ocasionadas por la falta de energía se evitarán colocando un grupo electrógeno adecuado.

4.2.4.1 Potencia necesaria

Como receptores a seguir proporcionando energía en caso de fallo en el suministro eléctrico, tendremos:

- Circuito frigorífico (funcionando solo para cubrir necesidades mínimas de un 10%)..... 450.000 W
- Extractores.....2.450 W
- Alumbrado.....20.000 W

TOTAL.....472.450 W

Considerando un $\cos \phi$ de 0'95, ya que la instalación dispone de un equipo automático para la compensación del factor de potencia y tomando un factor de seguridad de 1,1; la potencia necesaria será de **552,87 kVA**.

4.3 Cálculo batería condensadores

El coeficiente de recargo (K_r) se obtiene a partir del $\cos \phi$ medio de la instalación según la siguiente fórmula:

$$K_r \% = (17 / \cos^2 j) - 21 \quad (92)$$

No existe recargo ($K_r = 0\%$) para $\cos \phi = 0'9$.

Para $\cos \phi < 0'9$ existirán recargos y para $\cos \phi > 0'9$ habrá bonificaciones.

Dado que hay dos tipos de baterías de condensadores :

- Las baterías de condensadores de tipo fijo, de una potencia unitaria constante.
- Las baterías de condensadores de tipo automático, de potencia variable.

Nos inclinamos por el segundo tipo de baterías, ya que nos permiten ajustar automáticamente la potencia reactiva suministrada por la batería de condensadores a las necesidades de carga de la red, así el factor de potencia se mantendrá en el valor deseado.

La batería está provista: de un regulador, cuya función es medir el $\cos \phi$ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \phi$ deseado, conectando los distintos escalones de energía reactiva; así como de un dispositivo de disparo de capacidades, a tensión nula, incorporado en cada regulador para desconectar automáticamente las capacidades en caso de falta de tensión. Su reconexión se efectuará de nuevo en función de las necesidades, lo que evitará encontrarse con una potencia capacitiva importante en el momento de la puesta bajo tensión, situación que podría conducir a una inestabilidad del voltaje en el alternador y acarrear daños por sobretensión.

4.3.1 Cálculo de la potencia de la batería de condensadores

El cálculo de la potencia de la batería de condensadores se hace a partir de la potencia en kW de la instalación y de su factor de potencia.

La mayor parte de la potencia instalada es consumida por motores asíncronos, y para esto el $\cos \phi$ más usual a plena carga es de 0,8, y dado que los receptores de alumbrado ya suelen llevar un condensador para mejorar su $\cos \phi$. Para realizar el cálculo de la potencia a compensar tomaremos un $\cos \phi$ inicial de **0,85** y como $\cos \phi$ deseado de **0,95**. Entonces, teniendo en cuenta la potencia de la instalación también (**3.117 kW**), calculamos la potencia necesaria de la batería:

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg} F_1 - \operatorname{tg} F_2) = 3.117 \cdot (\operatorname{tg} (\arccos (0,8)) - \operatorname{tg} (\arccos (0,95))) = 1.313 \text{ kVA} \quad (93)$$

4.4 Puesta a tierra

La puesta a tierra tiene por objeto limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas, y asegurar el disparo de los interruptores diferenciales cuando existan fugas de corriente.

Para conseguir el valor deseado de la resistencia de paso de tierra, se pueden seguir los procedimientos siguientes:

- Una vez conocido el terreno, se van introduciendo los electrodos y efectuando medidas periódicas hasta alcanzar el valor deseado.
- Utilizando el sistema de cálculo que establece la NTE – IEP, donde se calcula el número de pías necesario para conseguir un valor de resistencia de paso a tierra inferior a 80Ω ó a 15Ω , a partir de una simple clasificación de los terrenos más comunes y de la longitud, en metros, del perímetro del edificio, bajo el que se enterrará cable desnudo de cobre de 35 mm de sección.
- Conociendo el valor medio de la resistividad del terreno en (Ohm x metro) y las dimensiones y forma del electrodo elegido.

4.4.1 Cálculo del electrodo

En nuestro caso, utilizaremos el cálculo por el último procedimiento anteriormente nombrado:

Procedimiento c:

Conocido el valor medio de la resistividad del terreno (en nuestro caso 500 $\Omega \times m$) y la longitud de las picas a utilizar; el valor aproximado de resistencia de tierra de una pica se obtiene con la siguiente expresión:

$$R = \frac{r}{L} = \frac{500 \Omega \times m}{2 m} = 250 \Omega \quad (94)$$

Donde:

R	Resistencia de tierra en Ω
r	Resistividad media del terreno.
L	Longitud de la pica en m

Esta comprobado experimentalmente que cuando se colocan dos picas en paralelo, la resistencia de paso a tierra es la mitad que la resistencia de una pica. Si colocamos tres picas en paralelo, la resistencia se reduce a la tercera parte; si colocamos cuatro a la cuarta parte, etc,...

Teniendo en cuenta lo anterior, para conseguir una resistencia de paso a tierra de 15 Ω , necesitaríamos las siguientes picas de 2 m:

$$N^{\circ} \text{ de Picas} = \frac{250}{15} = 16,67 \rightarrow 18 \text{ Picas en paralelo.}$$

4.4.2 Electrodo elegido

Elegiremos un electrodo dispuesto en anillo a lo largo de todo el perímetro de la nave. Formado por cable de cobre recocido de 70 mm² de sección y 18 picas de acero cobreado de 2 m.

El cable de acero se alojará en el fondo de la cimentación, en buen contacto con el terreno, y se unirá a las zapatas y pilares mediante soldadura aluminotérmica.

La separación entre las picas será mayor que la longitud enterrada de las mismas, en concreto en nuestro caso, la separación entre ellas deberá ser mayor de 4 m.

Para la colocación del electrodo, se seguirá lo establecido por el **REBT ITC-18**.

Una vez se encuentre instalado el electrodo, se realizará la medida de la resistencia de paso a tierra y si ésta es mayor a 15 Ω , se colocarán más picas en paralelo hasta conseguir dicha resistencia.

Las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación deberán ser eléctricamente independientes.

4.4.3 *Línea de enlace con tierra*

Unirá el electrodo con el punto de puesta a tierra. Estará formada por cable desnudo de cobre de 70 mm² de sección, alojado en el interior de un tubo de PVC de 25 mm² de diámetro.

4.4.4 *Punto de puesta a tierra*

Estará formado por una caja de bornes de 135 x 180 mm, situada fuera del suelo, y en el interior de la misma se unirá la línea de enlace con tierra con la red de protección por medio de la misma se unirá la línea de enlace con tierra con la red de protección por medio de bornes atornillados para que puedan separarse y hacerse las mediciones de resistencia de tierra. **(REBT ITC-18)**

4.4.5 *Red de protección*

Unirá las masas metálicas de los receptores, y todo aquello que requiera ser puesto a tierra con el punto de puesta a tierra. Los conductores que forman la red de protección seguirán el mismo camino y serán de las mismas características que los conductores activos, y de una sección como mínimo igual a la fijada en el **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión** en la instrucción **ITC- 18**.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua, en la que no se podrán incluir en serie ni masas, ni elementos metálicos, no pudiendo pasar por ningún elemento de maniobra o protección.

No se utilizarán como conductores de tierra las tuberías de otras instalaciones ni las cubiertas metálicas de los cables.

Los conductores de toma de tierra se diferenciarán de los conductores activos por los colores reglamentarios (amarillo-verde).

5.-CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED

5.1.- Dimensionado de la Instalación Fotovoltaica

El dimensionado de una instalación fotovoltaica conectada a la red viene determinado en función de dos parámetros principales:

- Superficie disponible para instalar los módulos fotovoltaicos.
- Inversión para costear la instalación.

A diferencia de un sistema fotovoltaico autónomo, en el cual el cálculo de los paneles solares tiene que ser lo más ajustado posible para que la instalación funcione correctamente, en una instalación fotovoltaica interconectada a la red, es la empresa quién decide el número de paneles solares que desea instalar en función del espacio disponible y posibilidades económicas.

En esta instalación, utilizamos la máxima superficie disponible del tejado de la nave, del complejo frigorífico. No obstante se diseña de forma que el campo fotovoltaico quede bien distribuido, según exigencias técnicas, y respetando áreas de acceso a los paneles para su mantenimiento.

Características de los equipos utilizados:

Los paneles solares que se instalarán son de la marca ATERSA, modelo A-130, de las siguientes características eléctricas y físicas:



Módulo Fotovoltaico A-130

Características Técnicas:	
Marca:	ATERSA
Modelo:	A-130
Potencia:	130
Número de células	36 DE 6"
Intensidad a potencia Máxima:	7,54 A
Tensión a potencia Máxima:	17,2 V
Intensidad de cortocircuito:	8,1 A
Tensión de Circuito abierto:	21,3 V
Dimensiones:	
Longitud:	1476 mm
Anchura:	660 mm
Espesor:	35 mm
Peso:	11,9 kg

Los inversores que se instalarán son también de la marca ATERSA, modelo TAURO PRM 6000/8 para conexión a red, de las siguientes características eléctricas y físicas:



Inversor Tauro 600/8

Características Técnicas:	
Marca:	ATERSA
Modelo:	TAURO PR 6000/8
Potencia nominal:	6000 W
Máxima tensión de entrada de continua en vacío:	176 Vcc
Potencia mínima de conexión:	160 W
Consumo en vacío:	8 W a 230 Vac
Frecuencia de trabajo:	49.5 Hz... 50.5 Hz
rendimiento a potencia nominal:	93%
Dimensiones:	
Ancho:	600 mm
Alto:	800 mm
Fondo:	260 mm
Peso:	60 kg

El fabricante de los inversores indica que el producto que se ofrece está diseñado de tal manera que se conecten 8 módulos fotovoltaicos en serie, con un número de ramas en paralelo, de tal manera que obtenemos la potencia deseada para cada inversor.

De los siguientes cálculos obtendremos el diseño de la instalación fotovoltaica:

$$V_{inv} = N_s \times V_p = 8 \times 17,2 = \mathbf{137.6 \text{ V}} \quad (1)$$

Donde:

V_{inv} : Tensión de trabajo del inversor.

N_s : 8 módulos en serie

V_p : Tensión máxima que puede proporcionar un panel

Sabemos que cada inversor puede trabajar con una potencia de entrada de 6000 Wp, y por tanto podremos saber la intensidad que han de generar los módulos fotovoltaicos.

$$I_{dc} = P_{inv} / V_{inv} = 6000 / 137.6 = \mathbf{43.6 \text{ A}} \quad (2)$$

Donde:

I_{dc} : Intensidad de entrada al inversor.

P_{inv} : Potencia de entrada del inversor.

V_{inv} : Tensión de entrada al inversor.

Resumiendo, el fabricante especifica que se deben conectar 8 módulos en serie, para este tipo de inversor, por tanto, en la entrada del inversor se obtienen 137.6 V, el inversor utilizado tiene una capacidad de potencia a la entrada de 6000W. Para llegar a esta potencia se debe aumentar la corriente de entrada, para ello se debe conectar en paralelo grupos de 8 módulos conectados en serie, para sumar cada una su intensidad, hasta llegar a la intensidad máxima de entrada del inversor, 43,6 A.

Para saber el Número de grupos de 8 módulos, realizamos la siguiente operación.

$$N_p = I_{dc} / I_m = 43.6 / 7.54 = 5.78 \rightarrow 5 \quad (3)$$

Donde:

N_p : N° de módulos en paralelo.

I_{dc} : Intensidad de entrada al inversor.

I_m : Intensidad máxima que proporciona un módulo fotovoltaico.

Para conseguir la máxima potencia serian necesarios 5,78 grupos, pero el número de filas tiene que ser un valor entero, por tanto cogemos el valor de 5 grupos, este valor esta dentro de los rangos permitidos por el inversor, puesto que, con 6 grupos se sobrepasaría la potencia soportada por el inversor.

Si conectamos 5 módulos en paralelo obtenemos una intensidad de:

$$I_{inst} = N_p \times I_m = 5 \times 7.54 = 37.7 \text{ A} \quad (4)$$

Siendo:

I_{inst} : Intensidad instalación de cada inversor.

N_p : N° de módulos en paralelo.

I_m : Intensidad máxima que proporciona un módulo fotovoltaico.

Con los anteriores cálculos, cada inversor tendrá conectado 5 grupos de 8 módulos conectados en serie, resultando 40 módulos fotovoltaicos por inversor.

En el momento de máxima eficiencia de la instalación, obtendremos la siguiente potencia:

$$P_{inst} = I_{inst} \times V_{inv} = 37.7 \times 137.6 = 5187.52 \text{ Wp} \quad (5)$$

Donde:

P_{inst} : Potencia de la instalación de cada inversor.

V_{inv} : Tensión entrada al inversor.

I_{inst} : Intensidad de la instalación de cada inversor.

Resumen

Unidad del campo fotovoltaico	
Número de paneles conectados en serie	8
Número de series conectadas en paralelo:	5
Número de paneles por inversor:	40
Tensión de entrada al inversor:	137.6 V
Intensidad de entrada al inversor:	37.7 A
Potencia instalada por inversor:	5187.52 Wp

Resumen de los valores para un inversor.

5.2.- Orientación e Inclinación óptima de los paneles

La inclinación óptima para que un panel solar aproveche la máxima cantidad de energía contenida en la radiación solar, se consigue cuando los paneles están situados en posición perpendicular a los rayos solares. Para conseguir esto, la posición de los paneles tendría que ir variando conforme al movimiento del sol, en sentido horizontal y vertical, y para ello se tiene que disponer de un sistema de seguimiento solar; pero en una instalación con seguidores solares resulta muy cara y aumenta con gran media el mantenimiento, por tanto no es rentable, porque tampoco aumenta la producción de energía en tanta medida como el coste de la inversión.

Los paneles se montaran fijos y con orientación Sur, esta es la orientación mas idónea para captar mas radiación durante todo el año.

Con la intención de conseguir una captación de energía más o menos constante a lo largo del año, la inclinación adecuada para los paneles será la latitud del lugar más menos una inclinación de 5°. Según el manual de instaladores de fotovoltaicos de Censolar. [1]

La central solar se ubica en el tejado del complejo industrial, donde disponemos de una gran extensión llana, con un mínimo desnivel de 1% para la evacuación del agua de lluvia, pero no afecta a la instalación porque este desnivel es hacia los laterales.

La latitud de Tarragona es de: 41,12°

La inclinación escogida para los paneles solares es de **45°**, valor dentro de los márgenes establecidos para las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Con esta inclinación estándar, el fabricante de los módulos nos proporciona los soportes para estos, y además con esta inclinación aumentamos el número de filas por consiguiente módulos instalados, gracias a la reducción de sombras.

5.3.- Distancia mínima entre paneles

En el día más desfavorable del período de utilización el equipo no ha de tener más del 5% de la superficie útil de captación cubierta por sombras. Resultaría inoperante si el 20% de la superficie de captación estuviese sombreada.

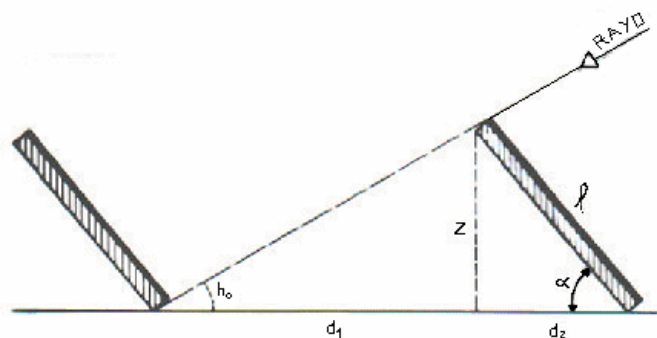
La determinación de sombras proyectadas sobre colectores por parte de obstáculos próximos se efectúa en la práctica observando el entorno desde el punto medio de la arista inferior del colector, tomando como referencia la línea Norte-Sur. Haciendo un barrido a ambos lados de la línea N-S no han de verse obstáculos frente al colector o campo de colectores.

Para evitar las posibles sombras que puedan aparecer entre paneles, se tendrán que instalar a una distancia mínima entre ellos, para asegurar que no se proyecten sombras entre ellos.

La separación entre líneas de colectores se establece de tal forma que al mediodía solar del día más desfavorable (altura solar mínima) del período de utilización, la sombra de la arista superior de una fila ha de proyectarse, como máximo, sobre la arista inferior de la fila siguiente.

En instalaciones que se utilicen todo el año, el día más desfavorable corresponde al 21 de diciembre. En este día la altura solar es mínima y al mediodía solar tiene el valor siguiente: (ver figura 1)

$$h_o = (90 - \text{latitud del lugar}) - 23.5^\circ \quad (6)$$



Proyección de sombras de los paneles

De la anterior figura deducimos:

$$D = d_1 + d_2 = \frac{z}{\tan h_o} + \frac{z}{\tan a} = \frac{L \cdot \sin a}{\tan h_o} + \frac{L \cdot \sin a}{\tan a} \quad (7)$$

Por tanto la fórmula de la distancia mínima entre hileras de paneles queda así:

$$D = L \left(\frac{\sin a}{\tan h_o} + \cos a \right) \quad (8)$$

Mediante los datos específicos de la instalación se calcula la distancia:

- Latitud del lugar: en nuestro caso, la latitud de **Tarragona** es de **41,12°**.
- Altura solar al medio día del mes más desfavorable (invierno):

$$ho = (90^\circ - \text{Latitud del lugar}) - 23.5^\circ = 25.4^\circ \text{ (6)}$$

- Longitud de la placa solar: 1,476 m.
- Inclinação de los paneles: en nuestro caso 45°

$$D = 1.476 \left(\frac{\sin 45}{\tan 25.3} + \cos 45 \right) = 3.24 \text{ m}$$

Siendo:

D = Distancia entre paneles.

L = Longitud de la placa.

α = Inclinação de la placa.

ho = Altura solar en invierno al mediodía

5.4.- Número de paneles e inversores instalados.

El número de paneles solares utilizados en la central solar, está relacionado con la superficie que disponemos en el tejado del complejo frigorífico.

Pero no se puede utilizar todo el espacio disponible, porque se debe dejar espacio suficiente para los pasillos de acceso y mantenimiento de los paneles e inversores.

Para calcular el número de paneles a utilizar, también se debe tener en cuenta el número de inversores, porque cada inversor lleva asociado un número de paneles y debe de ser el mismo número para todos.

Para poder obtener la línea trifásica alterna equilibrada, el número de inversores tiene que ser múltiplo de 3. Según el primer apartado, de esta sección de la memoria de cálculo, dimensionado de la central, obtenemos que la unidad de paneles solares por inversor es de 40, el resultado final, será un campo fotovoltaico donde el número de paneles instalados será múltiplo de 120.

Modulos conetados a cada inversor:

1 inversor = 40 paneles

Unidad de modulos, para un sistema equilibrado:

3 inversores = 120 paneles

Mediante los cálculos realizados, en el apartado 3, de la memoria de calculo de la central solar, la distancia entre paneles, obtenemos una separación de 3,24 m.(8) dejando espacio suficiente para el mantenimiento y acceso obtenemos 25 hileras con una longitud cada una de 72,6 m. Resultado de 110 paneles puestos una al lado de otro, formando 2 zonas separadas por un pasillo de 1,6 m. (ver planos)

Superficie del tejado del complejo: 150×80 m.

Separación entre filas: 3.24 m.

Calculo de filas:

$F = \text{Ancho del tejado} / \text{Separación} = 80 / 3.24 = 24.69 \text{ filas} \rightarrow 25$

Por razones obvias, el numero de filas debe ser entero, se adapta el valor de 25, puesto que la última fila no interesa dejar espacio para evitar las sombras.

Interesa separar la zona en dos partes, para poder tener una mejor modularidad, para separar estas zonas se sitúa un pasillo central y dos laterales. Cada uno aproximadamente 1,6 m. de ancho.

La longitud de una zona será:

Longitud del tejado: 150 m.

Longitud pasillos: 1,6 m.

Número de zonas: 2

Número de pasillos: 3

Longitud de zona: $(150 - (3 \cdot 1.6)) / 2 = 72,6$ m.

Ancho del panel solar: 0,66 m.

Longitud de la zona: 72,6 m.

Numero de paneles por fila: $72,6 / 0,66 = 110$ modulos por fila

Nota: Se ha determinado un pasillo para que resultase un numero de paneles exacto.

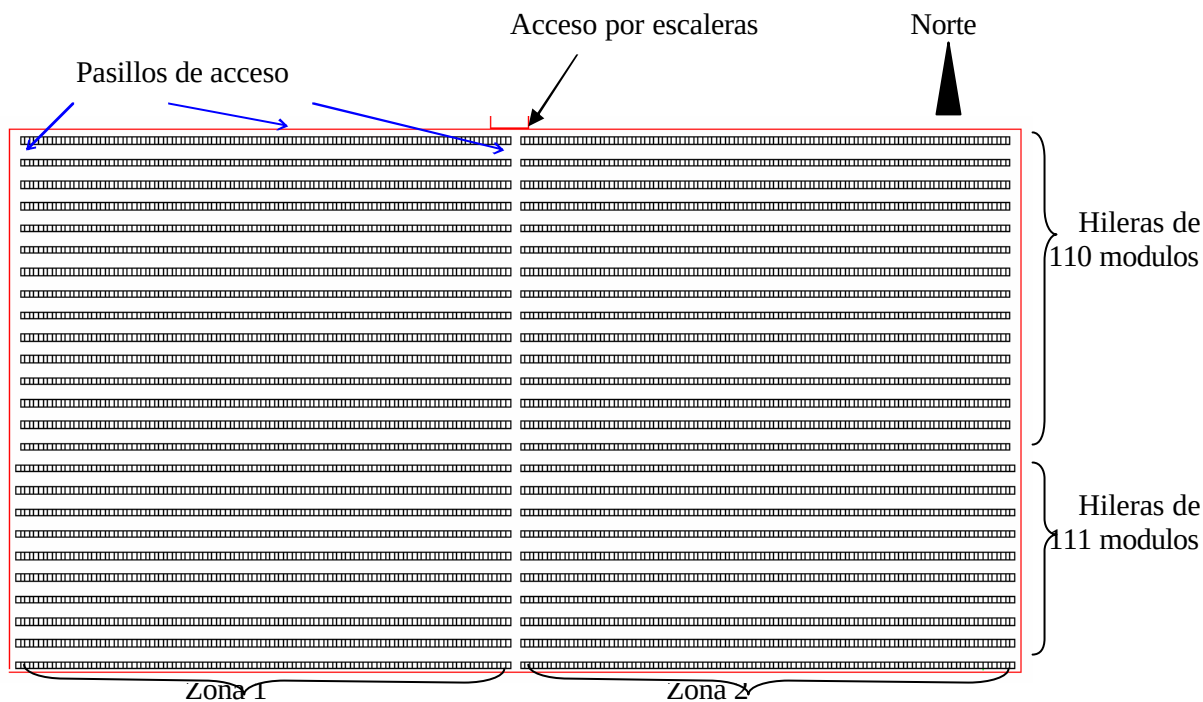
Numero de paneles por zona: $110 \cdot 25 = 2750$ (según dimensionado)

Adaptación del numero de paneles, según unidad mínima de módulos para un sistema equilibrada (número resultante múltiplo a 120 paneles).

El numero múltiplo más cercano es : 2760 paneles.

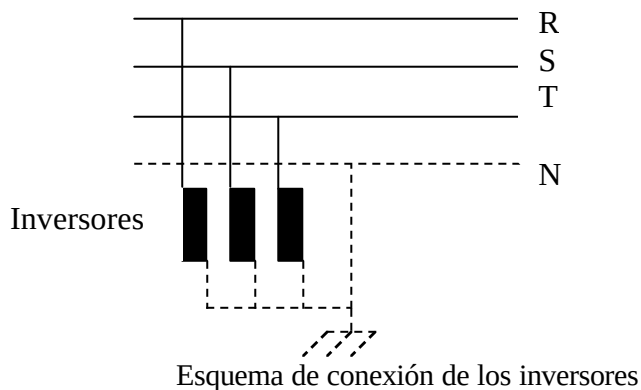
Solución: se añaden 10 módulos más, en cada sector para poder equilibrar el circuito, un modulo más en las 10 primeras filas, empezando por el sur.

Por tanto las primeras 10 filas están formadas por 111 módulos uno al lado de otro, resultando una longitud de 73,26 m., este incremento de longitud será absorbido por el pasillo lateral de acceso de cada una de las zonas, de ser de 1,6 metros para las 15 hileras mas al Norte a 0,94 m. Para las 10 de más al Sur. Quedando suficiente espacio para el acceso del personal. No obstante si por alguna razón no fuese suficiente, el pasillo central que da acceso a ambas zonas del campo fotovoltaico es de 1,6 metros.



Distribución en planta del campo solar.

Una vez dimensionado el campo solar con exactitud, se sabe cuantos inversores se instalarán por zona. Si cada inversor soporta 40 paneles y se han instalado 2760 paneles por zona, resultan 69 inversores. Como se prevé este número es múltiplo de 3, así formando las tres fases de la línea trifásica, donde en cada fase estarán conectados 23 inversores por el borne positivo y todos los bornes negativos de los 69 inversores se conectarán juntos para formar el neutro de la línea trifásica.



Para que la línea quede bien equilibrada se han conectado los inversores a las fases de una forma dispersa por todo el tejado, así si hubiera sombras afectaría por igual a las tres fases. Para ver la distribución en planta mirar el plano, esquema de conexión eléctrico en planta.

Resumen

	Módulos fotovoltaicos	Inversores	Potencia Wp	Superficie m ²
Zona 1	2760	69	358800	72,6 x 80
Zona 2	2760	69	358800	72,6 x 80
Total	5520	138	717600	150 x 80

Número de elementos del campo solar

5.5.- Estructura de Soporte

La estructura de soporte de las placas está homologada y será de la misma casa de los paneles fotovoltaicos para que nos suministren el modelo más adecuado para los módulos elegidos.

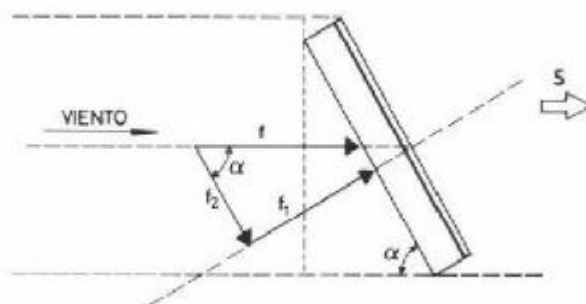
Ésta deberá aguantar la fuerza del viento, como mínimo de 140 km./h.

Los vientos predominantes en Tarragona provienen del Sur y a una velocidad no superior a 5 km./h. Pero de todas formas realizaremos el cálculo de fuerzas para que los paneles aguanten una velocidad de 140 km./h. Estas estructuras de soporte estarán instaladas en le tejado del edificio y serán de la misma marca que los paneles.

Las estructuras serán instalaciones modulares de perfiles atornillados o tubos roscados (acero inoxidable), y construidos con materiales o tratamientos (galvanizado) que no requieran operaciones de mantenimiento y pintado.

El tipo de anclaje para el panel dependerá de su ubicación, en nuestro caso cubierta, y de las fuerzas que actúan sobre él como consecuencia de la presión del viento a que se encuentre sometido. Como los paneles estarán orientados al sur, el único viento que puede representar un riesgo es el que venga del Norte, ya que ejercerá fuerzas de tracción sobre los anclajes, que siempre son mucho más peligrosas que las de compresión.

Para calcular con precisión la fuerza que puede actuar sobre cada uno de los paneles, acudiremos a la ecuación que se deduce del siguiente dibujo.



Fuerza del viento contra los paneles

$$f = p S \sen a \quad (9)$$

Donde:

f = presión frontal del viento.

S = superficie del panel.

a = ángulo de inclinación del panel con la horizontal.

La fuerza del viento f , que actúa perpendicularmente a la superficie vertical $S \sen a$, se descompone en $f_1 = f \sen a$, que actúa perpendicularmente a la superficie del panel, y $f_2 = f \cos a$, que lo hace paralelamente, causando el deslizamiento del aire, cuyos efectos se desvanecen en rozamientos y remolinos a lo largo de la superficie del panel. La fuerza f_1 que actúa en sentido perpendicular al panel es la única que cuenta.

$$f_1 = f \cdot \sen a = p \cdot S \cdot \sen a \cdot \sen a = p \cdot S \cdot \sen^2 a \quad (10)$$

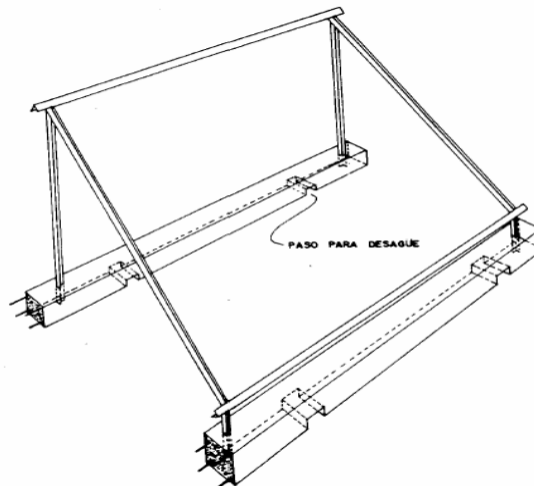
Suponiendo la velocidad máxima del viento de 140 km/h en el caso más desfavorable, tendremos una presión frontal del viento aproximadamente 930 N/m².

Donde se obtiene que el viento hace la siguiente fuerza:

Superficie panel 1,476 x 0,66 m.= 0.97416m²

$$f_1 = p \cdot S \cdot \sen^2 a = 930 \cdot 0.97416 \cdot \sen^2 45^\circ = 452.98 \text{ N/m}^2 \quad (11)$$

En el caso de que existieran vientos fuertes del Norte nuestra estructura debería aguantar aproximadamente **452.98 N/m²**. Para evitar problemas la compañía suministradora de los módulos estructurales aconseja instalar las estructuras sobre muretes de hormigón, armado con varilla metálica, de cómo mínimo 20 x 20 cm. La estructura estará soportada y anclada mediante bloques de hormigón, formando parte de la misma estructura del tejado.



Anclaje de la estructura de los paneles al tejado.

5.6.- Peso de la Instalación

La mayor parte de central fotovoltaica esta dispuesta sobre el tejado del edificio, que posee una pendiente mínima para la evacuación de aguas de lluvia (1%), del centro hacia los laterales. El mencionado tejado deberá soportar la carga de la central, que se puede considerar un peso uniformemente repartido sobre la superficie del tejado.

Según recomendaciones técnicas de la NBE-88, no se debe sobrepasar una carga límite de **200 kg/m²**, para no dañar la estructura del edificio. Por tanto deberemos realizar el cálculo para ver si la instalación de la central supera mencionado limite.

Peso:

módulo fotovoltaico: 11.9 kg.

soporte metálico: 30 kg.

Cada fila posee 110 módulos fotovoltaicos, por tanto:

$$11.9 \times 110 = 1309 \text{ kg.}$$

$$30 \times 110 = 3300 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso total fila: } P_t = 1309 + 3300 = 4609 \text{ kg.}$$

Superficie que ocupa la fila: largo fila = 72.6 m.

$$\text{proyección ancho fila} = 1.04 \text{ m.}$$

$$S = 72.6 \times 1.04 = 75.5 \text{ m}^2$$

La carga que deberá soportar la cubierta por los módulos y estructura será de:

$$\text{Carga} = 4609 / 75.5 = \mathbf{61.05 \text{ kg/m}^2}$$

Sin duda no existe riesgo de afectación a la estructura del edificio por el respecto de los módulos y estructura.

Por tanto se suma una razón más para instalar los inversores también en el tejado, las especificaciones de estos aconsejan instalarlos lo más cerca de los paneles solares, para así minimizar las pérdidas de energía mediante el transporte.

Estos inversores irán instalados dentro de unos armarios con sus protecciones correspondientes y serán instalados debajo de las filas de los paneles solares.

Este peso estará uniformemente repartido por todo el tejado puesto que cada inversor esta rodeado de 40 paneles fotovoltaicos.

El peso del inversor es de 60 kg más el del armario 15 kg realizan un total de 75 kg apoyados sobre una base de 1 m². Correspondiente a la base del armario.

Sumando el peso de la instalación mas los inversores aún no se alcanza el máximo permitido de sobrepeso en las estructuras, por tanto no supondrá ningún riesgo la instalación de la central fotovoltaica en el tejado para la estructura del edificio.

5.7. Producción de energía

5.7.1. Cálculo de la radiación solar.

Para realizar el cálculo de la potencia eléctrica generada hace falta saber la energía recibida por el sol durante un periodo de tiempo.

Mediante los valores según del Atlas Solar de Cataluña, donde se comparan respecto a la radiación incidente sobre una superficie horizontal y una con una inclinación de 45°, inclinación escogida para los paneles solares instalados. Este ángulo es el que da mayor rendimiento en el global del año por la latitud en que se encuentra el lugar, exactamente 41,2° que hace referencia la ciudad de Tarragona.

Los datos son referidos a radiación media diaria respecto a cada mes. Por obtener la radiación mensual total se multiplica por los días del mes.

Mes	Radiación (a =0°) MJ/m ² /día	Radiación (a =45°) MJ/m ² /día	Días	Total mensual MJ/m ² /mes
Enero	6,9	13,57	31	420,67
Febrero	9,9	16,25	28	455
Marzo	14,4	19,44	31	602,64
Abril	19,2	21,33	30	639,9
Mayo	23	21,87	31	677,97
Junio	24,8	21,89	30	656,7
Julio	24,1	21,97	31	681,07
Agosto	21	21,82	31	676,42
Septiembre	16,4	20,44	30	613,2
Octubre	11,6	17,62	31	546,22
Noviembre	7,8	14,49	30	434,7
Diciembre	6,1	12,81	31	397,11
Total			365	6801,6

Radiación total anual incidente en Tarragona.

Horas de sol pico

Esta unidad es el enlace entre la energía solar recibida (MJ) y la cantidad de energía proporcionada por el módulo fotovoltaico (kW) a una radiación de 1000 W/m². Para esta radiación el módulo da la potencia pico.

Se calcula ahora las horas de sol pico que son las horas de máxima producción a que equivalen las horas diarias totales:

Como 1 kW. h = 3.6 MJ , resulta: **H.S.P. = 0.2778 x Radiación (MJ)**

Radiación total anual: 6801,6 MJ/m²

Radiación media diaria: $\frac{6801,6}{365} = 18,63 \text{ MJ/m}^2/\text{día}$

H.S.P. = 0,2778 x 6801,6 = 1889,48 horas/año

H.S.P. = 0,2778 x 18,63 = 5,18 horas/día

Factor de pérdida.

Es un factor introducido por corregir las aproximaciones que se hacen en los cálculos.

Incluye las siguientes correcciones:

K_r: Diferencia entre los datos de radiación real y las adoptadas para los cálculos.

Este valor va del 3 al 7 por ciento. Se adapta un valor más bajo. K_r = 0,97

K_d : Degradación de los módulos. Se espera un descenso de la producción por diferentes causas como el depósito de suciedad sobre las células, pérdida de propiedades fotovoltaicas de los módulos, etc. (K_d = 0,97).

$$K = K_r \cdot K_d = 0,97 \cdot 0,97 = 0,94$$

Con todos estos datos se puede calcular la producción de la central.

$$P = P_i \cdot \text{H.S.P} \cdot d \cdot K$$

Dónde :

P : Energía anual producida.

P_i : Potencia instalada en kwatios pico (kWp).

H.S.P : Horas de sol pico equivalentes.

d : Días al año (365).

K : Factor de pérdida.

$$P = 358,8 \cdot 5,18 \cdot 365 \cdot 0,94 = 637,680 \text{ MW} \cdot \text{h} / \text{año}$$

5.7.2. Datos mensuales de la explotación.

Para calcular la producción mensual de energía se calcula horas de sol pico correspondientes a la radiación mensual en aquel mes y se aplica la expresión de la potencia utilizada en el apartado anterior.

Mes	Radiación Mensual MJ/m ²	H.S.P. al mes	Producción d'energía kW·h
Enero	420,67	116,86	39413,61
Febrero	455,00	126,40	42631,18
Marzo	602,64	167,41	56462,71
Abril	639,90	177,76	59953,47
Mayo	677,97	188,34	63521,81
Junio	656,70	182,43	61528,53
Julio	681,07	189,20	63811,86
Agosto	676,42	187,91	63376,78
Septiembre	613,20	170,35	57454,29
Octubre	546,22	151,74	51177,65
Noviembre	434,70	120,76	40728,97
Diciembre	397,11	110,32	37207,85
Total	6801,60	1890,07	637268,70

Producción mensual de energía eléctrica.

5.7.3. Datos diarios d'explotación

Teniendo en cuenta la siguiente tabla, en la cual se puede observar la radiación solar recibida en cada hora de un día tipo de cada mes del año, se puede obtener la energía generada por la instalación fotovoltaica en un día modelo de cada mes.

Mes	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Total
Enero	0	0	338	898	1459	1916	2172	2172	1916	1459	898	338	0	0	13567
Febrero	0	0	546	1138	1735	2217	2486	2486	2217	1735	1138	546	0	0	16246
Marzo	0	208	762	1403	2026	2522	2798	2798	2522	2026	1403	762	208	0	19436
Abril	15	341	923	1573	2191	2677	2946	2946	2677	2191	1573	923	341	15	21332
Mayo	109	398	991	1624	2215	2673	2925	2925	2673	2215	1624	991	398	109	21870
Junio	138	418	1009	1632	2206	2649	2891	2891	2649	2206	1632	1009	418	138	21888
Julio	121	409	1005	1636	2221	2674	2922	2922	2674	2221	1636	1005	409	121	21973
Agosto	56	371	963	1614	2227	2707	2971	2971	2707	2227	1614	963	371	56	21819
Septiembre	0	269	840	1491	2118	2614	2889	2889	2614	2118	1491	840	269	0	20443
Octubre	0	0	639	1264	1881	2376	2652	2652	2376	1881	1264	639	0	0	17624
Noviembre	0	0	404	981	1556	2022	2284	2284	2022	1556	981	404	0	0	14495
Diciembre	0	0	279	829	1381	1831	2084	2084	1831	1381	829	279	0	0	12808

Radiación solar sobre una superficie inclinada de 45° grados y Acimut 0(kJ/m²)

Mediante la siguiente formula calculamos la producción de energía eléctrica por hora en un día determinado de cada mes.

$$P = P_i \cdot H.S.P \cdot K \quad (14)$$

Dónde :

P : Energía producida kw.

P_i : Potencia instalada en kwatios pico (kWp).

H.S.P : Horas de sol pico equivalentes.

K : Factor de pérdida.

Mes	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Enero	0,0	0,0	31668,6	84137,4	136699,8	179518,0	203503,7
Febrero	0,0	0,0	51157,0	106624,0	162559,4	207720,0	232923,7
Marzo	0,0	19488,4	71395,0	131452,9	189824,4	236296,7	262156,3
Abril	1405,4	31949,7	86479,7	147380,9	205283,9	250819,3	276023,0
Mayo	10212,7	37290,3	92850,9	152159,3	207532,6	250444,5	274055,4
Junio	12929,8	39164,2	94537,4	152908,9	206689,3	248195,8	270869,8
Julio	11337,0	38320,9	94162,6	153283,6	208094,7	250538,2	273774,3
Agosto	5246,9	34760,5	90227,5	151222,4	208656,9	253630,1	278365,4
Septiembre	0,0	25203,7	78703,1	139698,0	198444,2	244916,5	270682,4
Octubre	0,0	0,0	59870,6	118429,4	176238,7	222617,3	248476,9
Noviembre	0,0	0,0	37852,4	91914,0	145788,1	189449,6	213997,5
Diciembre	0,0	0,0	26140,7	77672,5	129391,6	171554,0	195258,6

Mes	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Total
Enero	203503,7	179518,0	136699,8	84137,4	31668,6	0,0	0,0	1271148,7
Febrero	232923,7	207720,0	162559,4	106624,0	51157,0	0,0	0,0	1522155,3
Marzo	262156,3	236296,7	189824,4	131452,9	71395,0	19488,4	0,0	1821039,7
Abril	276023,0	250819,3	205283,9	147380,9	86479,7	31949,7	1405,4	1998683,9
Mayo	274055,4	250444,5	207532,6	152159,3	92850,9	37290,3	10212,7	2049091,3
Junio	270869,8	248195,8	206689,3	152908,9	94537,4	39164,2	12929,8	2050777,8
Julio	273774,3	250538,2	208094,7	153283,6	94162,6	38320,9	11337,0	2058741,8
Agosto	278365,4	253630,1	208656,9	151222,4	90227,5	34760,5	5246,9	2044312,9
Septiembre	270682,4	244916,5	198444,2	139698,0	78703,1	25203,7	0,0	1915389,7
Octubre	248476,9	222617,3	176238,7	118429,4	59870,6	0,0	0,0	1651265,9
Noviembre	213997,5	189449,6	145788,1	91914,0	37852,4	0,0	0,0	1358096,9
Diciembre	195258,6	171554,0	129391,6	77672,5	26140,7	0,0	0,0	1200034,8

Energía generada por la instalación en un día modelo de cada mes en kW·h

Resumen

Resumen de la producción anual	
Inclinación	45°
Orientación	Sur
Radiación anual superficie. Inclinada 45°	6801,60 MJ/m ²
Horas Solar Pico	1890,07 H.S.P
Potencia campo fotovoltaico	358,8 kWp
Energía media anual generada	637268,70 kW.h

Resumen datos obtenidos de producción anual de la central

5.8.- Cálculos eléctricos

En el primer apartado, dimensionado de la instalación fotovoltaica, se calculan el número de paneles que se deben conectar en serie y en paralelo, para las exigencias del inversor.

El resultado obtenido es que para cada inversor se conectan 5 ramas en paralelo constituidas por 8 módulos conectados en serie.

Potencia real del panel $7.54 \cdot 17.2 = 129.69\text{W}$

Tensión de la serie de paneles $17.2 \cdot 8 = 137.6\text{ V}$.

Intensidad conjunto de ramas series de paneles $7.54 \cdot 5 = 37.7\text{ A}$.

La potencia instalada, es la potencia que se obtiene para condiciones de trabajo estándar que son 1000 W/m^2 , temperatura del aire 25°C y masa del aire 1.5. Las unidades se expresan en Watios pico.

$$P_{\text{inversor}} = P_{\text{panel}} \cdot n = 129.69 \cdot 40 = 5187.52\text{ Wp}$$

Según el tercer apartado, distancia mínima entre paneles, se realiza el dimensionado físico de la instalación solar. Mediante estos valores y la superficie disponible de la nave industrial se limita físicamente el número de paneles solares.

Eléctricamente hay también una limitación de número de paneles por zona: El número de inversores tiene que ser múltiplo de tres, para así poder tener las fases equilibradas. Cada una de las fases que llega a la parte de baja tensión del transformador tiene que recibir la misma potencia para obtener un sistema equilibrado. Por tanto si cada inversor tiene asociado 40 paneles solares, y para realizar una instalación equilibrada necesitamos 3 inversores por grupo, por tanto la instalación será de un múltiplo de 120 paneles.

Siguiendo estas dos condiciones, obtenemos el número definitivo de inversores y módulos fotovoltaicos por zona.

Para poder saber la potencia real disponible de la instalación se debe tener en cuenta el rendimiento máximo de los inversores. Según el fabricante este no superará el 93% de la potencia cedida por los generadores fotovoltaicos.

En un inversor donde se conectan 5187.52 Wp la potencia alterna cedida no será superior a los 4824.39 Wp .

Zona	Número de Paneles solares	Número de inversores	Potencia instalada	Rendimiento	Potencia real
			kWp	%	kW
1	2760	69	358.8	93	333.68
2	2760	69	358.8	93	333.68
Total	520	159	826.8		768.91

Potencia instalada y potencia real.

La distribución en planta de los inversores sobre la superficie de cada una de las zonas se encuentra en los planos del inversores sector 1 y 2.

5.8.1.- Secciones de los conductores

Hay 3 tipos de tramos en baja tensión:

- Tipo 1: El cableado entre los paneles solares en series de 8 módulos.
- Tipo 2: Del las series de paneles hasta el inversor.
- Tipo 3: Del inversor hasta el transformador.

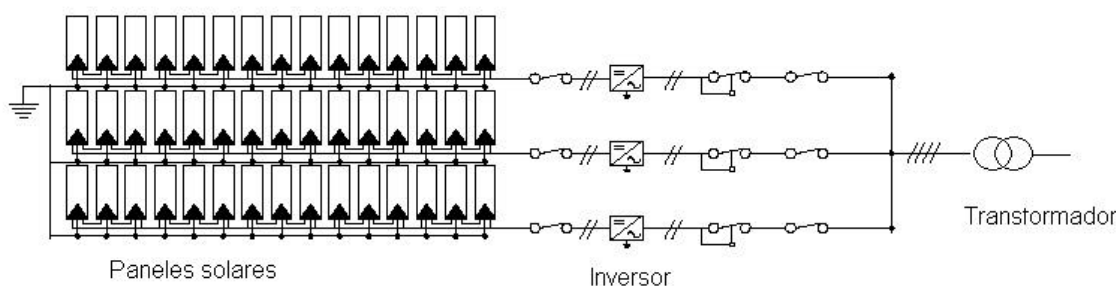


Figura 6. Esquema eléctrico.

En las instalaciones de generación de energía eléctrica con energías renovables las caídas de tensión se minimizan al máximo. Según la instrucción ITC BT 017 apartado 2.1.2 las caídas de tensión desde el origen de una instalación de baja tensión no superará el 5% de la tensión en el origen. En este caso una caída de tensión del 5% supondría la pérdida de muchos Watios en el transporte de la energía. El precio de venta del kW es muy alto en este tipo de instalaciones y una inversión para aumentar la sección de los conductores, y disminuir dicha resistencia, se recupera en poco espacio de tiempo. Se adopta para esta instalación una pérdida de potencia total, en cada zona, no superior al 1 %.

Otra razón para sobredimensionar la sección de los conductores de esta instalación es la presencia de inversores como elementos de producción de la energía. Estos aparatos generan electricidad en forma de onda sinusoidal que lleva asociada una serie de ondas armónicas de diferente frecuencia que la principal. Esto produce la aparición del efecto Skin, donde este provoca un calentamiento del conductor. No obstante el inversor empleado produce una distorsión armónica aceptable, es conveniente dimensionar los conductores para impedir su calentamiento.

El segundo tramo que recorre l'energía es de cada conjunto de modulos hasta l'inversor. La caída de tensión por cada uno d'ellos depende de la distancia a l'inversor como se muestra en el plano de distribución electrica en planta, se determinan 2 distancias.

La caída de tensión para una línea de corriente continua viene dada por la siguiente expresión.

$$\Delta U = \frac{2 \cdot W \cdot L}{g \cdot S \cdot U}$$

Dónde:

ΔU : Caída de tensión en el ramal estudiado.

W : Potencia conectada al ramal en W.

L : Longitud.

g : conductividad del cobre. 56.

S : Sección del conductor. S'adopta una sección de 25 mm².

U : Tensión en voltios. Para los tramos tipos 2 la tensión es de 137,6 V

Modelo	Potencia	Intensidad	Longitud	Sección	Caída de tensión	C. De T. Absoluta	Potencia perdida
	W	A	m	mm ²	V	%	W
A	5200,00	37,70	6,50	35	0,25	0,18	9,43
B	5200,00	37,70	3,00	35	0,12	0,08	4,35

La caída de tensión que nos da es muy baja pero se escoge esta sección para los conductores de tipo 2 por poder tener mayor caída de tensión en los cables de tipos 3; dónde las distancias son mayores.

Tipo 3

El tercer tipo de tramo es un caso particular en cada fase. Trata los inversores como generadores y se estudia el circuito eléctrico que tiene cada una de las sectores.

La energía eléctrica sale del inversor con una tensión alterna de 230V monofásico.

S'enlazan los inversores en tres grupos que corresponden a las tres fases del transformador.

El enlace se hace mediante una línea monofásica compuesta por 2 conductores unipolares.

Uno es de la fase correspondiente y el otro es el neutro que se unirá con el neutro del transformador por poder crear el sistema trifásico. Así la tensión compuesta del sistema trifásico es de 400 V. Las tres fases que llegan al transformador correspondiente a la zona, deben de estar bien equilibradas, por esto es necesario una correcta distribución de los puntos de generación de electricidad. Al transformador de zona llegan dos líneas procedentes del campo solar.

Se hace el cálculo de secciones de los ramales que se especifican en el esquema unifilar de la zona. El cálculo se realiza fase por fase puesto que la diferencia de longitudes entre ellas puede producir que hayan diferentes secciones entre conductores. Las caídas de tensión acumuladas no superan el 1 % por no generar pérdidas de potencia excesivas.

La corriente de línea es igual que la de fase y vale:

$$I_L = I_F = \frac{P}{\sqrt{3} U_C \cdot \cos j}$$

Dónde:

P: Potencia real teniendo en cuenta el rendimiento de los inversores.

U_C : Tensión de la línea, 400 V.

$\cos \phi$: Factor de Potencia, 1.

La caída de tensión viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{L \cdot I_L \cdot \cos \phi}{g \cdot S}$$

Dónde:

L: Longitud del cable.

I_L : Intensidad de línea.

$\cos \phi$: Factor de Potencia, 1.

ρ : Conductividad del cobre, 56.

S: Sección del conductor.

Fase R

Ramal	Nº inversores	Potencia	Intensidad	Longitud	Sección	Caída de tensión	C. De T. Acumulada	C. De T. Absoluta	Potencia perdida
		W	A	m	mm ²	V	V	%	W
T-R1	23,00	110961,05	160,16	12,97	240	0,15		0,07	24,76
R1-R1F	9,00	43419,54	62,67	97,30	240	0,45	0,61	0,26	28,43
R1-R2	14,00	67541,51	97,49	32,43	240	0,24	0,39	0,17	22,93
R2-R2F	7,00	33770,76	48,74	72,07	240	0,26	0,65	0,28	12,74
R2-R3F	7,00	33770,76	48,74	93,69	240	0,34	0,73	0,32	16,56

Fase S

Ramal	Nº inversores	Potencia	Intensidad	Longitud	Sección	Caída de tensión	C. De T. Acumulada	C. De T. Absoluta	Potencia perdida
		W	A	m	mm ²	V	V	%	W
Trf-S1	23,00	110961,05	160,16	30,27	300	0,29		0,13	46,22
S1-S1F	9,00	43419,54	62,67	86,49	240	0,40	0,69	0,30	25,27
S1-S2	14,00	67541,51	97,49	23,78	240	0,17	0,46	0,20	16,82
S2-S2F	7,00	33770,76	48,74	72,07	240	0,26	0,72	0,31	12,74
S2-S3F	7,00	33770,76	48,74	93,69	240	0,34	0,80	0,35	16,56

Fase T

Ramal	Nº inversores	Potencia	Intensidad	Longitud	Sección	Caída de tensión	C. De T. Acumulada	C. De T. Absoluta	Potencia perdida
		W	A	m	mm ²	V	V	%	W
Trf-T1	23,00	110961,05	160,16	36,76	400	0,26		0,11	42,09
T1-T1F	9,00	43419,54	62,67	93,69	240	0,44	0,70	0,30	27,38
T1-T2	14,00	67541,51	97,49	25,23	240	0,18	0,45	0,19	17,84
T2-T2F	7,00	33770,76	48,74	72,07	240	0,26	0,46	0,20	12,74
T2-T3F	7,00	33770,76	48,74	93,69	240	0,34	0,79	0,34	16,56

Potencia total perdida por transporte en la Zona: 339,66 W

Tanto por ciento de la potencia total : $\frac{339,66}{332883,16} \cdot 100 = 0,10\%$

5.8.2 Cálculo de la potencia pico

Para ver el total de energía pico generada se suman las potencias de las dos zonas

Zona	Fase	Potencia por Fase	Potencia por Zona
Zona 1	R	110961,05	332988,15
	S	110961,05	
	T	110961,05	
Zona 2	R	110961,05	332988,15
	S	110961,05	
	T	110961,05	
		P total (Wp)	665976,3

Distribución de la potencia generada en condiciones de máxima radiación

Como se puede ver se ha buscado equilibrar las fases del transformador de cada zona haciendo un estudio de la distribución de los inversores por cada fase. La potencia de cada uno de los transformadores es igual por todas sus fases.

La potencia total viene dada en vatios pico (Wp) y sólo se logrará en los momentos de máxima irradiación solar; esto es, en los meses estivales. Sabiendo la potencia máxima que soporta cada zona se calcula la corriente para potencia pico en bornes de baja tensión para poder dimensionar las protecciones que iran. También se determina la potencia que hay en cada zona por escoger el transformador:

Zona	Potencia instalada	Intensidad en B.T.	Potencia transformador
	kWp	A	kVA
1	332,99	480,48	400
2	332,99	480,48	400

Determinación de la potencia de los transformadores

5.8.3 Puesta a tierra

Se puede definir la resistividad de un elemento como la resistencia de este por oponerse al paso de la corriente eléctrica. En este caso se realizará una investigación inicial por comprobar la resistividad del terreno dónde se ubicaran los diferentes elementos de la instalación

En instalaciones de tercera categoría (tensión nominal menor de 30 KV) según el apartado 4.1 de la MIE RAT 13 la resistividad del terreno se puede determinar de dos modos: Por inspección visual o por medida directa. se adoptará un valor por inspección visual pero se realizará una comprobación en el momento que se ejecuta la obra.

En la inspección visual del terreno la resistividad se extraerá una vez hecha una comprobación que permita averiguar su composición. Hace falta tener en cuenta más factores aparte de la composición como son la temperatura, la humedad y la salinidad del terreno.

Valores extremos de estos factores modifican la resistividad del terreno de manera sustancial. Después consultando una tabla del MIE-BT-039 sobre puestas a tierra se puede obtener un valor aproximado, pero válido, de la resistividad del terreno.

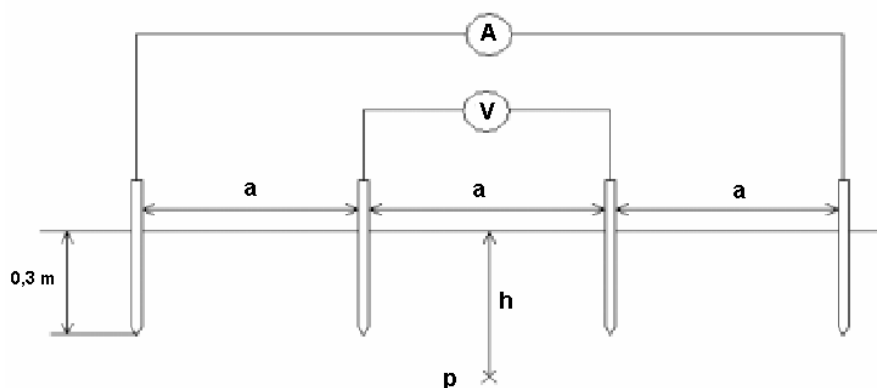
El otro método consiste en hacer una medida "in situ" de la resistividad mediante un telurómetro. El procedimiento recomendado es el método Wenner. Se dispondrán las cuatro sondas del telurómetro a intervalos iguales y simétricas respecto el punto dónde se misura la resistividad tal y como se indica en la figura xx. Se clavan las sondas a una profundidad de unos 30 cm. Permite conocer la resistividad media del terreno entre su superficie y una profundidad h que será función de la distancia entre sondas a según la siguiente relación.

$$h = \frac{3}{4}a \text{ [m]}$$

La resistividad del terreno viene dada por la siguiente expresión:

$$r = 2\rho \cdot a \cdot r \text{ [}\Omega \cdot \text{m]}$$

Dónde r se la resistencia que obtiene el aparato de medida y la distancia entre sondas. Se hacen diferentes medidas por extraer la resistividad media del terreno.



Disposición de las picas del telurómetro respecto el punto de estudio de la resistividad.

5.8.3.1. Partes d'una presa a tierra.

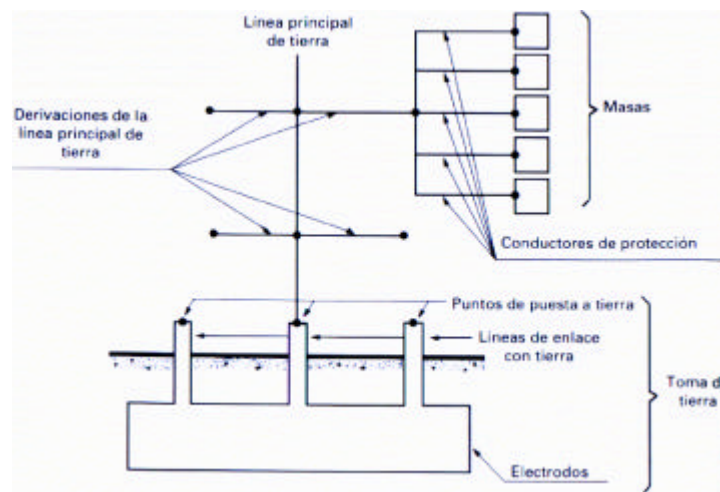
Electrodo : Es una masa metálica que facilita el paso de las corrientes de defecto derivadas al circuito de puesta a tierra. Realiza el contacto entre el circuito y el tierra.

Línea d'enlace con tierra : Une los electrodos con el punto de puesta a tierra.

Puntos de puesta a tierra : Enlaza la línea d'enlace con tierra y la línea principal de tierra

Línea principal de tierra : Esta conectada a los puntos de puesta a tierra y tiene varias derivaciones s que empalman con las masas.

Conductores de protección : Unen eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos por asegurar la protección contra contactos indirectos.



Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.

5.8.3.2. Características de las líneas de tierra.

Para la correcta derivación de las faltas o corrientes no deseadas las líneas de puesta a tierra tienen que cumplir las siguientes condiciones:

Formar una línea eléctricamente continua sin intercalar seccionadores, fusibles o interruptores. Solamente se puede instalar un elemento de desconexión manual en los puntos de puesta a tierra que permita medir la resistencia de la presa de tierra.

Durante la conexión de la puesta a tierra de protección no incluir nunca las masas de los elementos en serie con el circuito de tierra. Los enlaces con diferentes masas se harán con derivaciones del circuito de puesta a tierra mediante conductores de 16 mm² de sección.

5.8.3.3. Tipo de puestas a tierra.

Se diferenciará entre dos tipos de circuitos de tierra:

1. Puesta a tierra de protección : Circuito de puesta a tierra de las masas de los elementos de la instalación que no están normalmente en tensión pero pueden llegar a estarlo como consecuencia de averías o descargas accidentales.
2. Puesta a tierra de servicio: Se conectará el neutro de la red de baja tensión, así como los secundarios de los transformadores de medida, las autoválvulas o pararrayos y las derivaciones a tierra de los seccionadores de puesta a tierra. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o unido con resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de falta, en función de los valores de impedancia de las líneas que son función de sus longitudes.

5.8.3.4. Puesta a tierra de Protección.

Según el reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Distribución en el apartado MIE RAT 13, se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén normalmente en tensión pero que, por una avería, accidente, descarga eléctrica o sobretensión, puedan llegar a recibir corriente.

En este caso se ha optado por una línea principal de tierra compuesta por un conductor de Cobre de 35 mm² de sección, al tratarse de un conductor desnudo el mismo conductor hace de electrodo, punto de puesta a tierra y línea principal. Este conductor se unirá a la puesta a tierra de protección del centro de transformación; que a la vez tendrá conectadas todos los recubrimientos de celdas y transformadores, puertas, rejillas,... por garantizar la puesta a tierra. Las derivaciones hasta las estructuras para los módulos o los armarios de inversor se realizarán con conductor de 16 mm².

La resistencia de tierra por un conductor enterrado horizontalmente se calcula con la siguiente fórmula.

$$R = \frac{2 \cdot r}{L} \text{ (xx)}$$

Dónde:

?: Resistividad del terreno. Se estima no superior a 300 ? ·m.

L : Longitud total del conductor de puesta a tierra.[m]

Como el conductor desnudo recorre todos los pasillos del tejado su longitud es elevada (aproximadamente 1 Km) y, según la expresión anterior la resistencia de la línea de puesta a tierra se muy pequeña (inferior a 1 ?) y suficiente por asegurar la puesta a tierra de protección de la instalación.

5.8.3.4. Puesta a tierra de Servicio.

La intensidad de defecto a tierra tiene que ser la menor posible por que la tensión en el electrodo también lo sea. Según el apartado 7 de la instrucción MIE BT 039 las tensiones de contacto para cualquier masa no será superior a 24 V en el peor caso. Se considera este cuando la corriente de defecto ha de accionar un interruptor diferencial de 650mA. Así la resistencia de puesta a tierra que se requiere es inferior a 37? .

La constitución de estos electrodos de puesta a tierra consta de una malla electrosoldada y de picas de puesta a tierra. Su configuración está catalogada en el método UNESA en varios tipos, según una variable de puesta a tierra K_r que se calcula seguidamente:

$$K_r' = R_t/? = 37/300 = 0.123 \quad K_r = K_r'$$

Para este valor es suficiente con un rectángulo de 4 x 2.5 metros (se aprovecha las dimensiones del centro de transformación) formado por un conductor desnudo de 50 mm² de sección sepulto a 0,5 metros de profundidad y 8 picas colocadas en los vértices y los puntos medios de los lados. Las picas serán de 14 mm de diámetro y su longitud no será inferior a 2 metros.

CódigoUNESA	Dimensiones	nº picas	longitud picas	K_r
40-25/5/82	4x2,5 m	8	2 metros	0,092

La resistencia de puesta a tierra de la disposición escogida es de :

$$R_t' = K_r \cdot ? = 0,092 \cdot 300 = 27,6?$$

5.8.3.5. Comprobación de las resistencias de puesta a tierra.

La intensidad máxima de defecto se producirá cuando la resistencia de puesta a tierra sea nula. la ecuación que nos da esta intensidad es:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

R_n y X_n son parámetros característicos de la red que nos suministra la compañía. En este caso valen 0 y 26 Ω respectivamente. R_t es la resistencia de puesta a tierra y vale 0. Ahora se comprueban que los valores de resistencia a tierra obtenidos generen las corrientes de defecto deseadas.

Protección

$$R_t = 0,6\Omega$$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0,6)^2 + 26^2}} = 554 A$$

Servicio

$$R_t = 27,6\Omega$$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 27,6)^2 + 26^2}} = 380 A$$

5.9.- Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica

5.9.1 Facturación de la energía cedida

El Real decreto 2818/1998 deroga el anterior decreto 2366/1994 sobre la producción de energía eléctrica por instalaciones provistas por recursos o fuentes de energías renovables y que se incluyen dentro del régimen especial. Las centrales eléctricas que utilizan como energía primaria la energía solar fotovoltaica según el artículo 2 de este decreto quedan clasificadas como centrales del tipo b.1 y, según el artículo 28 del mismo decreto se puede vender la energía producida durante todas las horas del día a un precio fijo de 0,22 €/kWh. Este precio de compra de la energía eléctrica generada sigue estando vigente puesto que en la tarifa de precios para el 2003 (RD 3490/2000) no se han modificado los precios.

Así la facturación de la energía eléctrica producida durante todo un año será de:

$$637680 \text{ kWh/año} \cdot 0,22 \text{ €/kWh} = 140.289,6 \text{ €}$$

5.9.2. Amortización.

La amortización de la inversión se calcula a partir del valor de la inversión a realizar que, según el apartado del presupuesto sube a 4.725.760 €. El tiempo de regreso de la inversión sería de :

$$\text{Amortización} = 4.725.760 / 140.289,6 = 33.6 \text{ años}$$

Si se tiene en cuenta que una inversión es rentable con un tiempo de regreso inferior a 15 años se puede ver que , a priori, la rentabilidad no es nada buena. La inversión inicial es muy grande, y el tiempo de regreso del gasto realizado es largo. Esto es uno de los problemas en que se encuentra la energía fotovoltaica actualmente puesto que no puede competir comercialmente por ella misma con otras fuentes de energía más rentables. Por eso es por lo que existen una serie de ayudas del Gobierno Central y Autonómico por reducir este *handicap*.

Las subvenciones a fondo perdido de estos dos estamentos puedan llegar hasta el 40% de la instalación. Hay la posibilidad también de pedir un préstamo subvencionado a la Unión Europea por la financiación del proyecto. Además se estudia la posibilidad de obtener desgravaciones fiscales equivalentes al 10% de la inversión realizada.

En este caso el tiempo de amortización se reduciría considerablemente.

$$\text{Valor de ejecución} = \text{Presup.} - 40\%(\text{aportación U.E.} + \text{G.C.})$$

$$\text{Amortización} = 2835456 / 140.289,6 = 20.2 \text{ años.}$$

Ahora la inversión ya tiene una mejor rentabilidad.

Si se estudia el presupuesto la mayor inversión se realiza en los captadores de energía solar. El precio de los módulos solares representan casi el 50% del presupuesto total. Por lo tanto, del acuerdo en el precio de los módulos a que se llegue con el proveedor depende en grande parte el valor de la inversión a realizar y por lo tanto su rentabilidad. Hace falta decir también que la viabilidad del proyecto pasa por una distribución adecuada de la inversión que se precisa.

6.-REGULACIÓN Y CONTROL DEL COMPLEJO INDUSTRIAL

6.1.-Instalación frigorífica

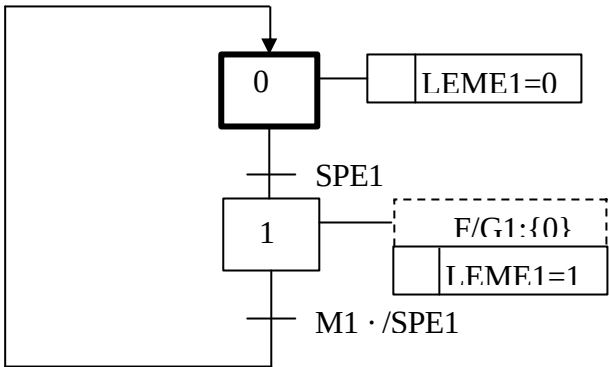
6.1.1 Grafset cámara 1

Para la regulación y control de temperatura de la cámara se disponen de las siguientes entradas y salidas:

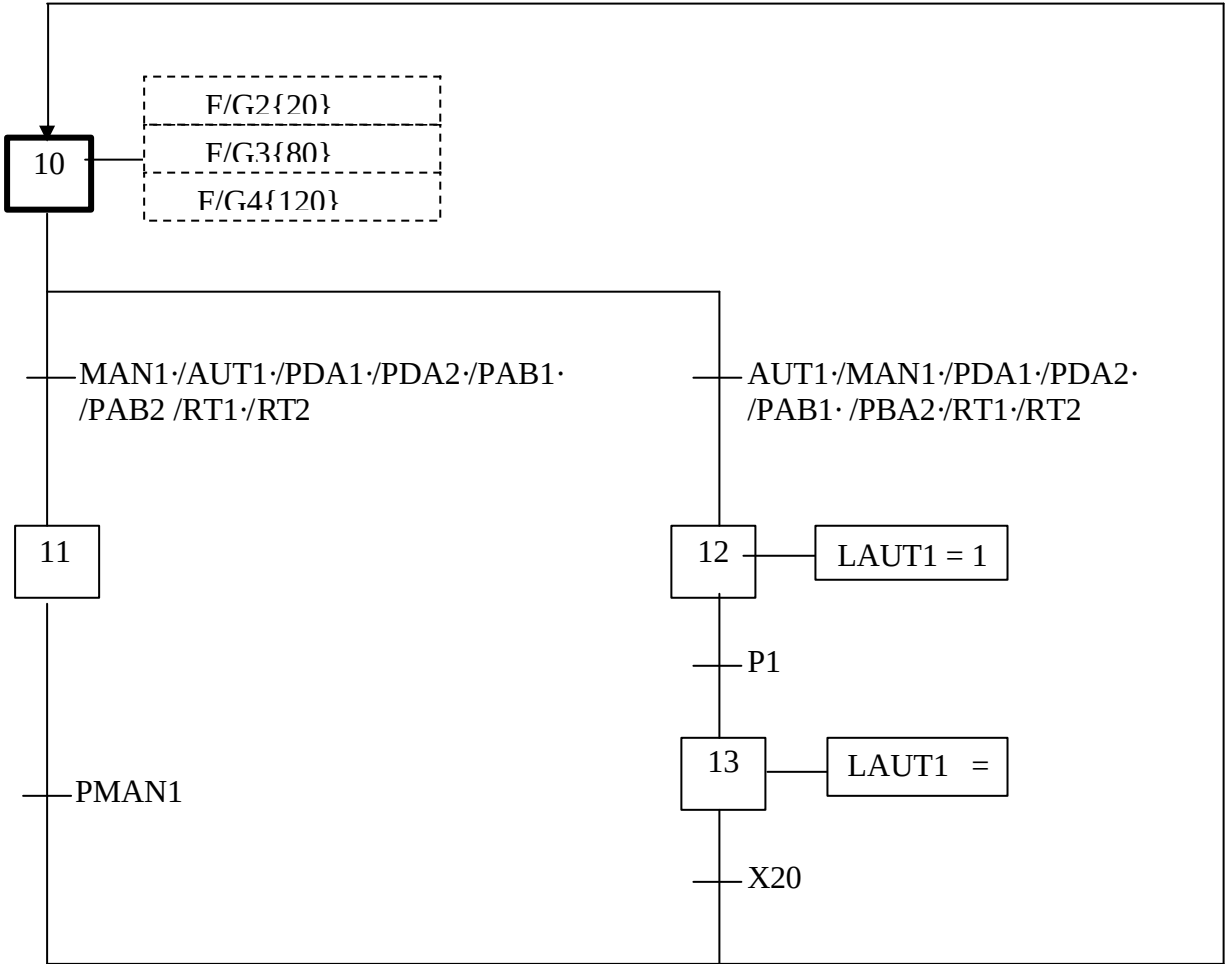
Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB1	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 1
PAB2	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 2
PDA1	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 1
PDA2	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 2
EV.C1.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 1
EV.C1.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 2
EV.C1.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 1
EV.C1.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 2
EV.C1.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 1
EV.C1.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 2
EV.C1.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C1.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C1.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C1.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C1.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C1.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C1.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C1.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C1.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C1.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C1.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C1.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM20-KM24	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM25-KM29	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM30-KM34	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM35-KM39	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM40-KM44	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM45-KM49	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM50-KM54	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM55-KM59	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM60-KM64	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9

KM65-KM69	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM70	Salida	Contactador bomba refrigerante nº 1
KM250	Salida	Contactador bomba aceite nº 1
KM251	Salida	Contactador bomba aceite nº 2
VAR.FREC_1.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_1.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_1.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_1.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM1	Salida	Contactador compresor nº 1
KM2	Salida	Contactador de línea compresor nº 2
KM3	Salida	Contactador de estrella compresor nº 2
KM4	Salida	Contactador de triangulo compresor nº 2
TM1-TM10	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C1.1-TM.C1.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 1
M1	Entrada	Pulsador de marcha cámara 1
P1	Entrada	Pulsador de paro cámara 1
SPE1	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 1
PMAN1	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 1
RT1	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 1
RT2	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 2
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C1.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 1
TEMP_ACEITE.C1.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 2
L1.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 1
L1.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 2
L1.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 1
L1.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 2
LEME1	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT1	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 234	Salida	Contactador bomba nº 1 condensador evaporativo
KM 238	Salida	Contactador de linea ventilador nº 1 condensador evaporativo
KM 239	Salida	Contactador estrella ventilador nº 1 condensador evaporativo
KM 240	Salida	Contactador triángulo ventilador nº 1 condensador evaporativo

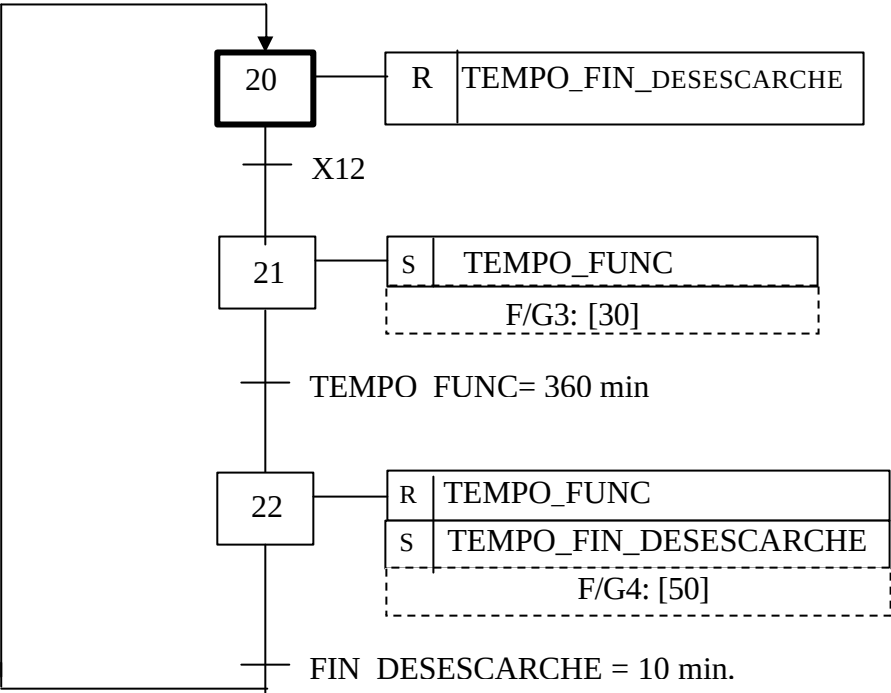
G0 Paro de emergencia Cámara 1



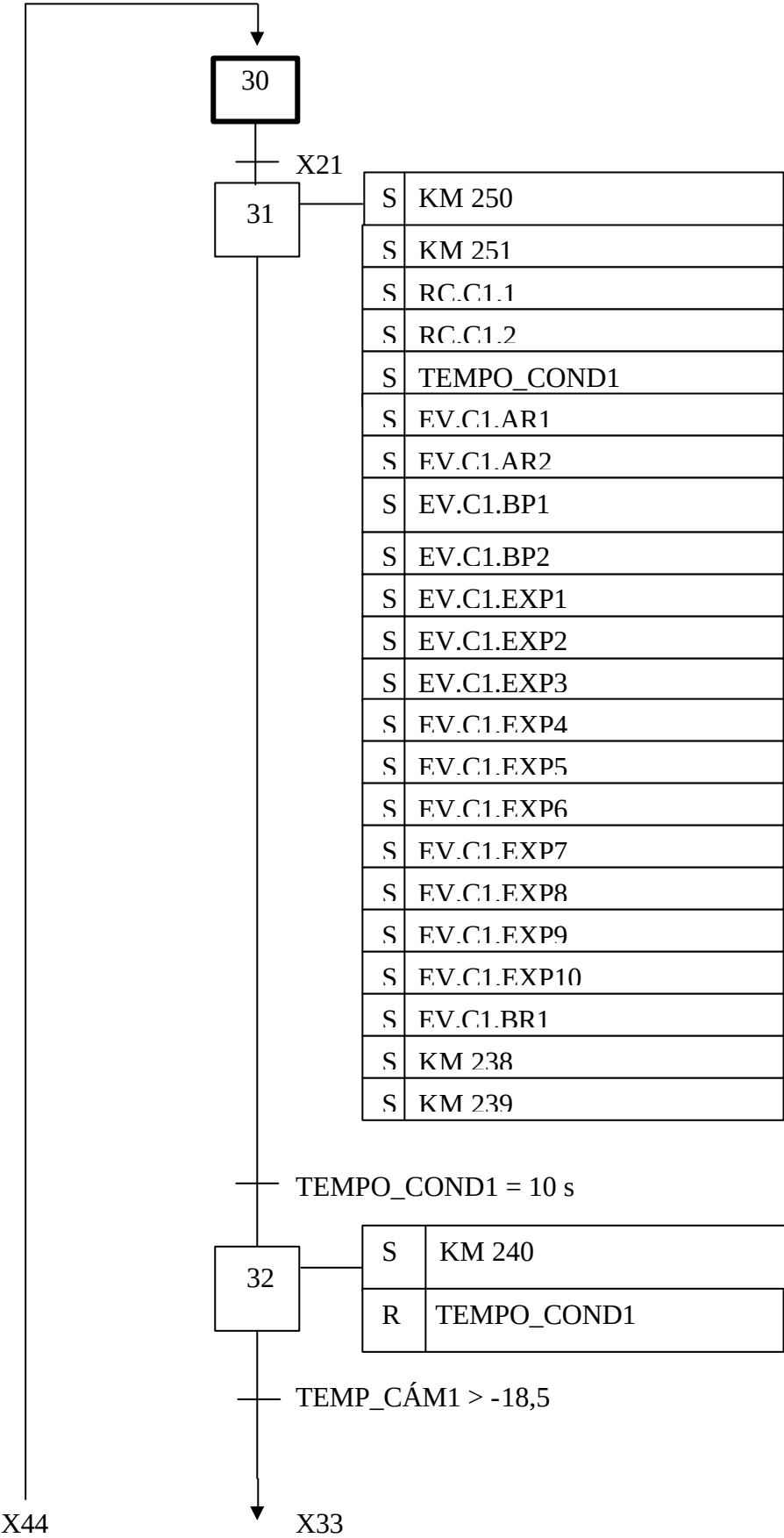
G1 Marcha-Paro Cámara 1



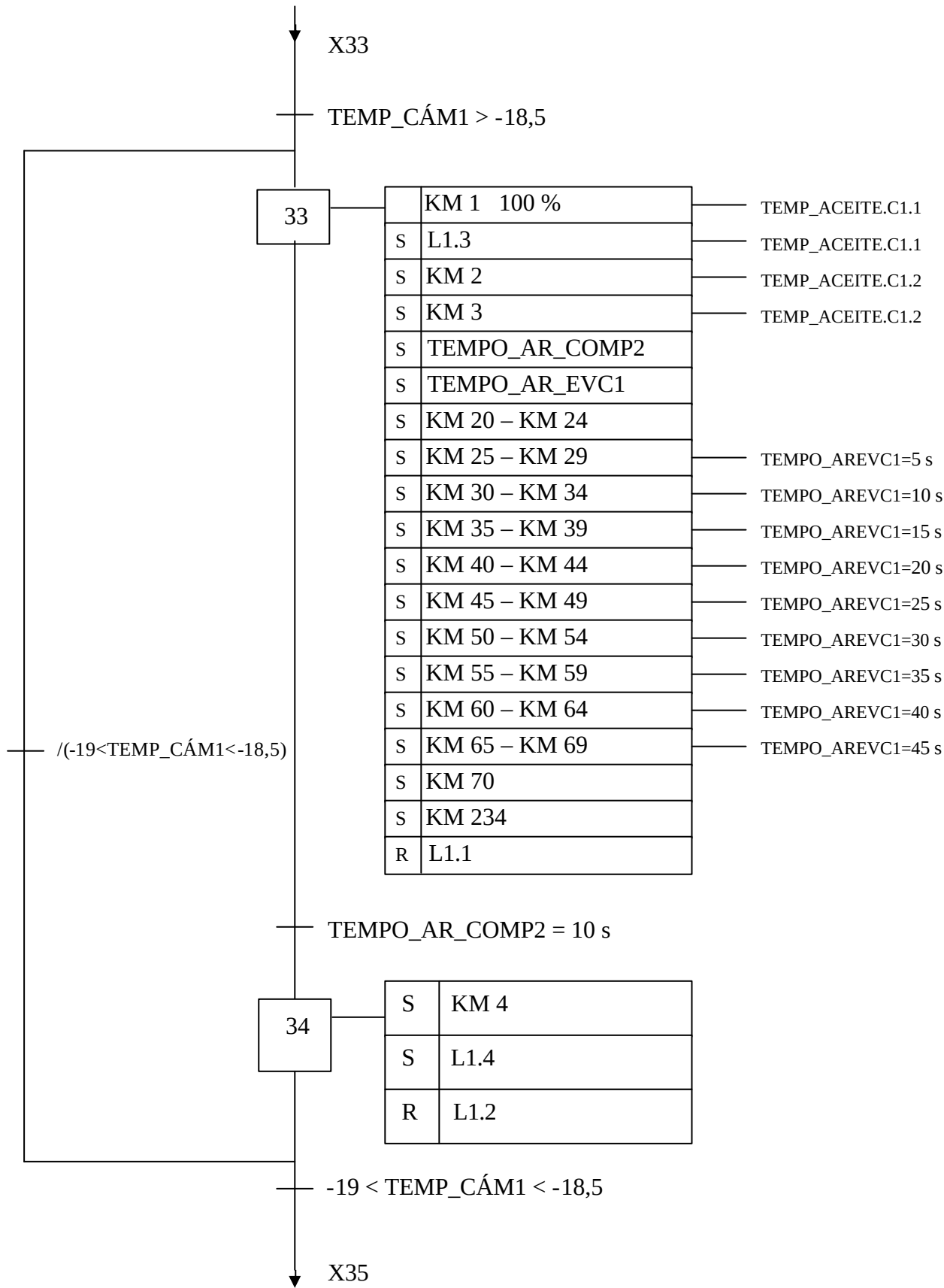
G2 Control tiempo de secuencias Cámara 1



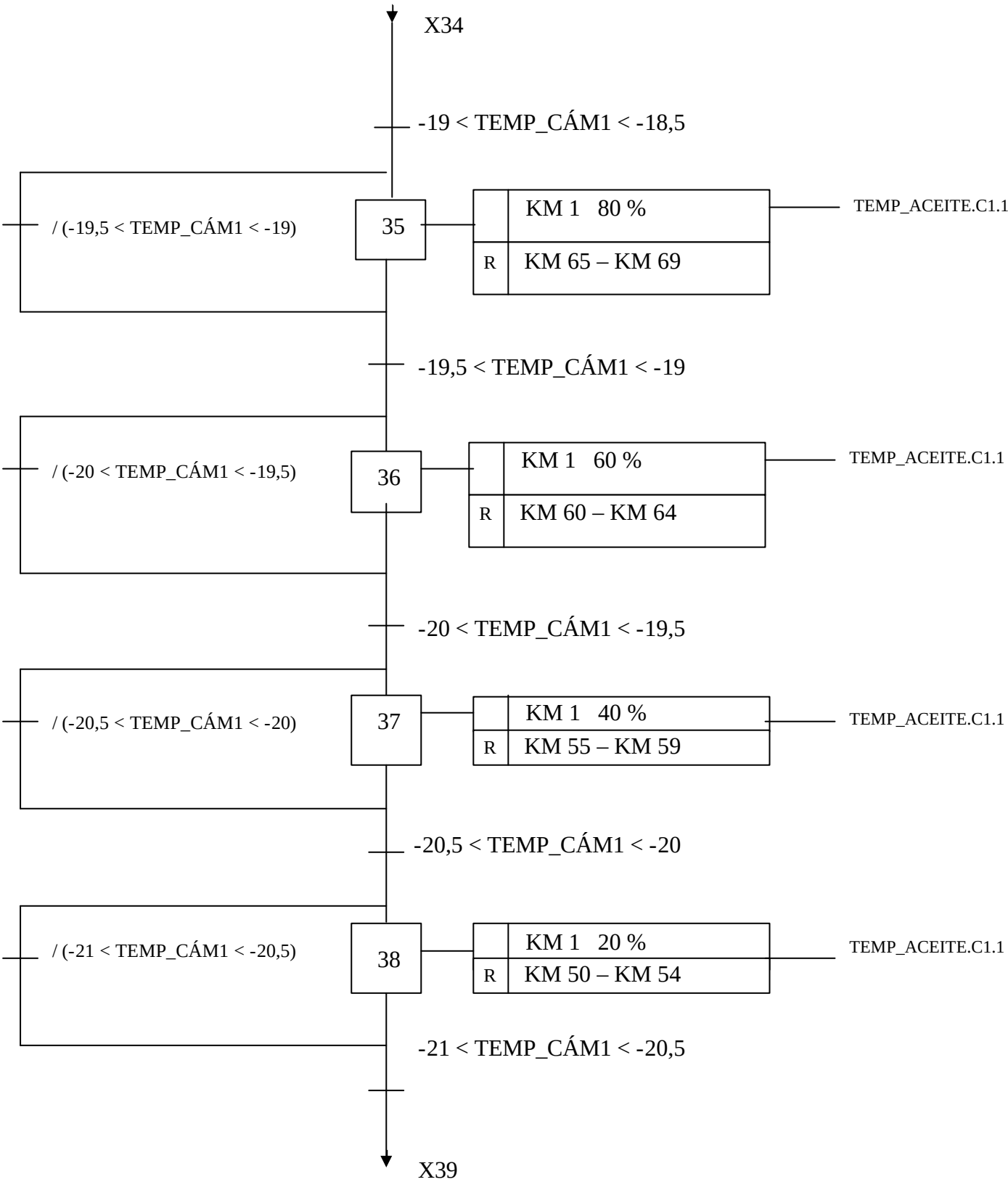
G3 Control temperatura Cámara 1



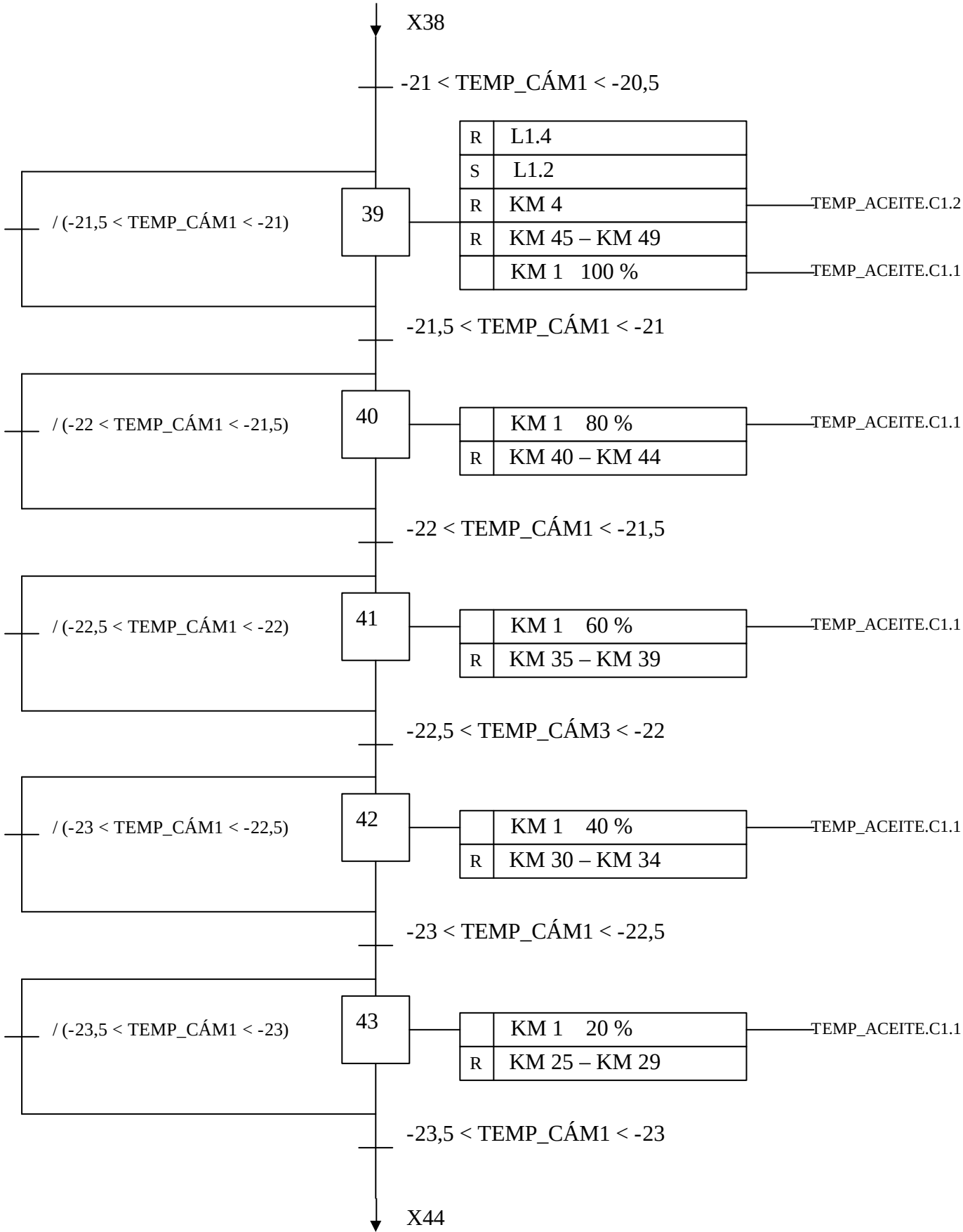
G3 Control temperatura Cámara 1 (continuación)



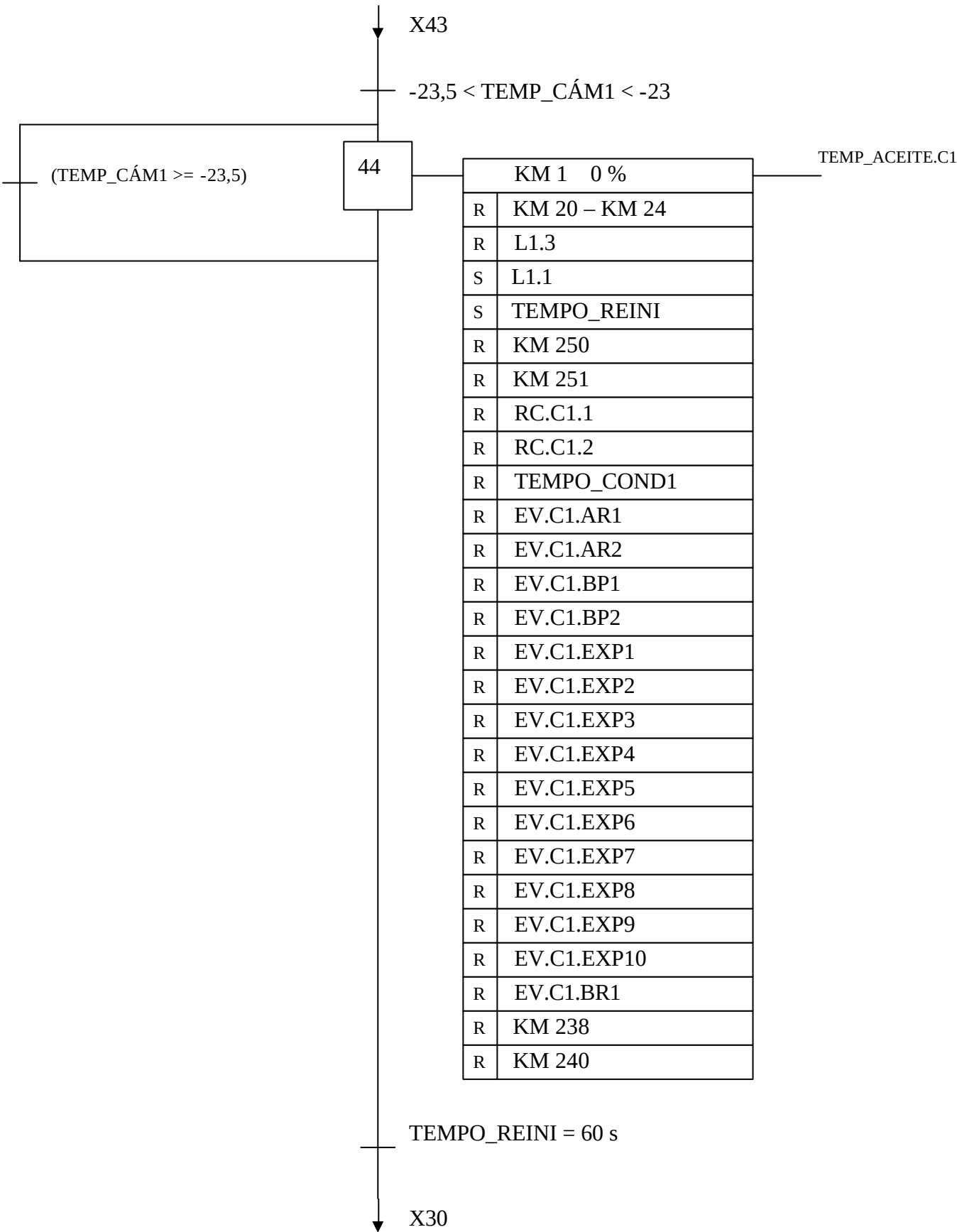
G3 Control temperatura Cámara 1 (continuación)



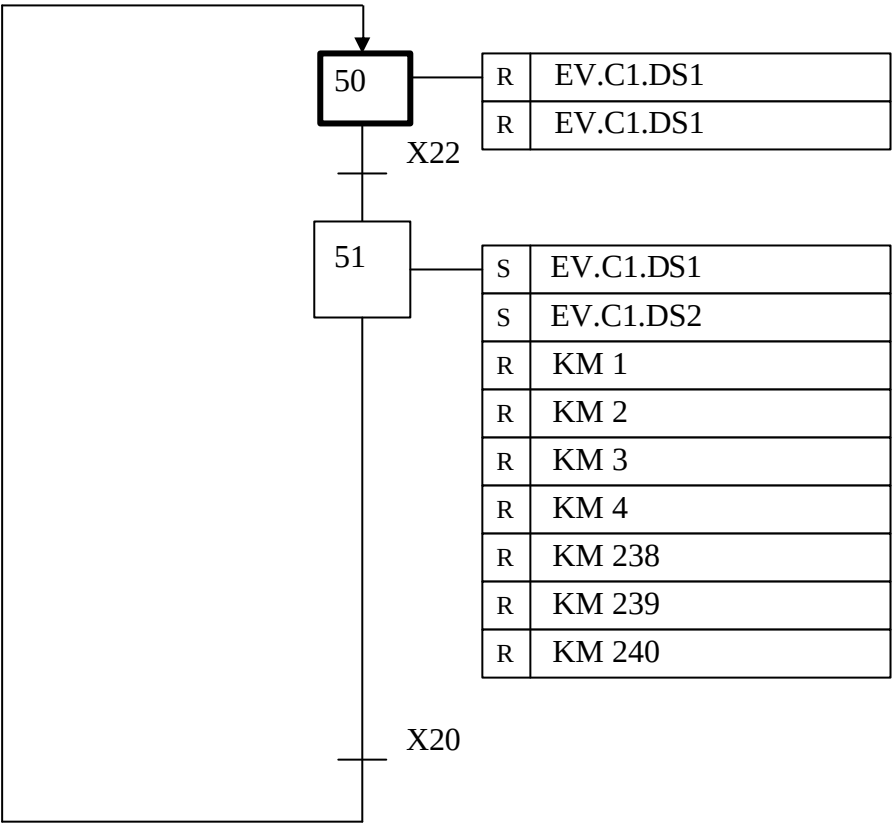
G3 Control temperatura Cámara 1 (continuación)



G3 Control temperatura Cámara 1 (continuación)



G4 Control desescarche Cámara 1



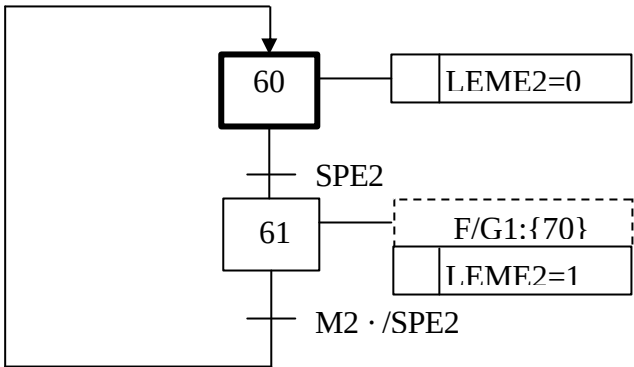
4.3 Grafset cámara 2:

Para la regulación y control de temperatura de la cámara se disponen de las siguientes entradas y salidas:

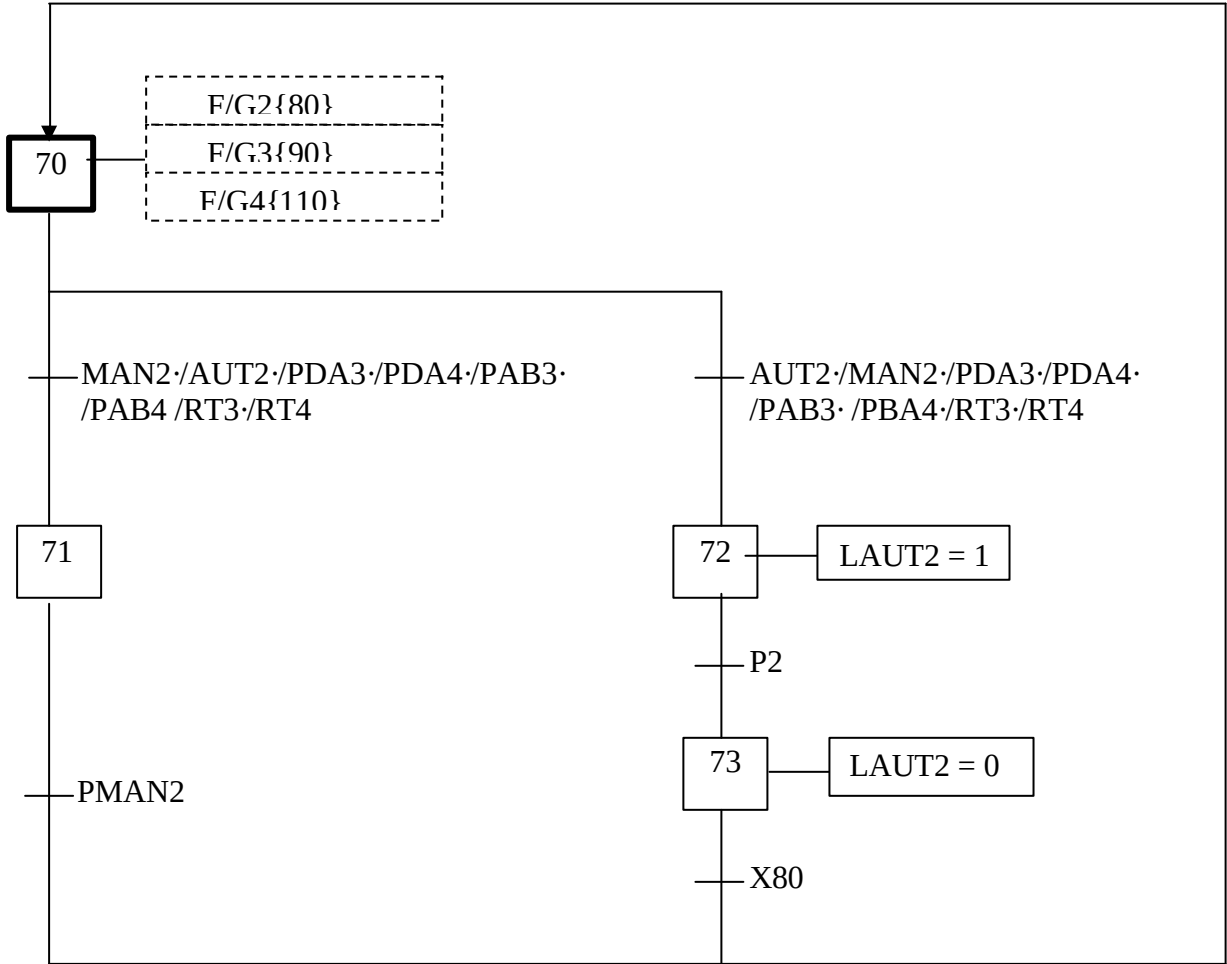
Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB3	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 3
PAB4	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 4
PDA3	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 3
PDA4	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 4
EV.C2.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 3
EV.C2.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 4
EV.C2.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 3
EV.C2.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 4
EV.C2.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 3
EV.C2.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 4
EV.C2.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C2.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C2.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C2.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C2.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C2.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C2.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C2.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C2.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C2.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C2.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C2.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM71-KM75	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM76-KM80	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM81-KM85	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM86-KM90	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM91-KM95	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM96-KM100	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM101-KM105	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM106-KM110	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM111-KM115	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9
KM116-KM120	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM121	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
VAR.FREC_2.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_2.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia

VAR:FREC_2.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_2.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM5	Salida	Contactador compresor nº 3
KM6	Salida	Contactador de línea compresor nº 4
KM7	Salida	Contactador de esrella compresor nº 4
KM8	Salida	Contactador de triangulo compresor nº 4
TM11-TM20	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C2.1-TM.C2.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 2
M2	Entrada	Pulsador de marcha cámara 2
P2	Entrada	Pulsador de paro cámara 2
SPE2	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 2
RT3	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 3
RT4	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 4
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C2.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 3
TEMP_ACEITE.C2.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 4
L2.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 3
L2.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 4
L2.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 3
L2.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 4
LEME2	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT2	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 252	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº3
KM 253	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº4
KM 235	Salida	Contactador bomba condensador evaporativo
KM 241	Salida	Contactador línea ventilador nº 2 condensador evaporativo
KM 242	Salida	Contactador estrella ventilador nº 2 condensador evaporativo
KM 243	Salida	Contactador triangulo ventilador nº 2 condensador evaporativo

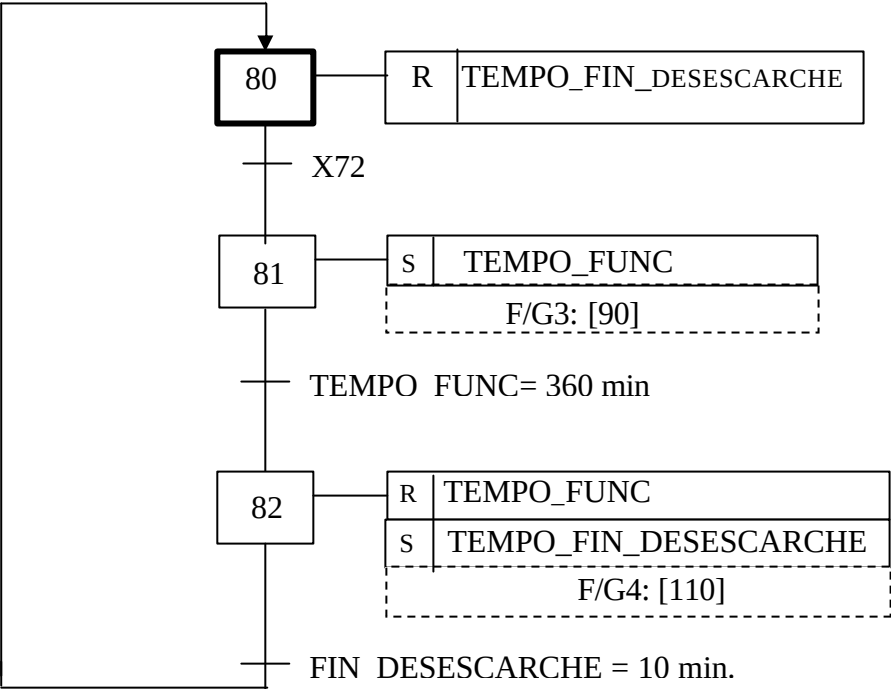
G0 Paro de emergencia Cámara 2



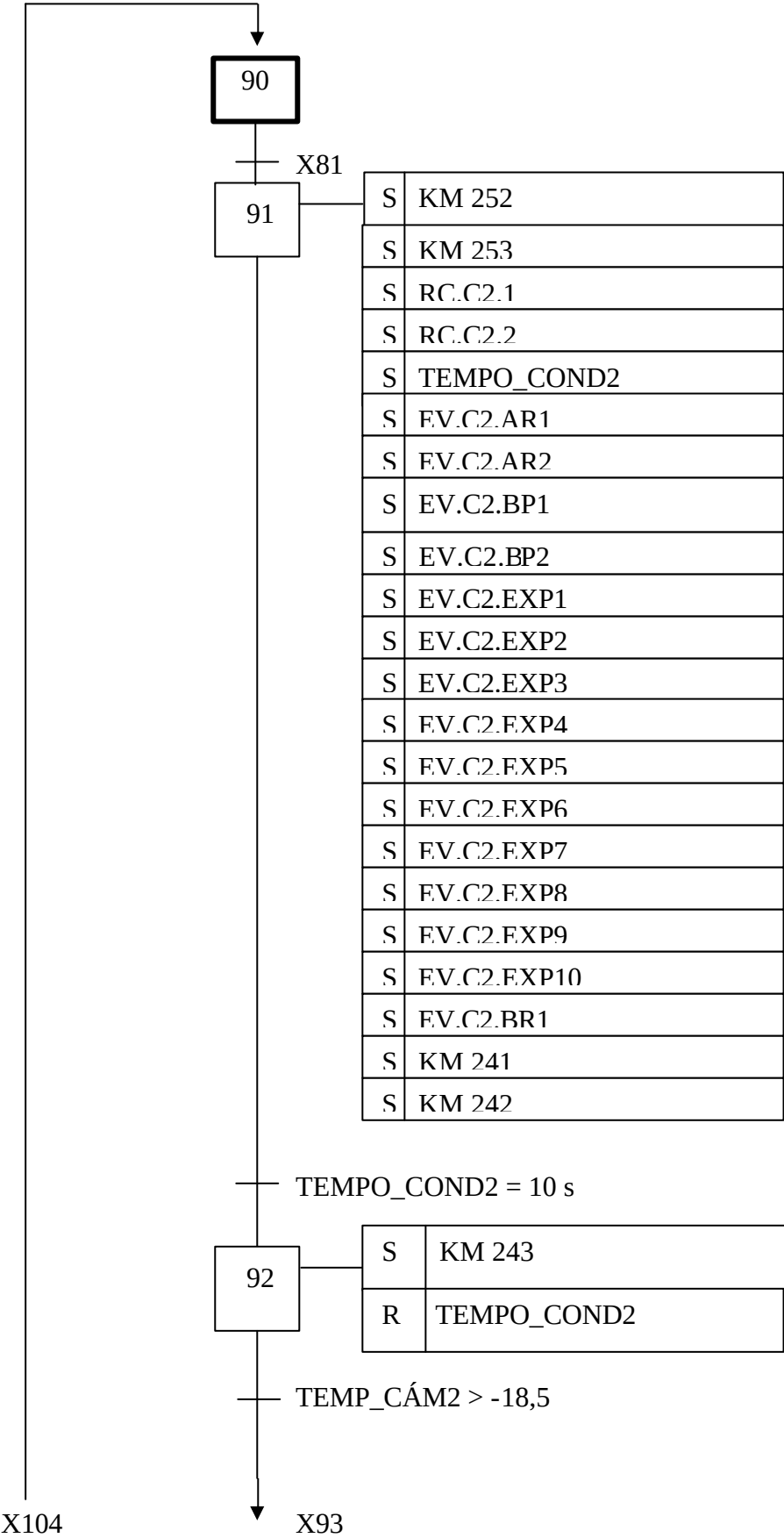
G1 Marcha-Paro Cámara 2



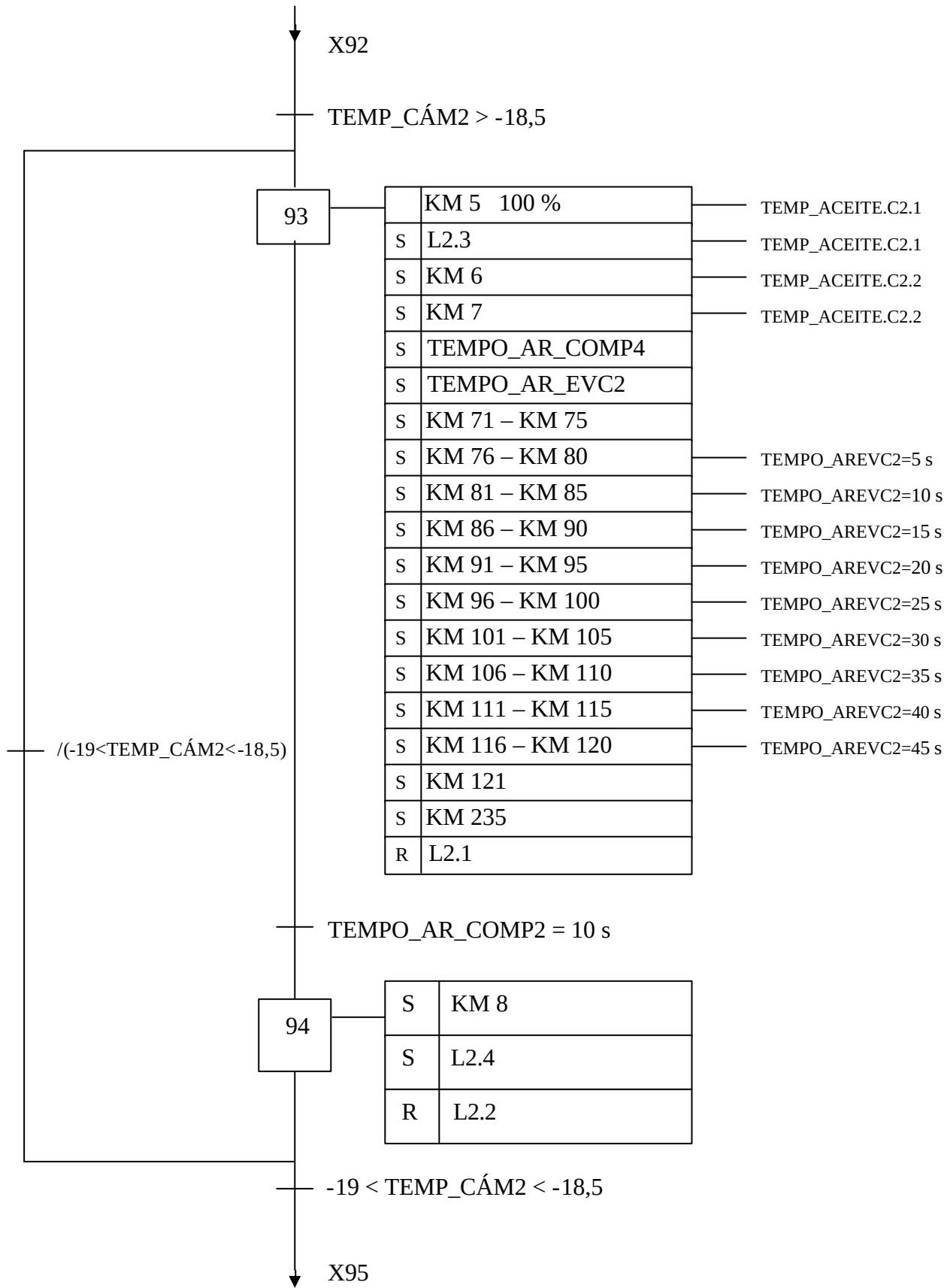
G2 Control tiempo de secuencias Cámara 2



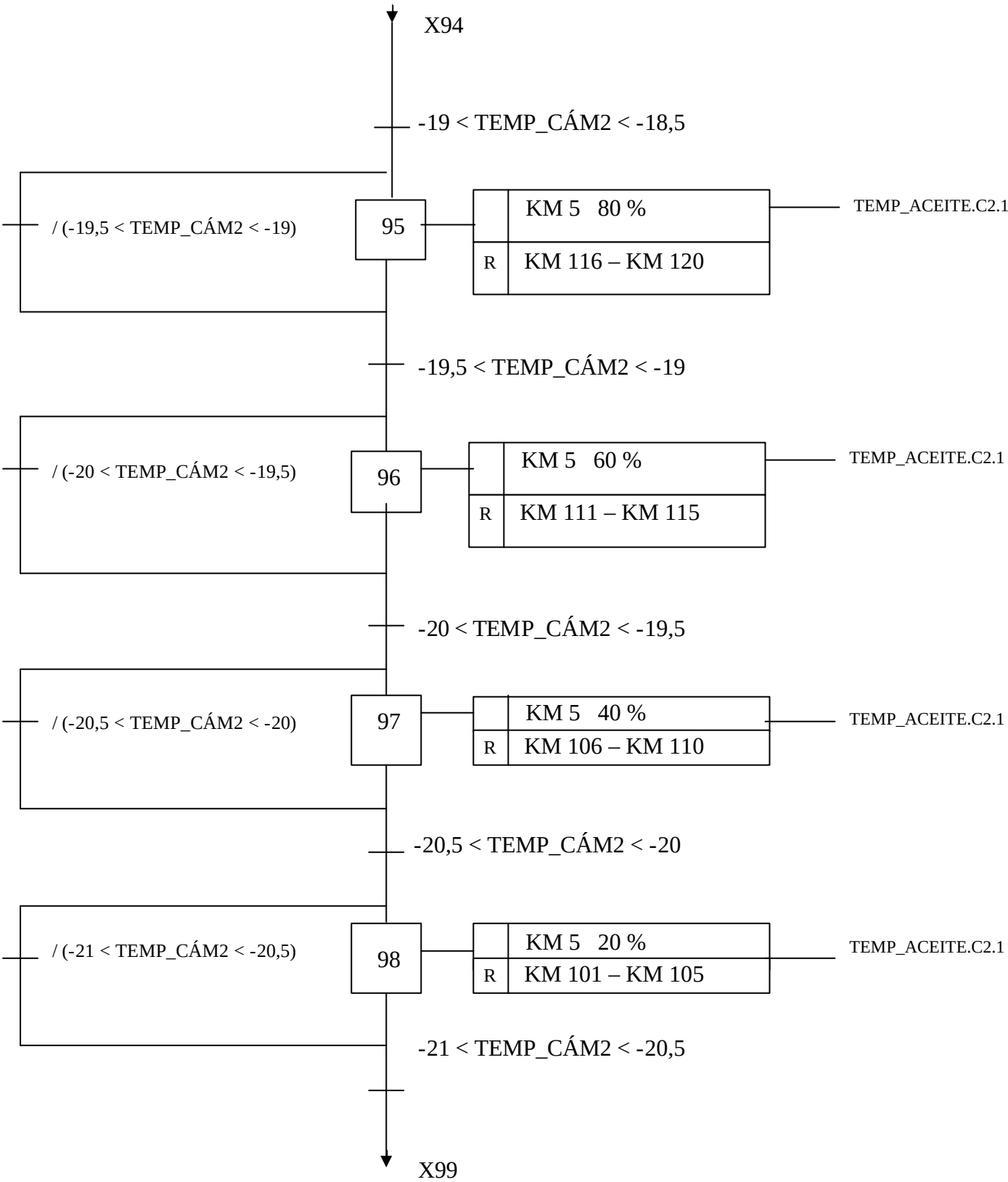
G3 Control temperatura Cámara 2



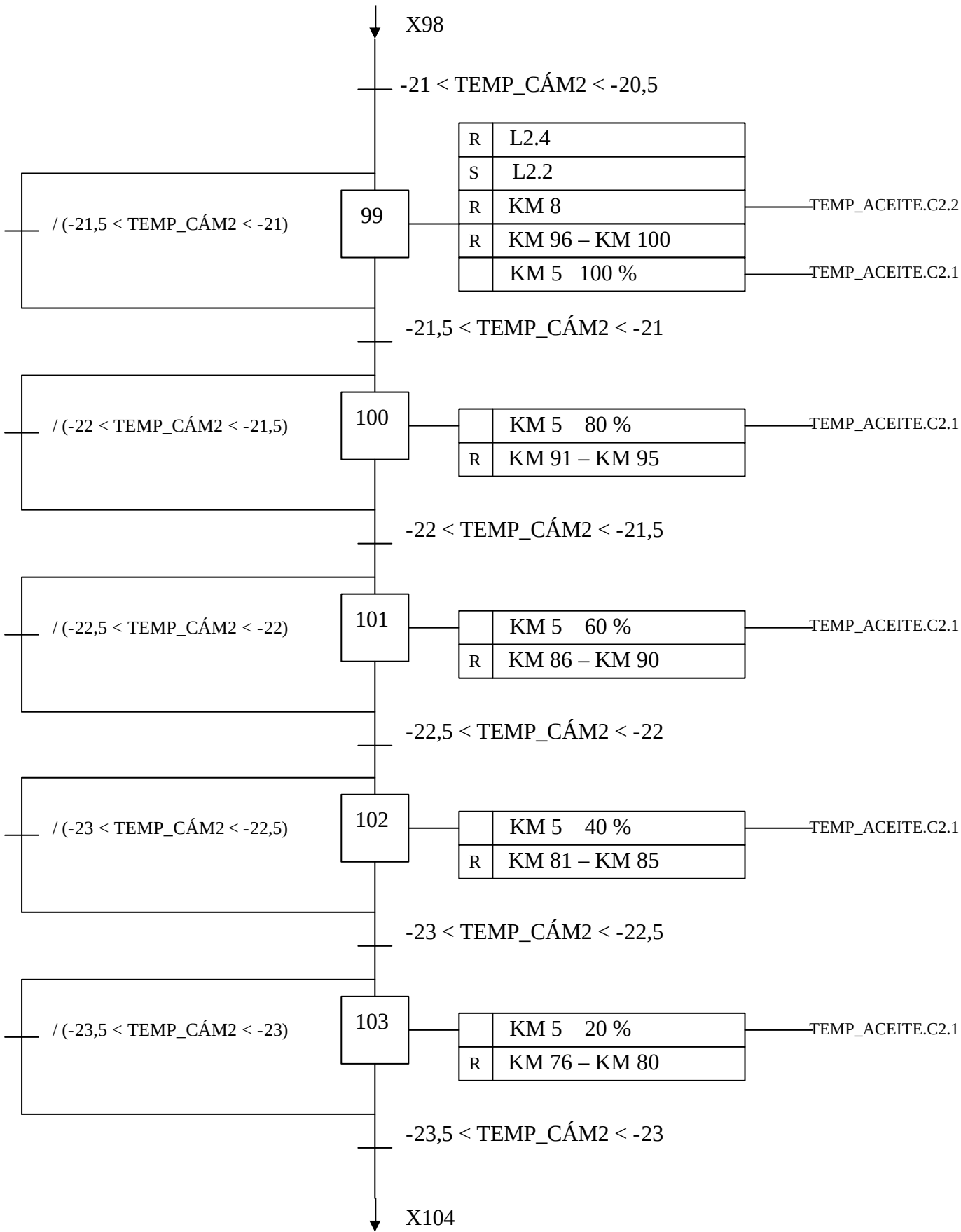
G3 Control temperatura Cámara 2 (continuación)



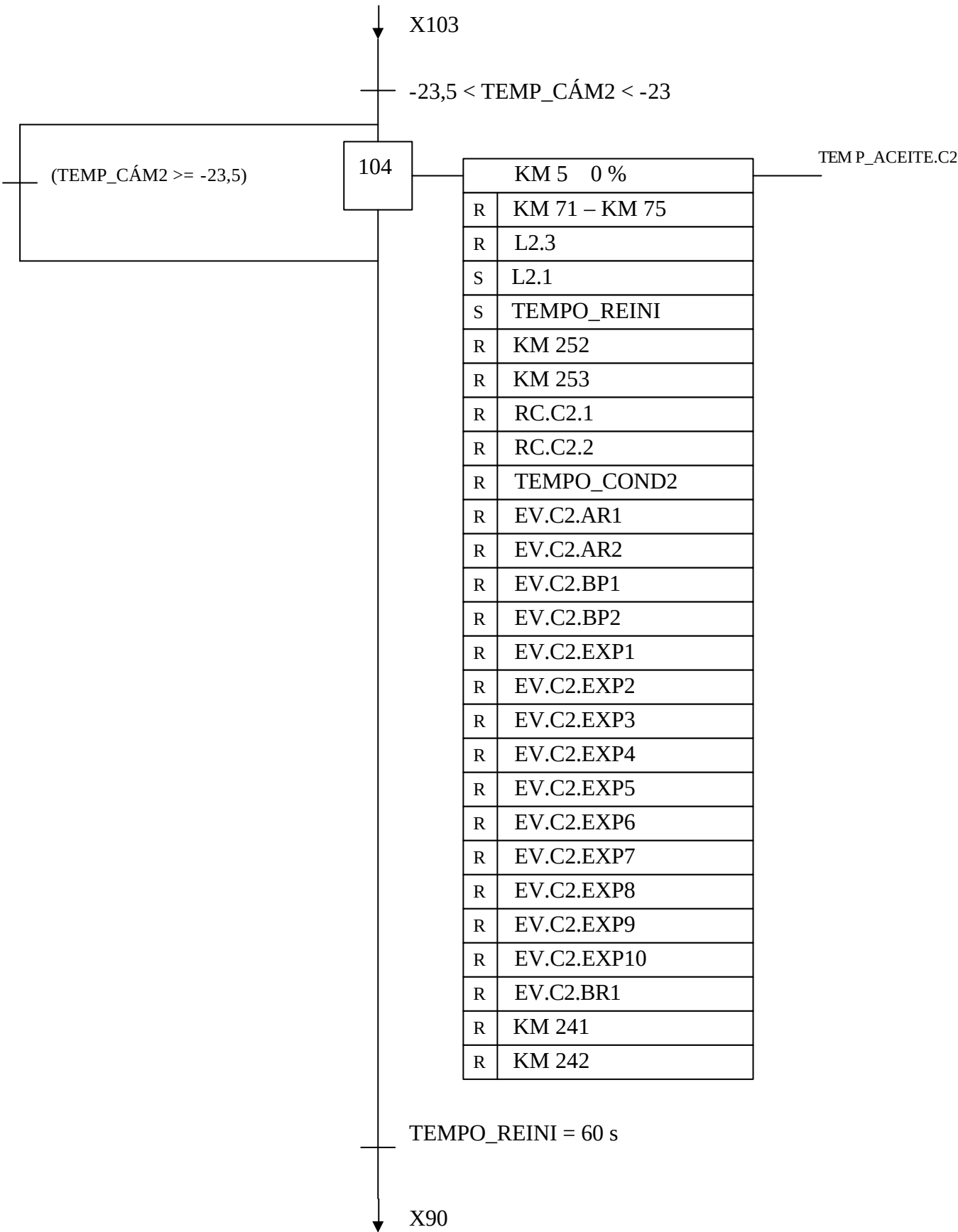
G3 Control temperatura Cámara 1 (continuación)



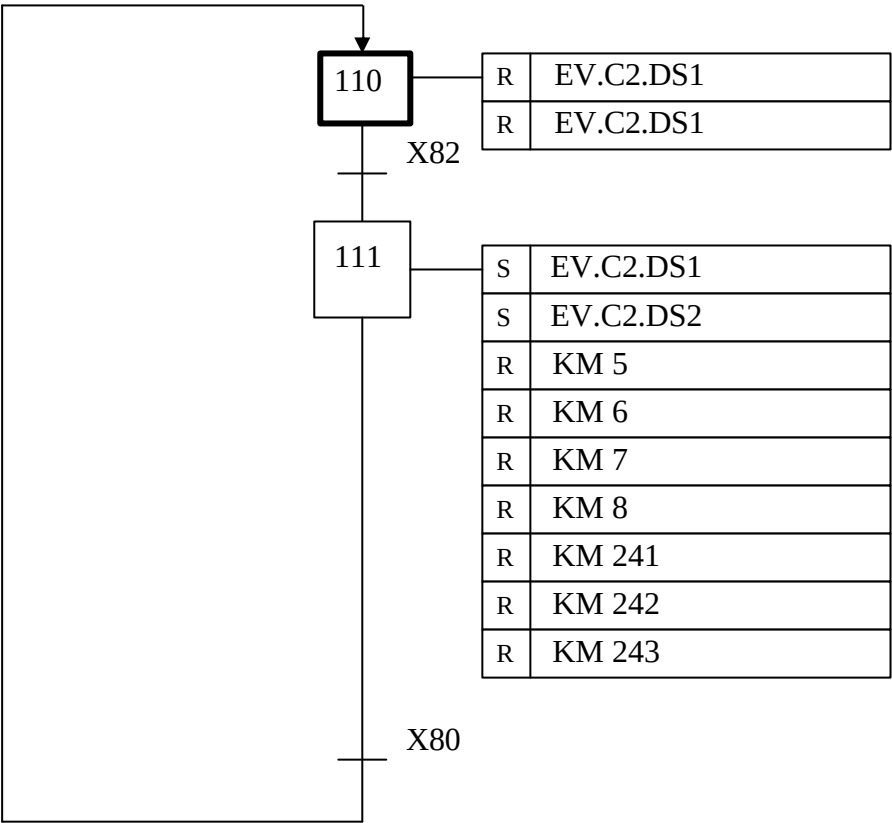
G3 Control temperatura Cámara 2 (continuación)



G3 Control temperatura Cámara 2 (continuación)



G4 Control desescarche Cámara 2



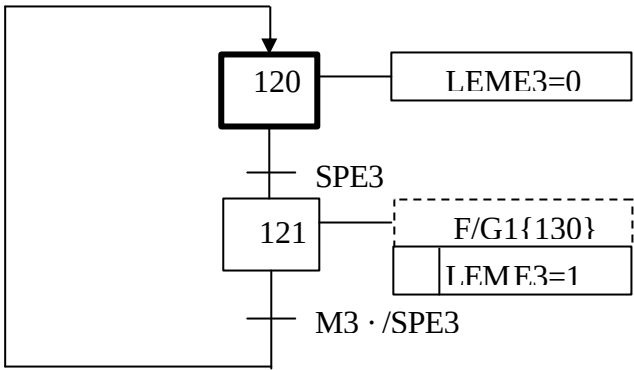
4.4 Graficet cámara 3:

Para la regulación y control de temperatura de la cámara se disponen de las siguientes entradas y salidas:

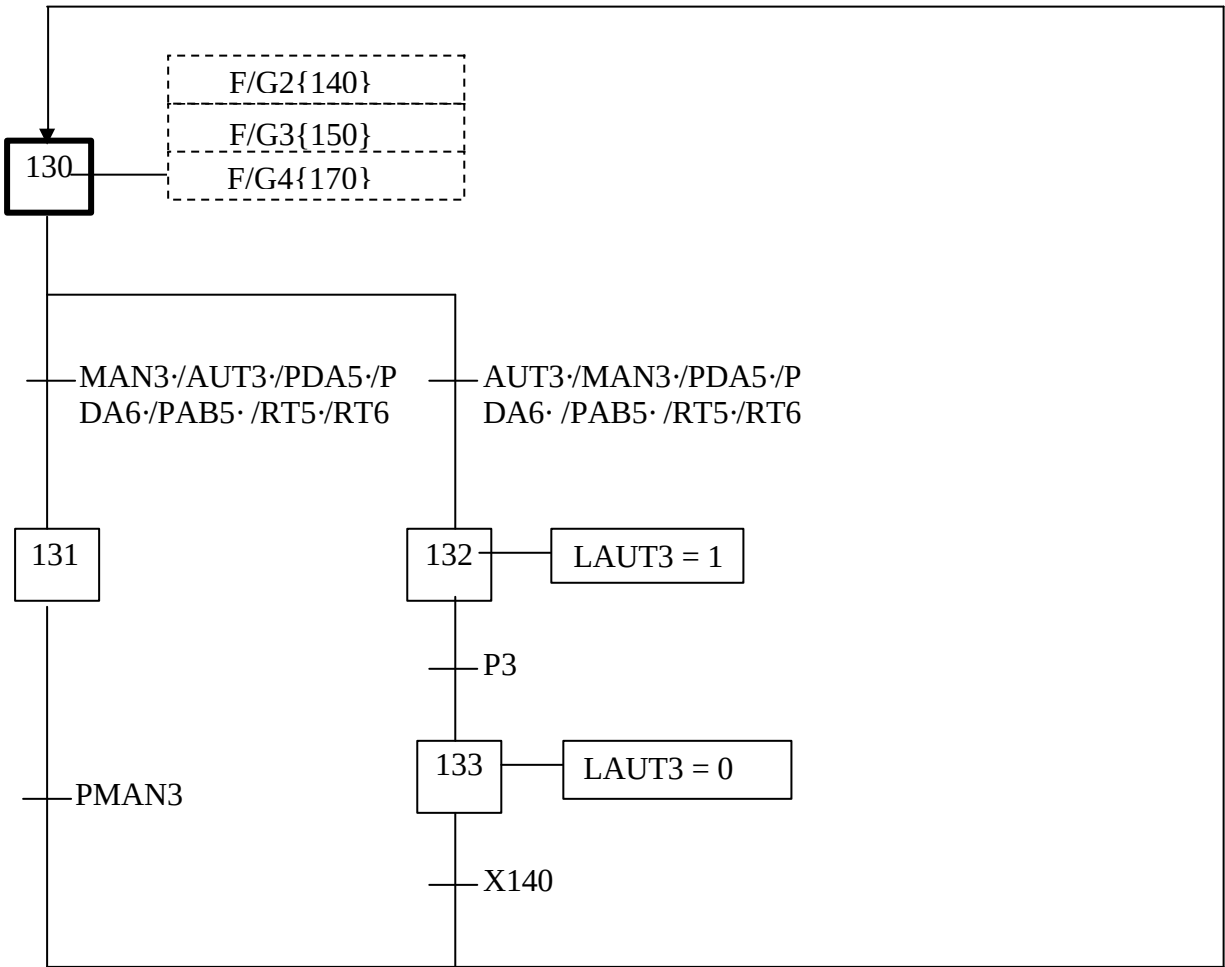
Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB5	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 5
PAB6	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 6
PDA5	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 5
PDA6	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 6
EV.C3.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 5
EV.C3.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 6
EV.C3.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 5
EV.C3.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 6
EV.C3.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 5
EV.C3.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 6
EV.C3.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C3.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C3.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C3.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C3.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C3.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C3.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C3.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C3.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C3.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C3.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C3.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM122-KM125	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM126-KM129	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM130-KM133	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM134-KM137	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM138-KM141	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM142-KM145	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM146-KM149	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM150-KM153	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM154-KM157	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9
KM158-KM161	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM162	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
VAR.FREC_3.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_3.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia

VAR.FREC_3.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_3.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM9	Salida	Contactador compresor nº 5
KM10	Salida	Contactador de línea compresor nº 6
KM11	Salida	Contactador de esrella compresor nº 6
KM12	Salida	Contactador de triangulo compresor nº 6
TM21-TM30	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C3.1-TM.C3.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 3
M3	Entrada	Pulsador de marcha cámara 3
P3	Entrada	Pulsador de paro cámara 3
PMAN3	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 3
SPE3	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 3
RT5	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 5
RT6	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 6
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C3.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 5
TEMP_ACEITE.C3.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 6
L3.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 5
L3.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 6
L3.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 5
L3.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 6
LEME3	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT3	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 254	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº5
KM 255	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº6
KM 236	Salida	Contactador bomba n ° 3 condensador evaporativo
KM 244	Salida	Contactador línea ventilador nº 3 condensador evaporativo
KM 245	Salida	Contactador estrella ventilador nº 3 condensador evaporativo
KM 246	Salida	Contactador triangulo ventilador nº 3 condensador evaporativo

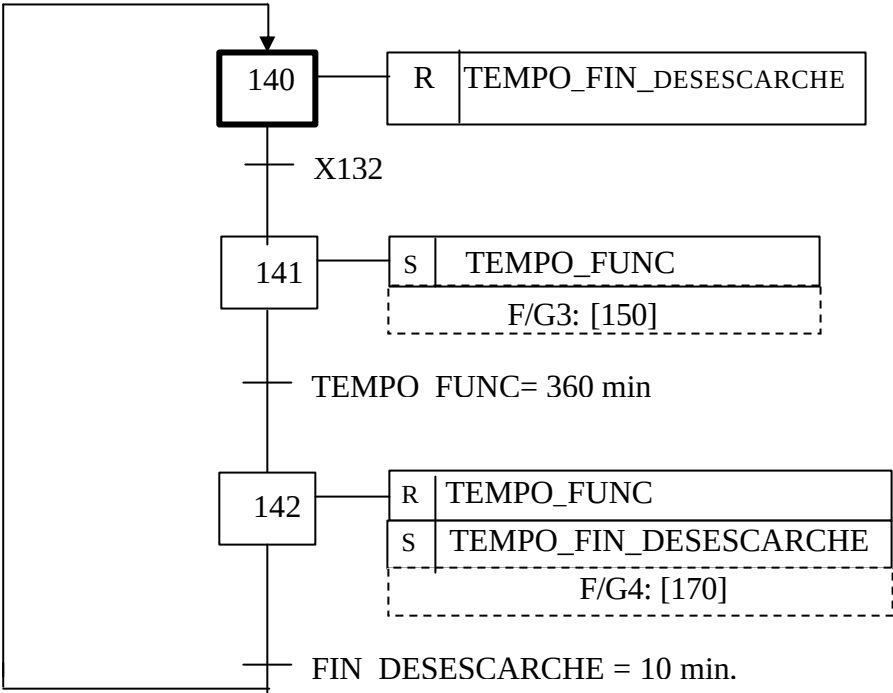
G0 Paro de emergencia Cámara 3



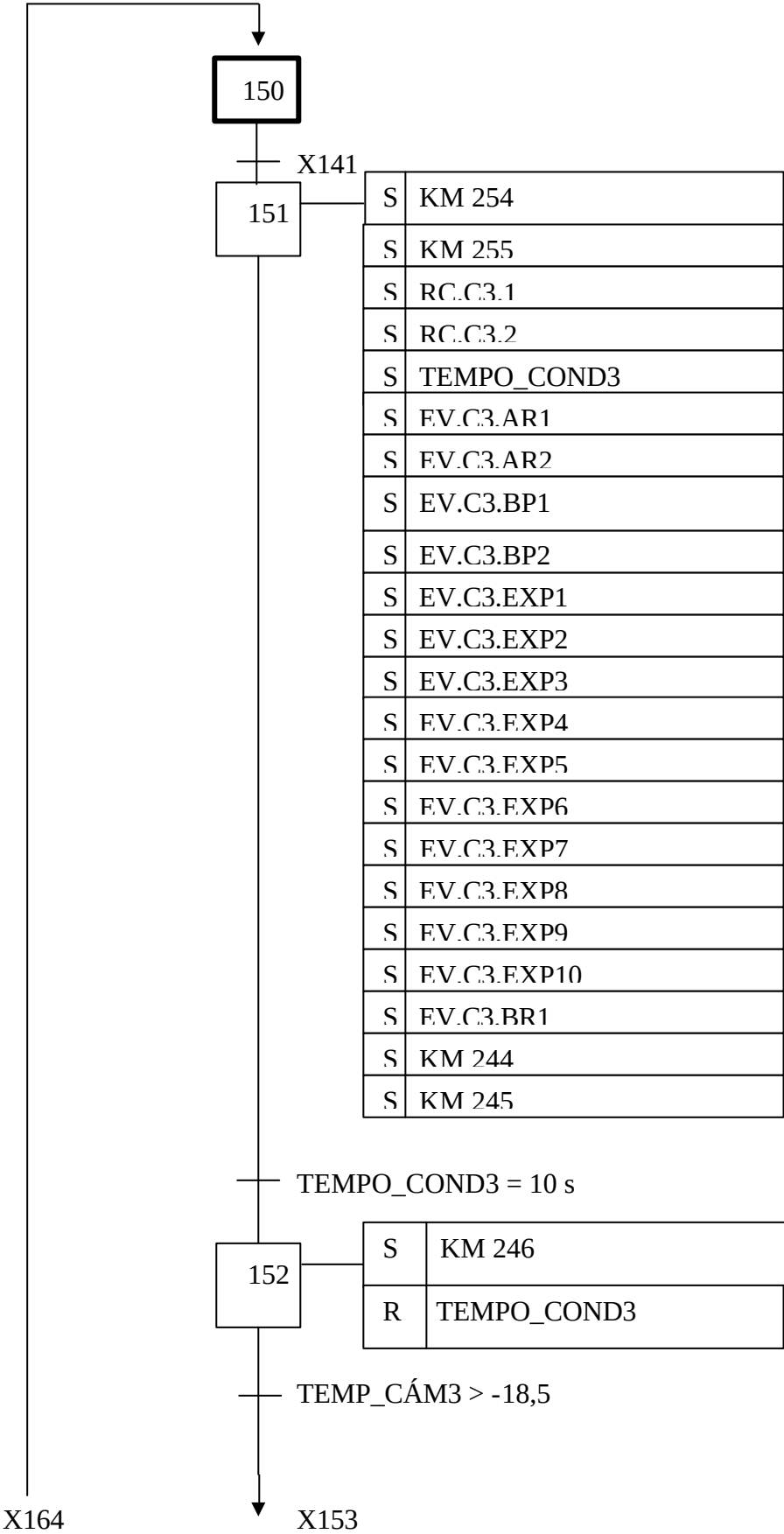
G1 Marcha-Paro Cámara 3



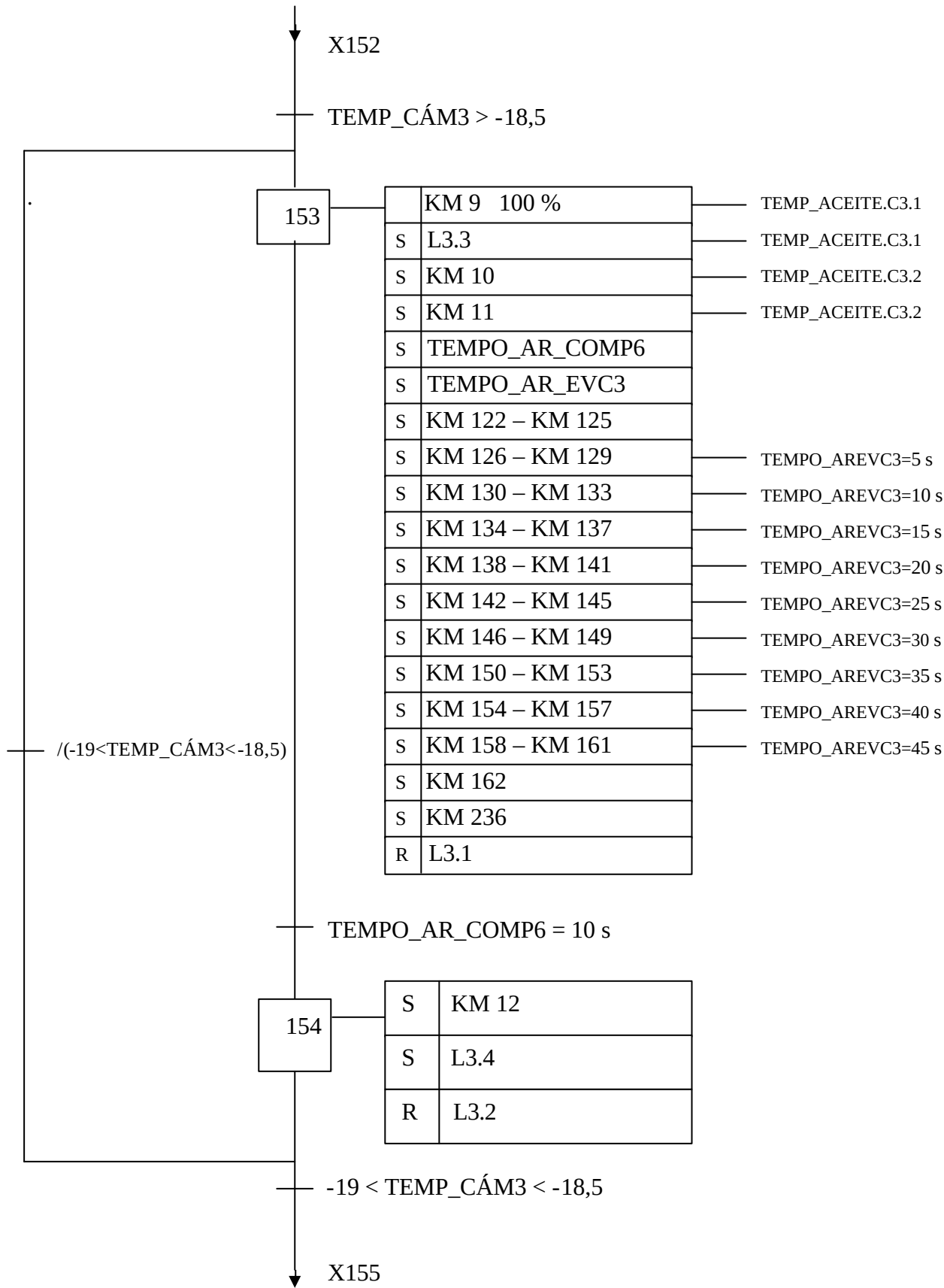
G2 Control tiempo de secuencias Cámara 3



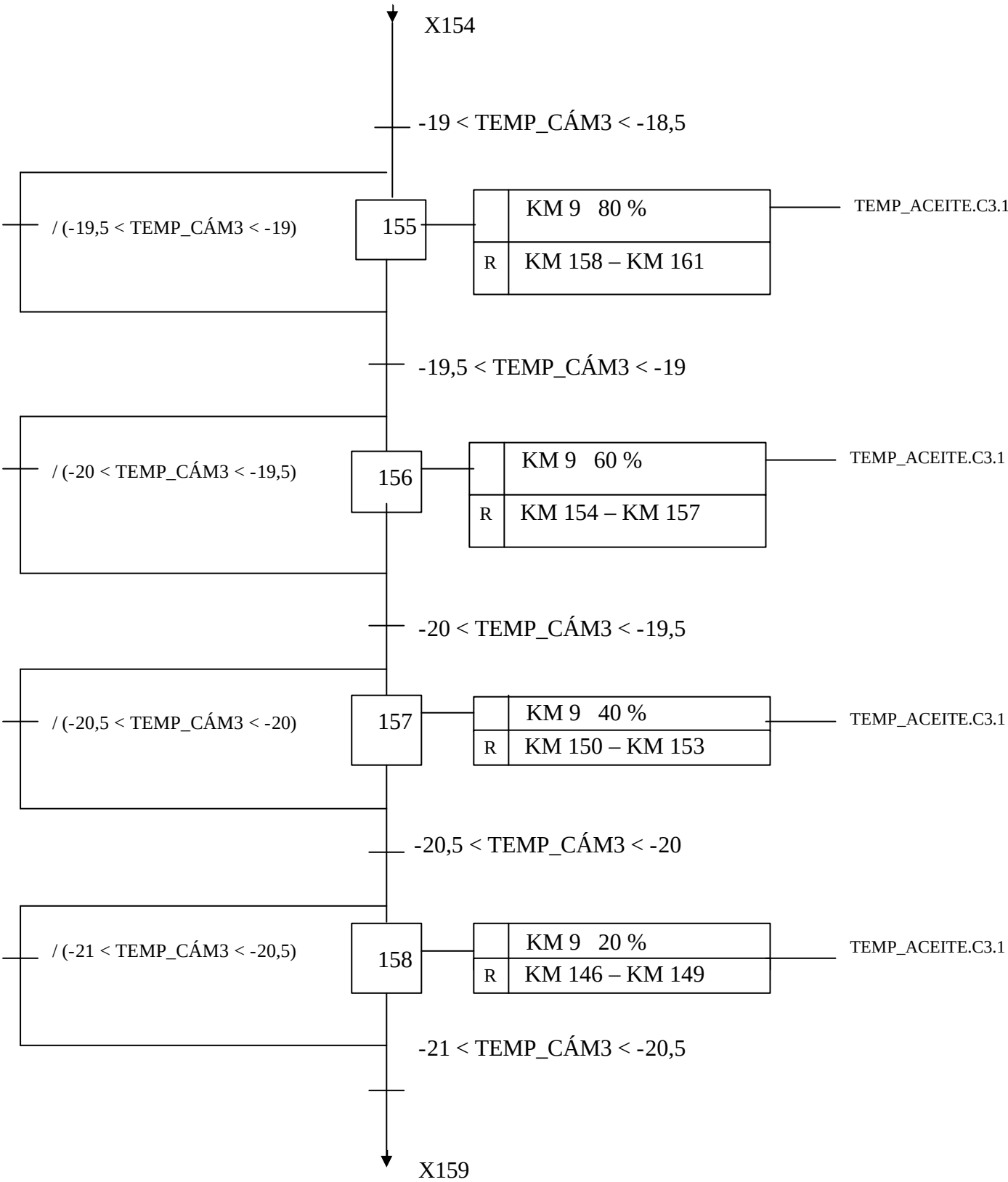
G3 Control temperatura Cámara 3



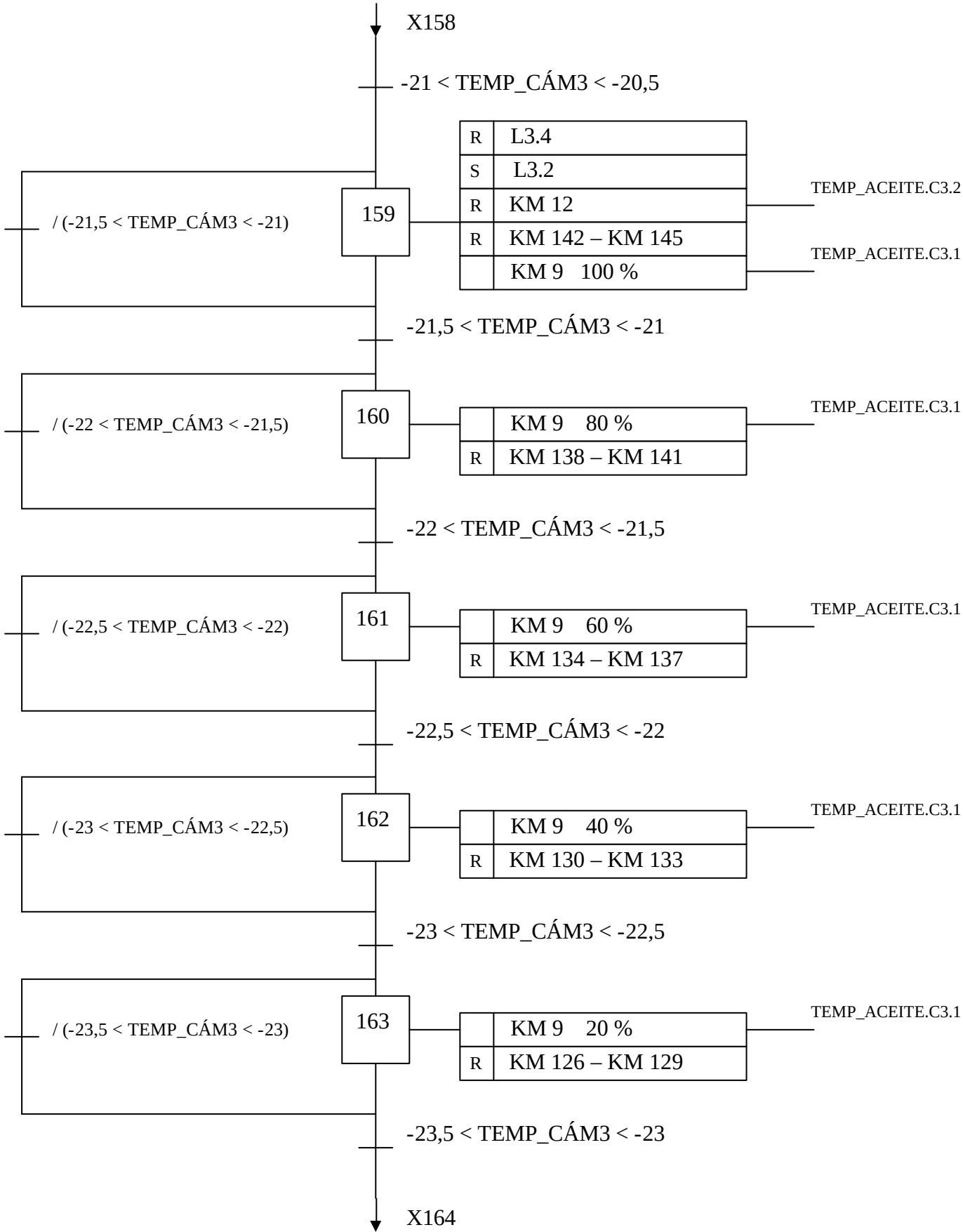
G3 Control temperatura Cámara 3 (continuación)



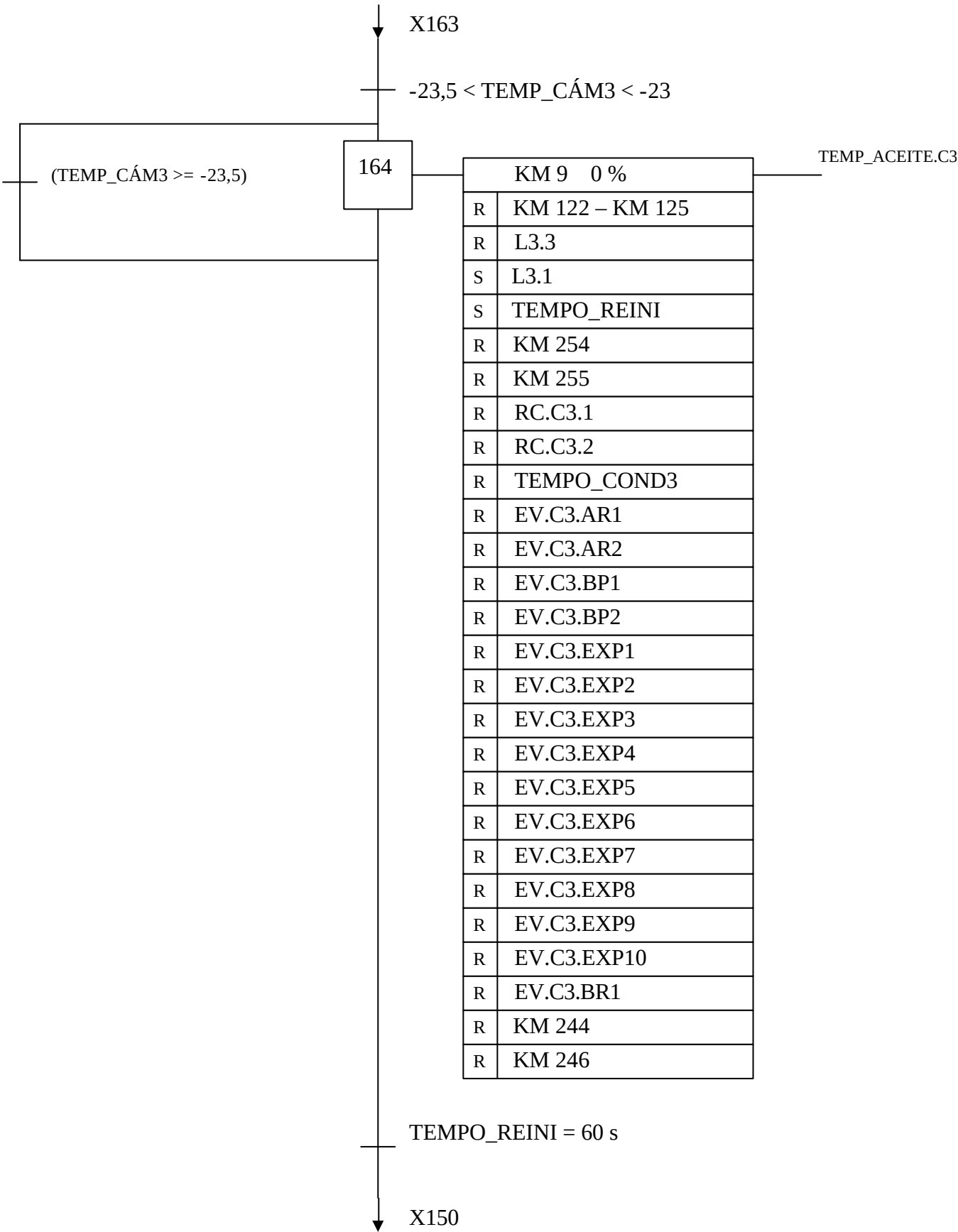
G3 Control temperatura Cámara 3 (continuación)



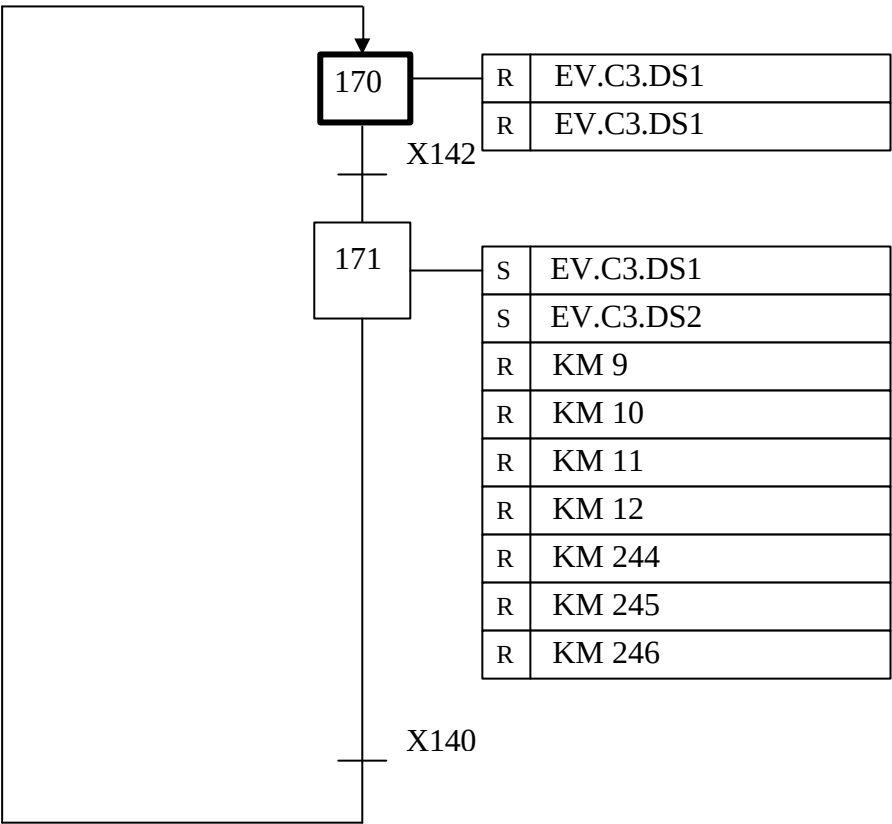
G3 Control temperatura Cámara 3 (continuación)



G3 Control temperatura Cámara 3 (continuación)



G4 Control desescarche Cámara 3



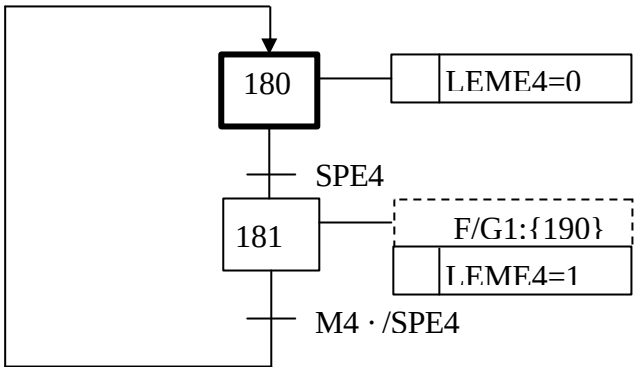
4.5 Grafset cámara 4:

Para la regulación y control de temperatura de la cámara se disponen de las siguientes entradas y salidas:

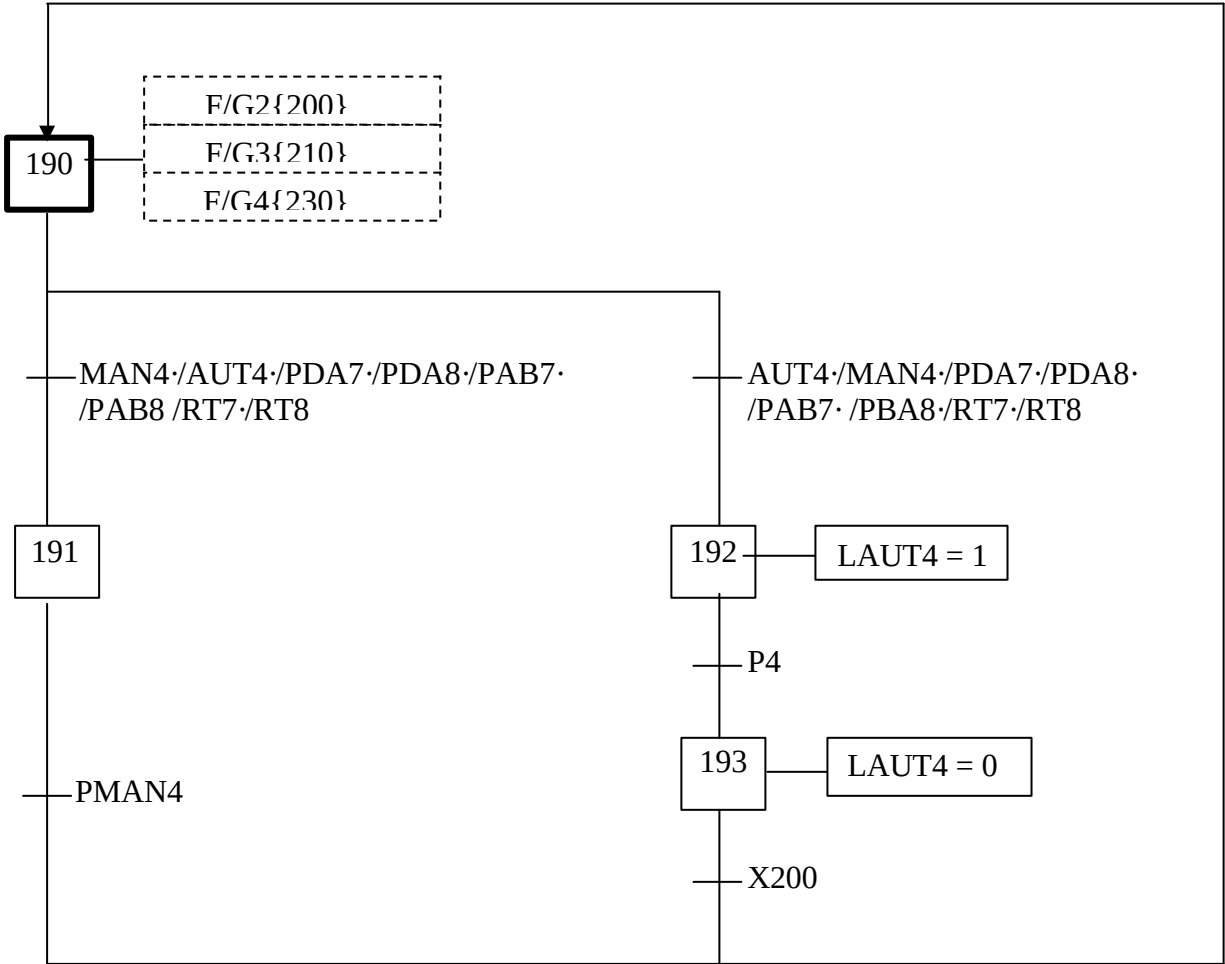
Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB7	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 7
PAB8	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 8
PDA7	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 7
PDA8	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 8
EV.C4.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 7
EV.C4.DS2	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 8
EV.C4.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 7
EV.C4.AR2	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 8
EV.C4.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 7
EV.C4.BP2	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 8
EV.C4.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C4.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C4.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C4.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C4.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.C4.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.C4.EXP7	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 7
EV.C4.EXP8	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 8
EV.C4.EXP9	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 9
EV.C4.EXP10	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 10
EV.C4.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C4.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM163-KM166	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM167-KM170	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM171-KM174	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM175-KM178	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM179-KM182	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM183-KM186	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM187-KM188	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 7
KM189-KM192	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 8
KM193-KM196	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 9
KM197-KM200	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 10
KM201	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
VAR_FREQ.4.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR_FREQ.4.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia

VAR_FREQ.4.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR_FREQ.4.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM13	Salida	Contactador compresor nº 7
KM14	Salida	Contactador de línea compresor nº 8
KM15	Salida	Contactador de estrella compresor nº 8
KM16	Salida	Contactador de triángulo compresor nº 8
TM31-TM40	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 10
TM.C4.1-TM.C4.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 4
M4	Entrada	Pulsador de marcha cámara 4
P4	Entrada	Pulsador de paro cámara 4
PMAN4	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 4
SPE4	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 4
RT7	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 7
RT8	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 8
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
TEMP_ACEITE.C4.1	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 7
TEMP_ACEITE.C4.2	Entrada	Sensor temperatura aceite compresor nº 8
L4.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 7
L4.2	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 8
L4.3	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 7
L4.4	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 8
LEME4	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT4	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 256	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº 7
KM 257	Salida	Contactador Bomba aceite compresor nº 8
KM 237	Salida	Contactador Bomba nº 4 condensador evaporativo
KM 247	Salida	Contactador de línea ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 248	Salida	Contactador estrella ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 249	Salida	Contactador triángulo ventilador nº 4 condensador evaporativo

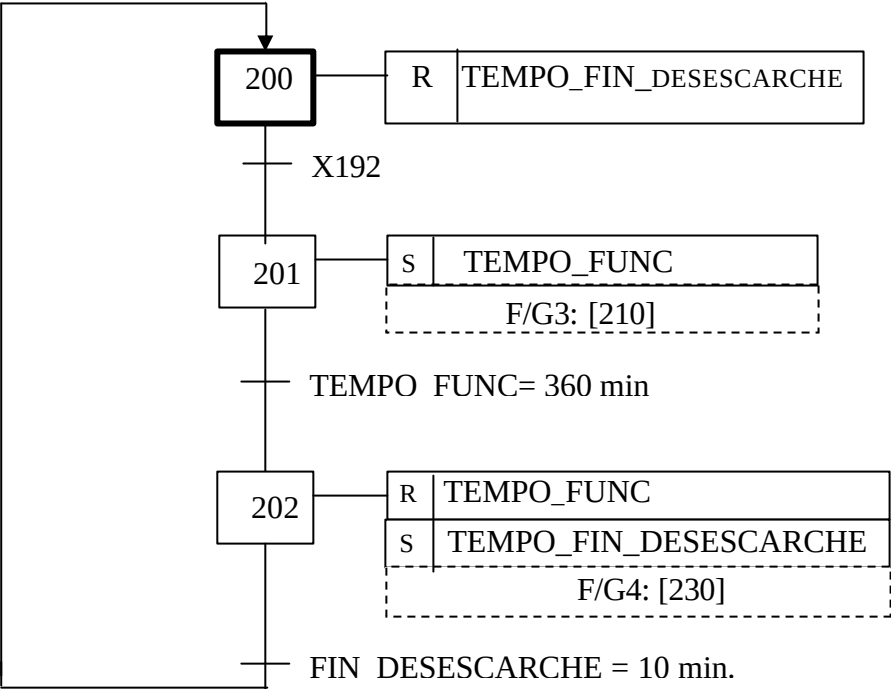
G0 Paro de emergencia Cámara 4



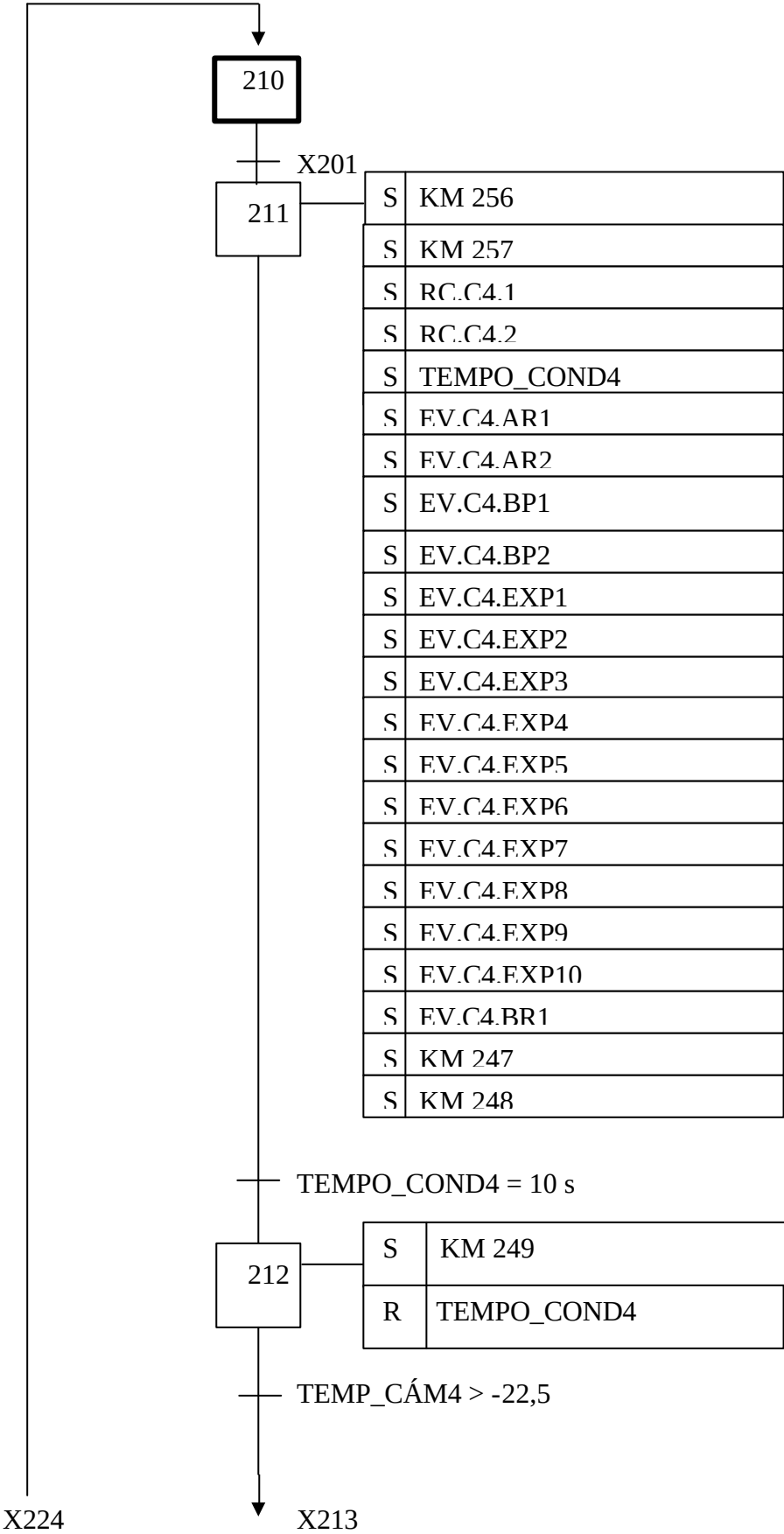
G1 Marcha-Paro Cámara 4



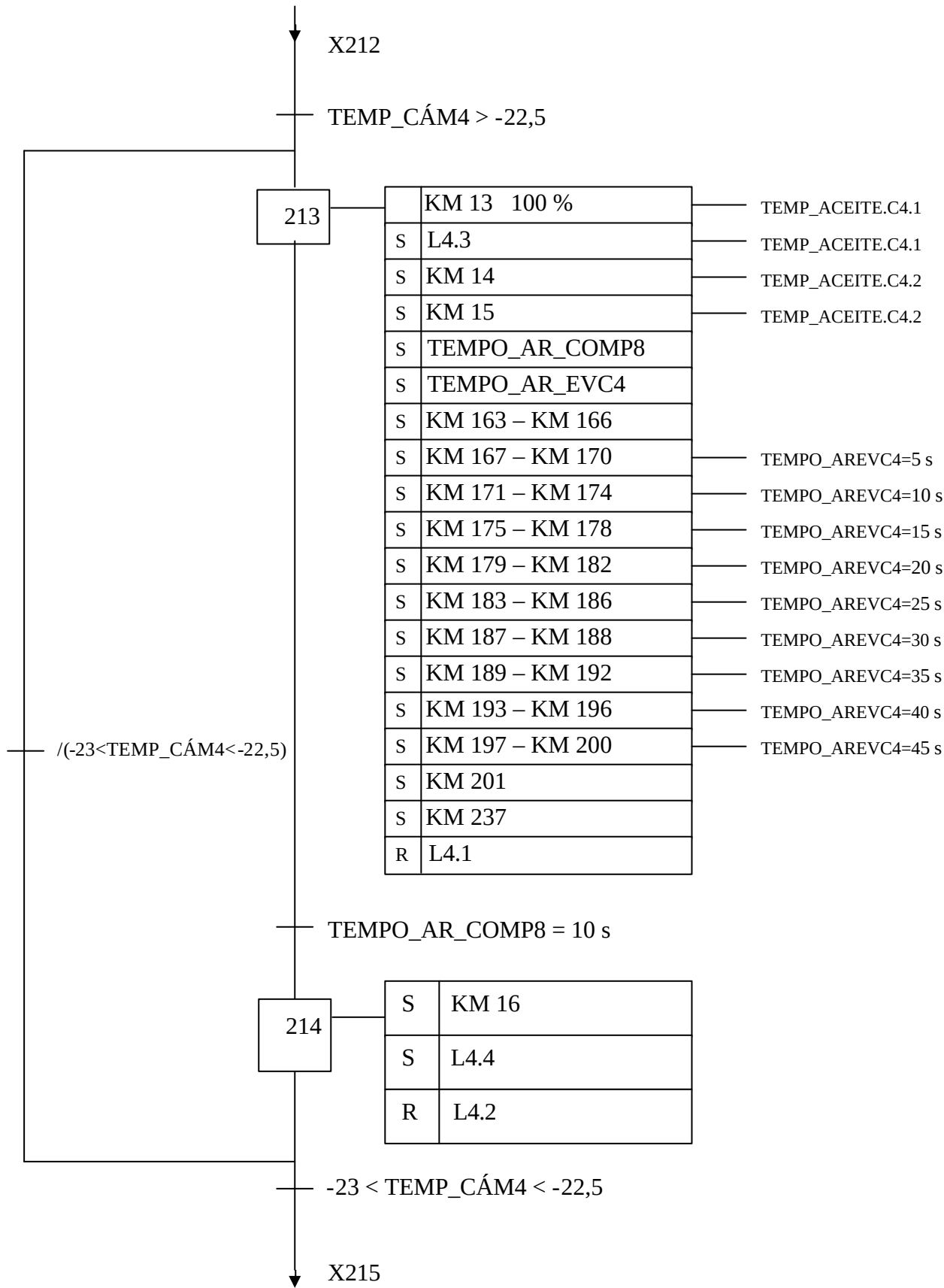
G2 Control tiempo de secuencias Cámara 4



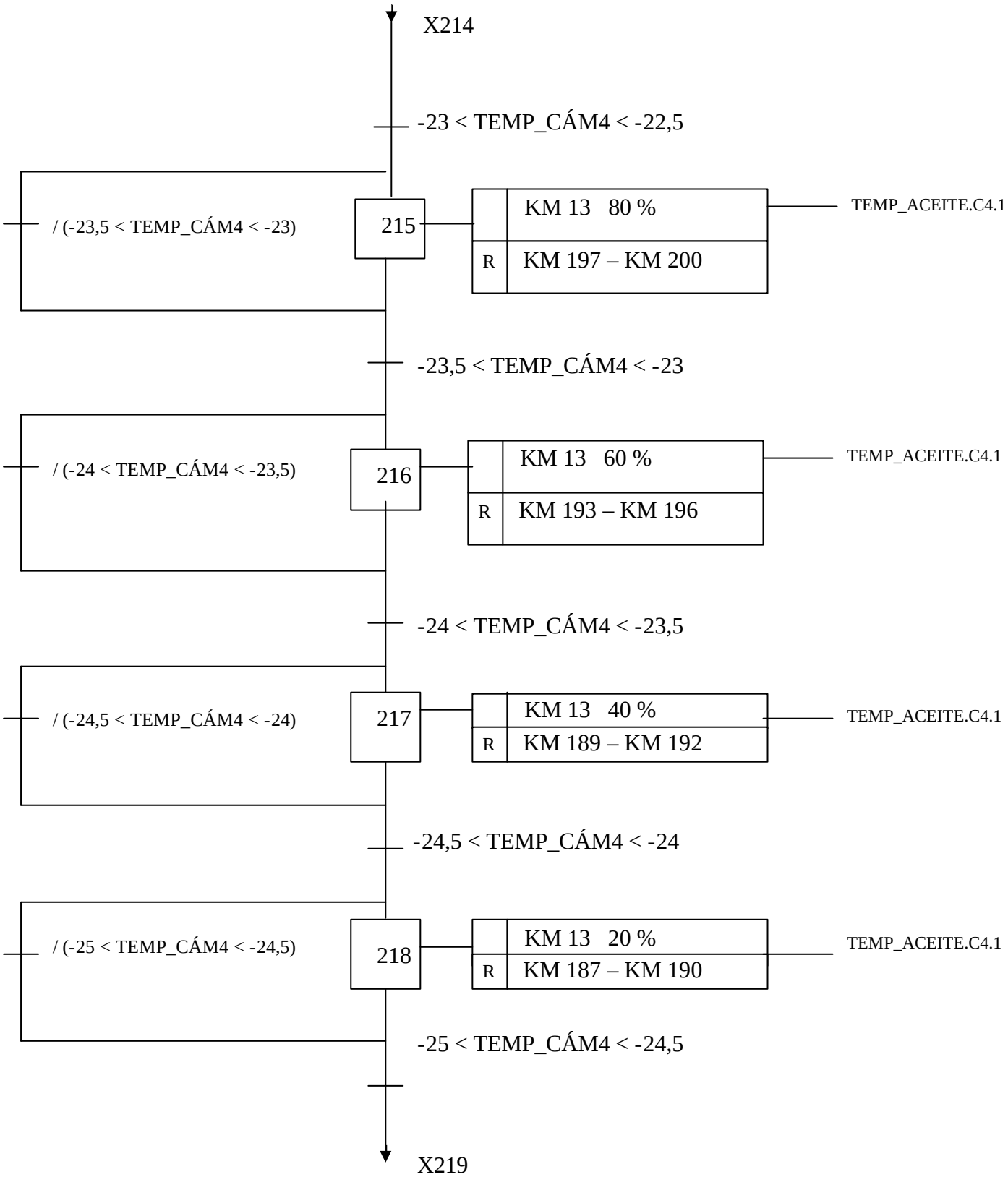
G3 Control temperatura Cámara 4



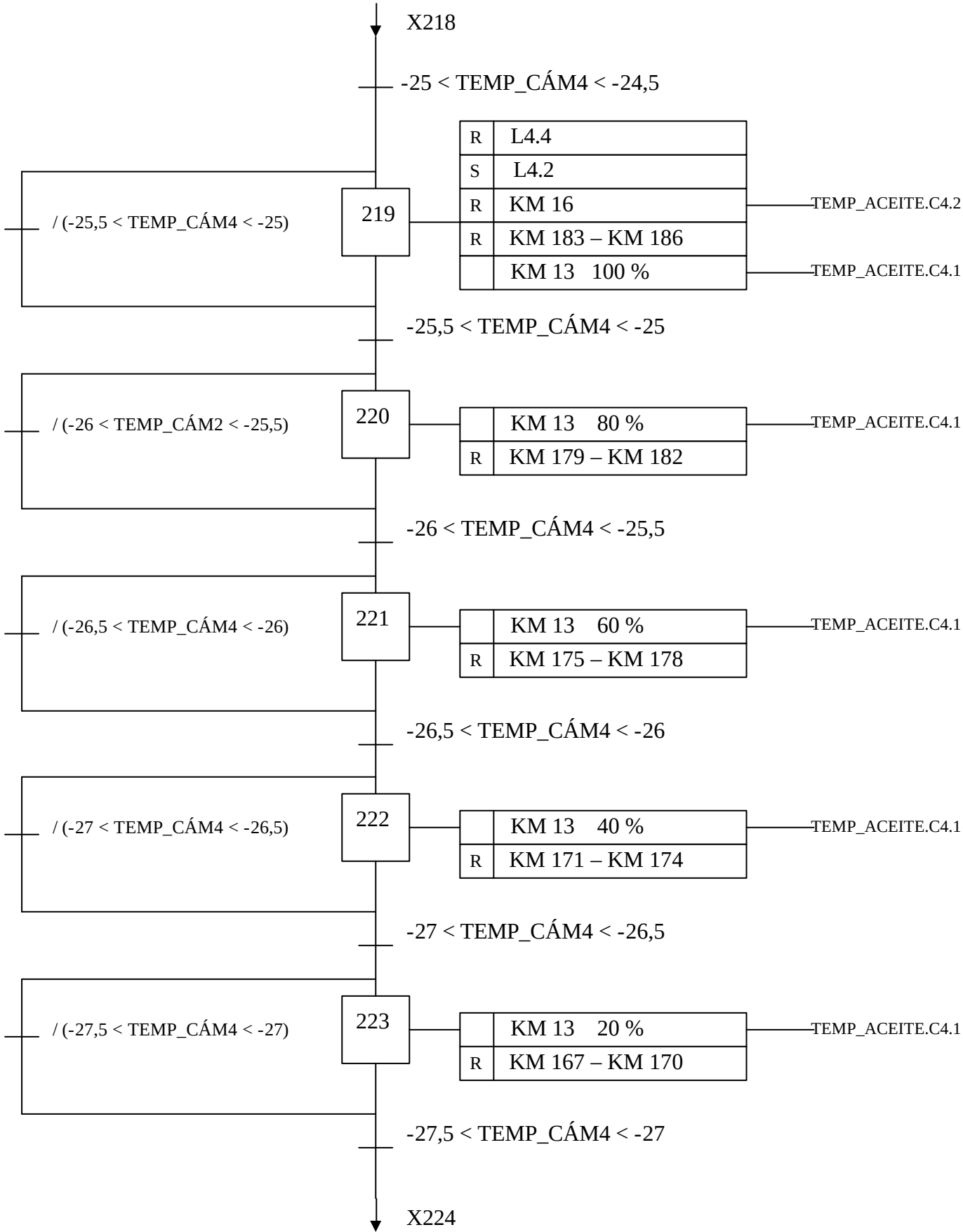
G3 Control temperatura Cámara 4 (continuación)



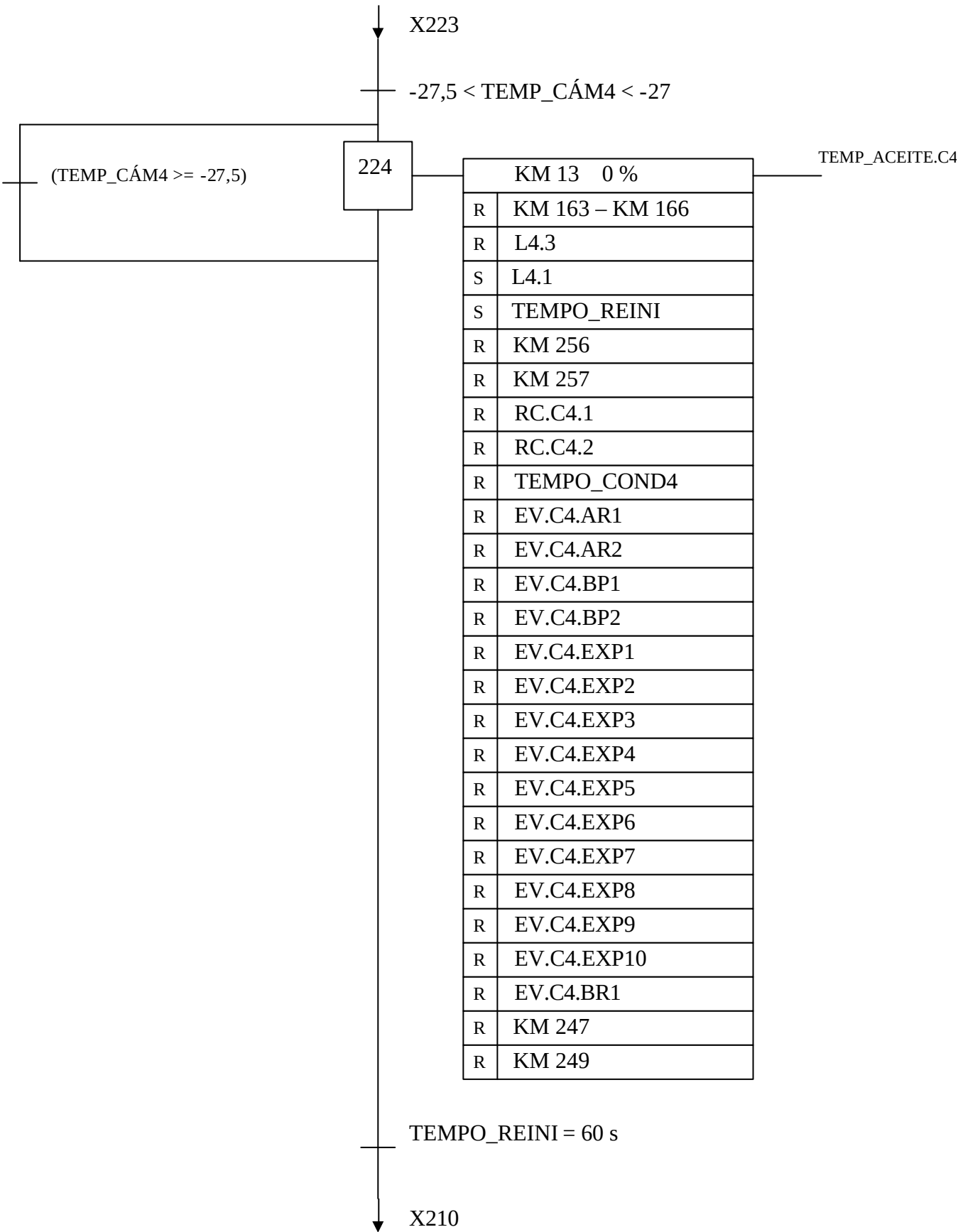
G3 Control temperatura Cámara 4 (continuación)



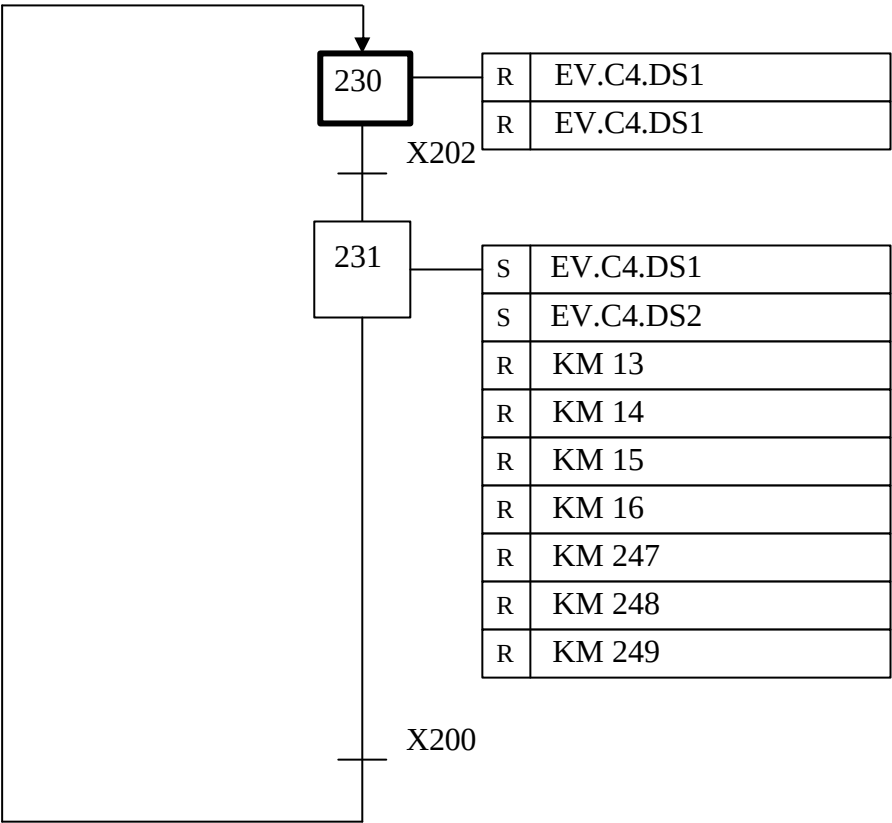
G3 Control temperatura Cámara 4 (continuación)



G3 Control temperatura Cámara 4 (continuación)



G4 Control desescarche Cámara 4



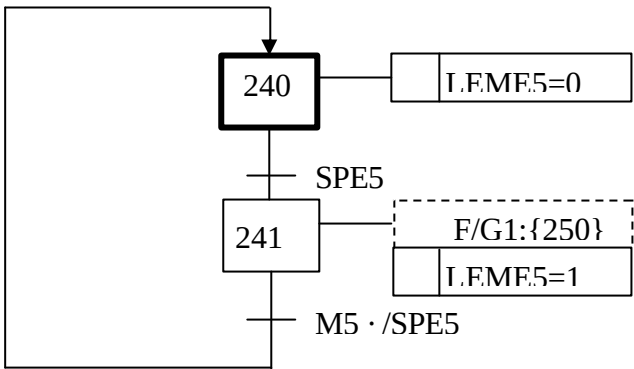
4.6 Graficet cámara 5:

Para la regulación y control de temperatura de la cámara se disponen de las siguientes entradas y salidas:

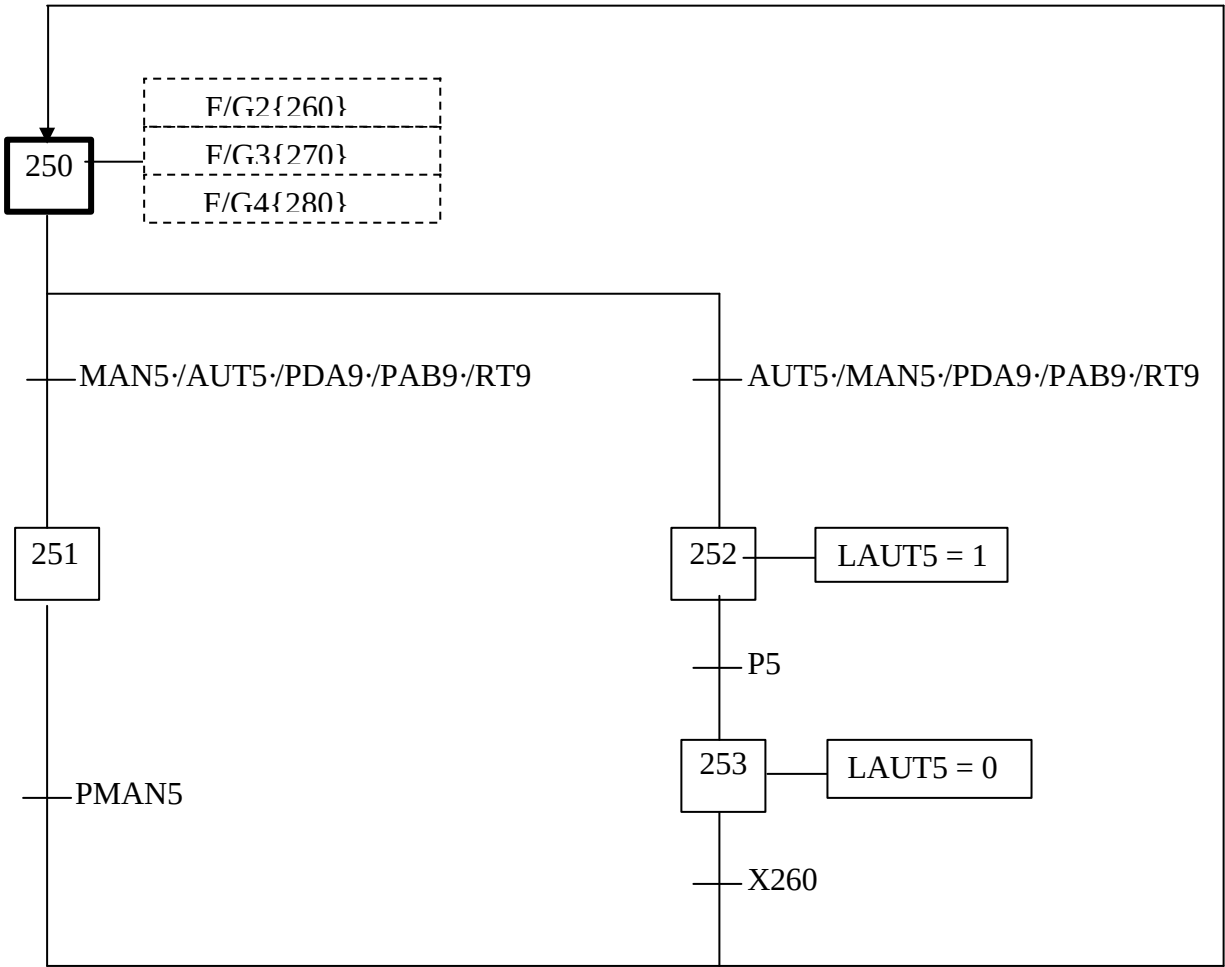
Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB9	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 9
PDA9	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 9
EV.C5.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 9
EV.C5.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 9
EV.C5.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 9
EV.C5.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.C5.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.C5.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.C5.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.C5.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.C5.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM202-KM204	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM205-KM207	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM208-KM210	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM211-KM213	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM214	Salida	Contactador bomba refrigerante nº 1
VAR.FREC_5.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_5.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_5.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR:FREC_5.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM17	Salida	Contactador compresor nº 9
TM41-TM44	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 4
TM.C5.1-TM.C5.6	Entrada	Termostatos de ambiente cámara 5
M5	Entrada	Pulsador de marcha cámara 5
P5	Entrada	Pulsador de paro cámara 5
SPE5	Entrada	Pulsador de paro emergencia cámara 5
PMAN5	Entrada	Pulsador de paro manual cámara 5
RT9	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 9
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
L5.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 9
L5.2	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 9
LEME5	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT5	Salida	Señal luminosa modo automatico
KM 237	Salida	Contactador Bomba nº 4 condensador evaporativo

KM 247	Salida	Contactor de línea ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 248	Salida	Contactor estrella ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM 249	Salida	Contactor triangulo ventilador nº 4 condensador evaporativo

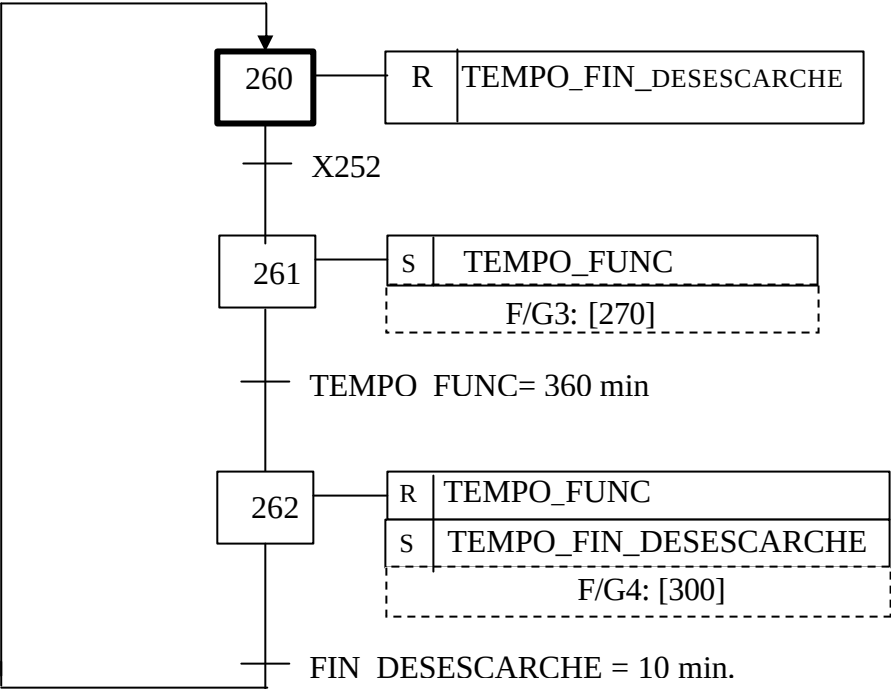
G0 Paro de emergencia Cámara 5

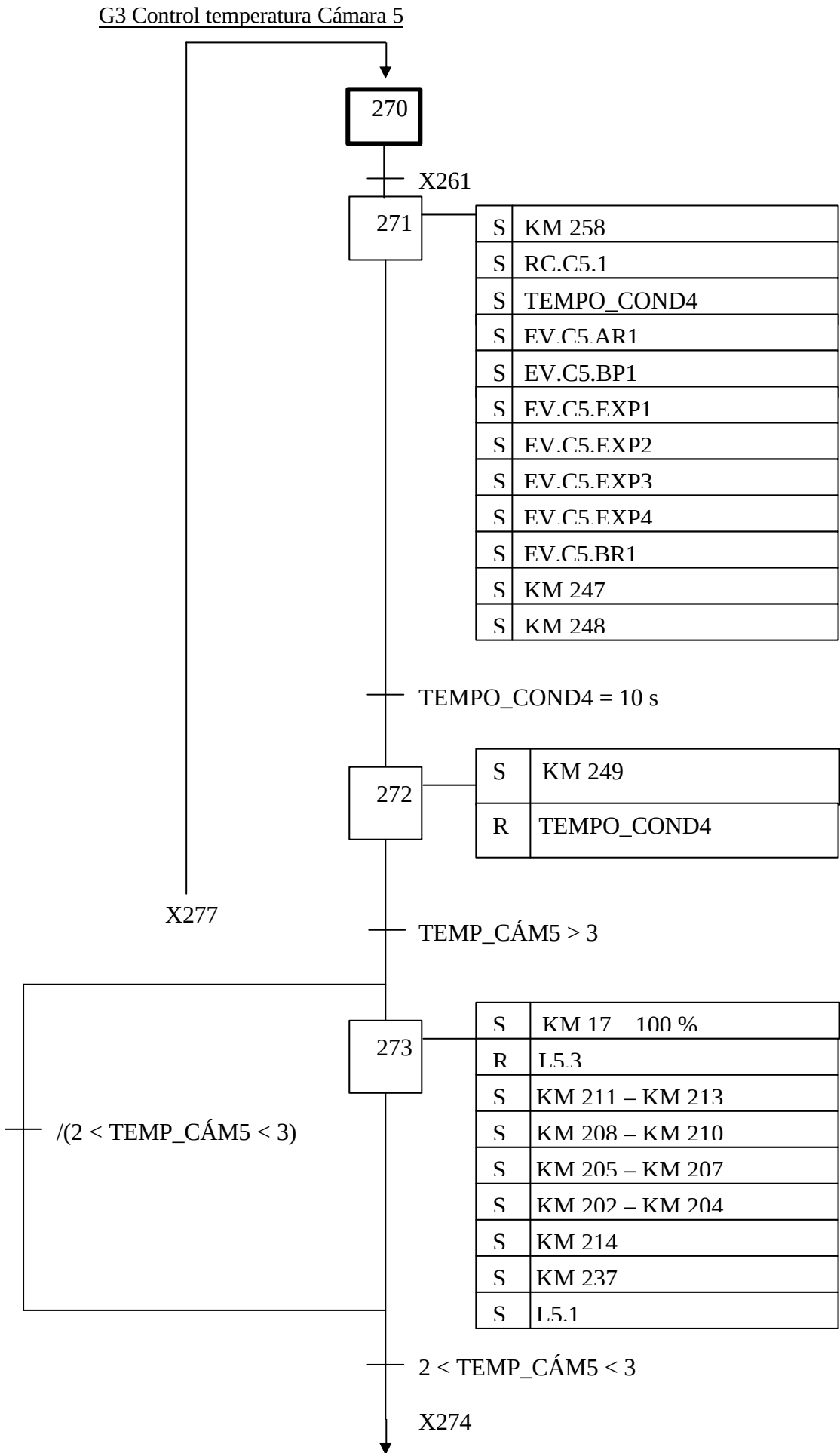


G1 Marcha-Paro Cámara 5

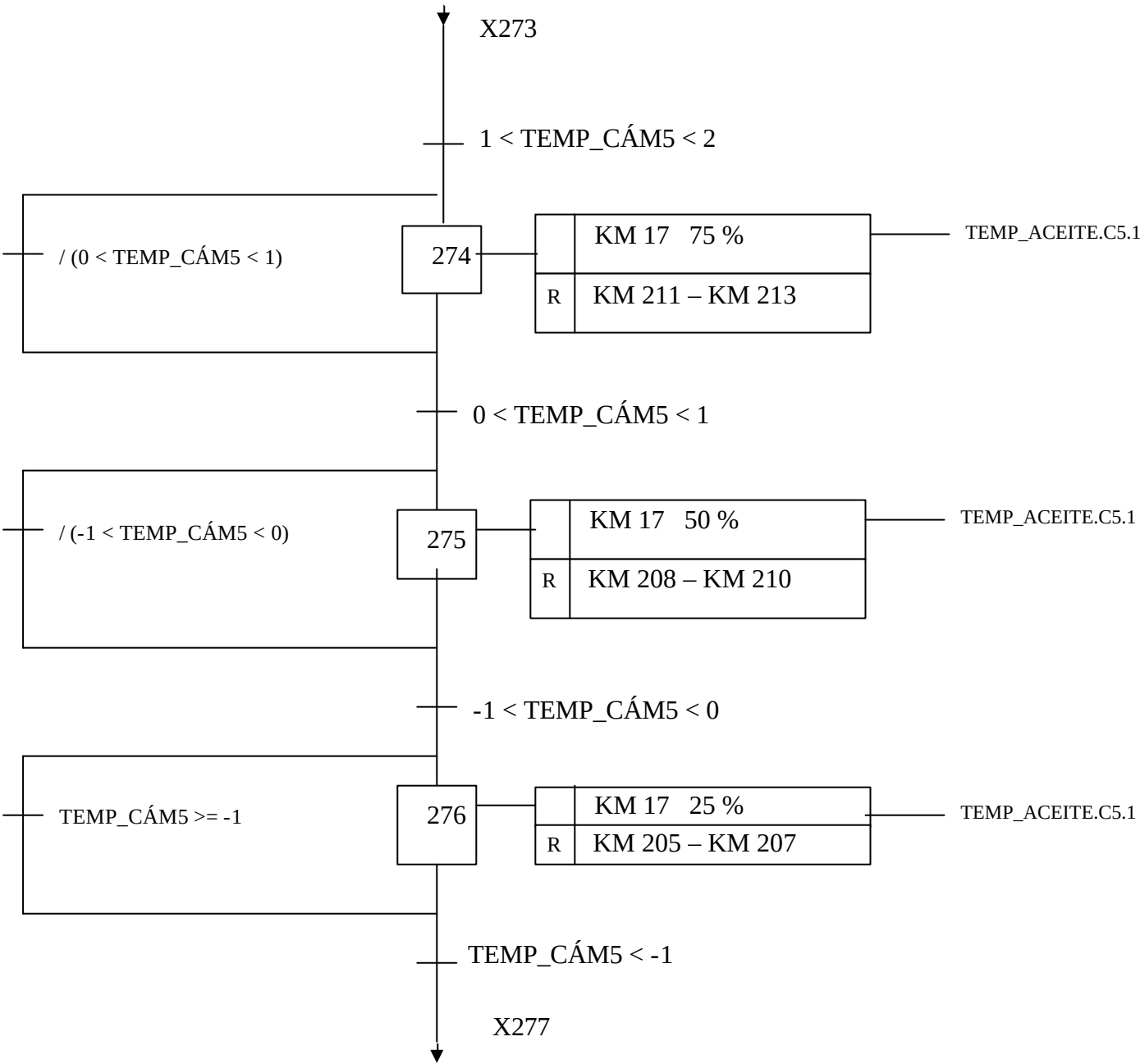


G2 Control tiempo de secuencias Cámara 5

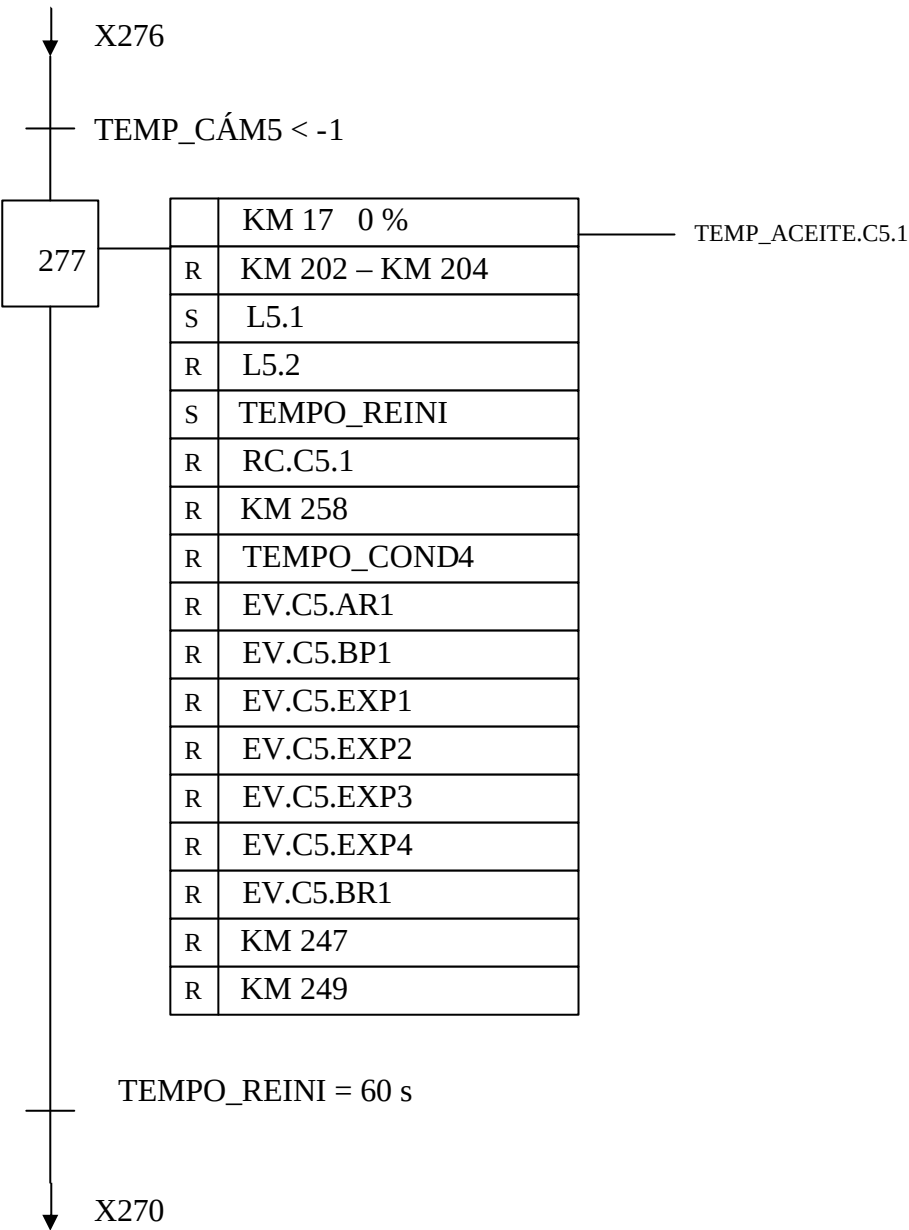




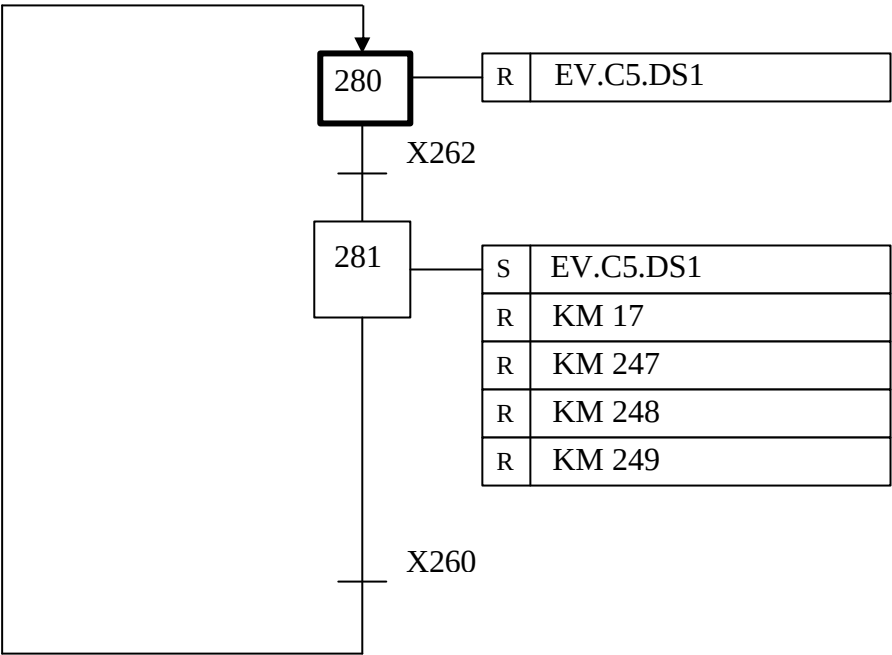
G3 Control temperatura Cámara 5 (continuación)



G3 Control temperatura Cámara 5 (continuación)



G4 Control desescarche Cámara 5



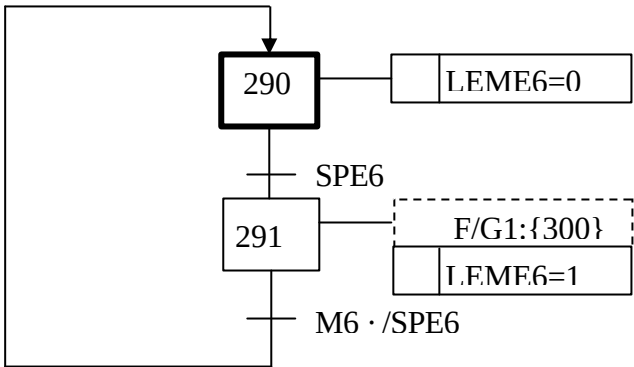
4.7 Grafcet antecámara:

Para la regulación y control de temperatura de la cámara se disponen de las siguientes entradas y salidas:

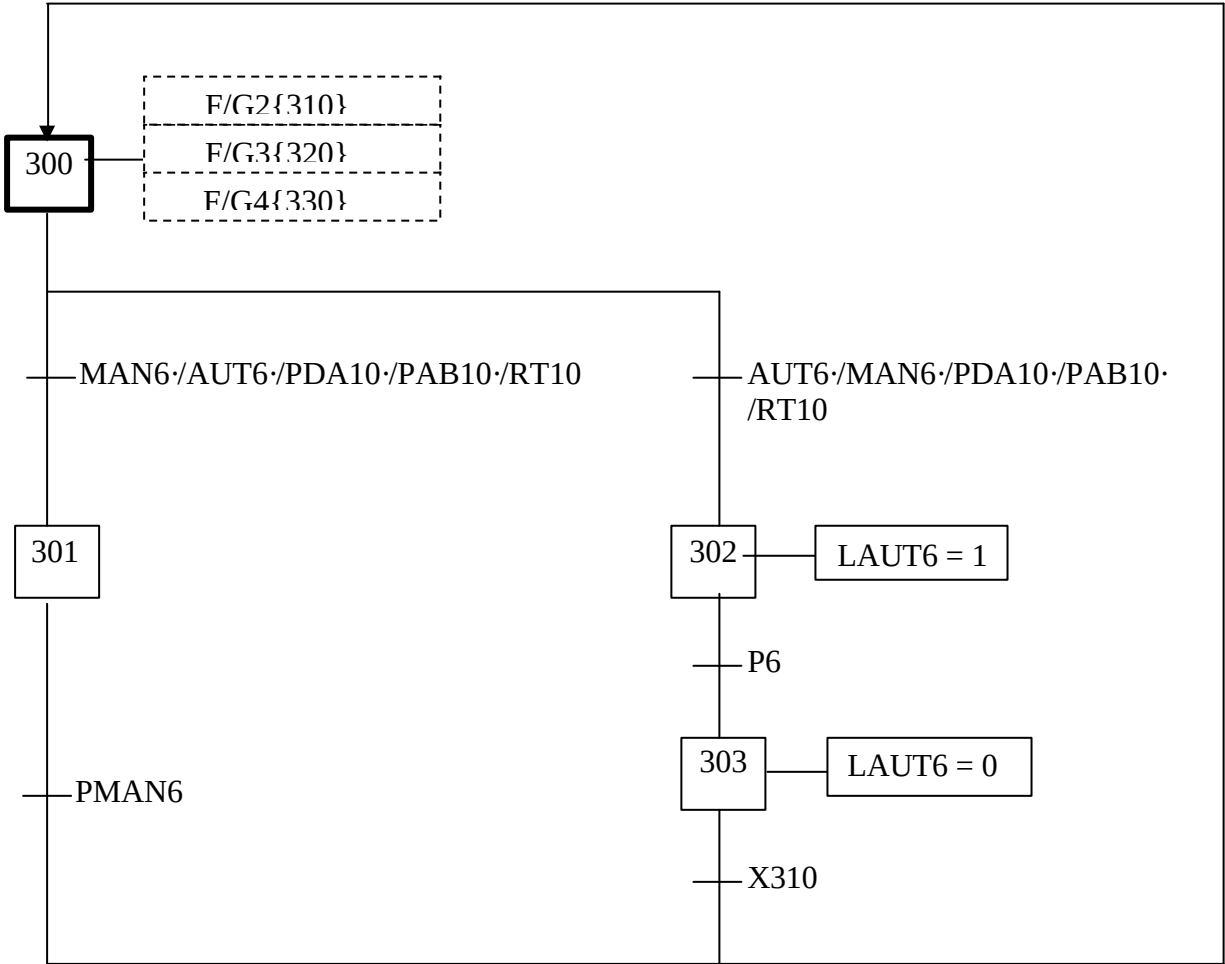
Nombre	Tipo señal	Descripción
PAB10	Entrada	Presostato alta-baja presión compresor nº 10
PDA10	Entrada	Presostato diferencial de aceite compresor nº 10
PCON1	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
PCON2	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
PCON3	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
PCON4	Entrada	Presostato alta presión condensador evaporativo
EV.ANT.DS1	Salida	Electroválvula solenoide desescarche compresor nº 10
EV.ANT.AR1	Salida	Electroválvula solenoide arranque compresor nº 10
EV.ANT.BP1	Salida	Electroválvula solenoide by-pass compresor nº 10
EV.ANT.EXP1	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 1
EV.ANT.EXP2	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 2
EV.ANT.EXP3	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 3
EV.ANT.EXP4	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 4
EV.ANT.EXP5	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 5
EV.ANT.EXP6	Salida	Electroválvula de expansión evaporador nº 6
EV.ANT.BR1	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 1
EV.ANT.BR2	Salida	Electroválvula de bomba refrigerante nº 2
KM215-KM217	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 1
KM218-KM220	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 2
KM221-KM223	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 3
KM224-KM226	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 4
KM227-KM229	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 5
KM230-KM232	Salida	Contactores ventiladores evaporador nº 6
KM233	Salida	Contactores bomba refrigerante nº 1
KM234-KM237	Salida	Contactores bombas condensador evaporativo
KM247	Salida	Contactores de línea ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM248	Salida	Contactores estrella ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM249	Salida	Contactores triángulo ventilador nº 4 condensador evaporativo
KM259	Salida	Contactores Bomba aceite compresor nº 10
VAR.FREC_6.1	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_6.2	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_6.3	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
VAR.FREC_6.4	Salida	Salida periodo señal variador de frecuencia
KM18	Salida	Contactores compresor nº 10
TM45-TM50	Entrada	Termostatos evaporadores del nº 1 al nº 6

TM.ANT.1- TM.ANT.4	Entrada	Termostatos de ambiente antecámara
M6	Entrada	Pulsador de marcha antecámara
P6	Entrada	Pulsador de paro antecámara
SPE6	Entrada	Pulsador de paro emergencia antecámara
PMAN6	Entrada	Pulsador de paro manual antecámara
RT10	Entrada	Contacto relé térmico compresor nº 10
FA	Entrada	Sensor fuga amoníaco sala máquinas
L6.1	Salida	Señal luminosa Paro compresor nº 10
L6.2	Salida	Señal luminosa Marcha compresor nº 10
LEME6	Salida	Señal luminosa emergencia
LAUT6	Salida	Señal luminosa Modo automatico

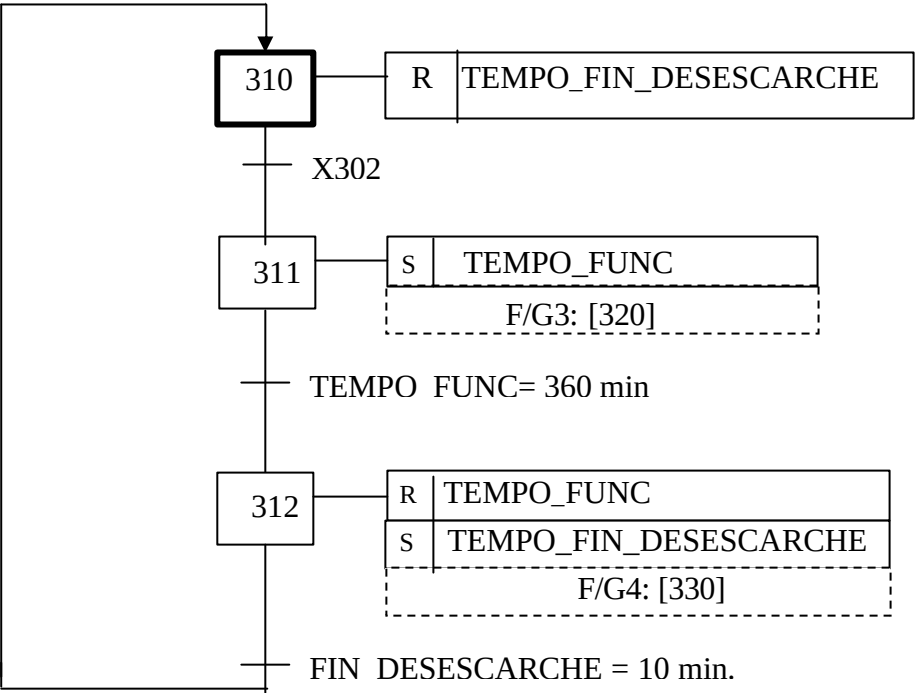
G0 Paro de emergencia Antecámara

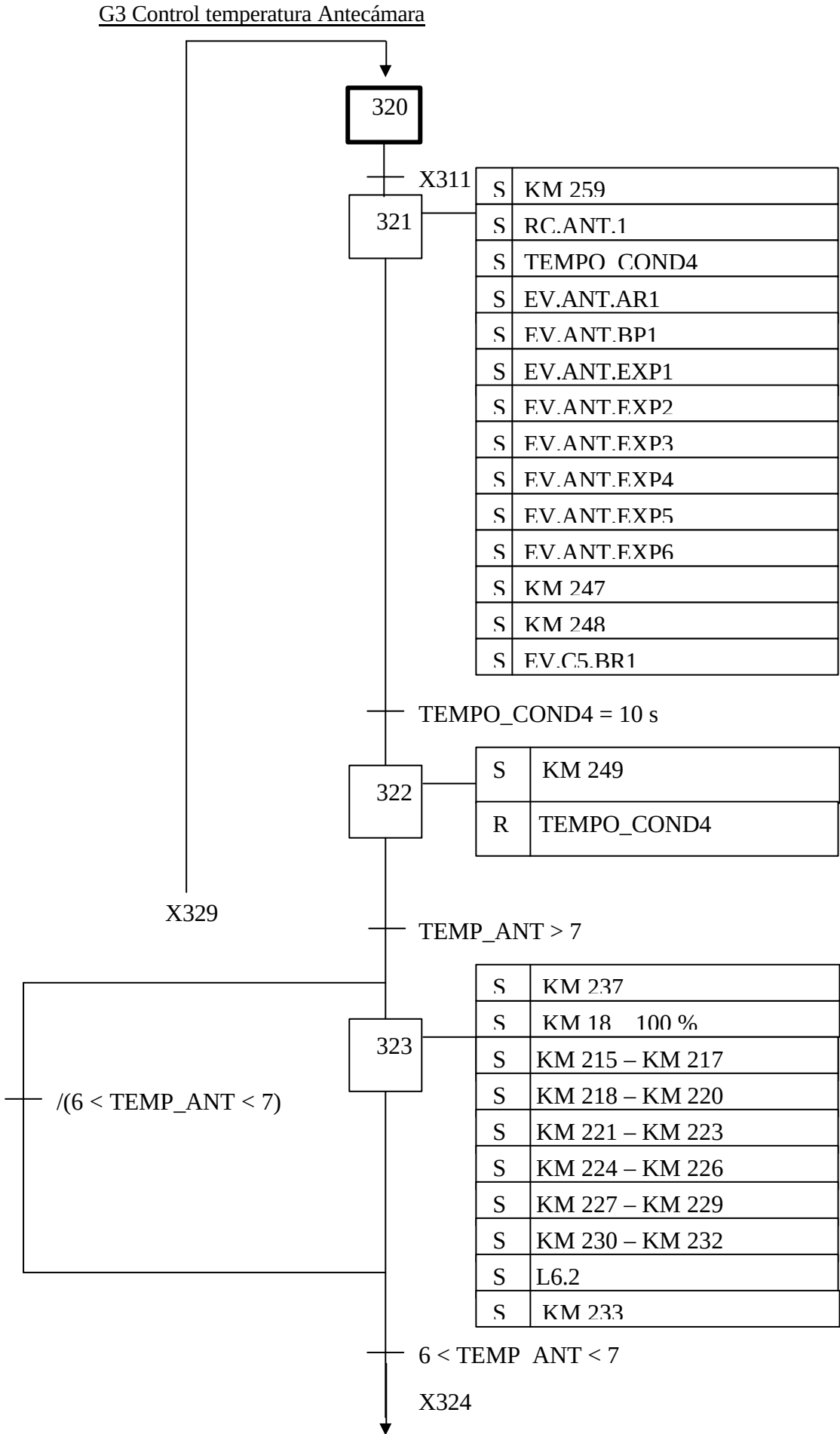


G1 Marcha-Paro Antecámara

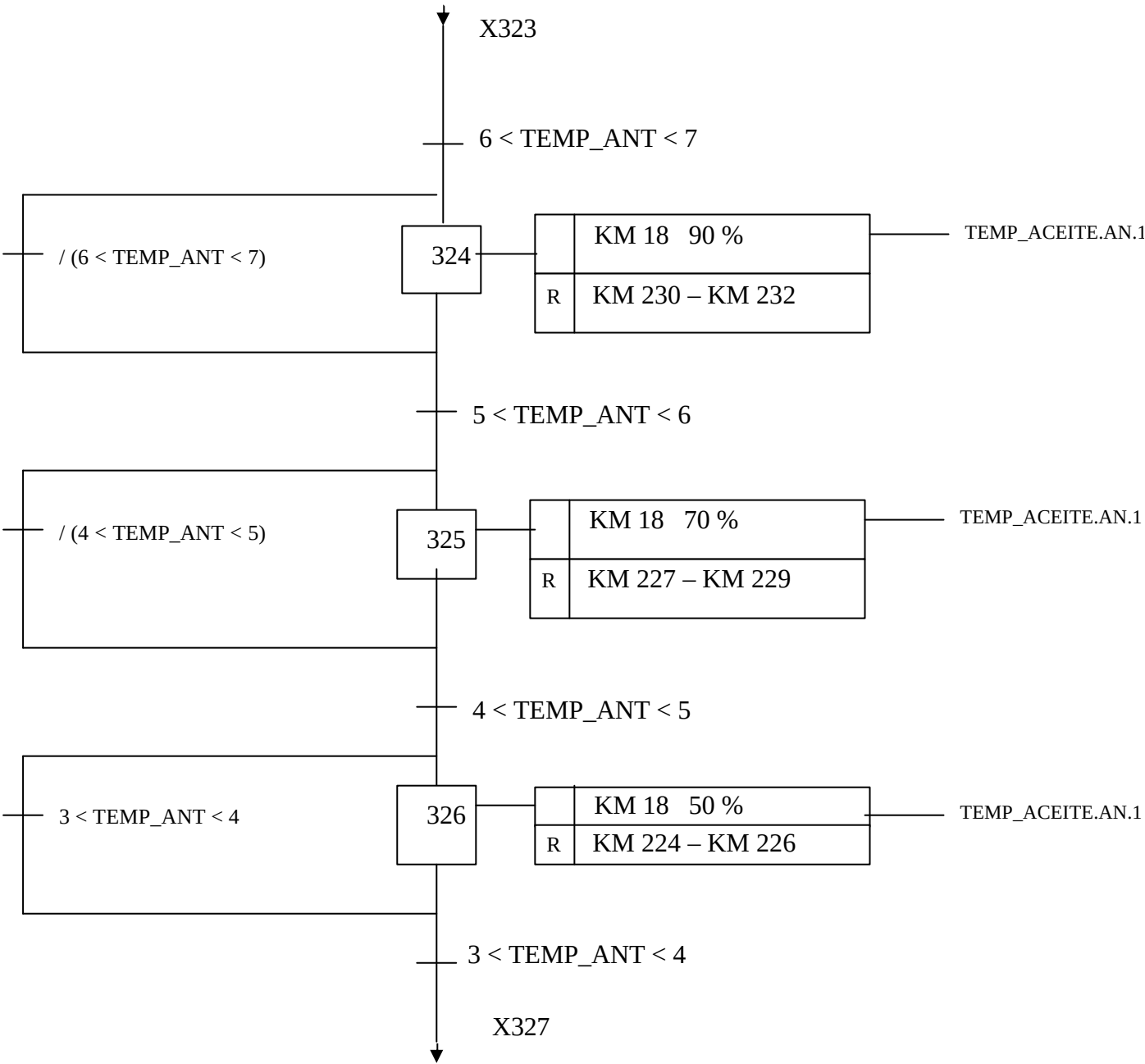


G2 Control tiempo de secuencias Antecámara

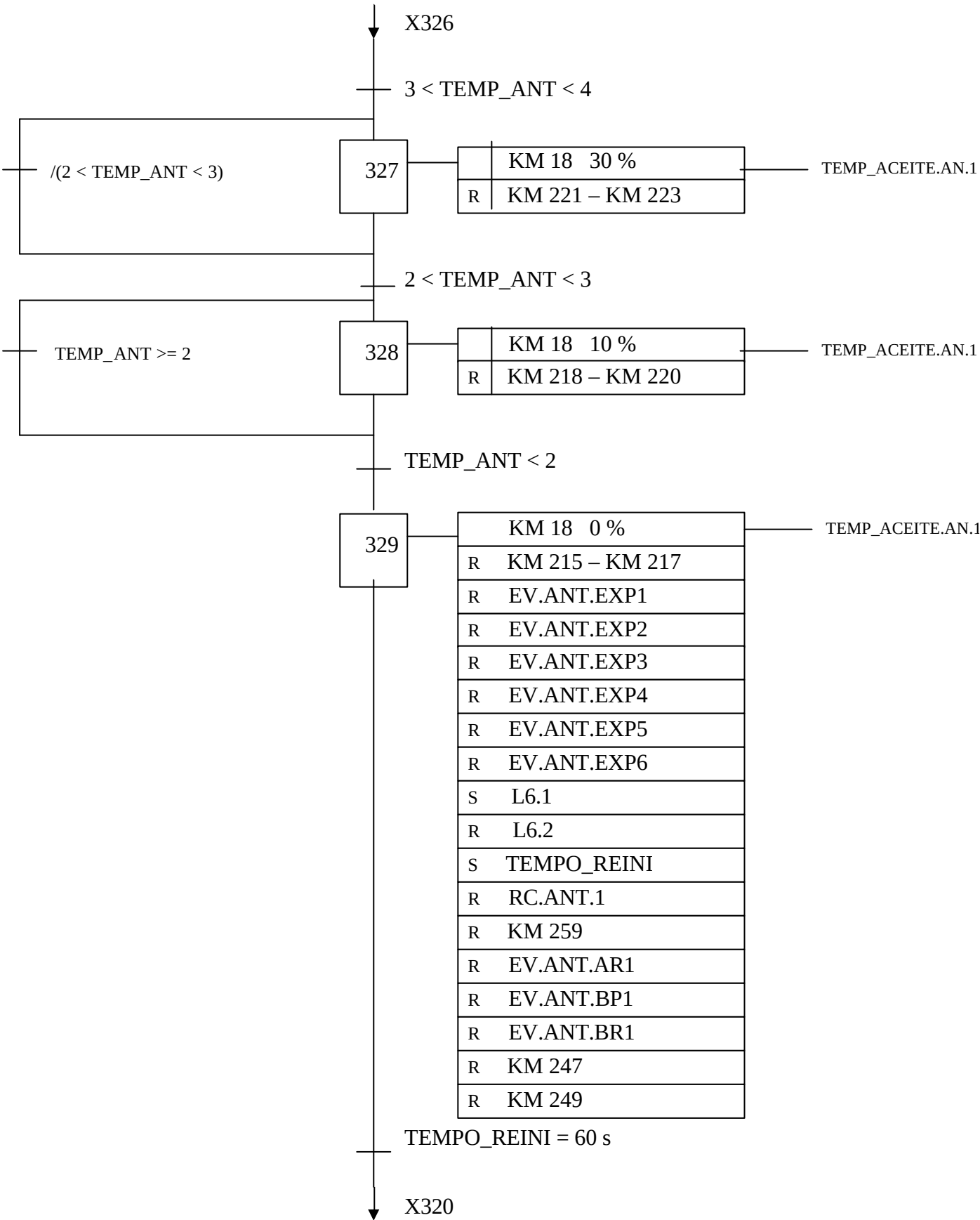




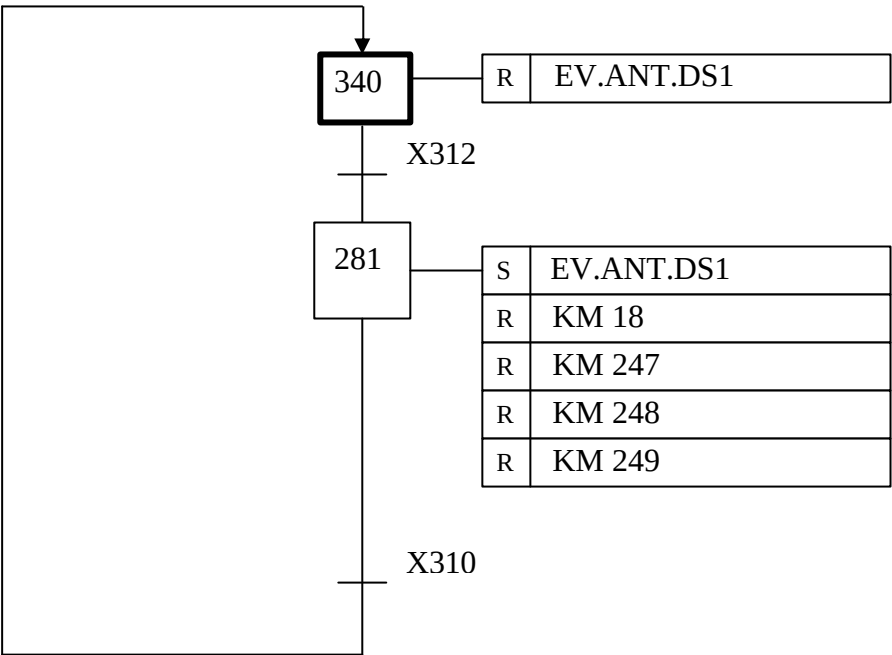
G3 Control temperatura Antecámara (continuación)



G3 Control temperatura Antecámara (continuación)



G4 Control desescarche Antecámara



6.2.- Automatización del almacen

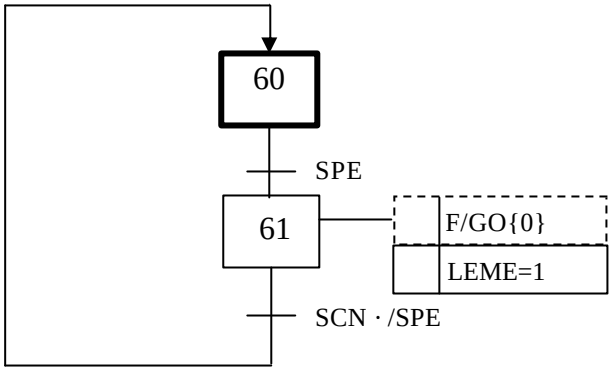
6.2.1 Graficet almacenamiento

Para la realización del graphicet de segundo nivel, se recurre a utilizar nombres de variables más cortos, en la siguiente tabla se muestran todas las variables a utilizar para llevar a cabo la automatización del almacen.

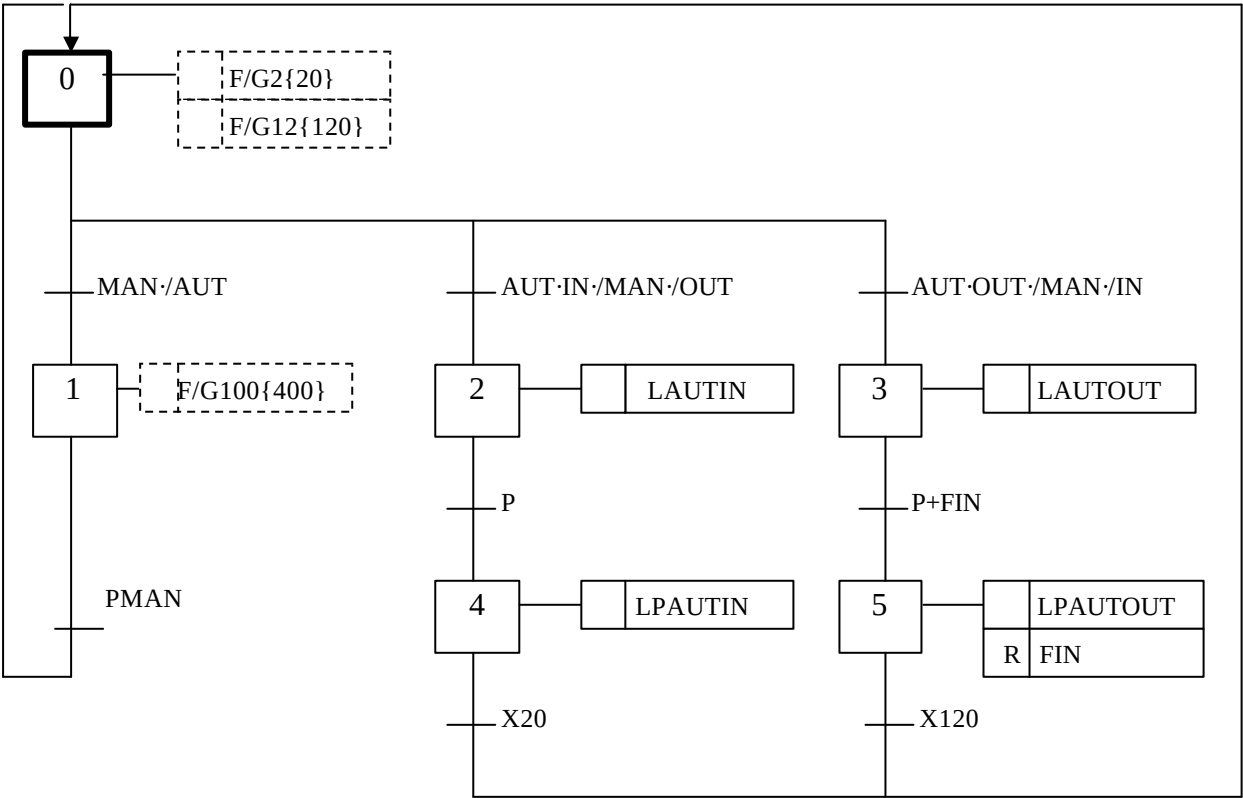
Nombre	Tipo señal	Descripción
R1_1_IN	Entrada	Activar primer tramo de rodillos de la camara1 en modo cargar
R1_1_OUT	Entrada	Activar primer tramo de rodillos de la camara1 en modo descargar
R1_2_IN	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo cargar, delante pasillo 1 , cam 1
R1_2_LENT	Entrada	Activar tramo de rodillos en funcionamiento lento para cargar pasillo 1,cam 1
R1_2_OUT	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo descargar, delante pasillo 1, cam 1
R1_3_IN	Entrada	Activar tramo rodillos en modo cargar, entre pasillo 1 y 2, cam 1
R1_3_OUT	Entrada	Activar tramo rodillos en modo descargar, entre pasillo 1 y 2, cam 1
R1_4_IN	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo cargar, delante pasillo 2 , cam 1
R1_4_LENT	Entrada	Activar tramo de rodillos en funcionamiento lento para cargar pasillo 2,cam 1
R1_4_OUT	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo descargar, delante pasillo 2, cam 1
R1_5_IN	Entrada	Activar tramo rodillos en modo cargar, entre pasillo 2 y 3, cam 1
R1_5_OUT	Entrada	Activar tramo rodillos en modo descargar, entre pasillo 2 y 3, cam 1
R1_6_IN	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo cargar, delante pasillo 3 , cam 1
R1_6_LENT	Entrada	Activar tramo de rodillos en funcionamiento lento para cargar pasillo 3,cam 1
R1_6_OUT	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo descargar, delante pasillo 3, cam 1
R1_7_IN	Entrada	Activar tramo rodillos en modo cargar, entre pasillo 3 y 4, cam 1
R1_7_OUT	Entrada	Activar tramo rodillos en modo descargar, entre pasillo 3 y 4, cam 1
R1_8_IN	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo cargar, delante pasillo 4 , cam 1
R1_8_LENT	Entrada	Activar tramo de rodillos en funcionamiento lento para cargar pasillo 4,cam 1
R1_8_OUT	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo descargar, delante pasillo 4, cam 1
R1_9_IN	Entrada	Activar tramo rodillos en modo cargar, entre pasillo 4 y 5, cam 1
R1_9_OUT	Entrada	Activar tramo rodillos en modo descargar, entre pasillo 4 y 5, cam 1
R1_10_IN	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo cargar, delante pasillo 5 , cam 1
R1_10_LENT	Entrada	Activar tramo de rodillos en funcionamiento lento para cargar pasillo 5,cam 1
R1_10_OUT	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo descargar, delante pasillo 5, cam 1
R1_11_IN	Entrada	Activar tramo rodillos en modo cargar, entre pasillo 5 y 6, cam 1
R1_11_OUT	Entrada	Activar tramo rodillos en modo descargar, entre pasillo 5 y 6, cam 1
R1_12_LENT	Entrada	Activar tramo de rodillos en funcionamiento lento para cargar pasillo 6,cam 1
R1_12_OUT	Entrada	Activar tramo de rodillos en modo descargar, delante pasillo 6, cam 1
MC1.1	Entrada	Desplazar piston de entrada para cargar pasillo1,camara 1
MC1.2	Entrada	Desplazar piston de entrada para cargar pasillo2,camara 1
MC1.3	Entrada	Desplazar piston de entrada para cargar pasillo3,camara 1
MC1.4	Entrada	Desplazar piston de entrada para cargar pasillo4,camara 1
MC1.5	Entrada	Desplazar piston de entrada para cargar pasillo5,camara 1

MC1.6	Entrada	Desplazar piston de entrada para cargar pasillo6,camara 1
C1_P1C	Salida	Sensor fin de carrera piston de entrada pasillo1, camara 1, cerrado
C1_P1A	Salida	Sensor posicion inicial piston de entrada pasillo1,camara 1, abierto
C1_P2C	Salida	Sensor fin de carrera piston de entrada pasillo2, camara 1, cerrado
C1_P2A	Salida	Sensor posicion inicial piston de entrada pasillo2,camara 1, abierto
C1_P3C	Salida	Sensor fin de carrera piston de entrada pasillo3, camara 1, cerrado
C1_P3A	Salida	Sensor posicion inicial piston de entrada pasillo3,camara 1, abierto
C1_P4C	Salida	Sensor fin de carrera piston de entrada pasillo4, camara 1, cerrado
C1_P4A	Salida	Sensor posicion inicial piston de entrada pasillo4,camara 1, abierto
C1_P5C	Salida	Sensor fin de carrera piston de entrada pasillo5, camara 1, cerrado
C1_P5A	Salida	Sensor posicion inicial piston de entrada pasillo5,camara 1, abierto
C1_P6C	Salida	Sensor fin de carrera piston de entrada pasillo6, camara 1, cerrado
C1_P6A	Salida	Sensor posicion inicial piston de entrada pasillo6,camara 1, abierto
S.C1.1	Salida	Sensor presencia, palet listo en la entrada del pasillo 1, camara 1
S.C1.2	Salida	Sensor presencia, palet listo en la entrada del pasillo 2, camara 1
S.C1.3	Salida	Sensor presencia, palet listo en la entrada del pasillo 3, camara 1
S.C1.4	Salida	Sensor presencia, palet listo en la entrada del pasillo 4, camara 1
S.C1.5	Salida	Sensor presencia, palet listo en la entrada del pasillo 5, camara 1
S.C1.6	Salida	Sensor presencia, palet listo en la entrada del pasillo 6, camara 1
CONT_T1_C1	Contador	Contador Stock de palets en camara 1
CONT_E1_C1	Contador	Contador de posicion de entrada de palet en camara 1, ciclico
CONT_S1_C1	Contador	Contador de posicion de salida de palet en camara 1,ciclico
CONT.P1.X_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en profundidad del pasillo 1,camara 1
CONT.P1.Y_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en altura del pasillo 1,camara 1
CONT.P2.X_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en profundidad del pasillo 2,camara 1
CONT.P2.Y_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en altura del pasillo 2,camara 1
CONT.P3.X_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en profundidad del pasillo 3,camara 1
CONT.P3.Y_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en altura del pasillo 3,camara 1
CONT.P4.X_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en profundidad del pasillo 4,camara 1
CONT.P4.Y_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en altura del pasillo 4,camara 1
CONT.P5.X_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en profundidad del pasillo 5,camara 1
CONT.P5.Y_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en altura del pasillo 5,camara 1
CONT.P6.X_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en profundidad del pasillo 6,camara 1
CONT.P6.Y_C1	Contador	Contador Indicador de posicion del palet en altura del pasillo 6,camara 1

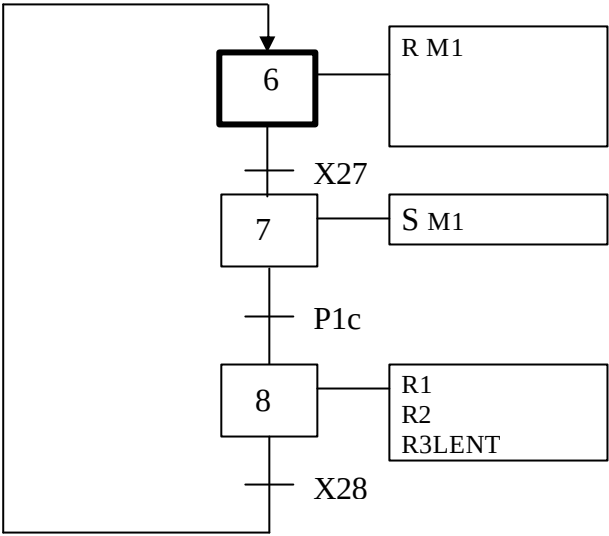
G1 PARO DE EMERGENCIA



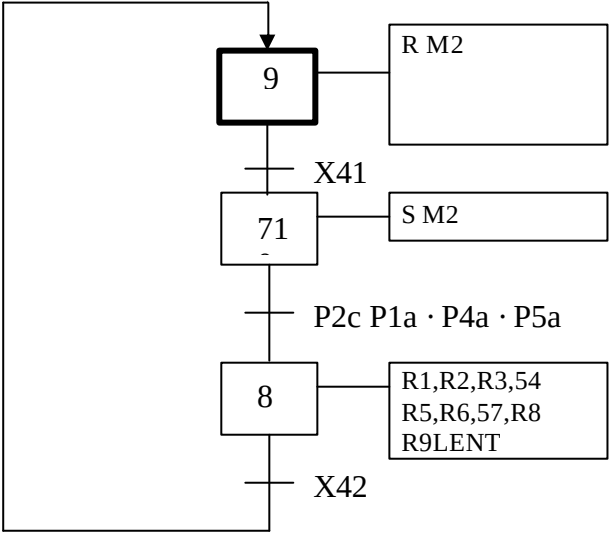
G0 Marcha-Paro / Carga-descarga



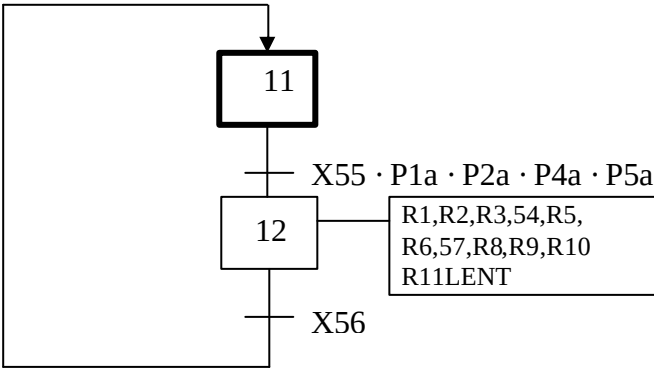
G3 Activar rodillos entrada Cámara 1



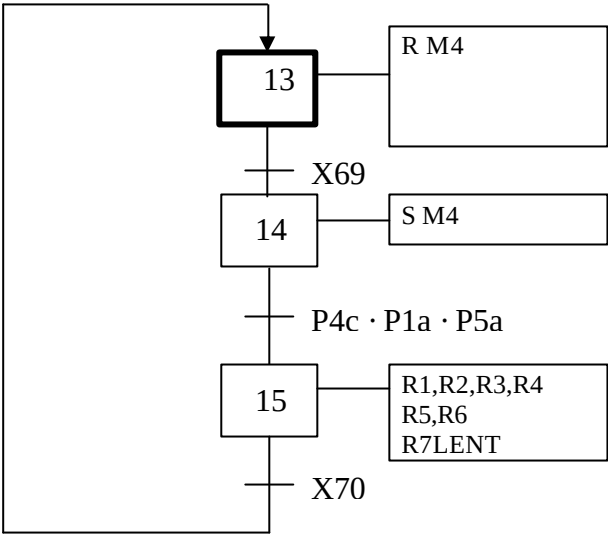
G4 Activar rodillos entrada Cámara 2



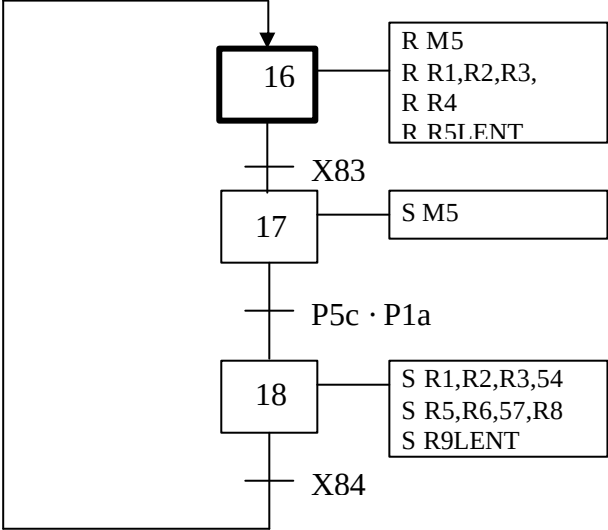
G5 Activar rodillos entrada Cámara 3



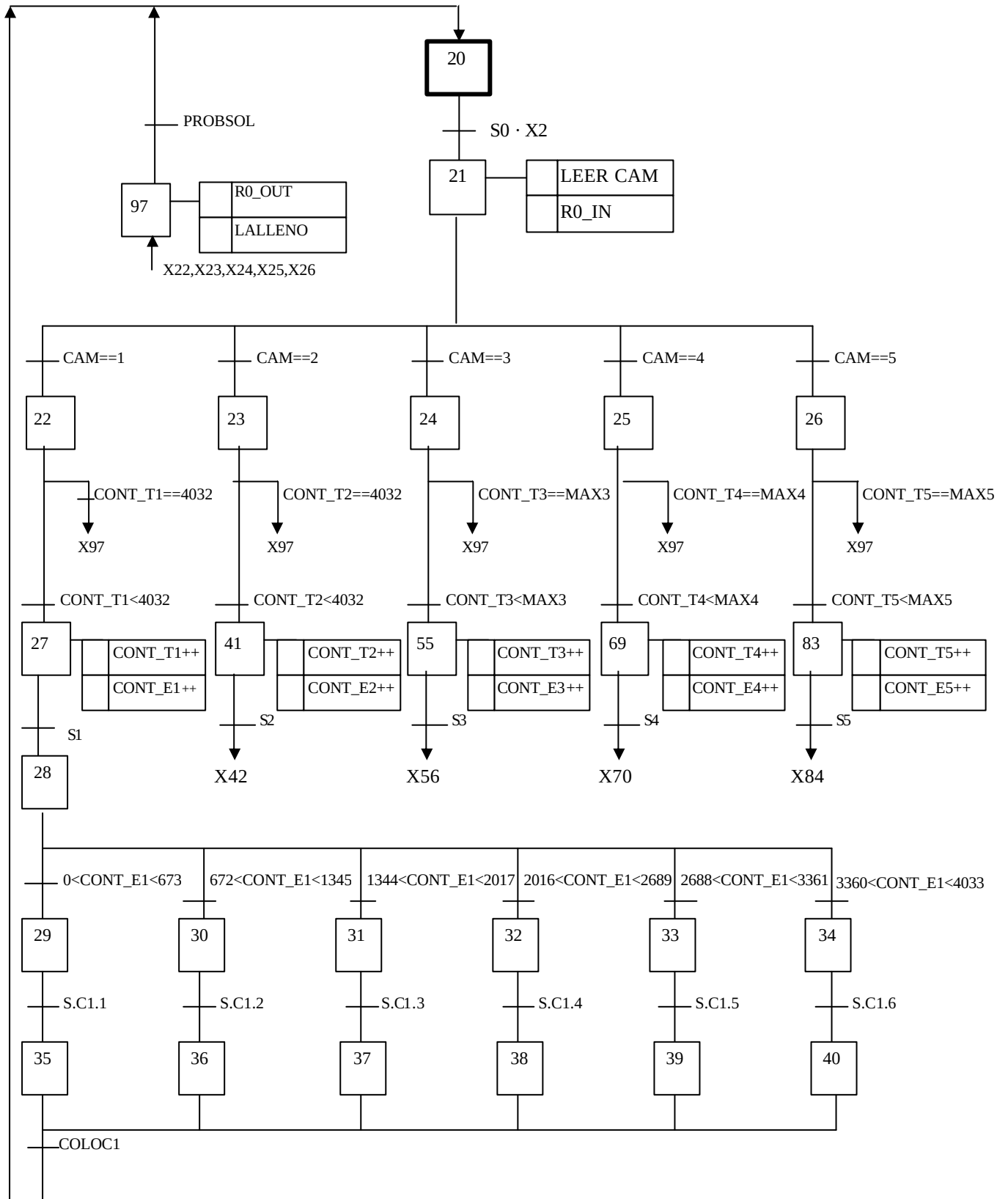
G6 Activar rodillos entrada Cámara 4



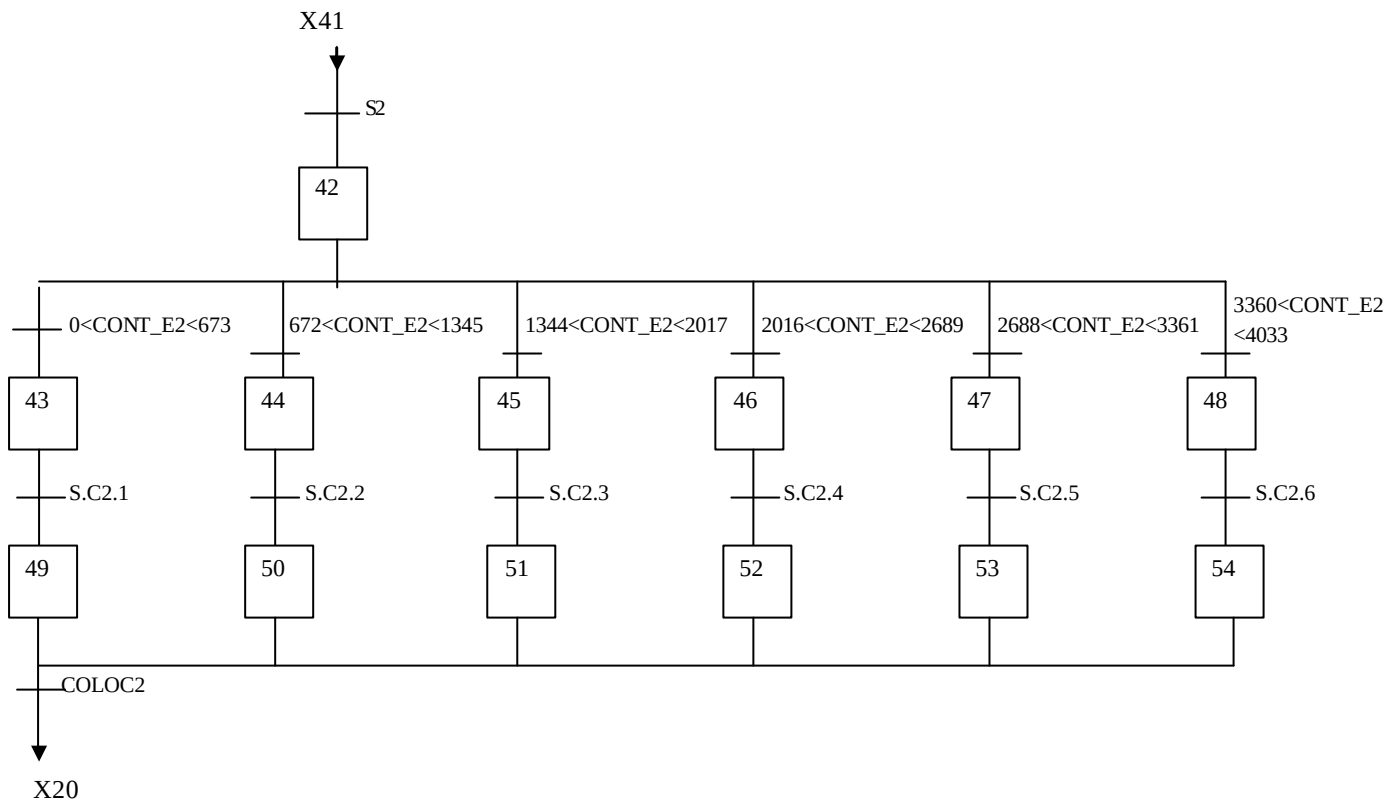
G7 Activar rodillos entrada Cámara 5



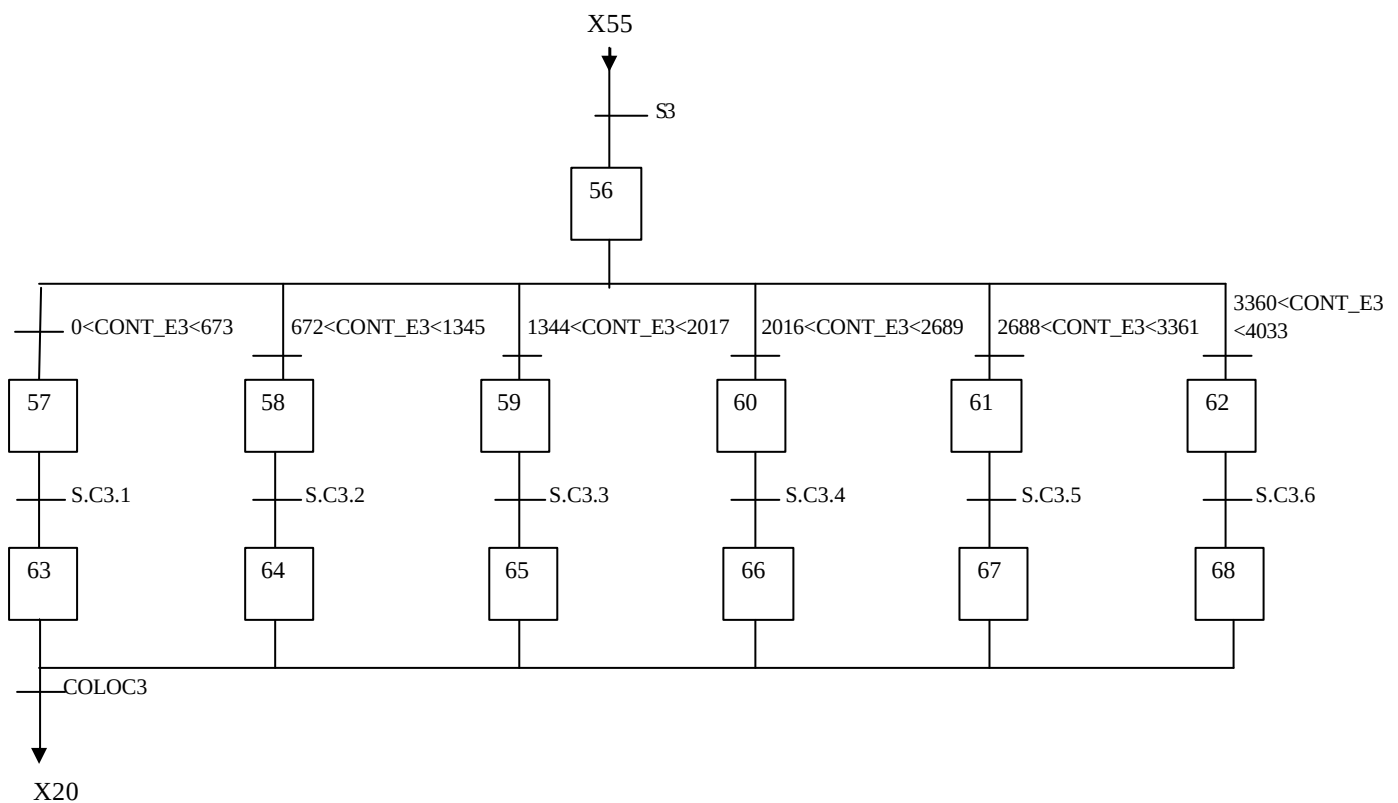
G2 CARGAR



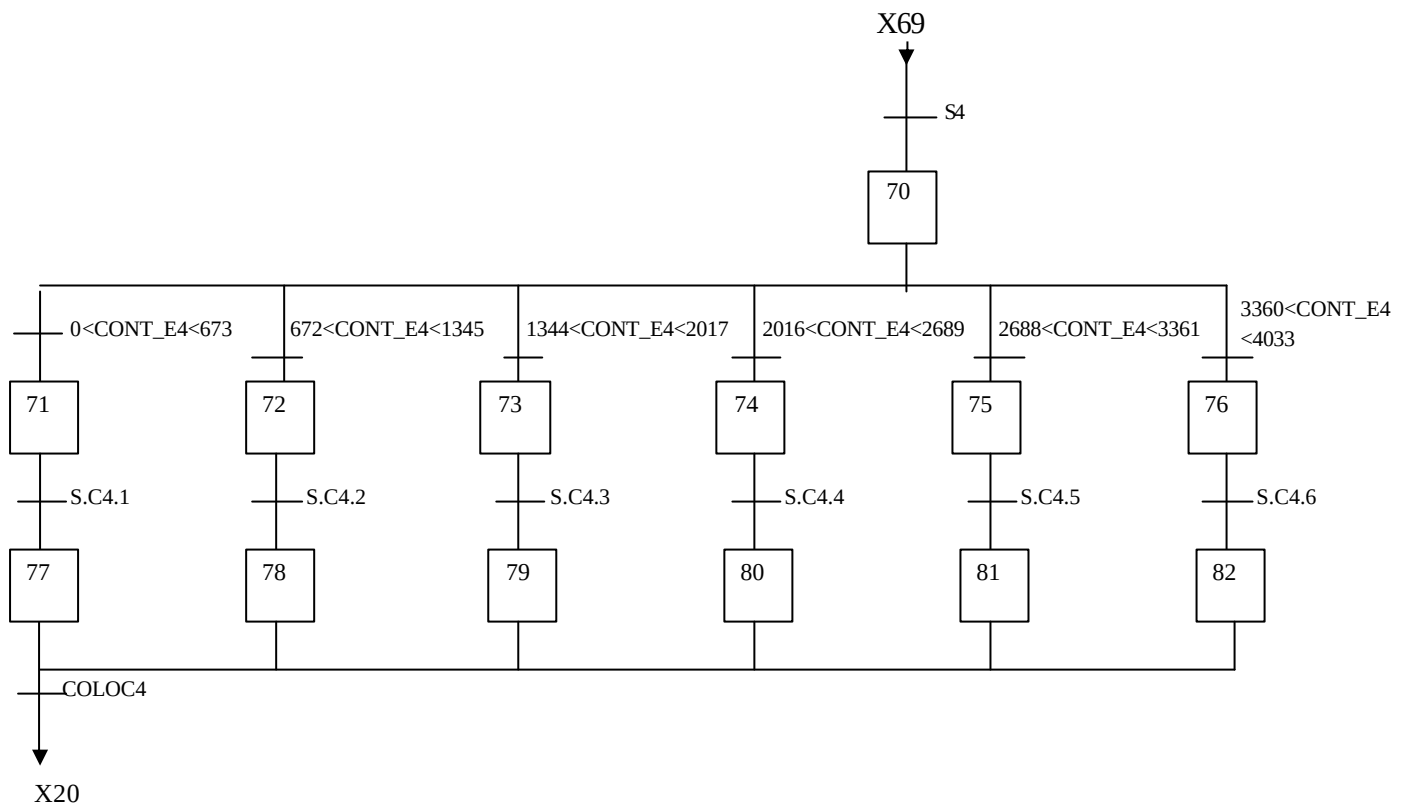
G2 CARGAR (Continuación para la cámara 2)



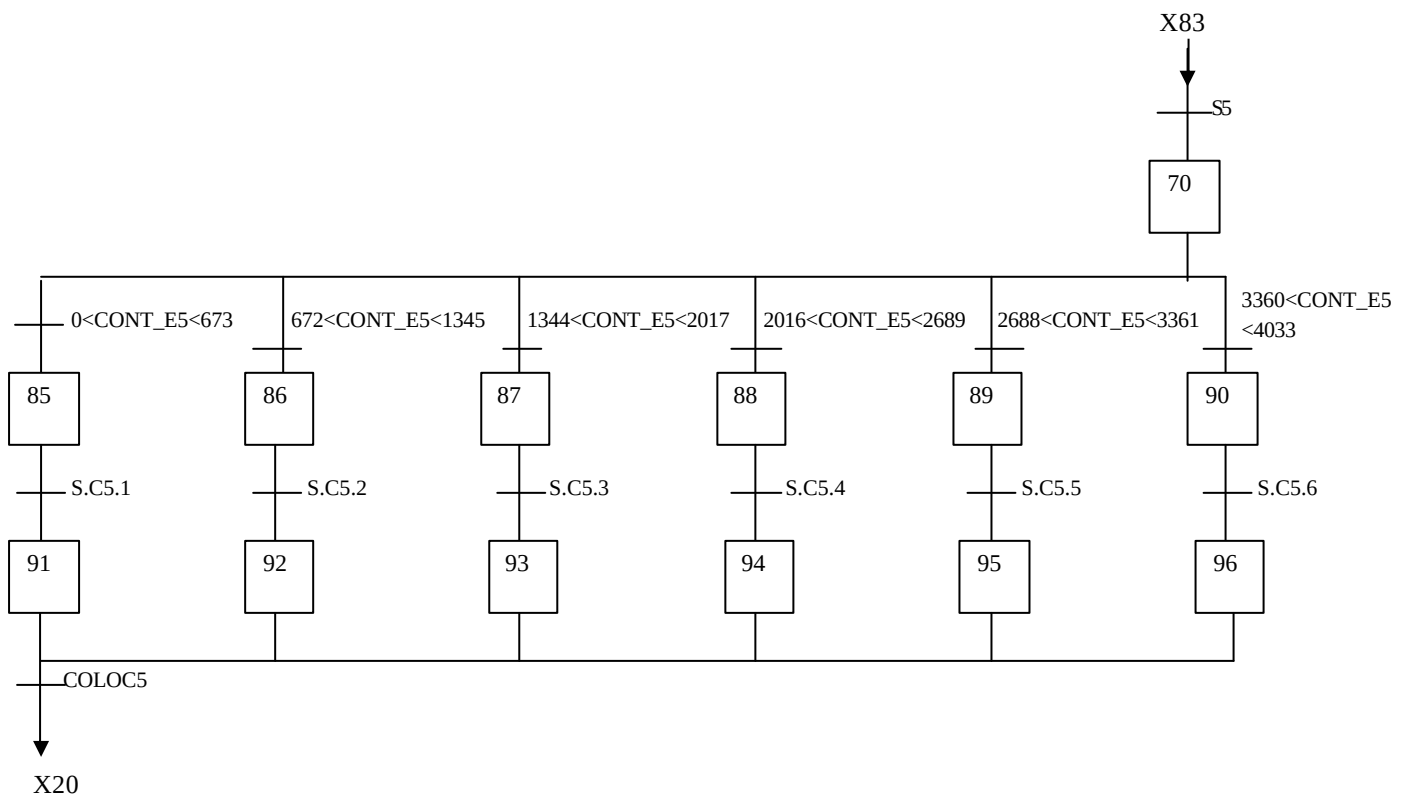
G2 CARGAR (Continuación para la cámara 3)



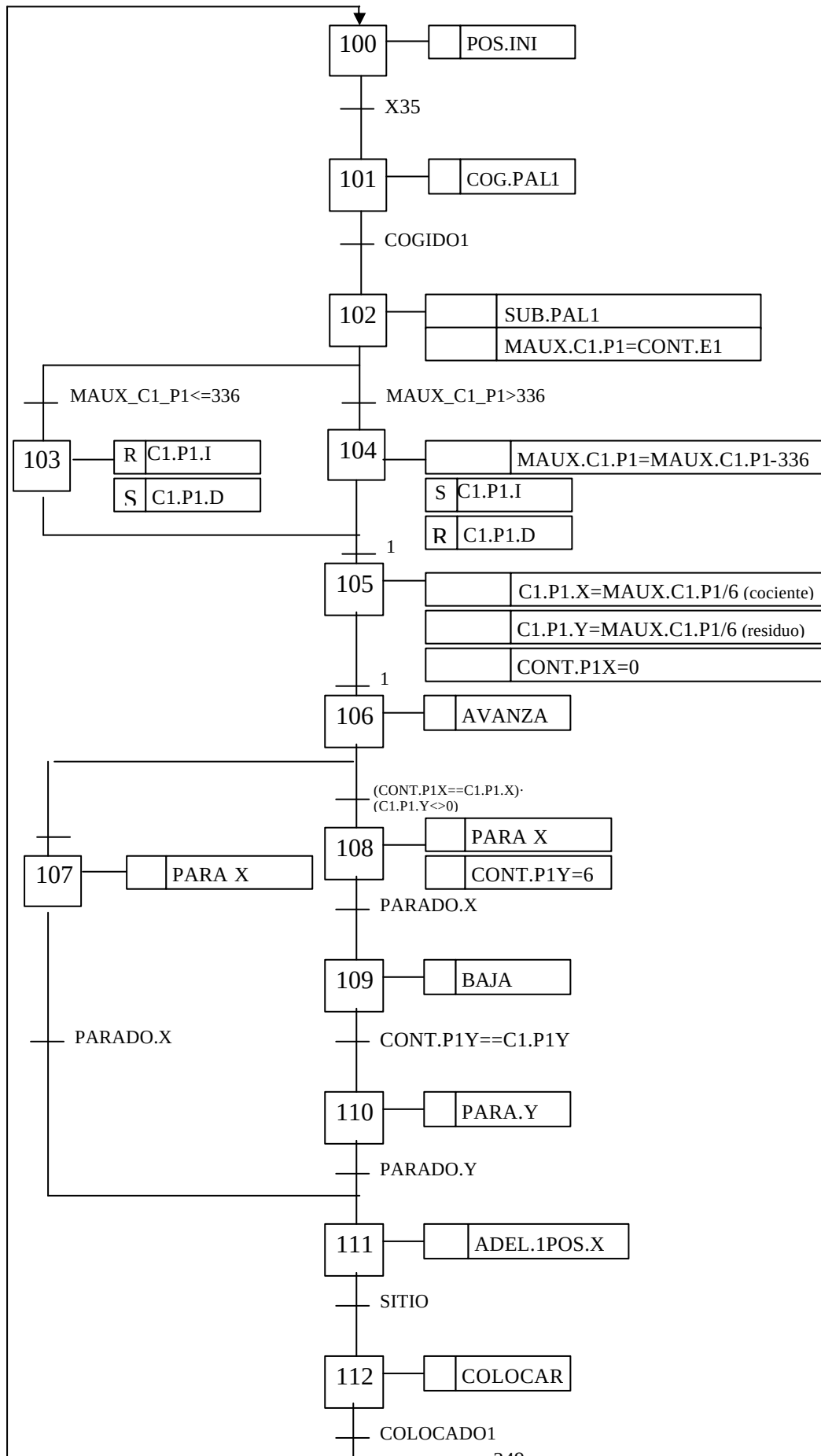
G2 CARGAR (Continuación para la cámara 4)



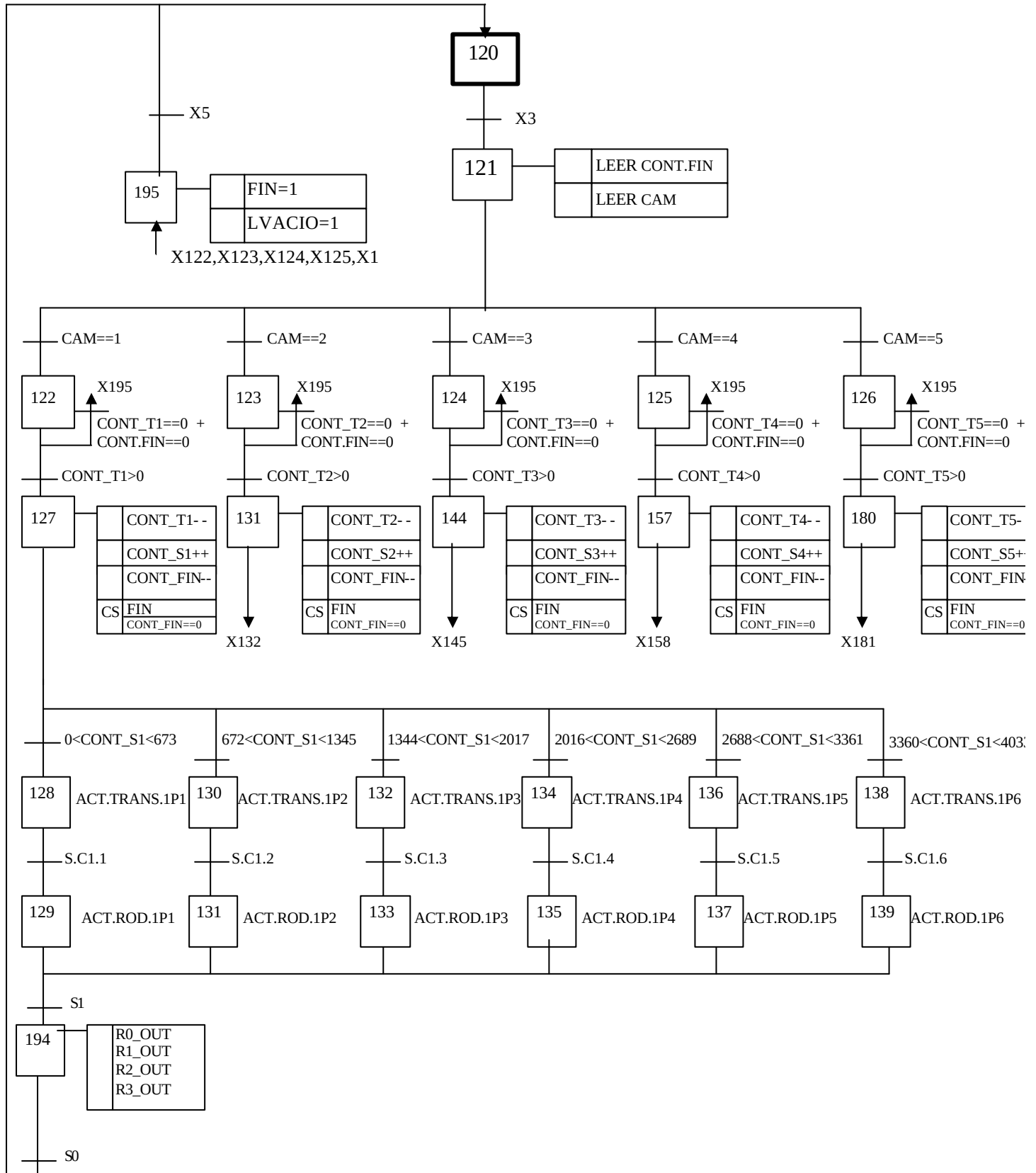
G2 CARGAR (Continuación para la cámara 5)



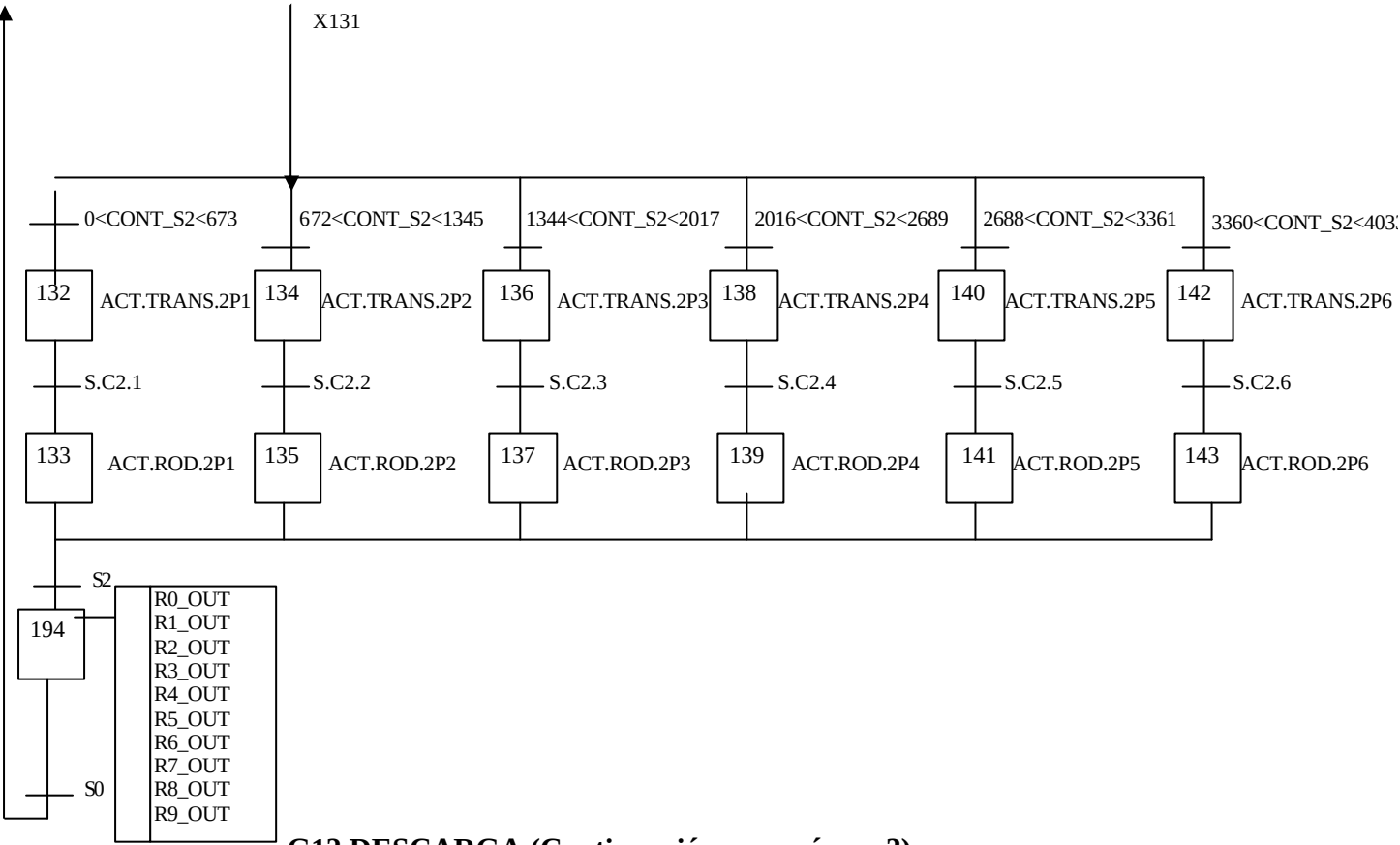
G8 COLOCAR PALET CON PASILLO 1



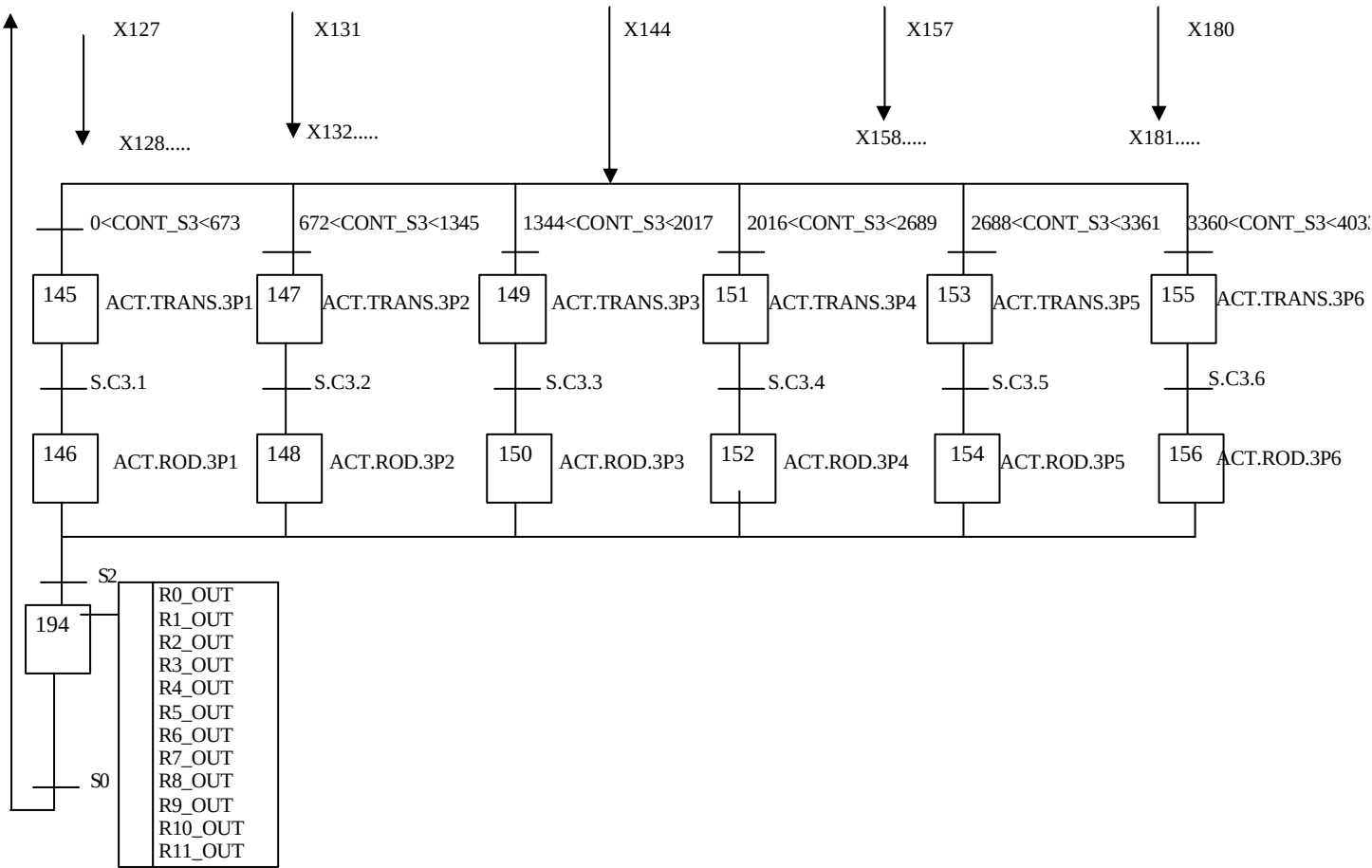
G12 DESCARGAR



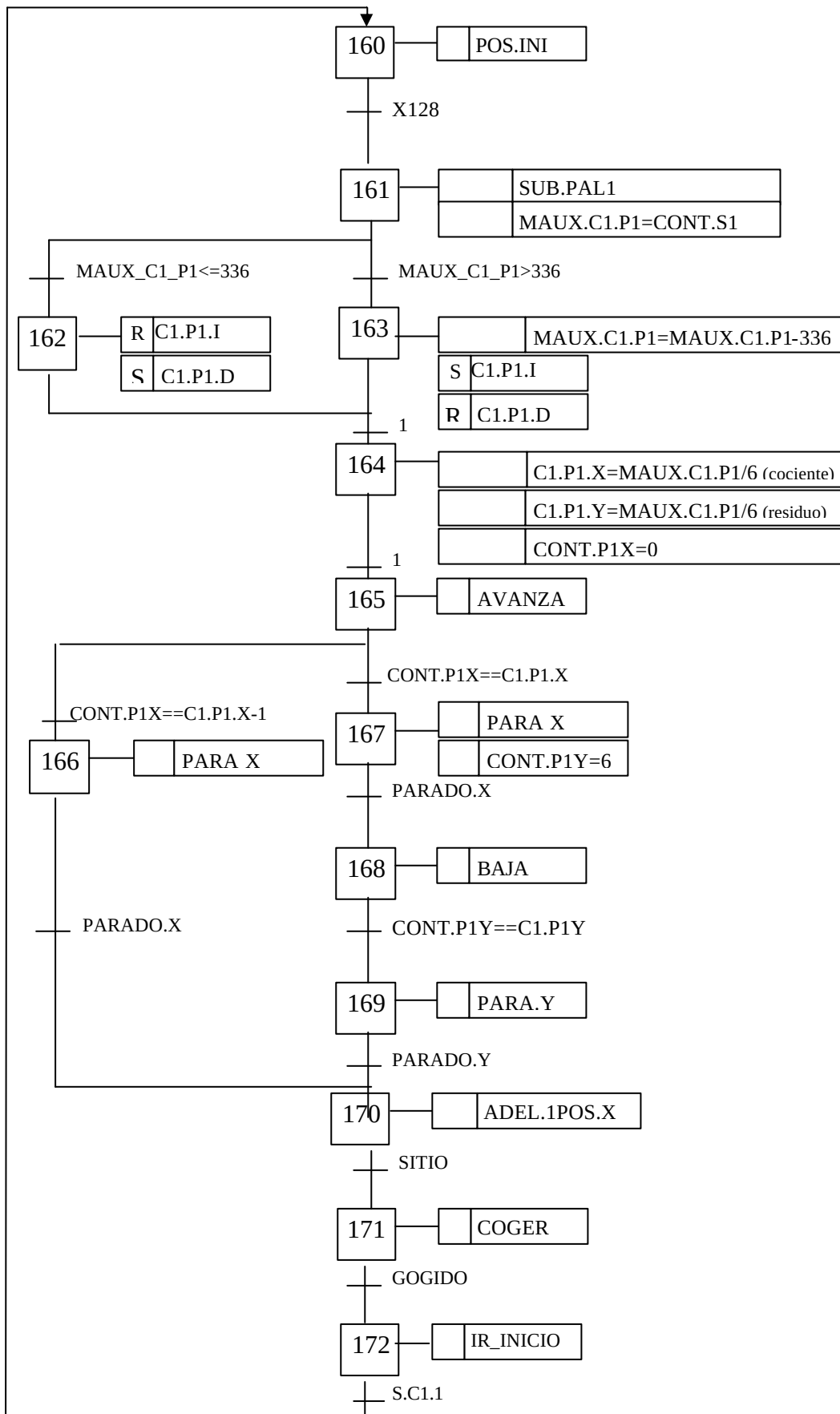
G12 DESCARGA (Continuación para cámara 2)



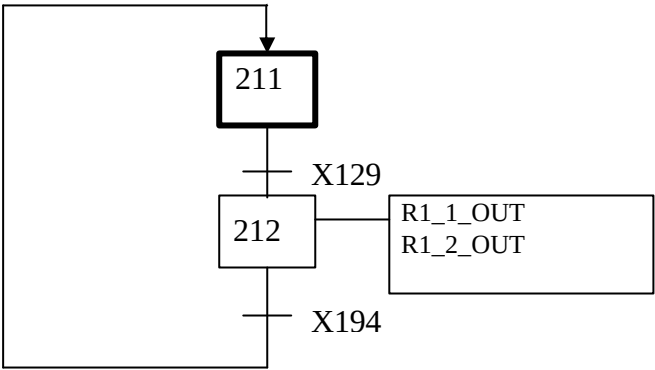
G12 DESCARGA (Continuación para cámara 3)



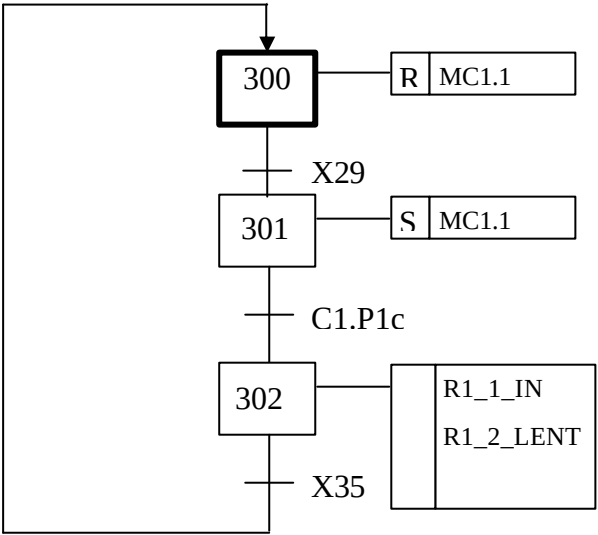
G13 Activar transportador pasillo1 camara 1



ACTIVAR ROD1P1 SALIDA PALETS



ACTIVAR RODILLOS CAM1 P1 ENTRADA





Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Automatización y Control de una Industria Frigorífica con Producción de Energía Solar

3. Planos

AUTORES: Jaume Serra Serrahima,
Joaquim Colomé Capera.
DIRECTOR: José Ramon López López.

FECHA: Marzo / 2004.

INDICE

1.-PLANOS GENERALES	Nº Plano
Situación	1.
Emplazamiento	2.
Distribución en planta	3.
Distribución en planta oficinas	4.
2- PLANOS INSTALACIÓN FRIGORÍFICA	
Distribución flujo evaporadores C1 y C2	5.
Distribución flujo evaporadores C3	6.
Distribución flujo evaporadores C4	7.
Distribución flujo evaporadores C5	8.
Esquema frigorífico Comp1 y Comp2	9.
Esquema frigorífico Comp3 y Comp4	10.
Esquema frigorífico Comp5 y Comp6	11.
Esquema frigorífico Comp7 y Comp8	12.
Esquema frigorífico Comp9	13.
Esquema frigorífico Comp10	14.
Compresores MYCOM	15.
Compresores BITZER OSKA 5361 K	16.
Compresores BITZER OSKA 7441-K	17.
Croquis evaporadores	18.
Croquis Condensador Evaporativo	19.
Válvula expansión C1 y C2	20.
Válvula expansión C3	21.
Válvula expansión C5	22.
Válvula expansión Antecámara	23.
Recipiente de liquido	24.
enfriador de aceite	25.
detalle pared-aislante	26.
3- PLANOS INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN	
conductos aire acondicionado	27.
4- PLANOS ILUMINACIÓN	
distribución iluminación cámaras	28.
distribución iluminación oficinas	29.

5- PLANOS ELÉCTRICOS

esquema unifilar complejo	30.
Cuadros eléctricos 1 a 5	31.
Cuadro electric 5	32.
Cuadros 5 y 6	33.
cuadro nº 6	34.
cuadro ° 6 (mes)	35.
cuadro nº 6 (mes encara)	36.
cuadros del 7 al 11	37.
cuadro 11	38.
cuadro 11 (mes)	39.
cuadro 11 (encara mes)	40.
cuadro 11 (mas aun)	41.
cuadro 11	42.
cuadro 12	43.
cuadro 12	44.
cuadros 13 y 14	45.
cuadros 14 y 15	46.
cuadros 14 y 15	47.
cuadro 16	48.
cuadro 17	49.
cuadro 18	50.
cuadro 19	51.
cuadro 20	52.

6- PLANOS AUTOMATIZACIÓN

modulo entradas C1	53.
modulo entradas C1	54.
salidas digitales C1	55.
salidas digitales C1	56.
salidas digitales C1	57.
salidas digitales C1	58.
salidas digitales C1	59.
salidas digitales C1	60.
entradas digitales C2	61.
salidas digitales C2	62.

salidas digitales C2	63.
salidas digitales C2	64.
salidas digitales C2	65.
salidas digitales C2	66.
salidas digitales C2	67.
entradas digitales C3	68.
entradas analógicas C3	69.
salidas digitales C3	70.
salidas digitales C3	71.
salidas digitales C3	72.
salidas digitales C3	73.
salidas digitales C3	74.
salidas digitales C3	75.
entradas digitales C4	76.
entradas analógicas C4	77.
salidas digitales C4	78.
salidas digitales C4	79.
salidas digitales C4	80.
salidas digitales C4	81.
salidas digitales C4	82.
entradas digitales C5	83.
entradas analógicas C5	84.
salidas digitales C5	85.
salidas digitales C5	86.
entradas antecámara	87.
entradas analógicas antecámara	88.
salida digitales antecámara	89.
salidas digitales antecámara	90.
salidas digitales antecámara	91.
7- PLANOS CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA	
Planta general central solar fotovoltaica	92.
Esquema de conexión inversores	93.
Conexión de los paneles	94.
Detalles placa solar	95.
Estructura de soporte de los módulos	96.
Esquema eléctrico	97.

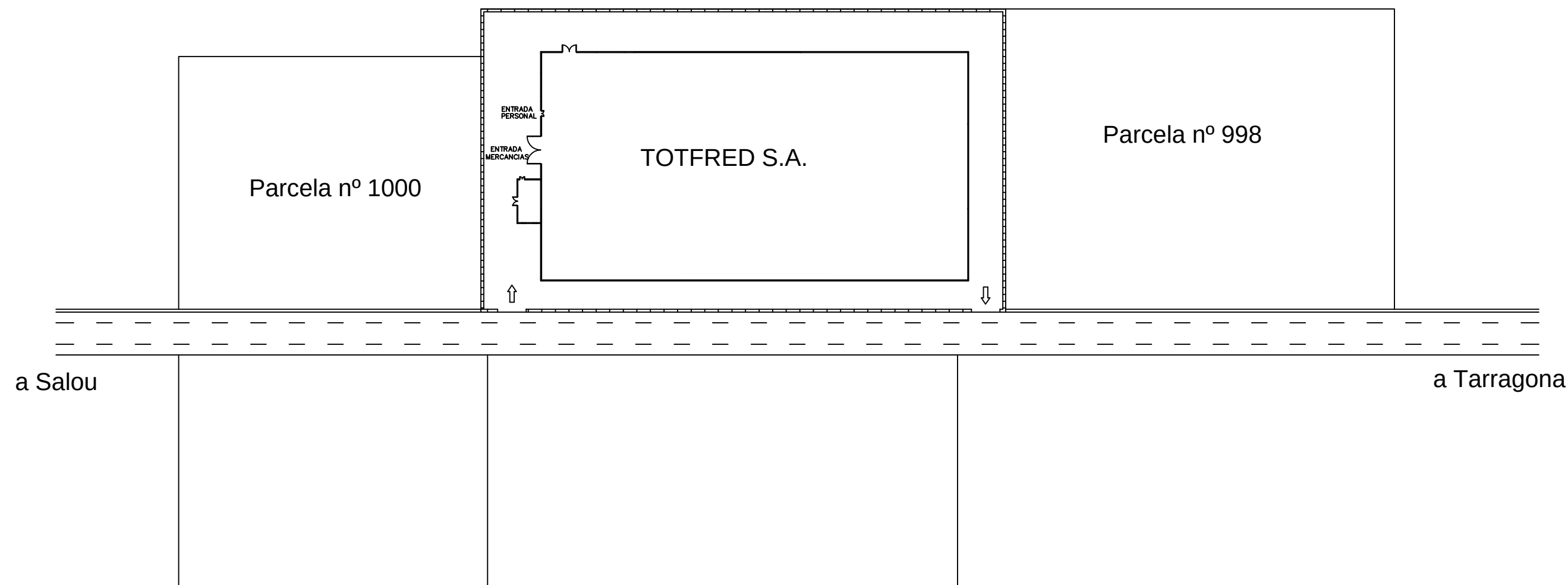
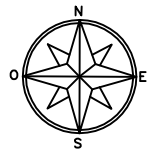


ESCALA 1:550.000

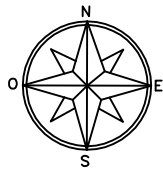
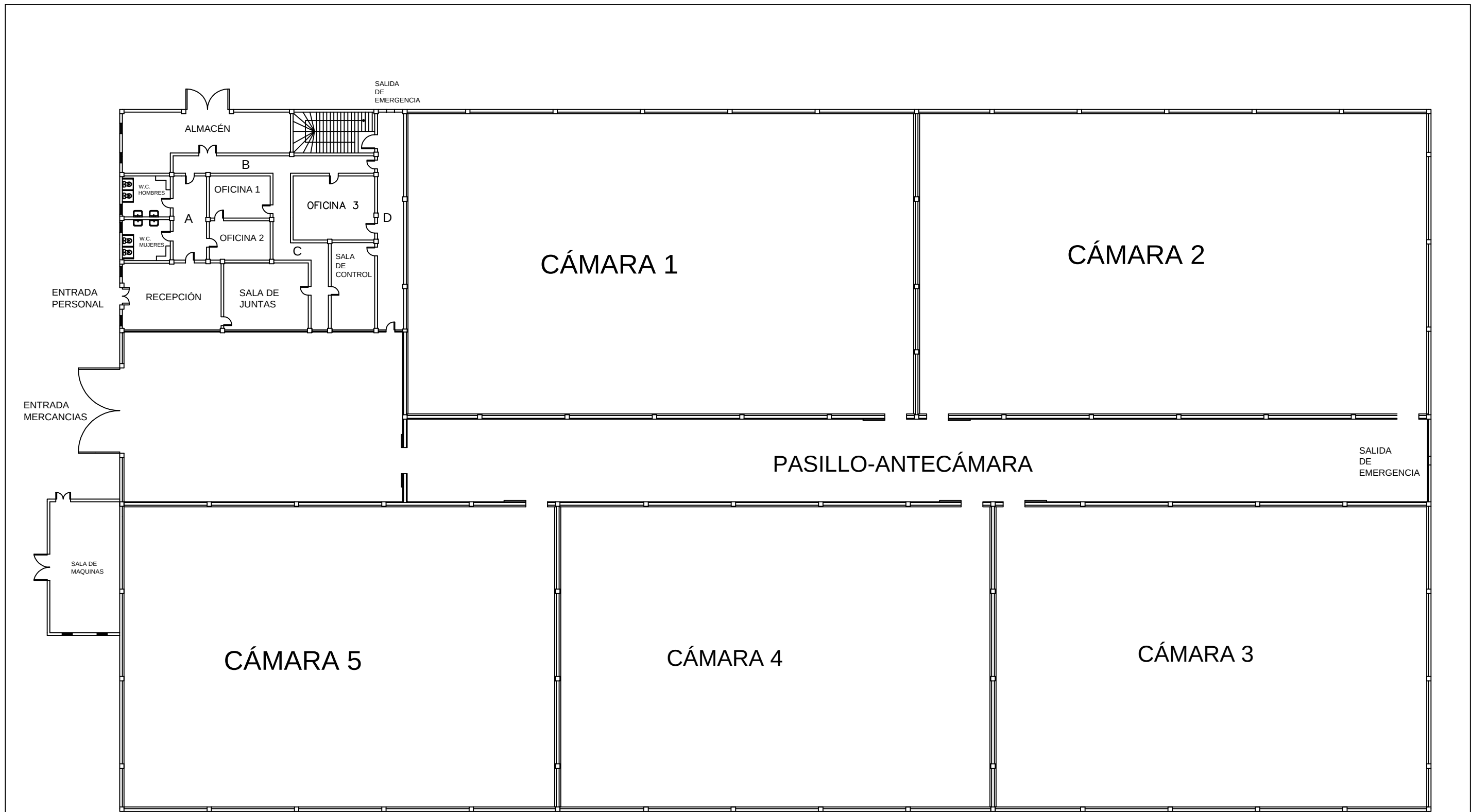


ESCALA 1:150.000

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé		
<i>Comprovat</i>		J.R. López		
<i>S.normes</i>		UNE		
<i>Escala</i>	<i>SITUACIÓN</i>			<i>PLÀNOL N.1</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>

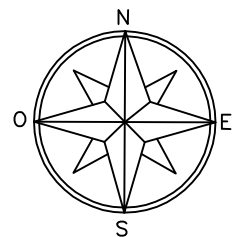


	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>EMPLAZAMIENTO COMPLEJO</i>		<i>PLÀNOL N.2</i>
1:1500			<i>Sustitueix a</i>
NN			<i>Sustituit per</i>

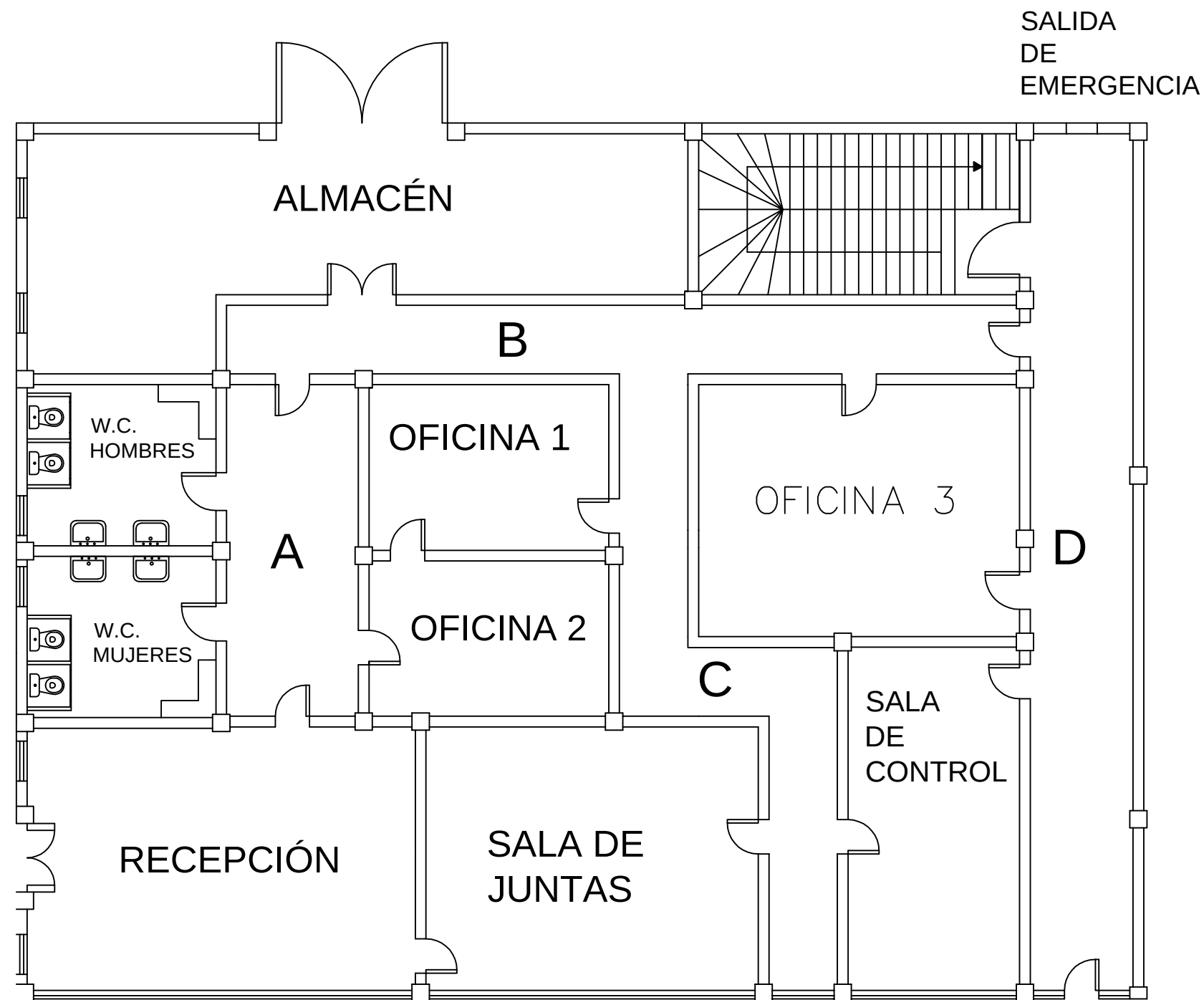


CÁMARA 1	PESCADO CONGELADO
CÁMARA 2	AVES Y CAZA CONGELADAS
CÁMARA 3	CARNE CONGELADA
CÁMARA 4	PRODUCTOS PRECOCINADOS CONGELADOS
CÁMARA 5	CONSERVACIÓN DE NARANJAS
PASILLO	ANTECÁMARA
A	PASILLO-LAVABOS
B	PASILLO-ALMACÉN
C	PASILLO-INTERIOR
D	PASILLO-LATERAL

	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA COMPLEJO INDUSTRIAL			PLÀNOL N.3
1:300				Sustitueix a
NN				Sustituit per



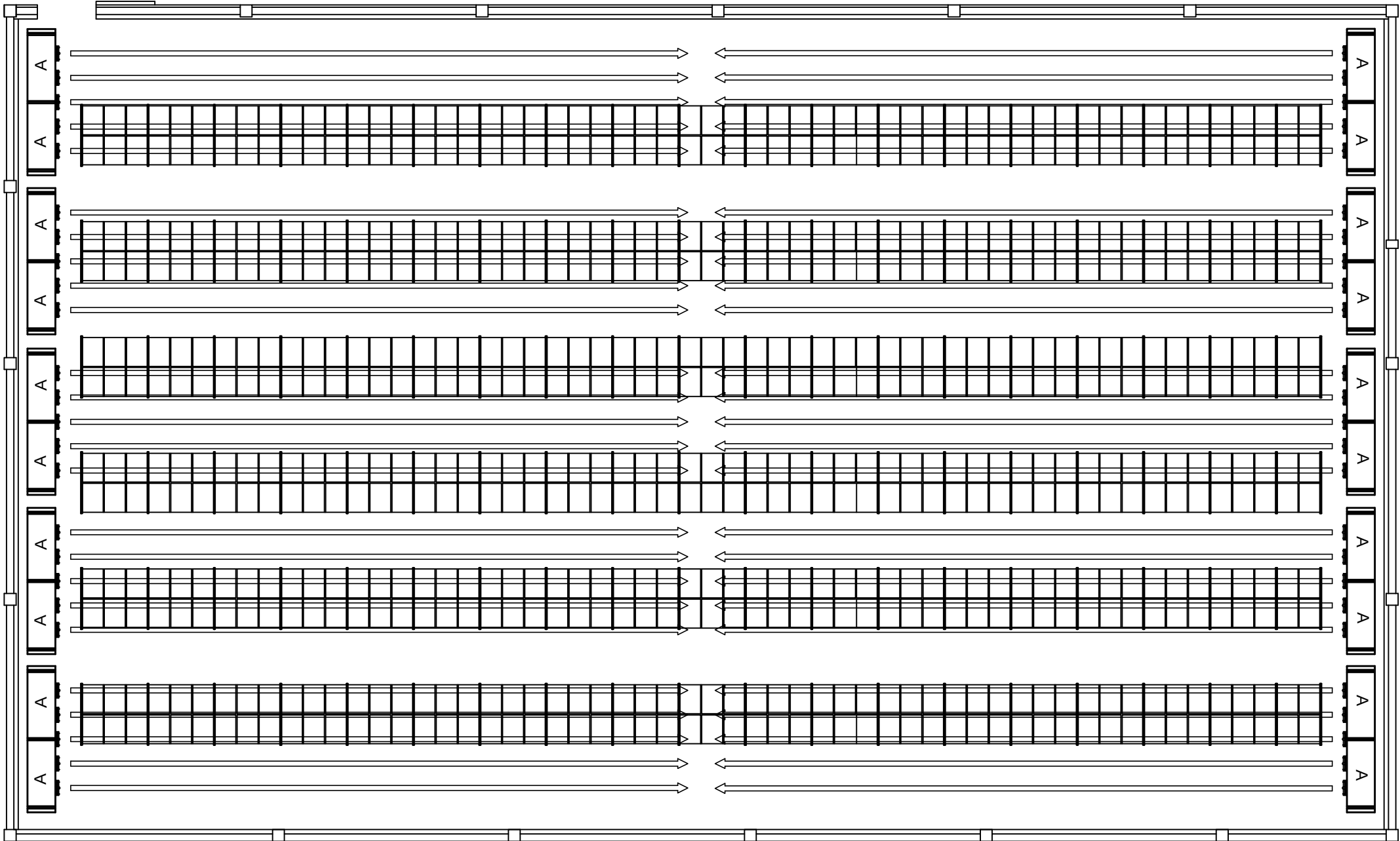
ENTRADA
PERSONAL



A	PASILLO-LAVABOS
B	PASILLO-ALMACÉN
C	PASILLO-INTERIOR
D	PASILLO-LATERAL

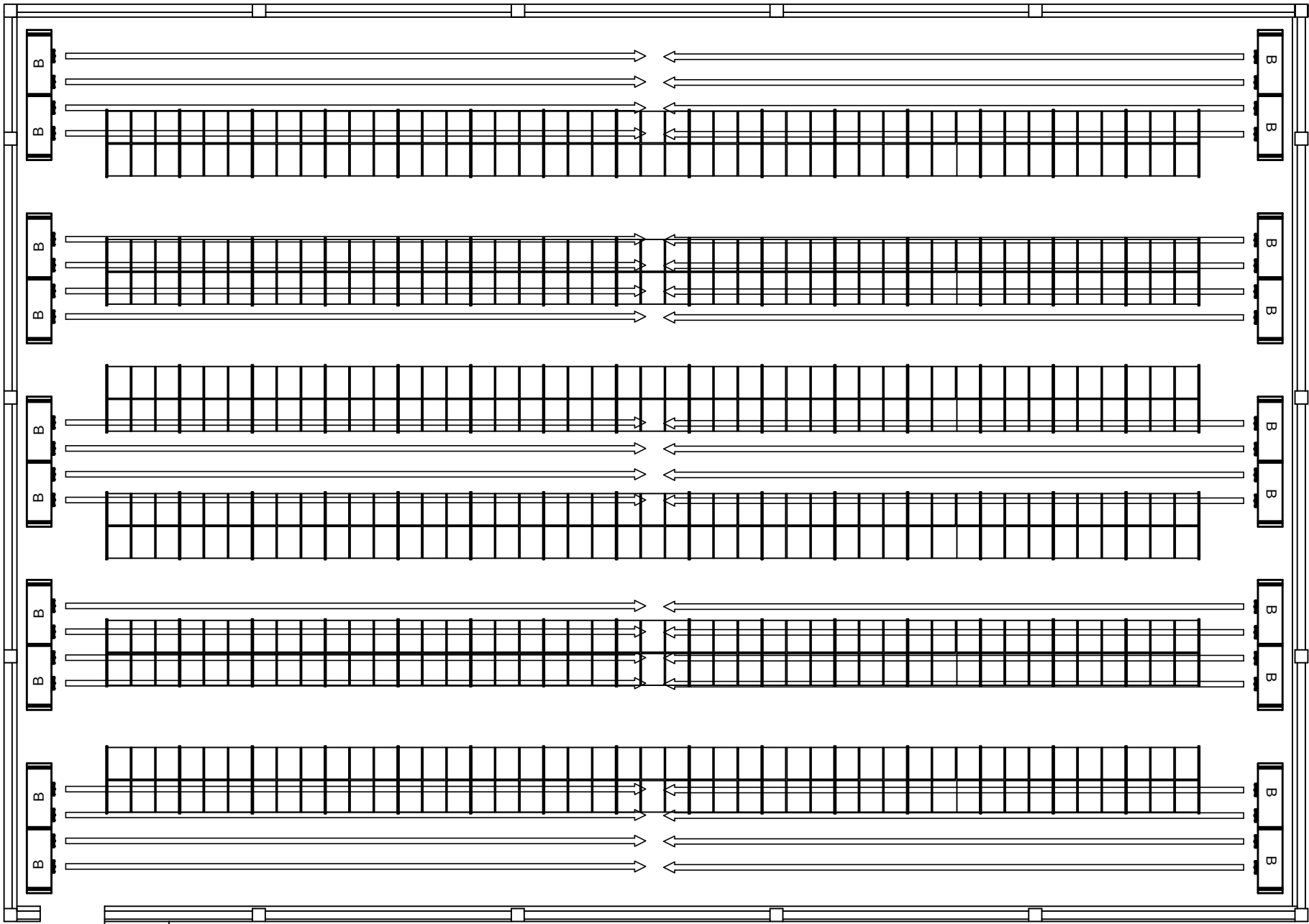
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA OFICINAS			PLÀNOL N.4
1:150				Sustitueix a
NN				Sustituit per

CÁMARAS 1 y 2



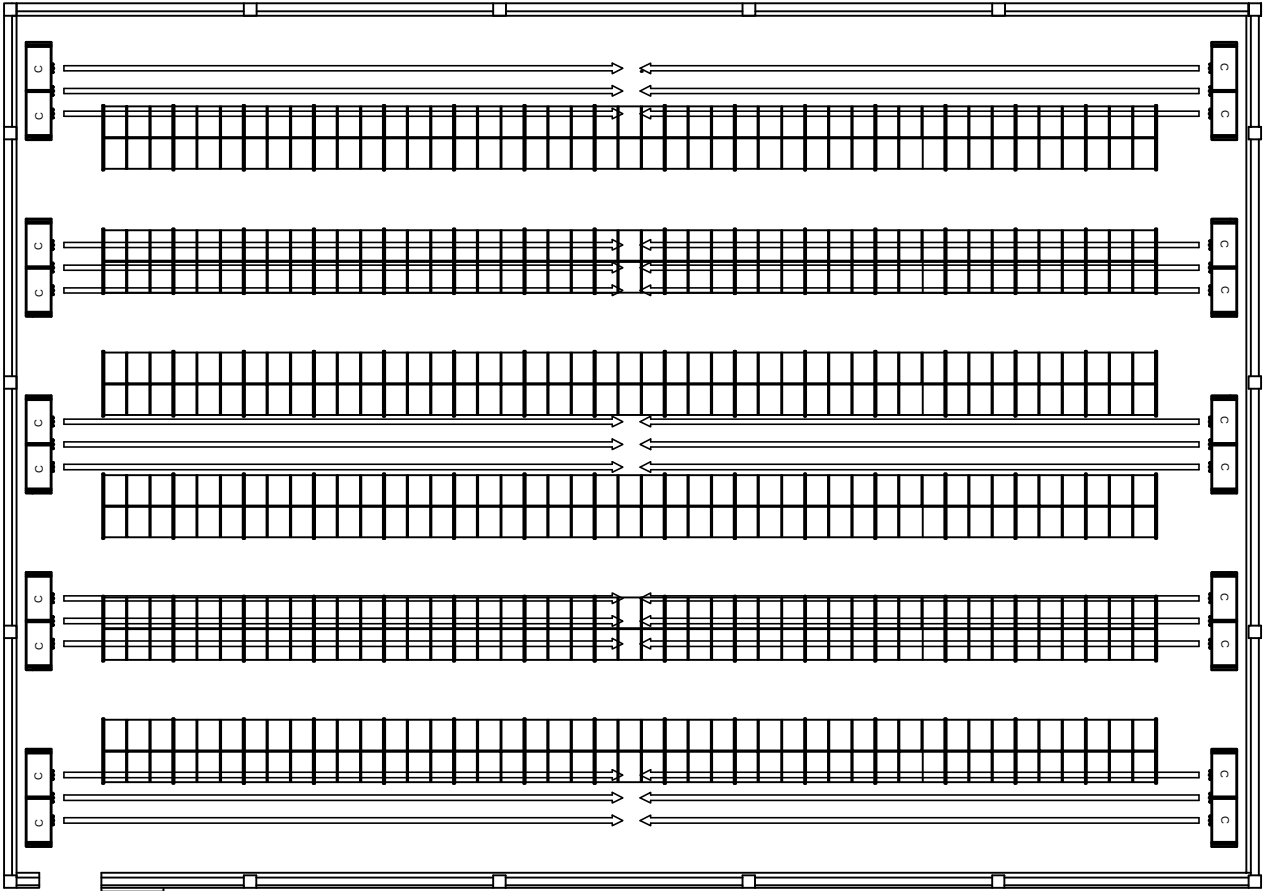
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Set 2003	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	DISTRIBUCIÓN FLUJO EVAPORADORES CÁMARAS 1 Y 2			PLÀNOL N.5
1:250				Sustitueix a
NN				Sustituit per

CÁMARA 3



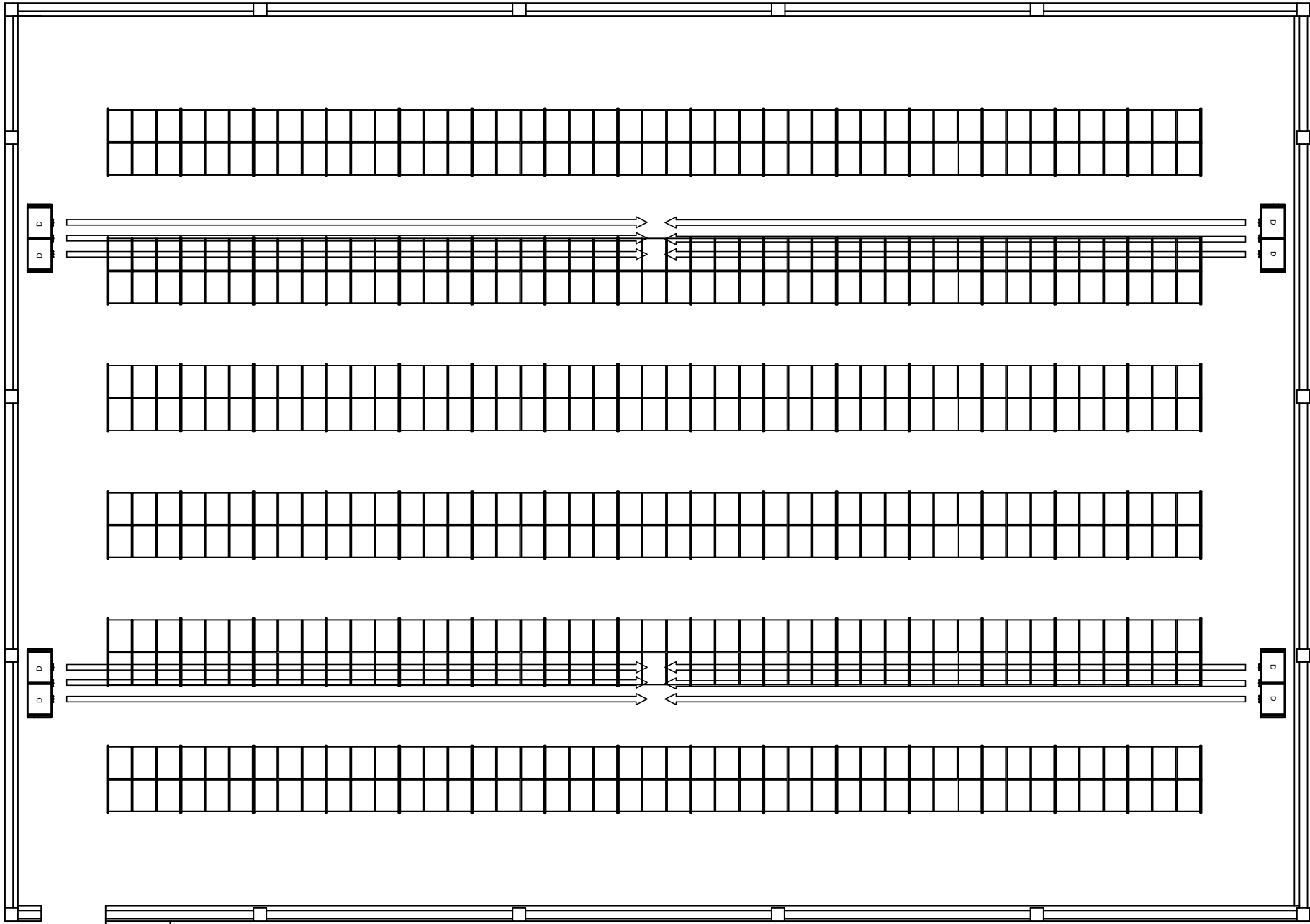
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	DISTRIBUCIÓN FLUJO EVAPORADORES CÁMARA 3		PLÀNOL N.6
1:200			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

CÁMARA 4

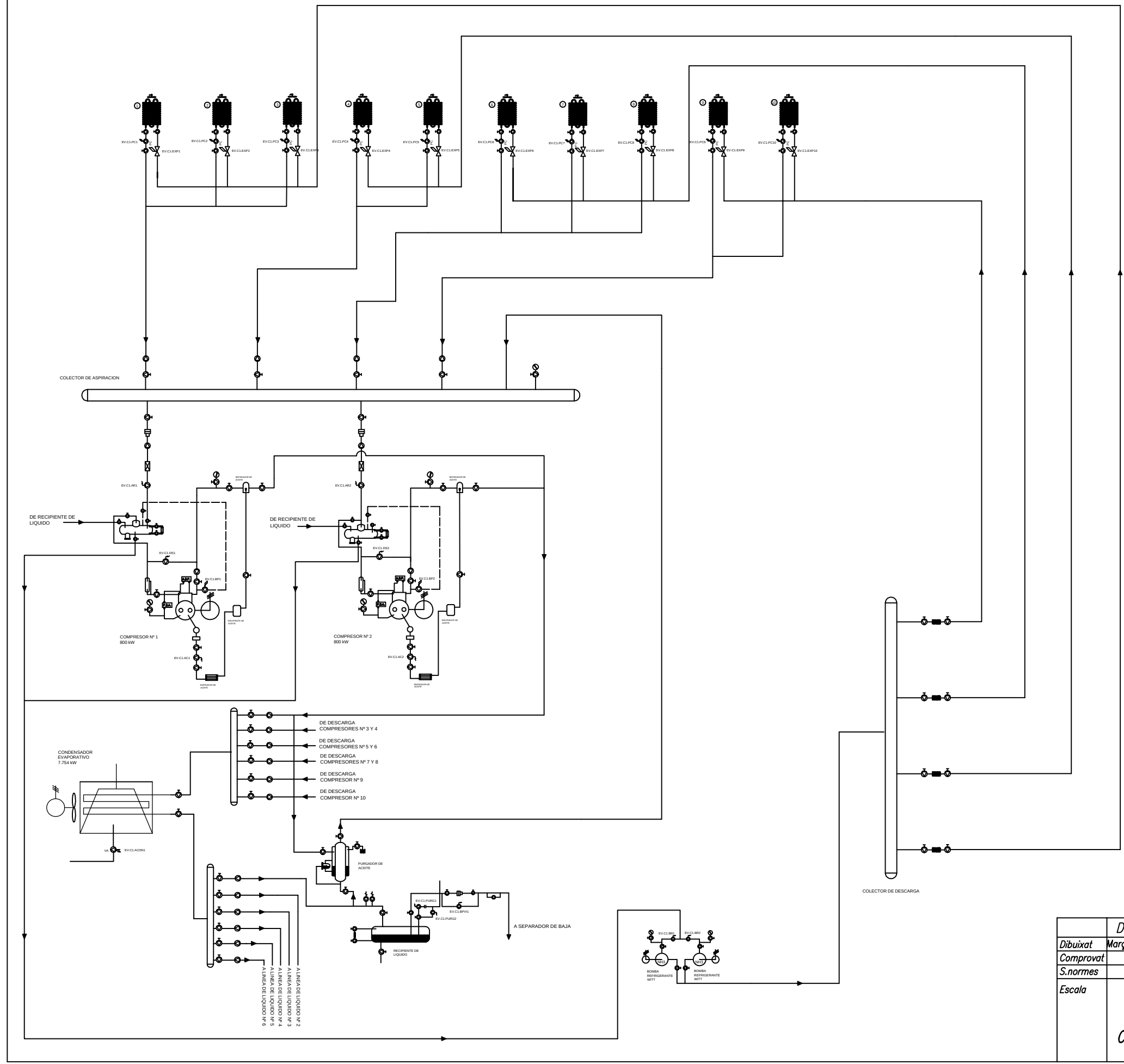


	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé		
<i>Comprovat</i>		J.R. López		
<i>S.normes</i>		UNE		
<i>Escala</i>	DISTRIBUCIÓN FLUJO EVAPORADORES CÁMARA 4			PLÀNOL N.7
1:200				Sustitueix a
				Sustituit per

CÁMARA 5

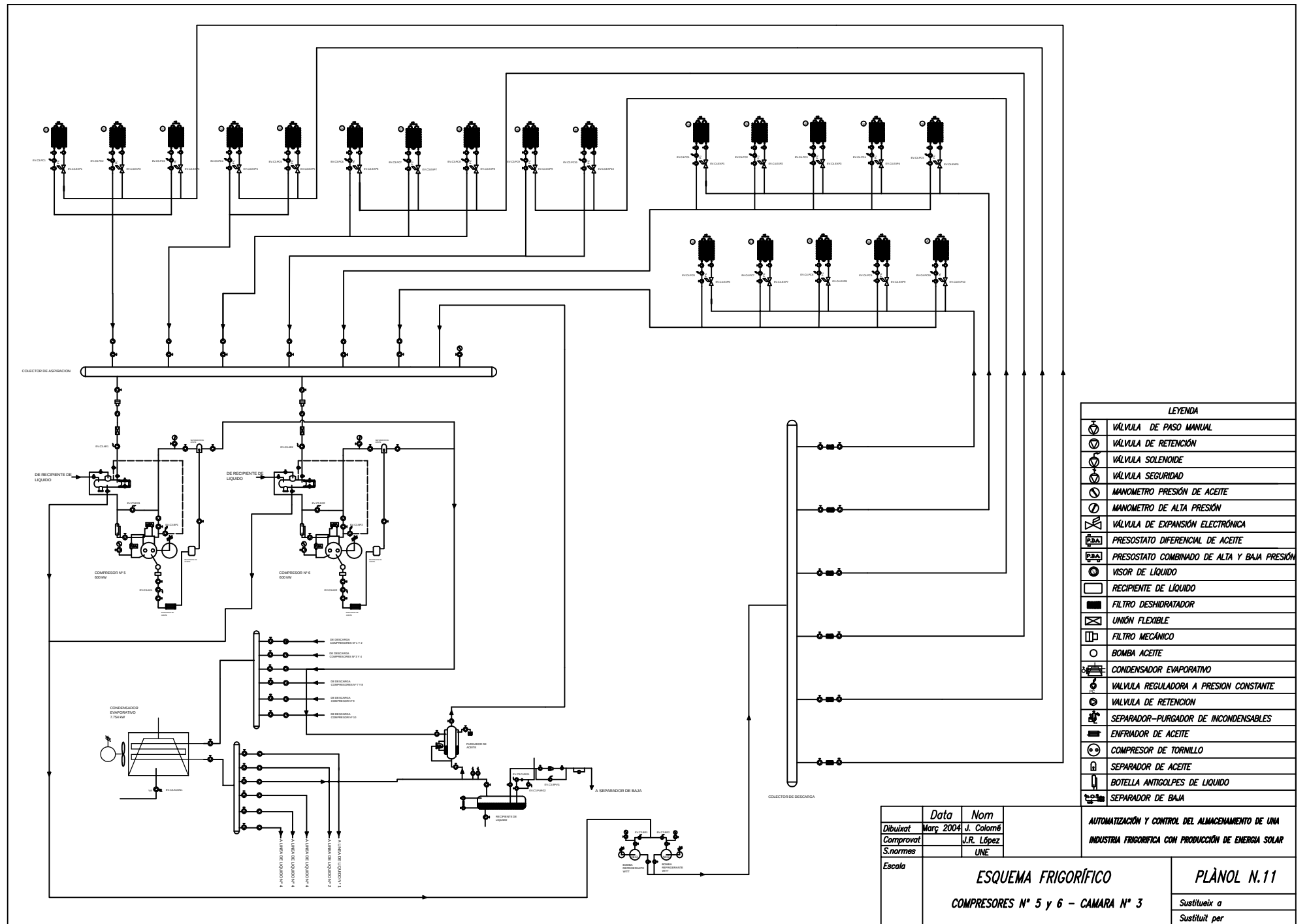


	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>DISTRIBUCIÓN FLUJO EVAPORADORES CÁMARA 5</i>		<i>PLÀNOL N.8</i>
1:200			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

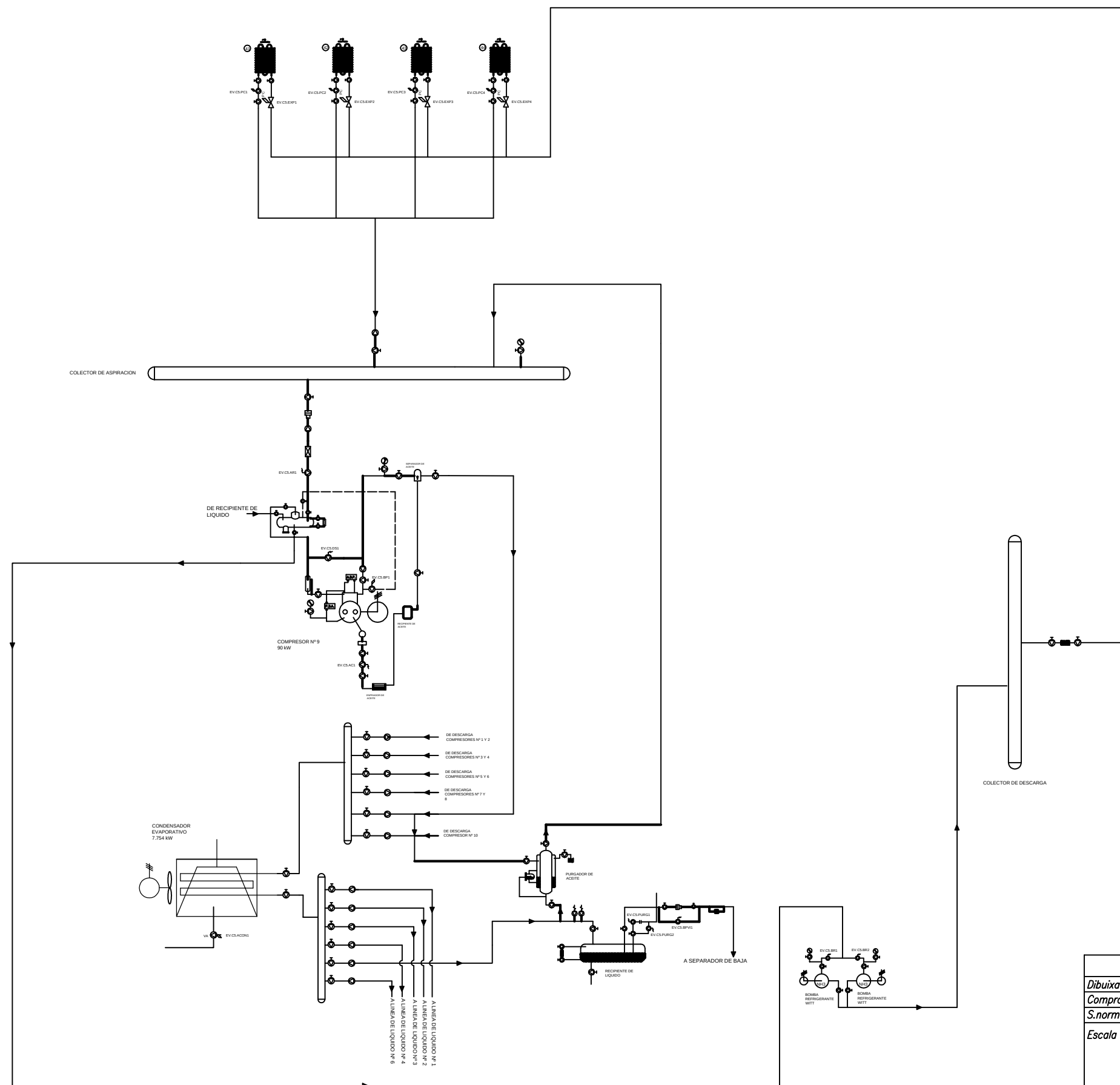


LEYENDA	
	VÁLVULA DE PASO MANUAL
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	VÁLVULA SOLENOIDE
	VÁLVULA SEGURIDAD
	MANOMETRO PRESIÓN DE ACEITE
	MANOMETRO DE ALTA PRESIÓN
	VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA
	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE
	PRESOSTATO COMBINADO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN
	VISOR DE LÍQUIDO
	RECIPIENTE DE LÍQUIDO
	FILTRO DESHIDRATADOR
	UNIÓN FLEXIBLE
	FILTRO MECÁNICO
	BOMBA ACEITE
	CONDENSADOR EVAPORATIVO
	VÁLVULA REGULADORA A PRESION CONSTANTE
	VÁLVULA DE RETENCION
	SEPARADOR-PURGADOR DE INCONDENSABLES
	ENFRIADOR DE ACEITE
	COMPRESOR DE TORNILLO
	SEPARADOR DE ACEITE
	BOTELLA ANTIGOLPES DE LIQUIDO
	SEPARADOR DE BAJA

	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR			
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé				
Comprovat		J.R. López				
S.normes		UNE				
Escala	ESQUEMA FRIGORÍFICO COMPRESORES Nº 1 y 2- CAMARA Nº 1			PLÀNOL N.9		
				Sustitueix a		
				Sustituit per		

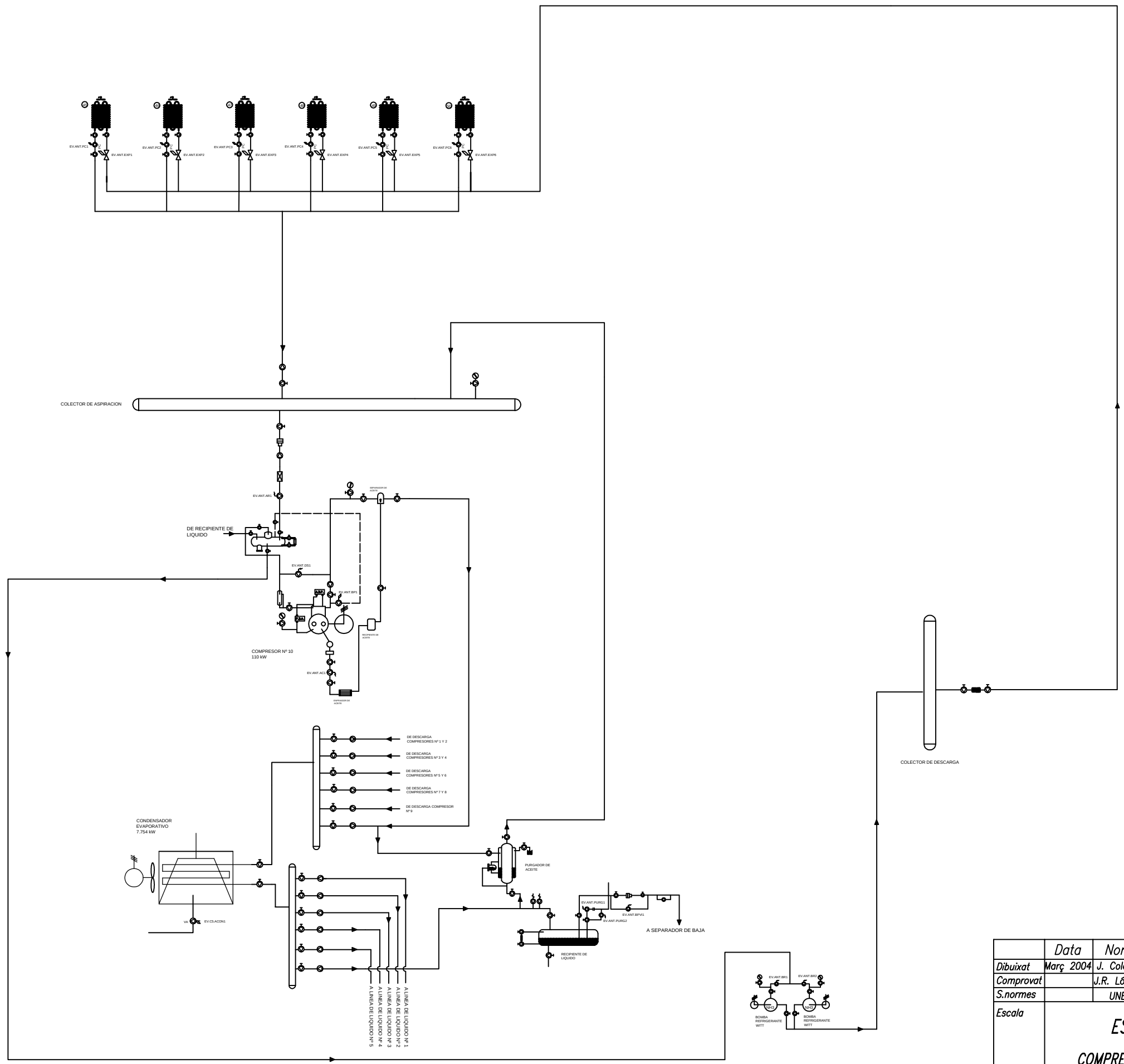






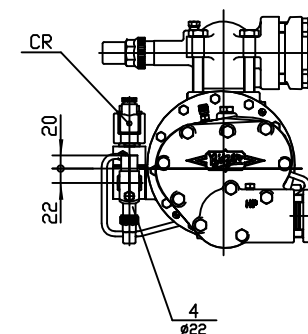
LEYENDA	
	VÁLVULA DE PASO MANUAL
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	VÁLVULA SOLENOIDE
	VÁLVULA SEGURIDAD
	MANOMETRO PRESIÓN DE ACEITE
	MANOMETRO DE ALTA PRESIÓN
	VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA
	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE
	PRESOSTATO COMBINADO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN
	VISOR DE LIQUIDO
	RECIPIENTE DE LIQUIDO
	FILTRO DESHIDRATADOR
	UNIÓN FLEXIBLE
	FILTRO MECÁNICO
	BOMBA ACEITE
	CONDENSADOR EVAPORATIVO
	VALVULA REGULADORA A PRESION CONSTANTE
	VALVULA DE RETENCION
	SEPARADOR-PURGADOR DE INCONDENSABLES
	ENFRIADOR DE ACEITE
	COMPRESOR DE TORNILLO
	SEPARADOR DE ACEITE
	BOTELLA ANTIGOLPES DE LIQUIDO
	SEPARADOR DE BAJA

	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR		
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé				
Comprovat		J.R. López				
S.normes		UNE				
Escala	ESQUEMA FRIGORÍFICO COMPRESOR N° 9 – CAMARA N° 5			PLÀNOL N.13		
Sustitueix a						
Sustituit per						

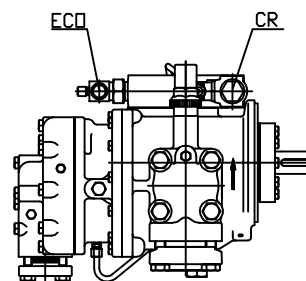
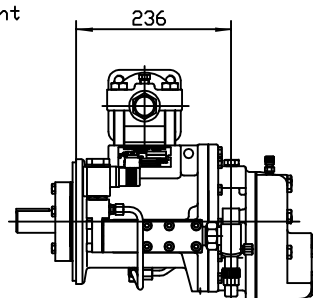


LEYENDA	
	VÁLVULA DE PASO MANUAL
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	VÁLVULA SOLENOIDE
	VÁLVULA SEGURIDAD
	MANOMETRO PRESIÓN DE ACEITE
	MANOMETRO DE ALTA PRESIÓN
	VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA
	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE
	PRESOSTATO COMBINADO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN
	VISOR DE LÍQUIDO
	RECIPIENTE DE LÍQUIDO
	FILTRO DESHIDRATADOR
	UNIÓN FLEXIBLE
	FILTRO MECÁNICO
	BOMBA ACEITE
	CONDENSADOR EVAPORATIVO
	VALVULA REGULADORA A PRESION CONSTANTE
	VALVULA DE RETENCION
	SEPARADOR-PURGADOR DE INCONDENSABLES
	ENFRIADOR DE ACEITE
	COMPRESOR DE TORNILLO
	SEPARADOR DE ACEITE
	BOTELLA ANTIGOLPES DE LÍQUIDO
	SEPARADOR DE BAJA

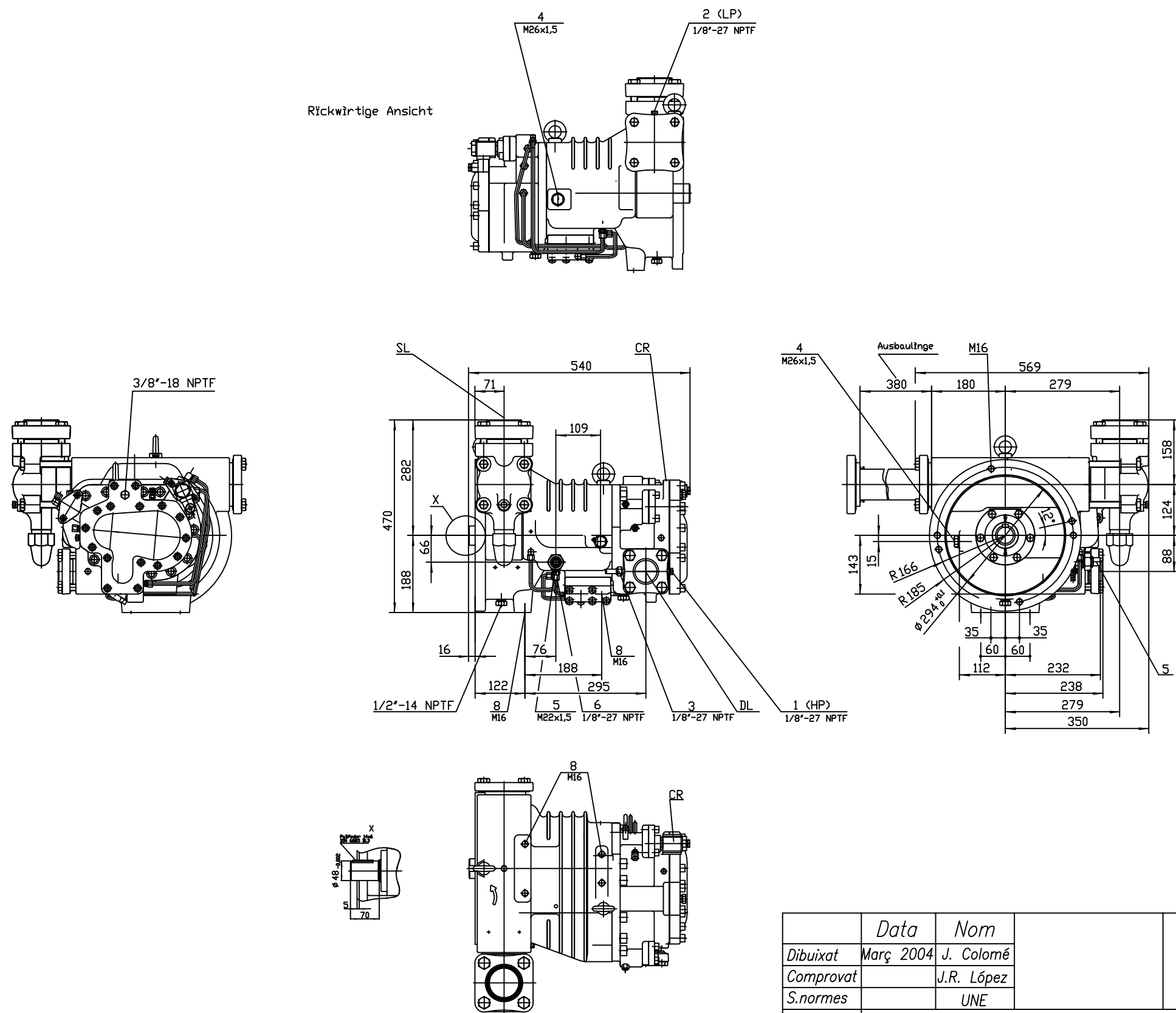
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	ESQUEMA FRIGORÍFICO COMPRESOR Nº 10 - ANTECÁMARA			PLÀNOL N.14
				Sustitueix a
				Sustituit per



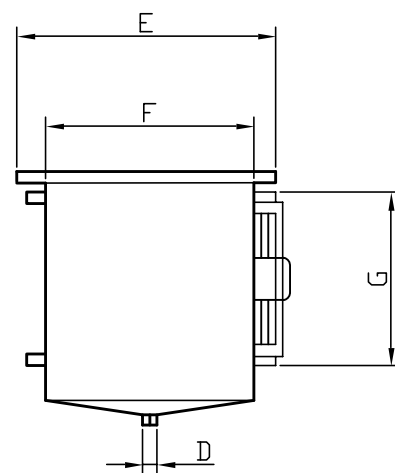
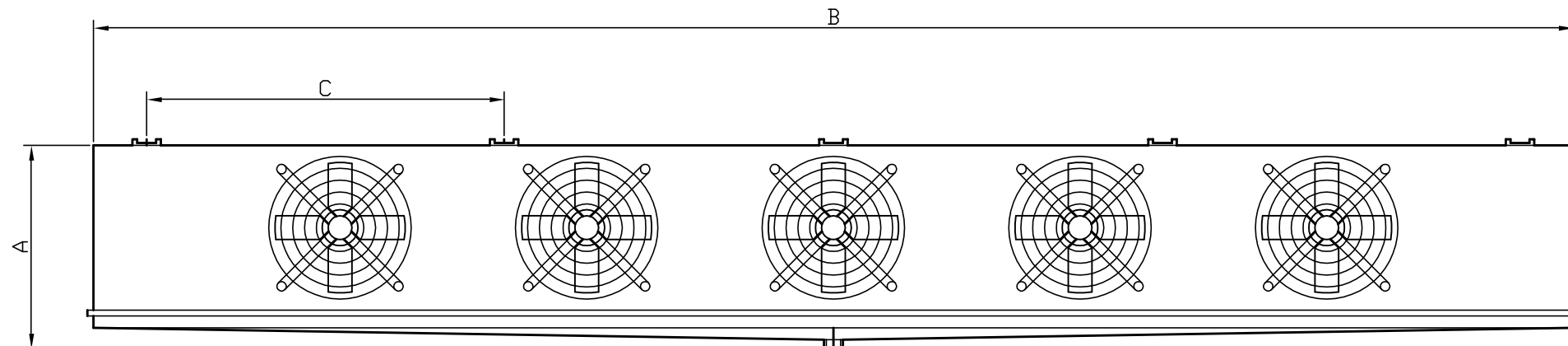
Rückwärtige Ansicht
Rear View



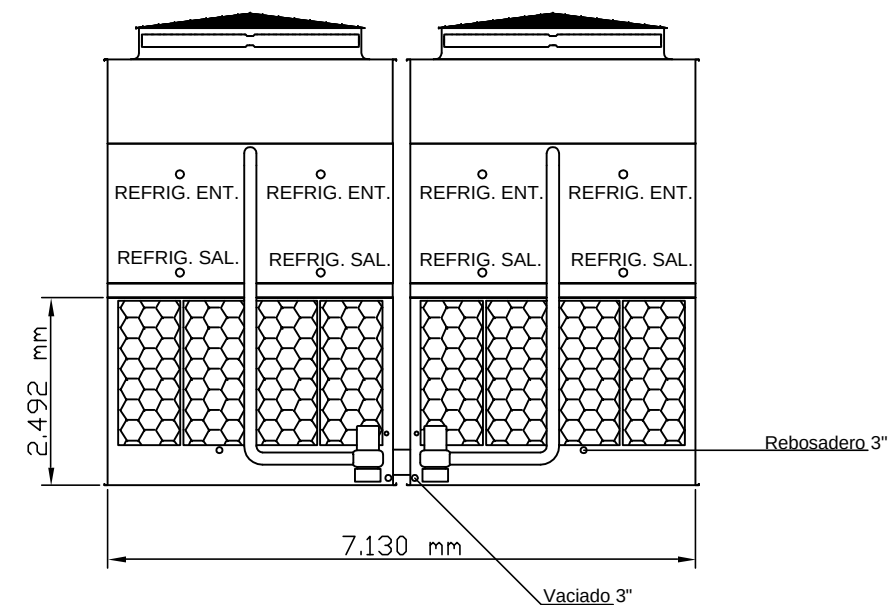
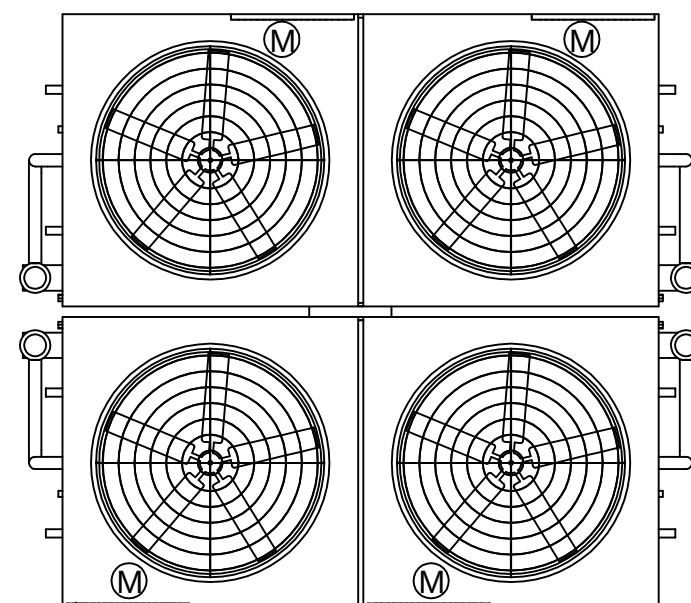
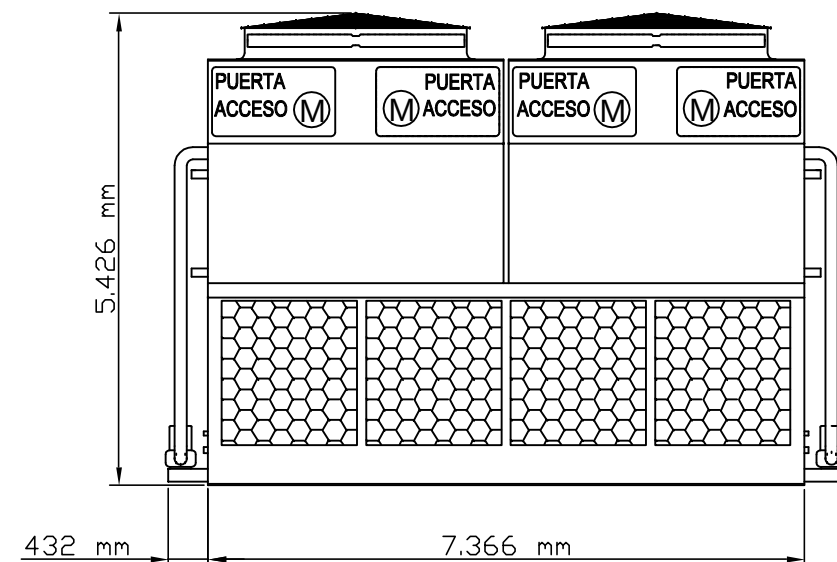
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORÍFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	COMPRESOR BITZER OSKA 5361-K		PLÀNOL N.16
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	COMPRESOR BITZER OSKA 7441-K			PLÀNOL N.17
				Sustitueix a
				Sustituit per



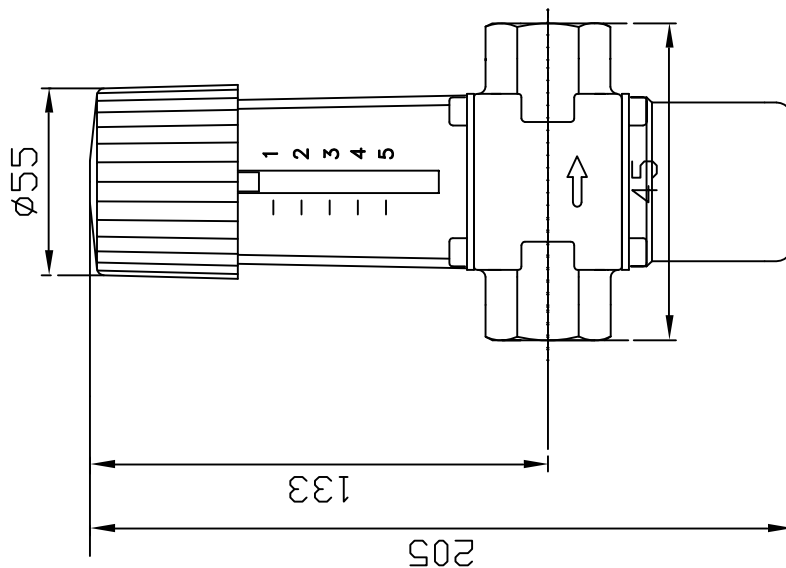
DIMENSIONES EVAPORADORES							
MOD. EVAPORADOR	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (desagüe, rosca)	E (mm)	F (mm)	G (mm)
AIRCOIL FD 2302	1.400	6.200	2.893	3"	1.180	1.020	5 x 630
AIRCOIL FD 1626	1.385	5.050	2.318	3"	1.180	1.020	4 x 630
AIRCOIL FD 1841	1.385	5.050	2.318	3"	1.180	1.020	4 x 630
AIRCOIL FD 384	820	2.625	2.211	2"	1.000	840	3 x 450
MOD. EVAPORADOR	CÁMARA		Nº APARATOS	Nº DE EVAPORADOR ASIGNADO			
AIRCOIL FD 2302	1		10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10			
	2		10	11,12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20			
AIRCOIL FD 1626	3		10	21,22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30			
AIRCOIL FD 1841	4		10	31,32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40			
AIRCOIL FD 384	5		4	41, 42, 43, 44			
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>			<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>		
<i>Dibuixat</i>	<i>Set. 2003</i>	<i>J. Colomé</i>					
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>					
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>					
<i>Escala</i>	<i>CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS EVAPORADORES</i>				<i>PLÀNOL N.18</i>		
					<i>Sustitueix a</i>		
					<i>Sustituit per</i>		



Características Técnicas:	
Marca:	EVAPCO
Modelo:	ATC-1800
Capacidad de evacuación de calor:	7.754 kW
Ventiladores:	4 x 11 kW
Caudal de aire:	137,2 m ³ / s
Bomba de rocío:	4 x 4 kW
Caudal de líquido:	201,9 l / s
Capacidad Cáster:	7.570 l
Conexiones:	4 x 300 mm

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	CONDENSADOR EVAPORATIVO EVAPCO ATC-1800		PLÀNOL N.19
1:75			Sustitueix a
NN			Sustituit per

Este tipo de valvulas se instalan en los evaporadores de las cámaras 3 y 4.



Localización	Referencia asignada
Evap. Camara 3	EV.C3.Exp1, EV.C3.Exp2, EV.C3.Exp3, EV.C3.Exp4, EV.C3.Exp5, EV.C3.Exp6, EV.C3.Exp7, EV.C3.Exp8, EV.C3.Exp9, EV.C3.Exp.10
Evap. Camara 4	EV.C4.Exp1, EV.C4.Exp2, EV.C4.Exp3, EV.C4.Exp4, EV.C4.Exp5, EV.C4.Exp6, EV.C4.Exp7, EV.C4.Exp8, EV.C4.Exp9, EV.C4.Exp.10

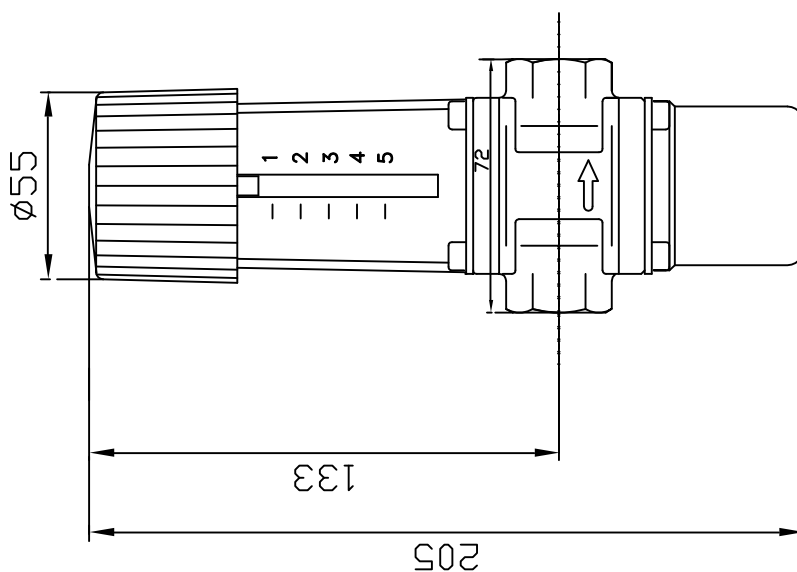
Rango de Regulacion $-35^{\circ} \rightarrow +40^{\circ} \text{C}$
Rango de Regulacion $-1 \rightarrow 15 \text{ bar}$

Valvula DANFOSS tipo TEAQ 85-55

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Set. 2003	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	DETALLE VALVULA DE EXPANSION DANFOSS TEAQ 85-55		PLÀNOL N.21
1:2			Sustitueix a
			Sustituit per

Este tipo de valvulas se instalan en los evaporadores de la cámara 5.

Localización	Referencia asignada
Evap. Cámara 5	EV.C5.Exp1, EV.C5.Exp2, EV.C5.Exp3, EV.C5.Exp4



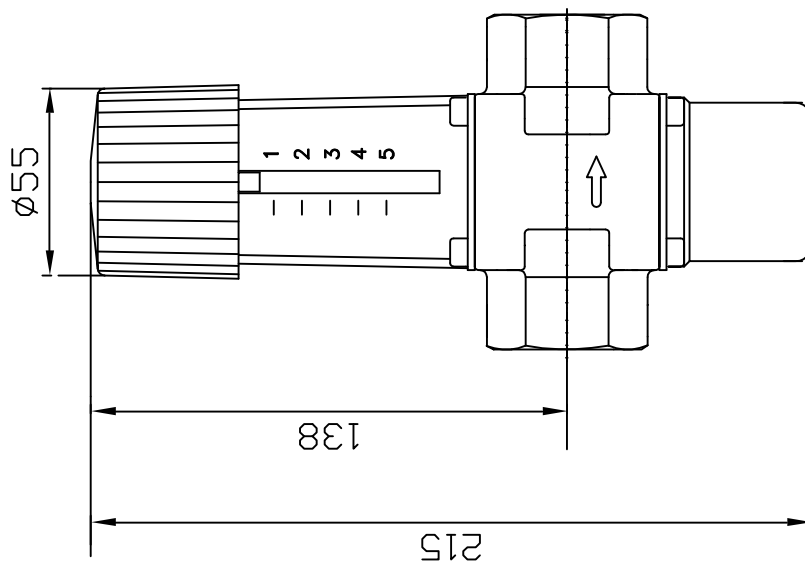
Rango de Regulacion $-35^{\circ} \rightarrow +40^{\circ} \text{ C}$
Rango de Regulacion $-1 \rightarrow 15 \text{ bar}$

Valvula DANFOSS tipo TEAQ 20-12

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Set. 2003	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	DETALLE VALVULA DE EXPANSION DANFOSS TEAQ 20-12		PLÀNOL N.22
1:2			Sustitueix a
			Sustituit per

Este tipo de valvulas se instalan en los evaporadores de la cámara 1 y 2.

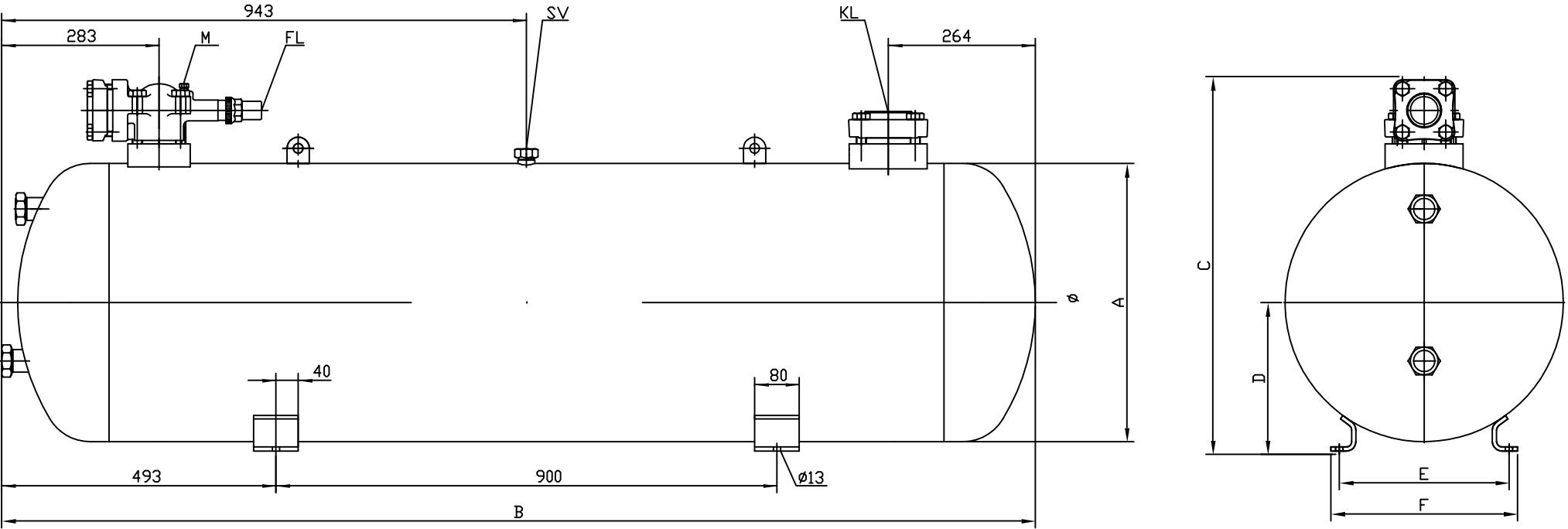
Localización	Referencia asignada
Evap. Camara 1	EV.C1.Exp1, EV.C1.Exp2, EV.C1.Exp3, EV.C1.Exp4, EV.C1.Exp5, EV.C1.Exp6, EV.C1.Exp7, EV.C1.Exp8, EV.C1.Exp9, EV.C1.Exp.10
Evap. Camara 2	EV.C2.Exp1, EV.C2.Exp2, EV.C2.Exp3, EV.C2.Exp4, EV.C2.Exp5, EV.C2.Exp6, EV.C2.Exp7, EV.C2.Exp8, EV.C2.Exp9, EV.C2.Exp.10



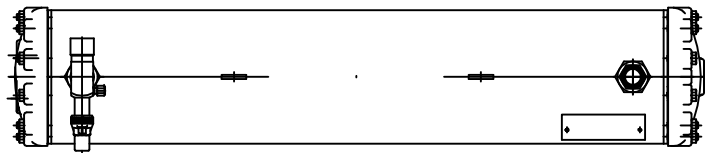
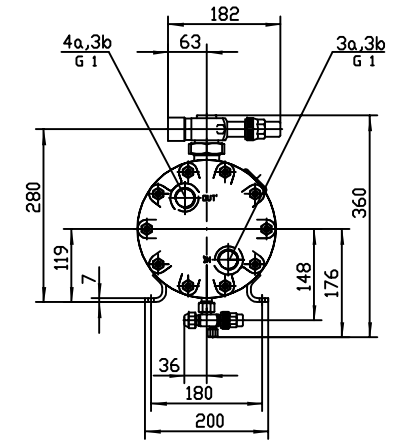
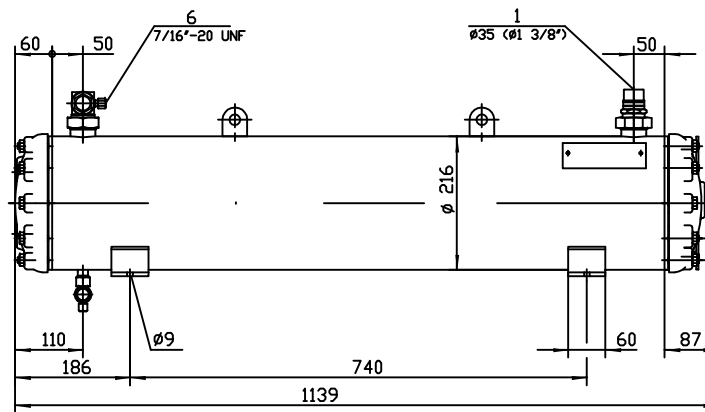
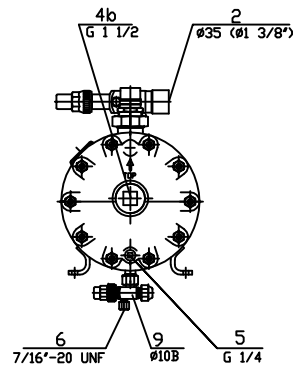
Rango de Regulacion -35° → +40° C
Rango de Regulacion -1 → 15 bar

Valvula DANFOSS tipo TEAQ 85-85

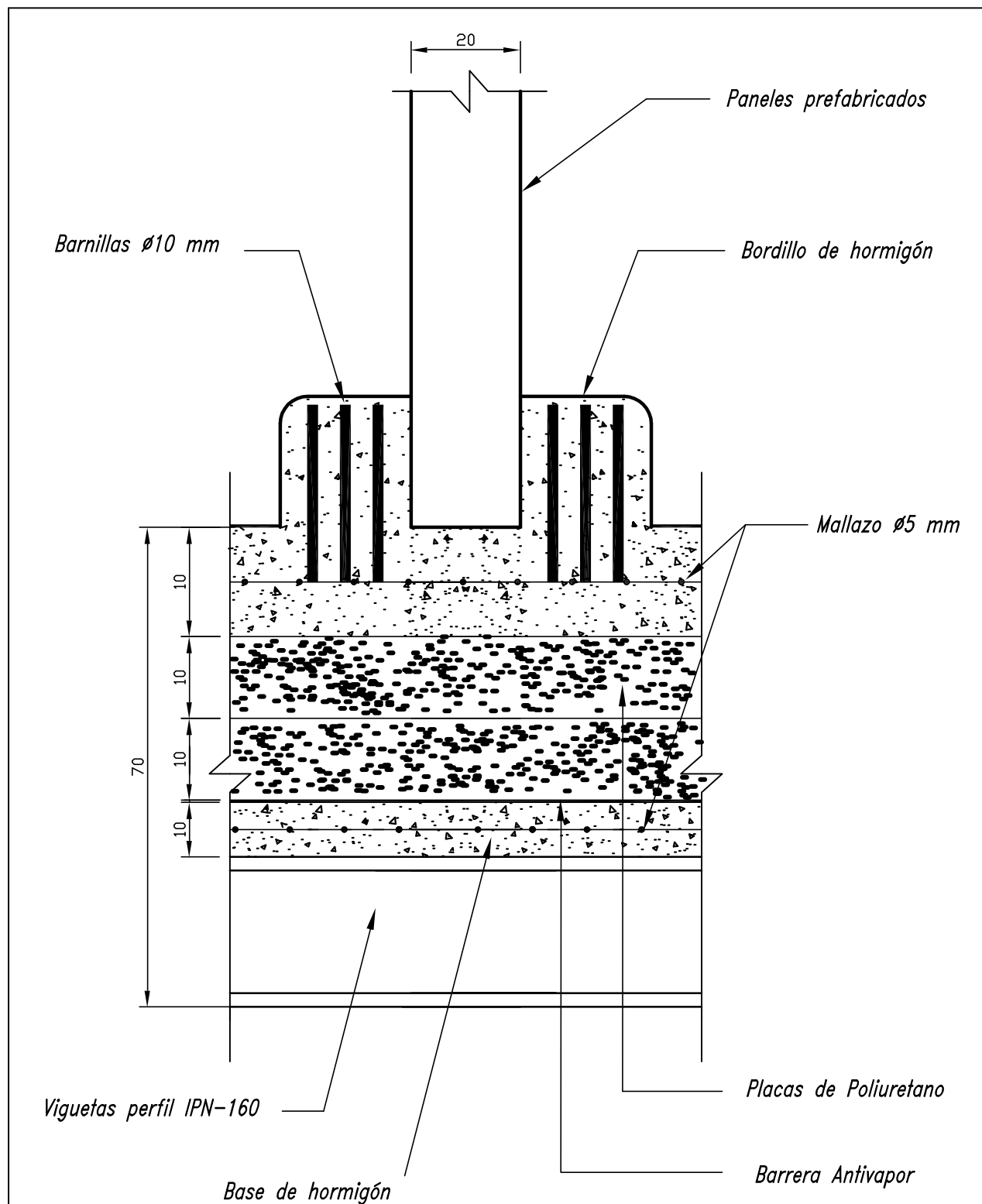
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Set. 2003	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
Escala 1:2	DETALLE VALVULA DE EXPANSION DANFOSS TEAQ 85-85		PLÀNOL N.23
			Sustitueix a
			Sustituit per



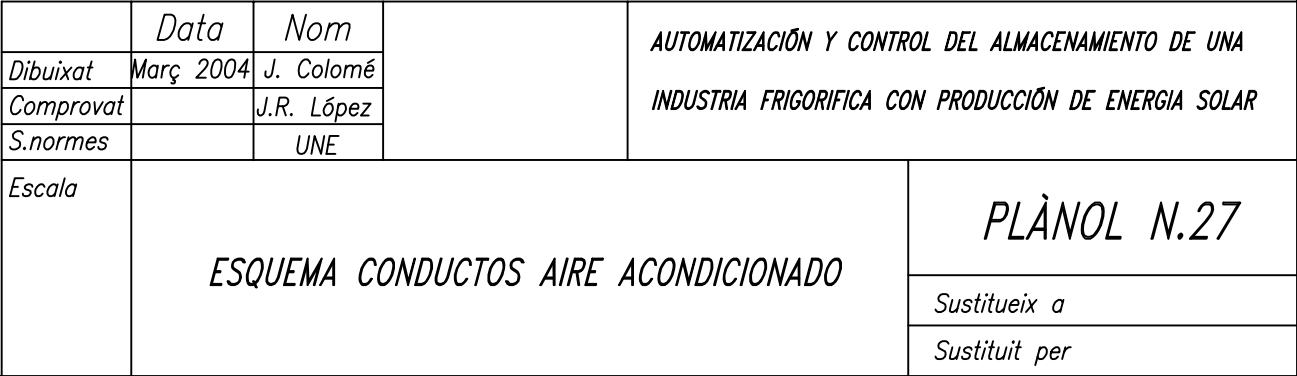
DIMENSIONES RECIPIENTES LÍQUIDO						
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
RECIP. CÁMARA 1	1.250	5.000	1.560	675	355	385
RECIP. CÁMARA 2	1.250	5.000	1.560	675	355	385
RECIP. CÁMARA 3	1.050	4.575	1.360	575	355	385
RECIP. CÁMARA 4	1.125	4.750	1.435	615	355	385
RECIP. CÁMARA 5	750	2.500	1.060	425	355	385
RECIP. ANTECÁMARA	750	2.500	1.060	425	355	385
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR			
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé				
<i>Comprovat</i>		J.R. López				
<i>S.normes</i>		UNE				
<i>Escala</i>	DETALLE RECIPIENTE DE LÍQUIDO					PLÀNOL N.24
1:10						Sustitueix a
						Sustituit per

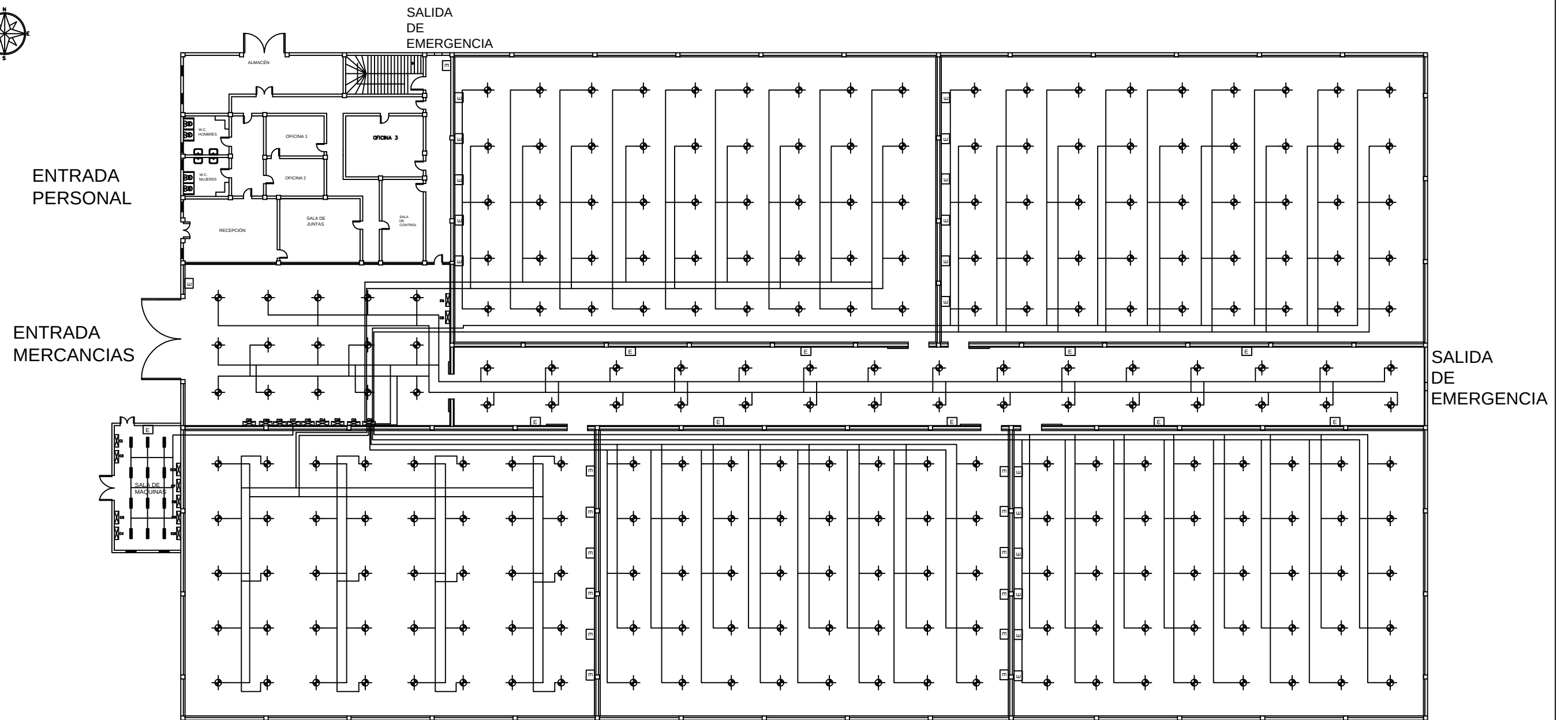


	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	DETALLE ENFRIADOR DE ACEITE		PLÀNOL N.25
1:8			Sustitueix a
NN			Sustituit per

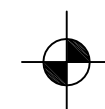


	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	DETALLE FIJACIÓN PANELES AISLANTES		PLÀNOL N.26
			Sustitueix a
			Sustituit per





—	línea 1 alumbrado cámara 1
—	línea 1 alumbrado cámara 2
—	línea 1 alumbrado cámara 3
—	línea 1 alumbrado cámara 4
—	línea 1 alumbrado cámara 5
—	línea 1 alumbrado antecámara
—	línea 2 alumbrado cámara 1
—	línea 2 alumbrado cámara 2
—	línea 2 alumbrado cámara 3
—	línea 2 alumbrado cámara 4
—	línea 2 alumbrado cámara 5
—	línea 2 alumbrado antecámara
—	línea alumbrado sala máquinas
⊠	Cuadro eléctrico
E	Luz emergencia



Luminaria Lámpara vapor de mercurio



Luminaria Tubo Fluorescente

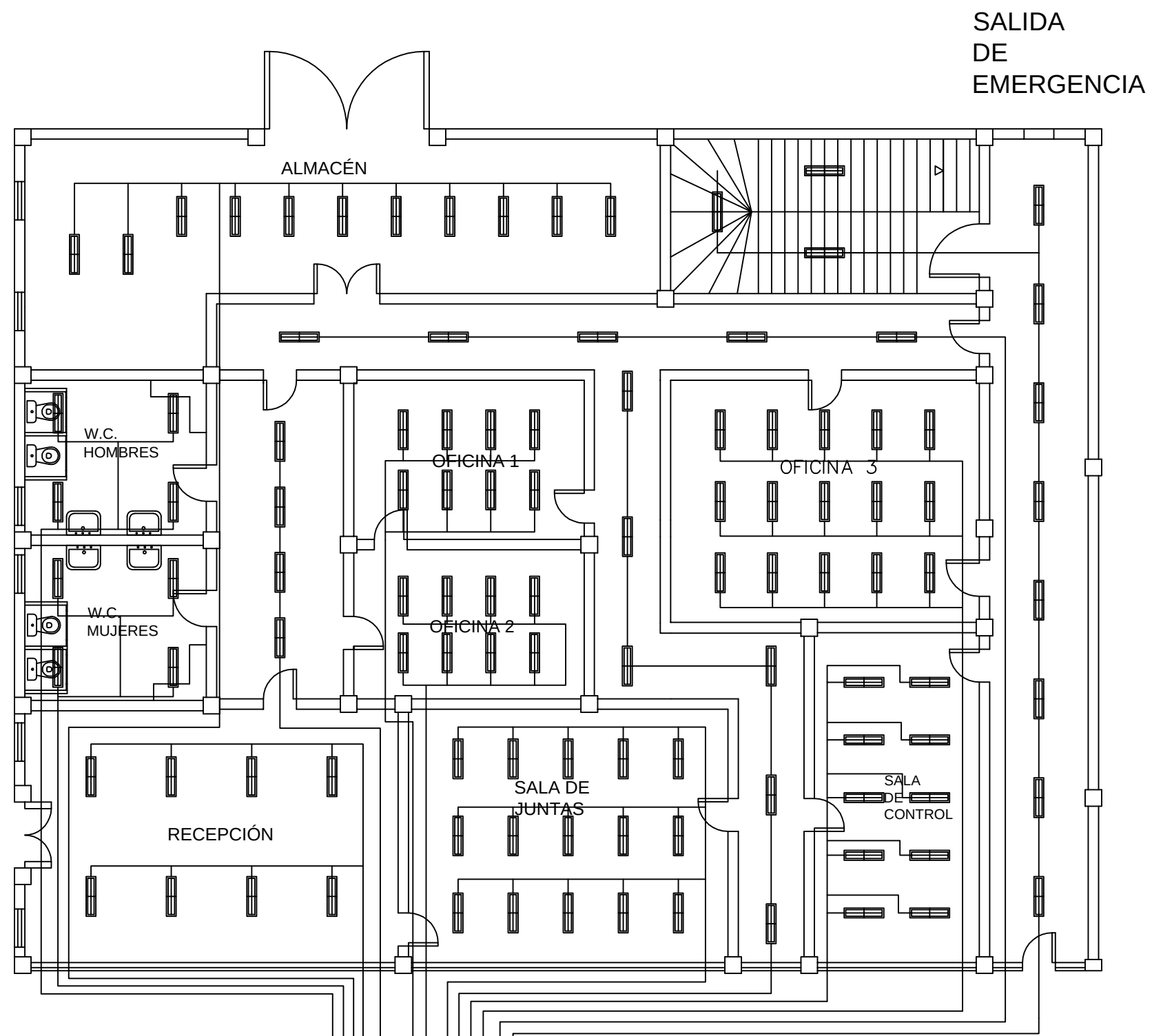
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé		
<i>Comprovat</i>		J.R. López		
<i>S.normes</i>		UNE		
<i>Escala</i>	DISTRIBUCION LUMINARIAS CAMARAS			PLÀNOL N.28
1:500				Sustitueix a
				Sustituit per



ENTRADA
PERSONAL



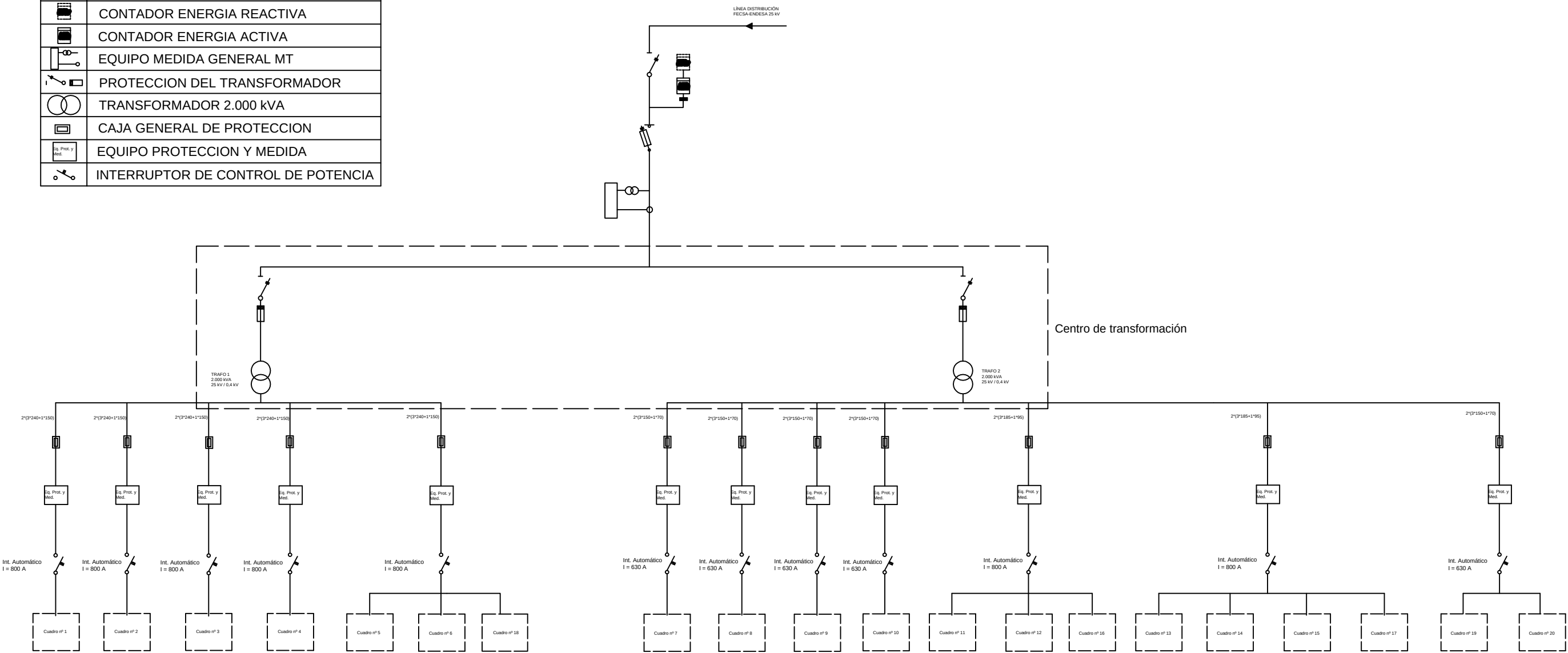
Luminaria Tubo Fluorescente



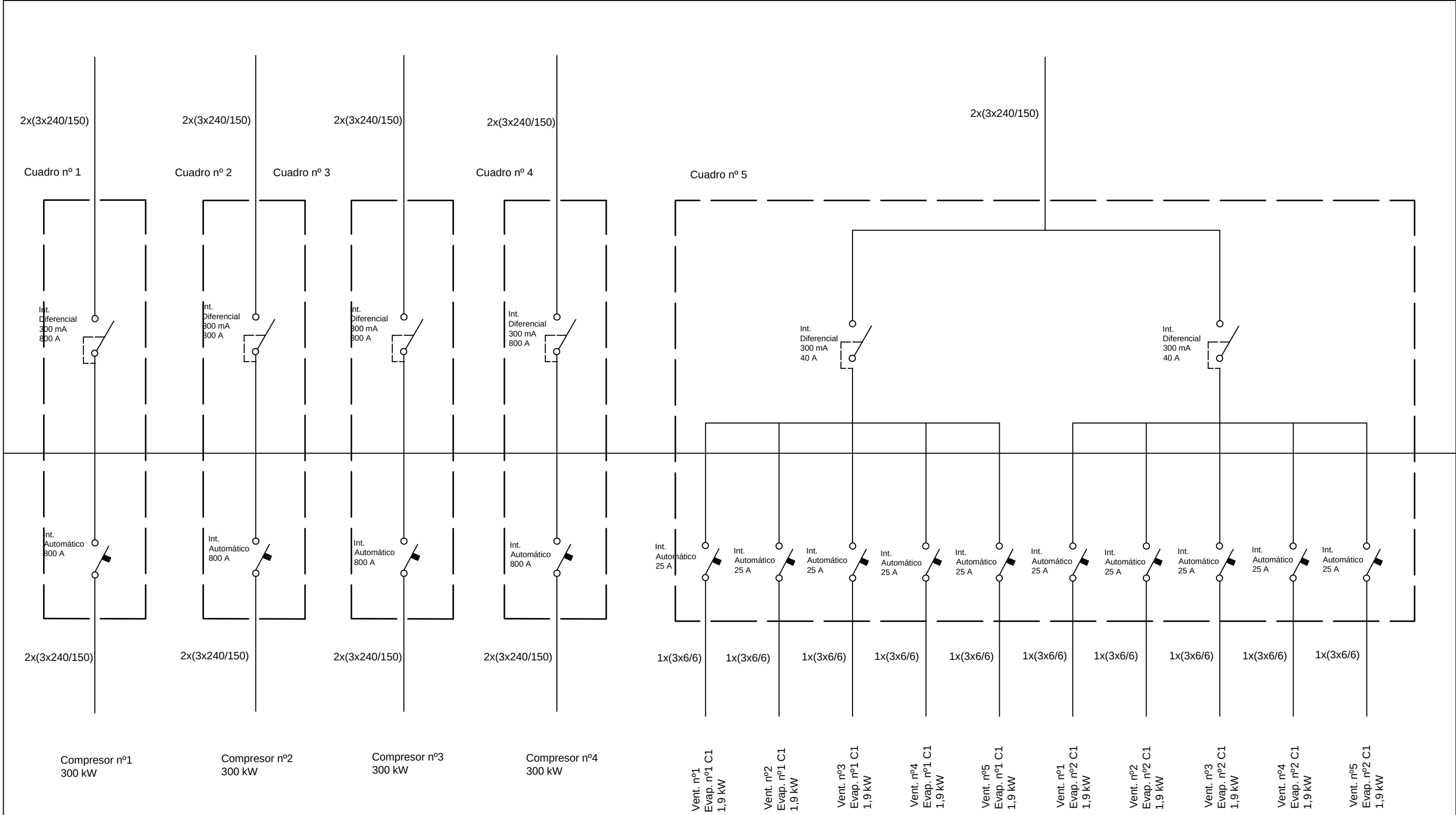
A Cuadro nº 17

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé		
<i>Comprovat</i>		J.R. López		
<i>S.normes</i>		UNE		
<i>Escala</i>	DISTRIBUCION LUMINARIAS OFICINAS			PLÀNOL N.29
1:150				Sustitueix a
NN				Sustituit per

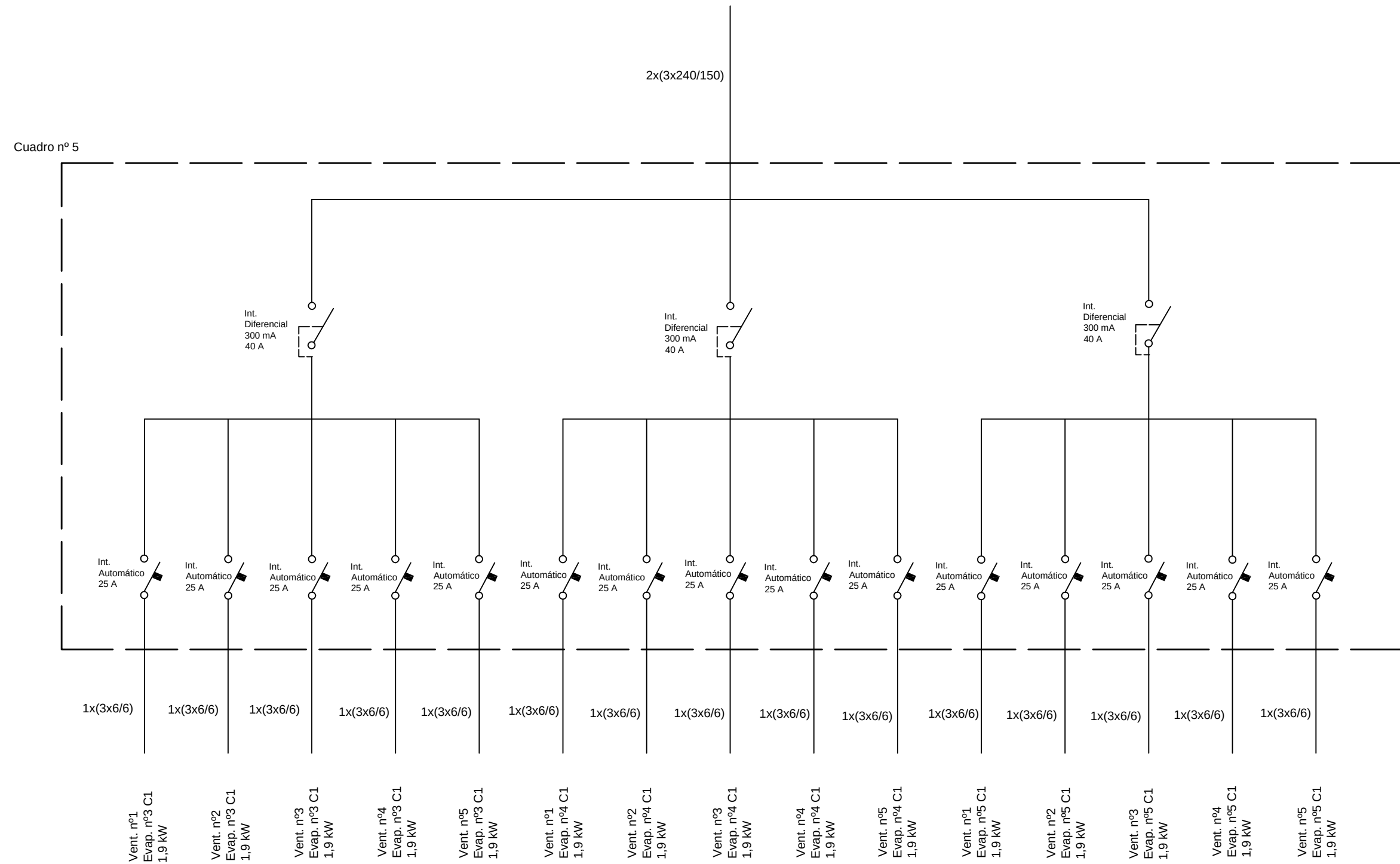
SIMBOLOGIA	
	SECCIONADOR
	PROTECCION GENERAL
	CONTADOR ENERGIA REACTIVA
	CONTADOR ENERGIA ACTIVA
	EQUIPO MEDIDA GENERAL MT
	PROTECCION DEL TRANSFORMADOR
	TRANSFORMADOR 2.000 kVA
	CAJA GENERAL DE PROTECCION
	EQUIPO PROTECCION Y MEDIDA
	INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA



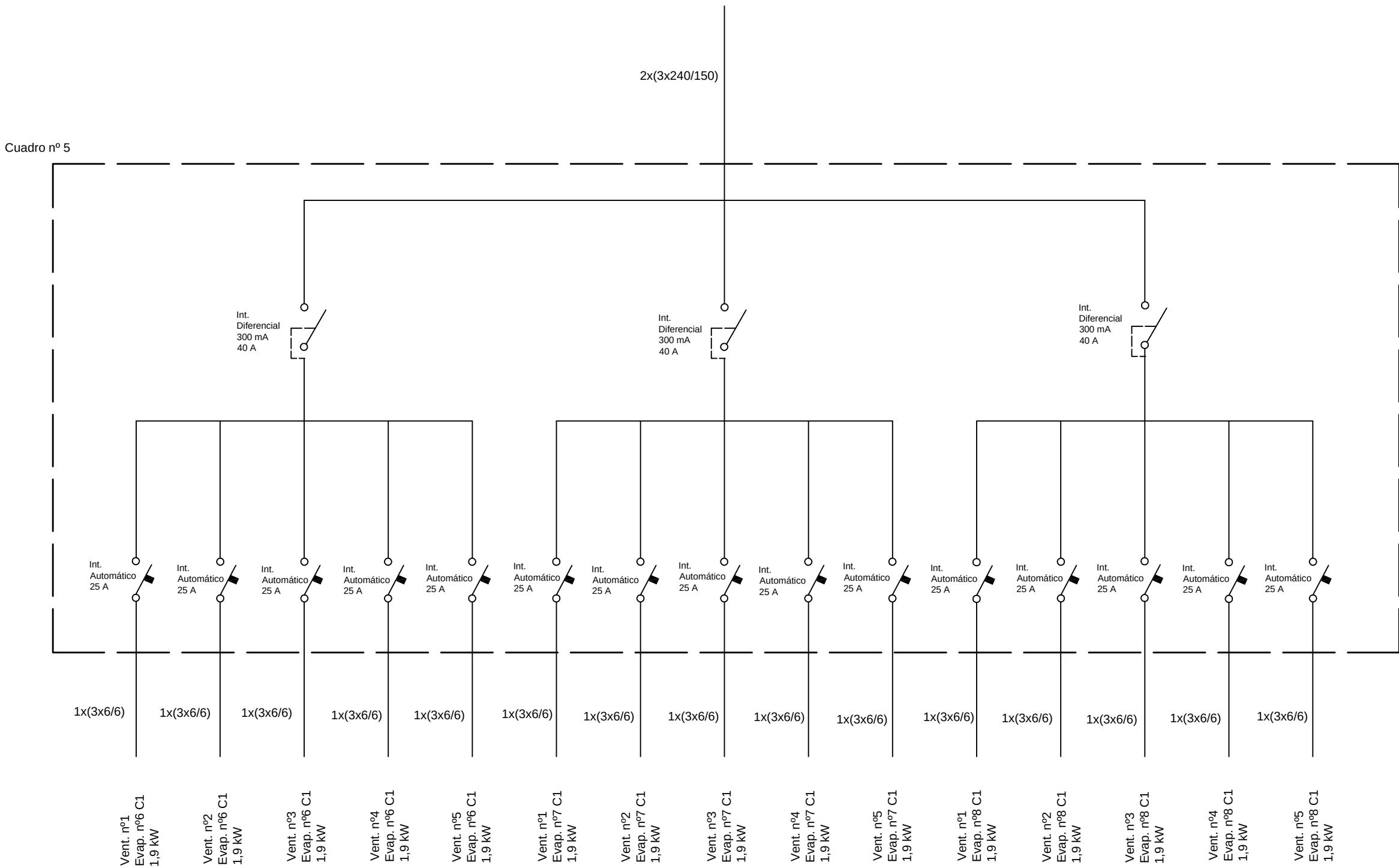
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORÍFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SOLAR
<i>Dibujat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	ESQUEMA UNIFILAR COMPLEJO		PLÀNOL N.30
			Sustitueix a
			Sustituit per



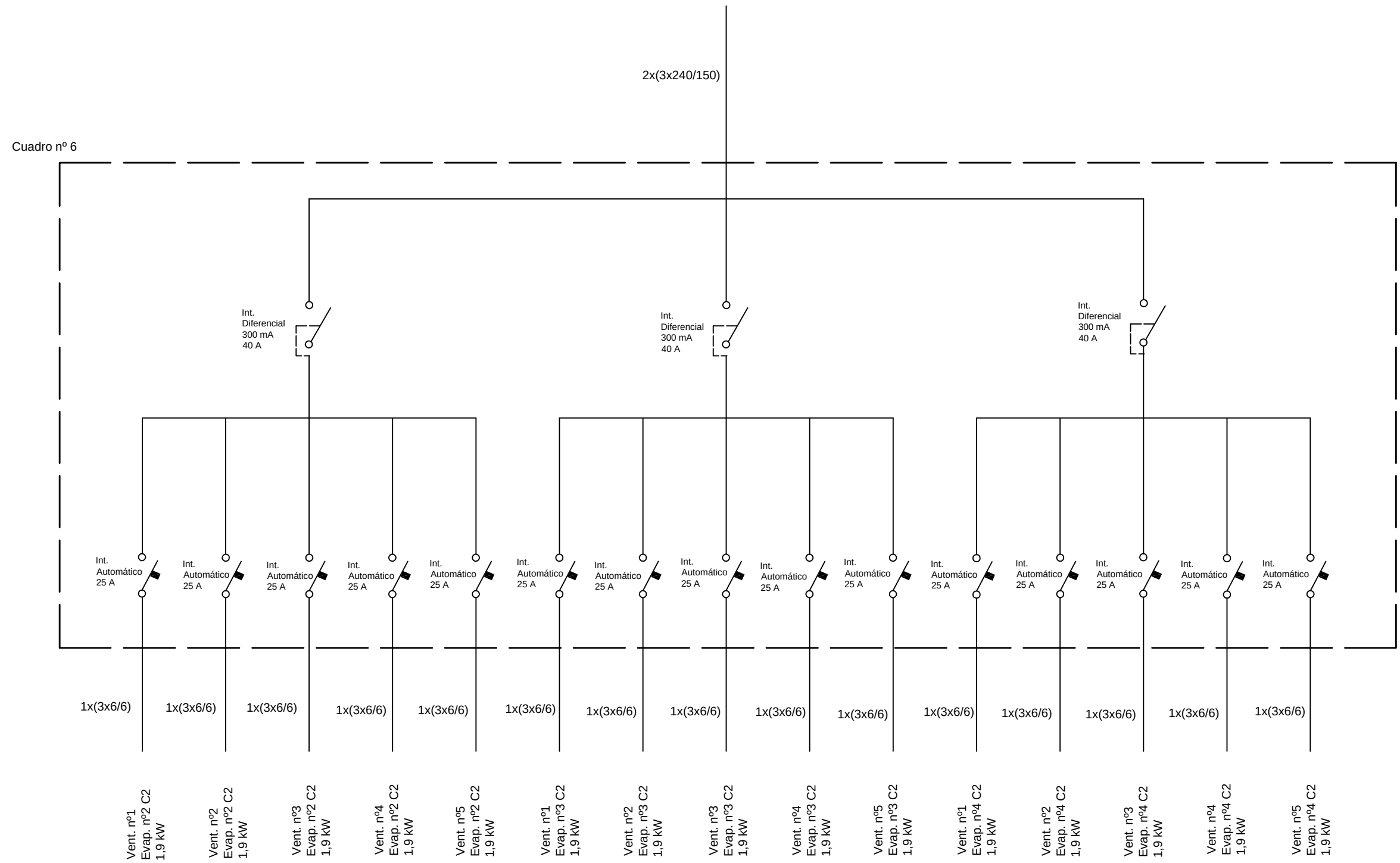
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>CUADROS ELECTRICOS N° 1, 2, 3, 4 y 5</i>		<i>PLÀNOL N.31</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



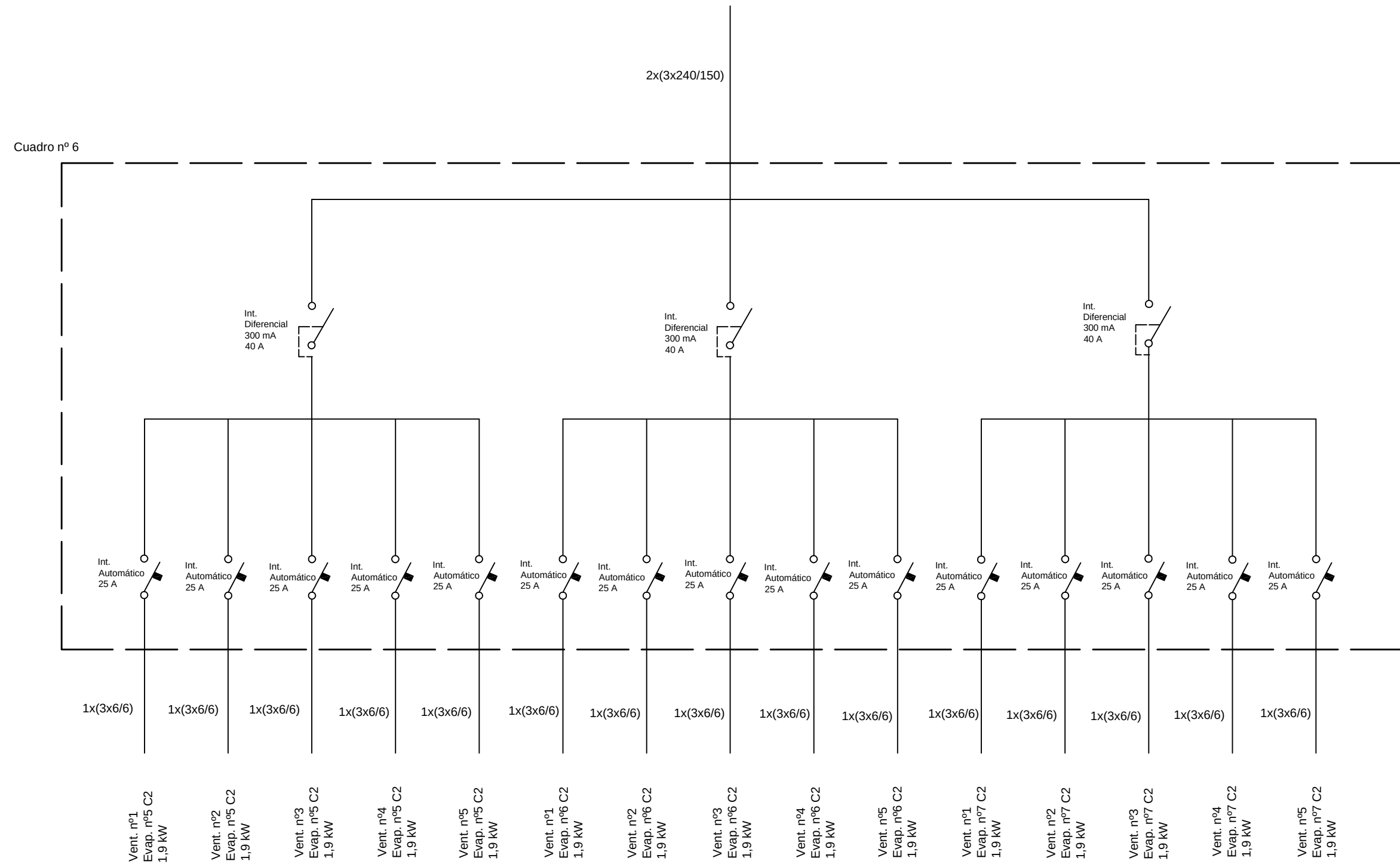
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	CUADRO ELECTRICO Nº5		PLÀNOL N.32
			Sustitueix a
			Sustituit per



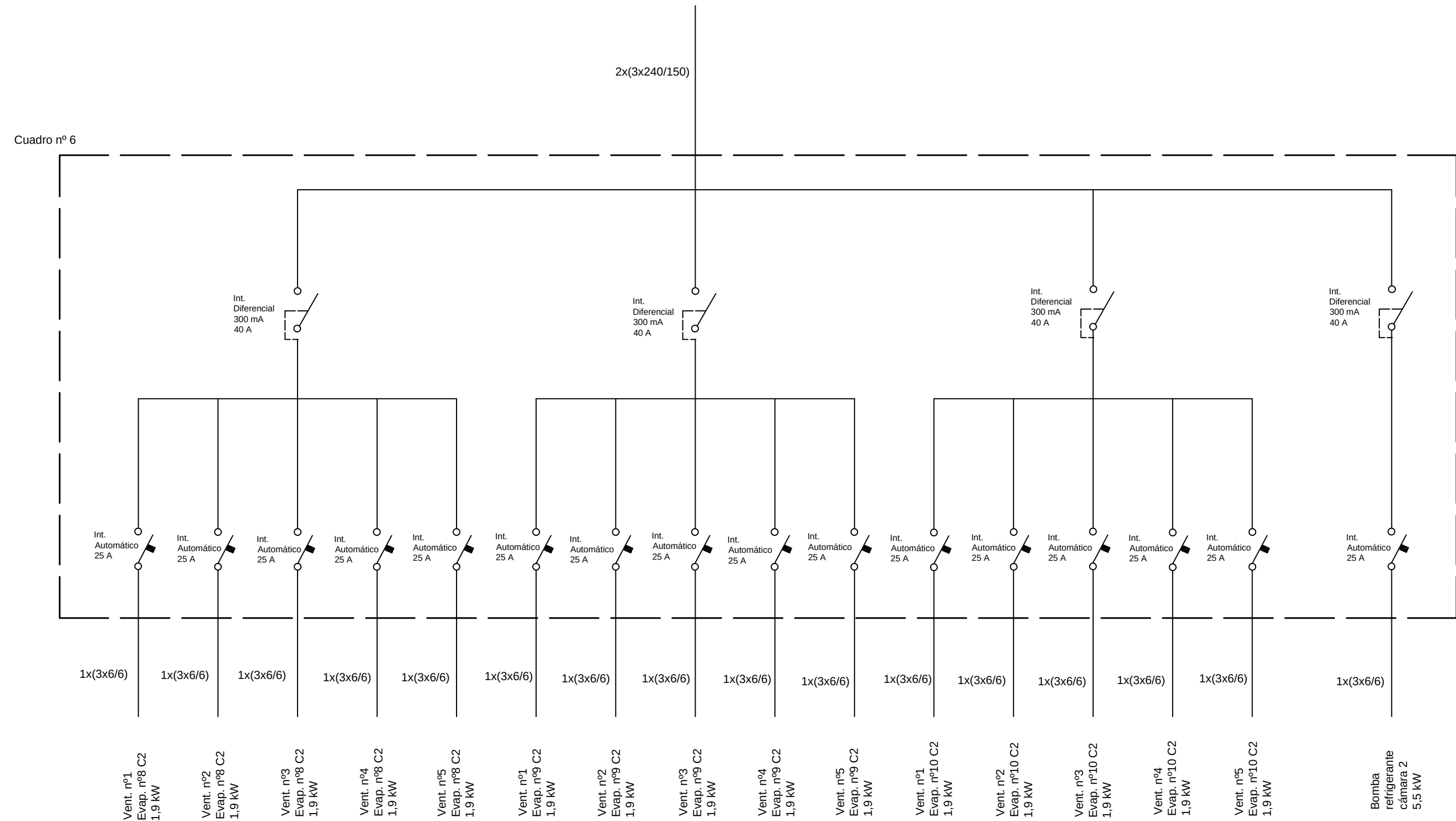
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO Nº5		PLÀNOL N.33
			Sustitueix a
			Sustituit per



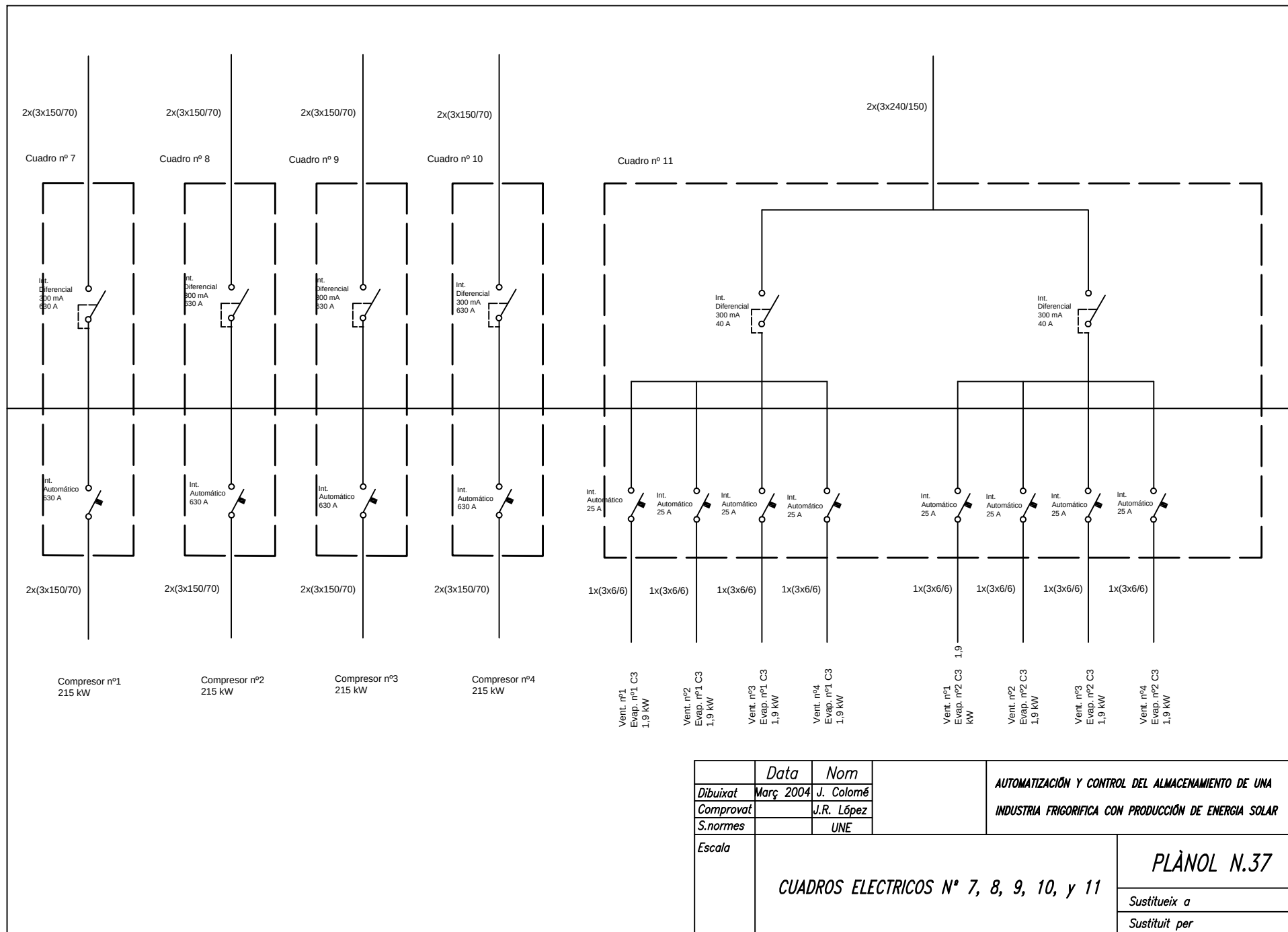
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°6		PLÀNOL N.34
			Sustitueix a
			Sustituit per



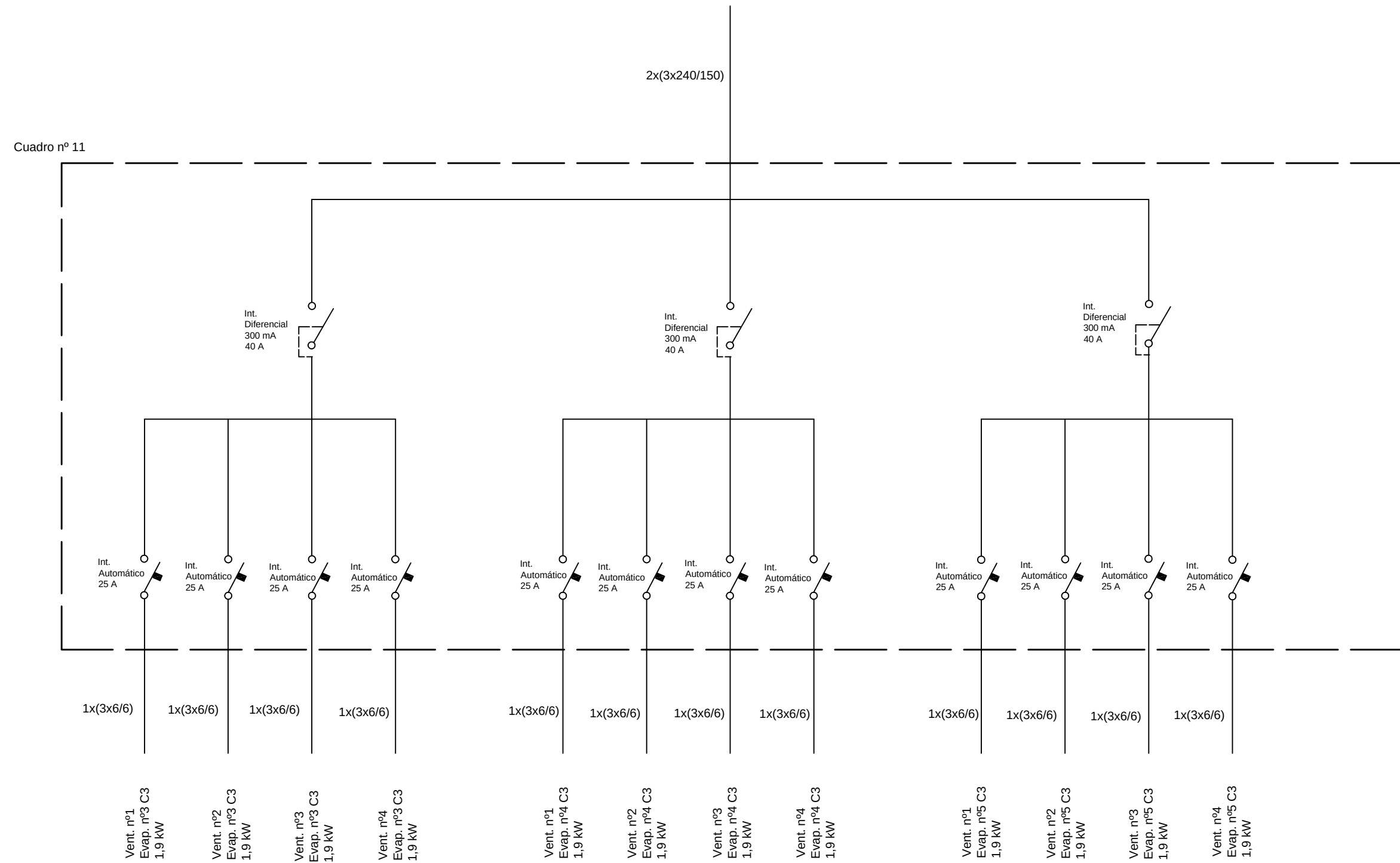
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°6		PLÀNOL N.35
			Sustitueix a
			Sustituit per



	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	CUADRO ELECTRICO Nº6			PLÀNOL N.36
				Sustitueix a
				Sustituit per

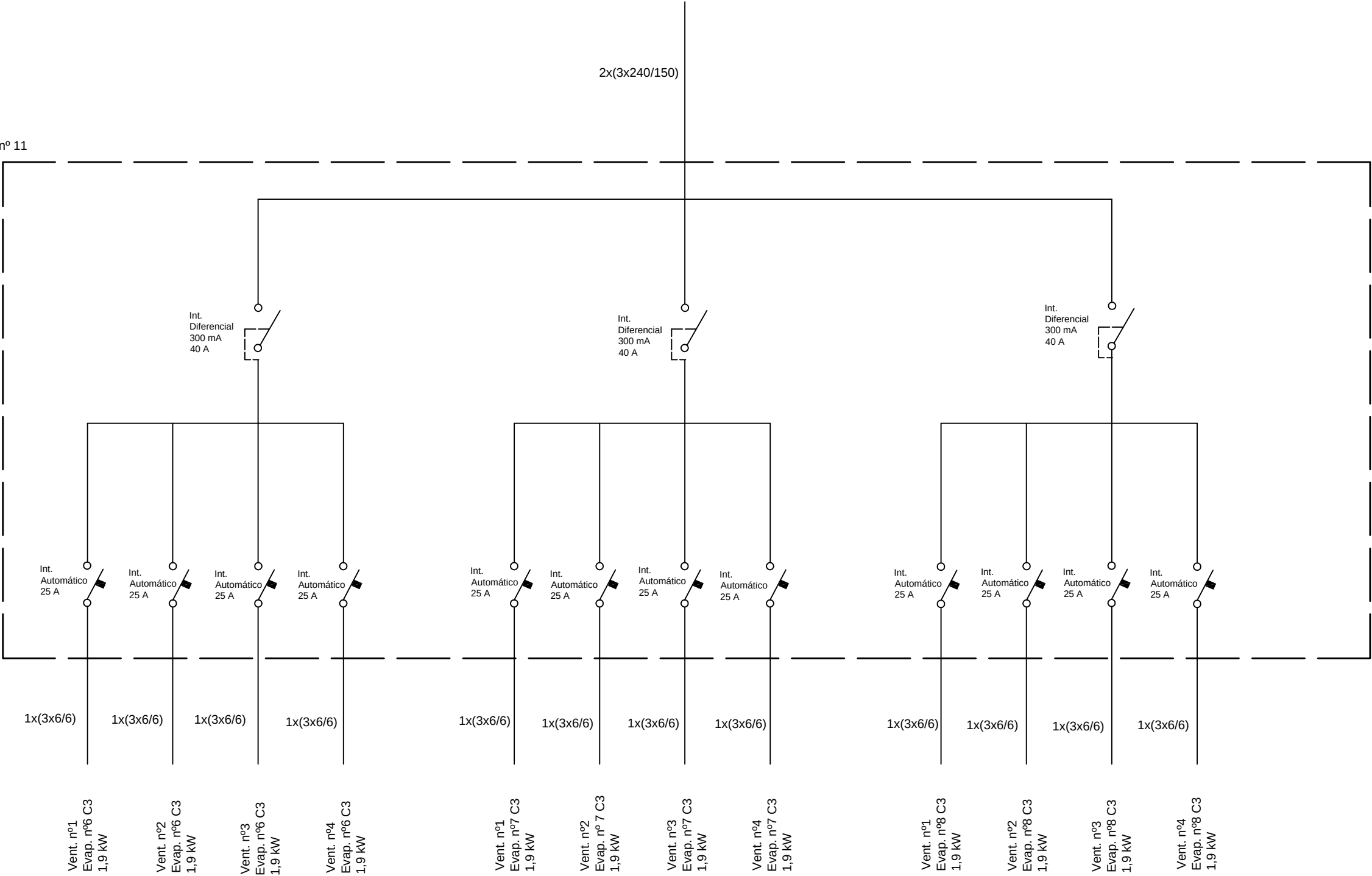


	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADROS ELECTRICOS Nº 7, 8, 9, 10, y 11		PLÀNOL N.37
			Sustitueix a
			Sustituit per

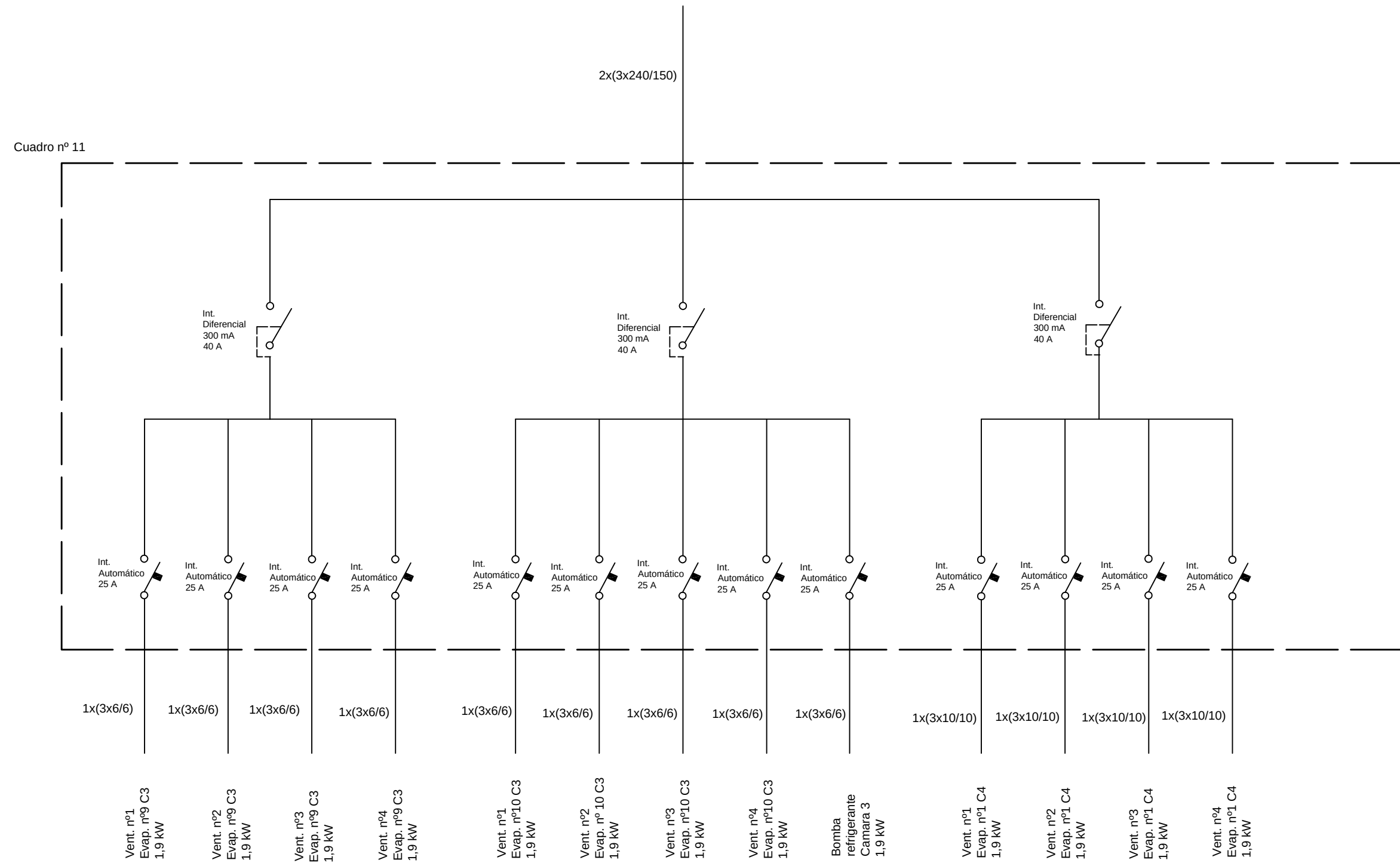


	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°11		PLÀNOL N.38
			Sustitueix a
			Sustituit per

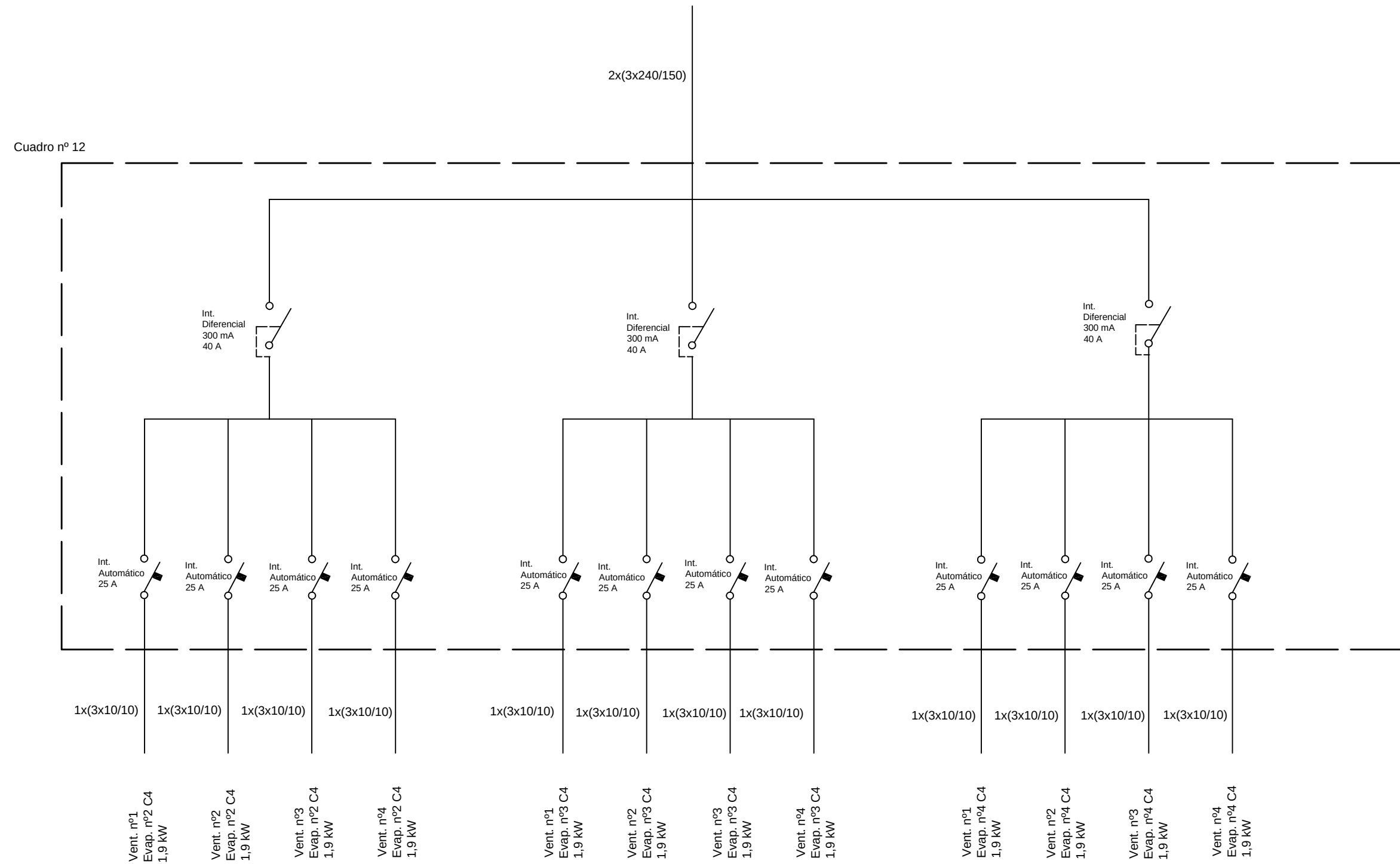
Cuadro nº 11



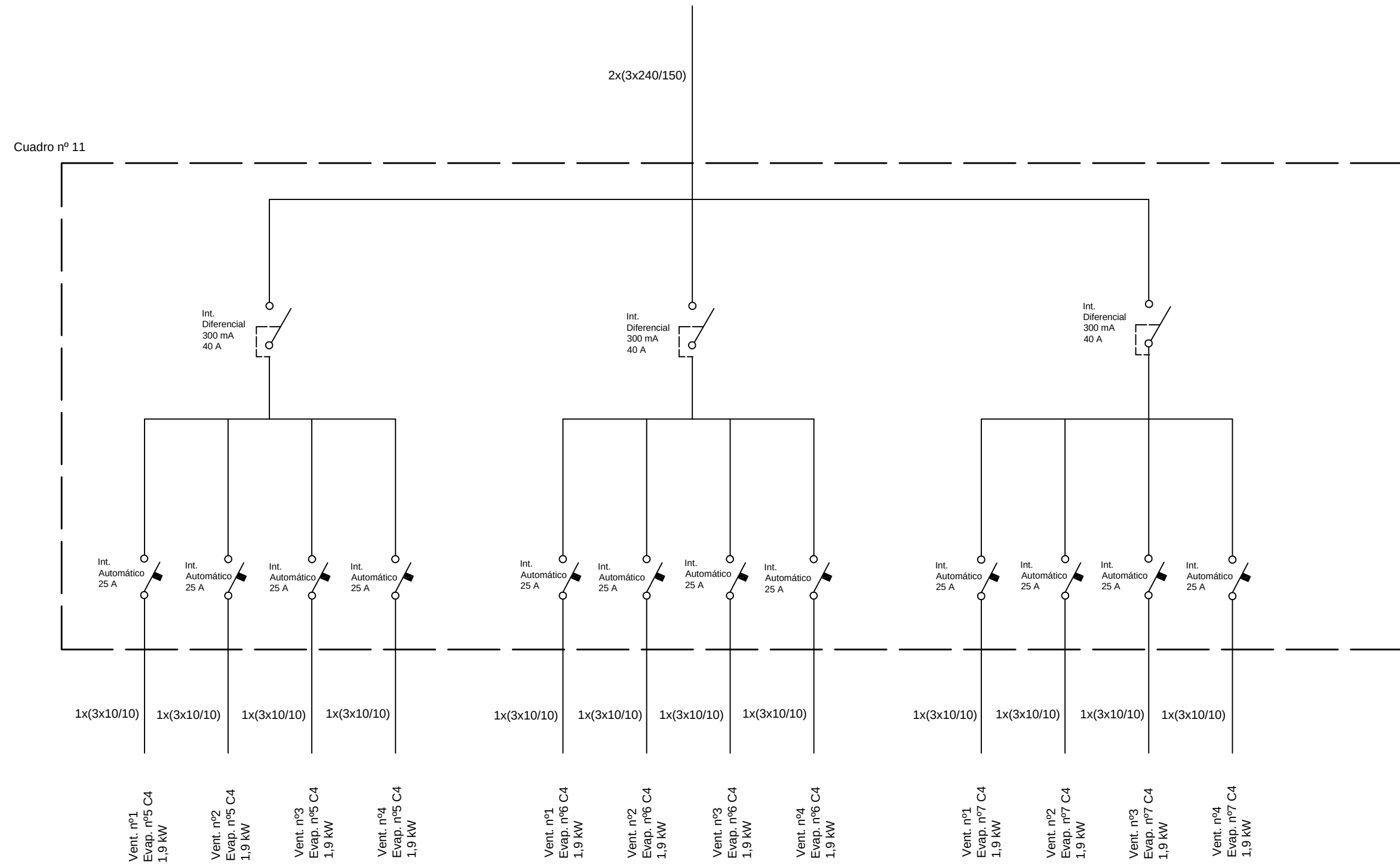
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°11		PLÀNOL N.39
			Sustitueix a
			Sustituït per



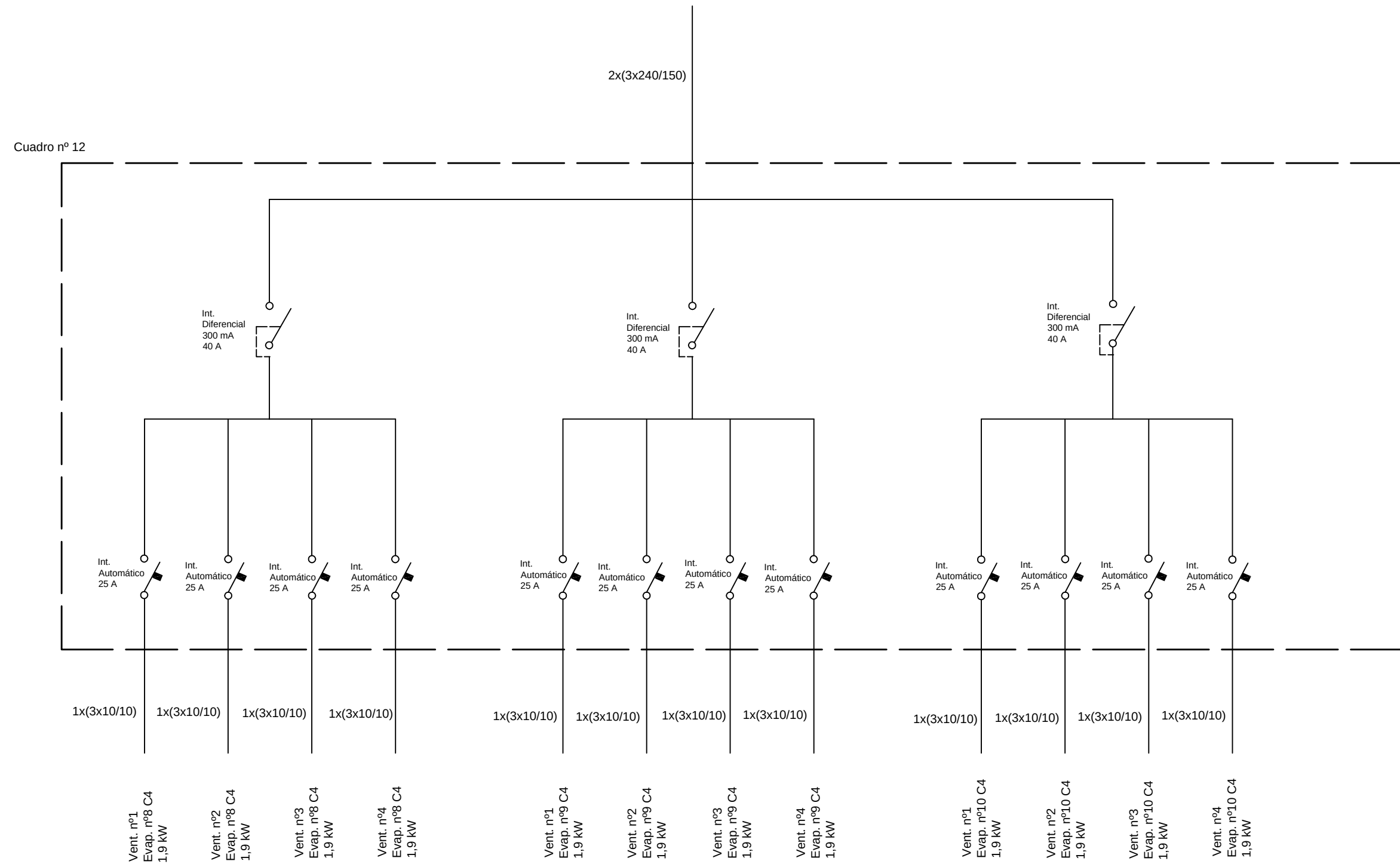
	Data	Nom	AUTOMATIZACI3N Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCI3N DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°11		PLÀNOL N.40
			Sustitueix a
			Sustituit per



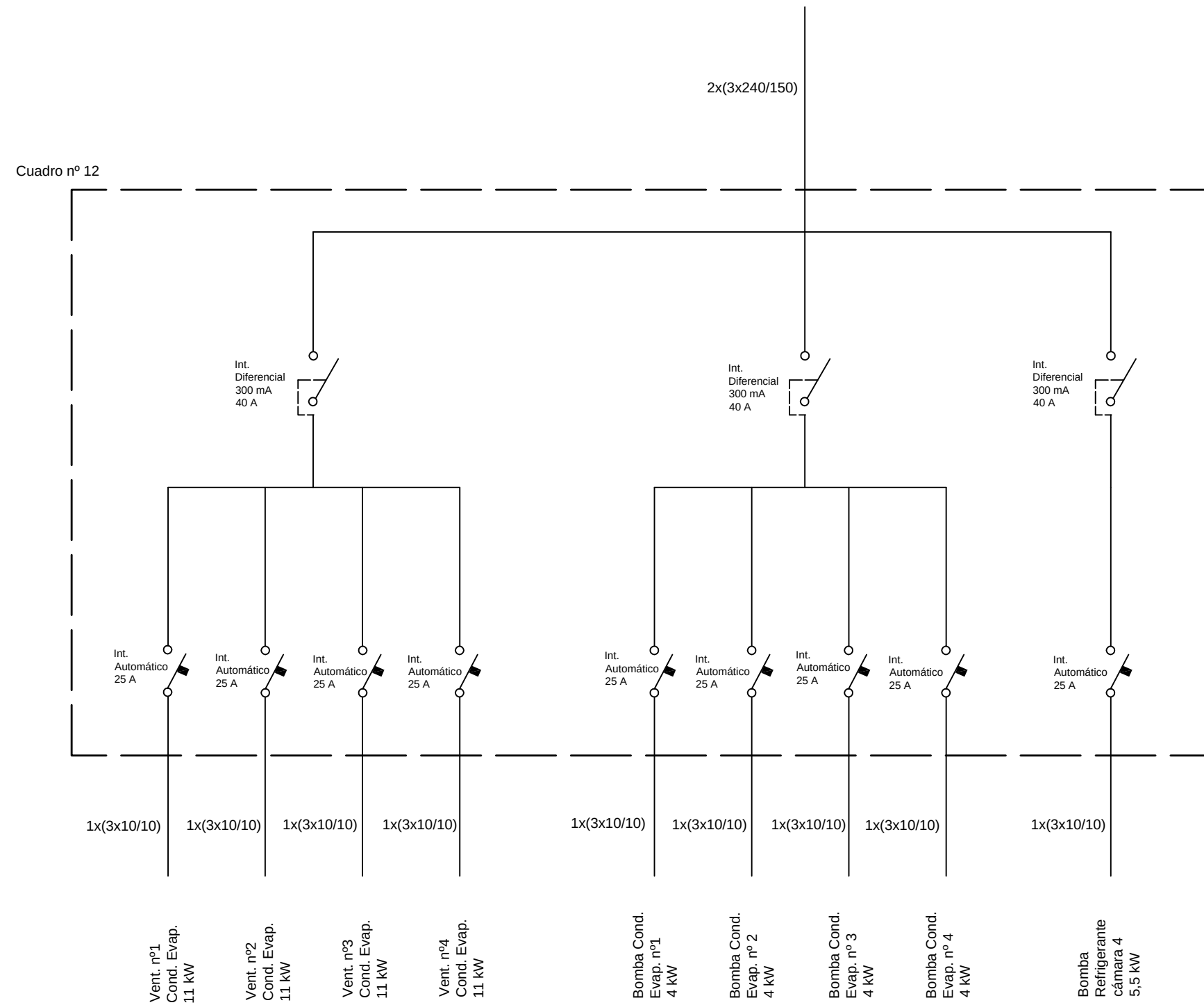
	Data	Nom	AUTOMATIZACI3N Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCI3N DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°11		PLÀNOL N.41
			Sustitueix a
			Sustituit per



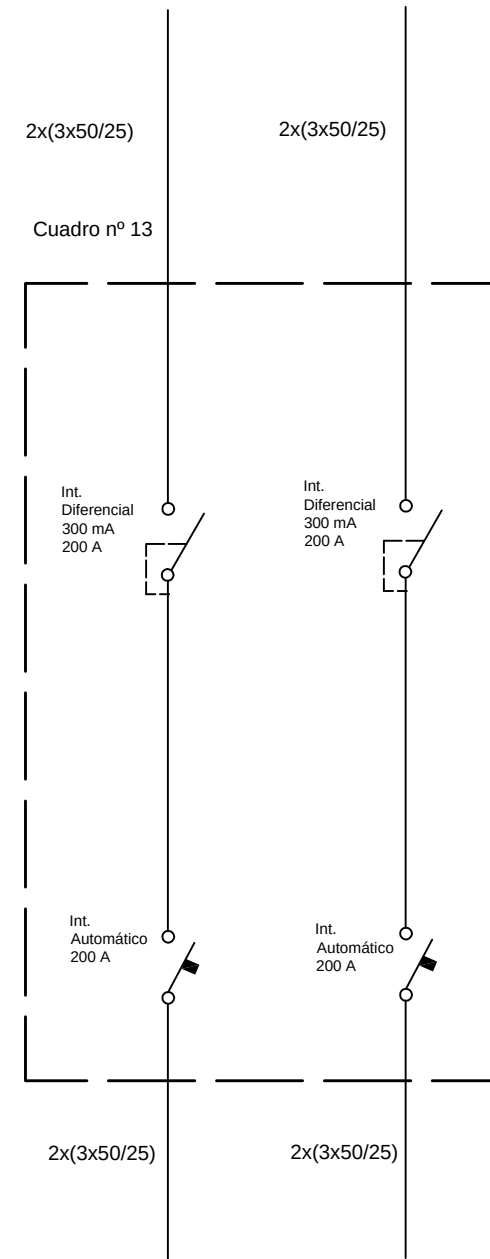
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	CUADRO ELECTRICO N°11		PLÀNOL N.42
			Sustitueix a
			Sustituit per



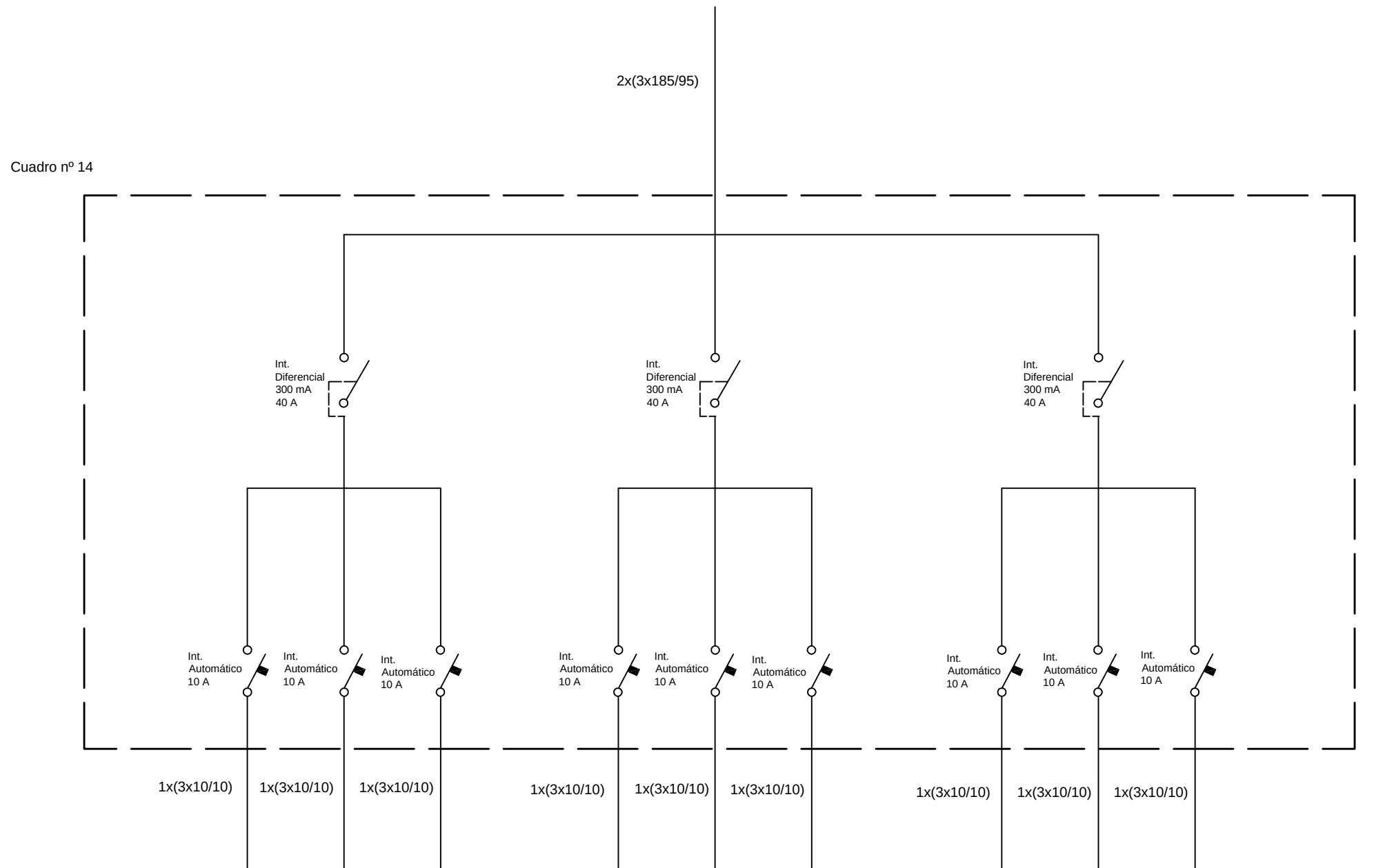
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°12		PLÀNOL N.43
			Sustitueix a
			Sustituit per



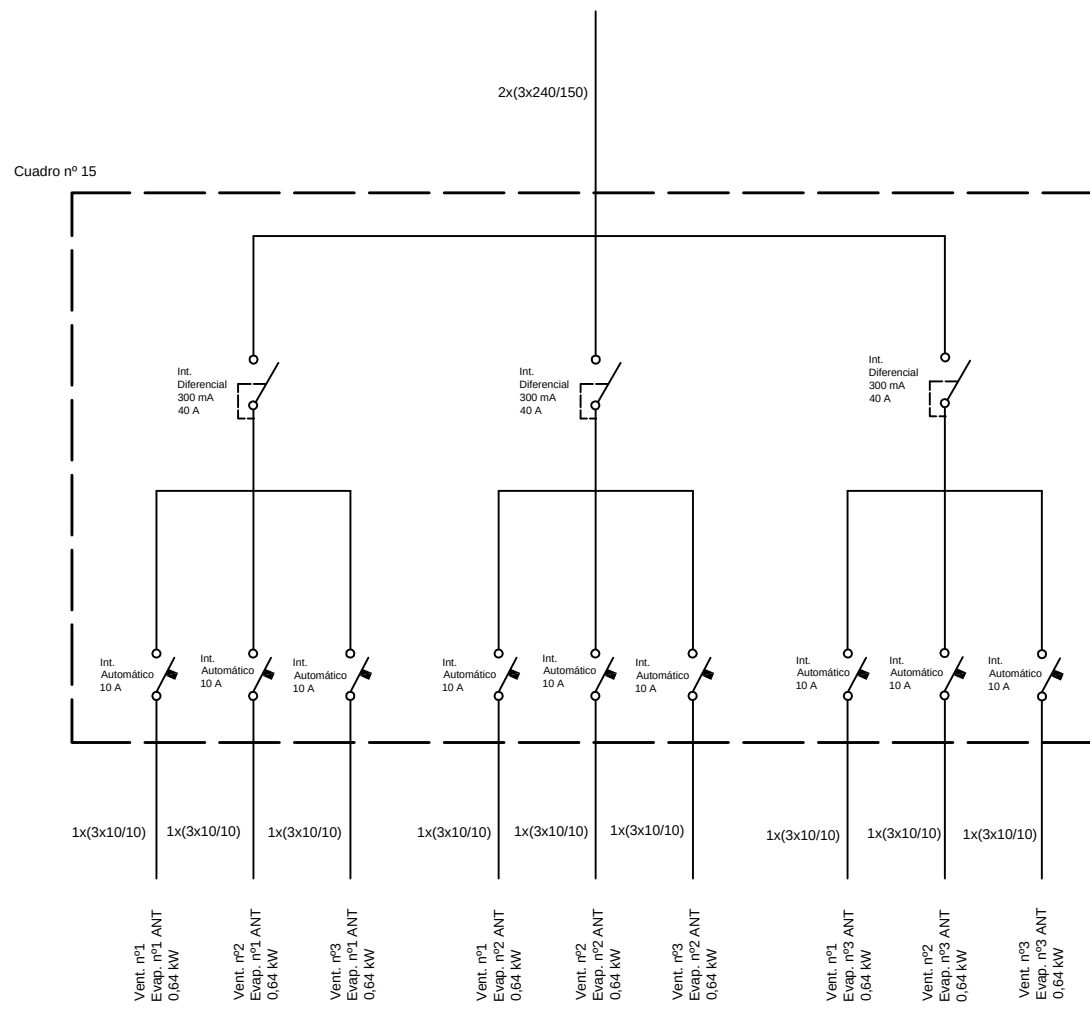
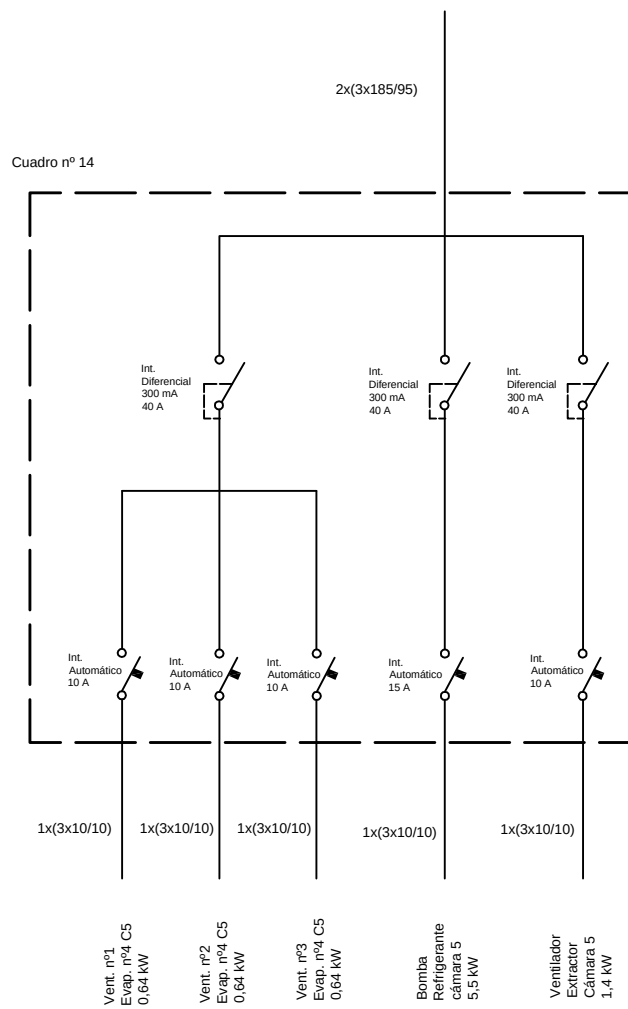
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>CUADRO ELECTRICO N°12</i>		<i>PLÀNOL N.44</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



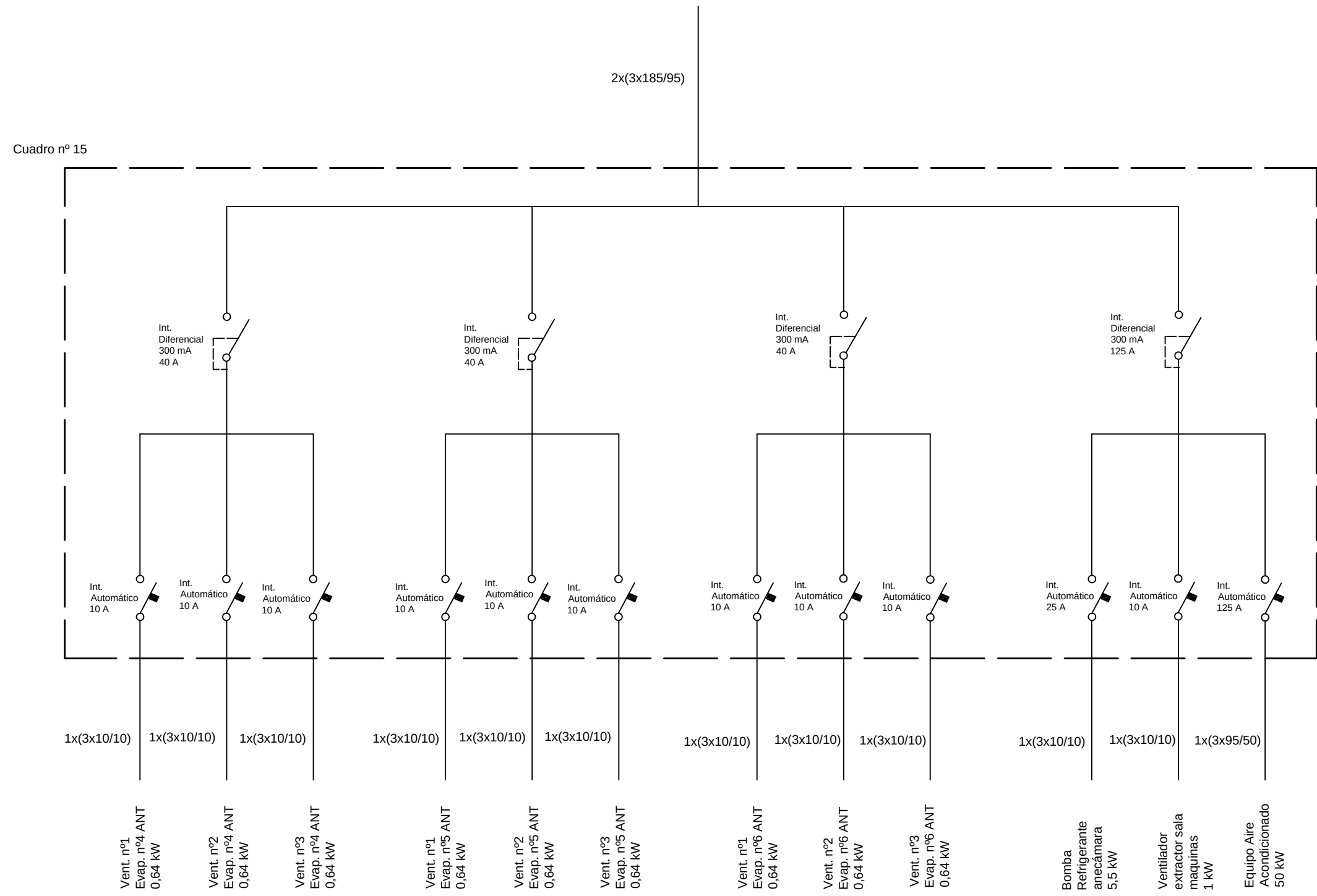
Compresor nº9
34,3 kW Compresor nº10
27,9 kW



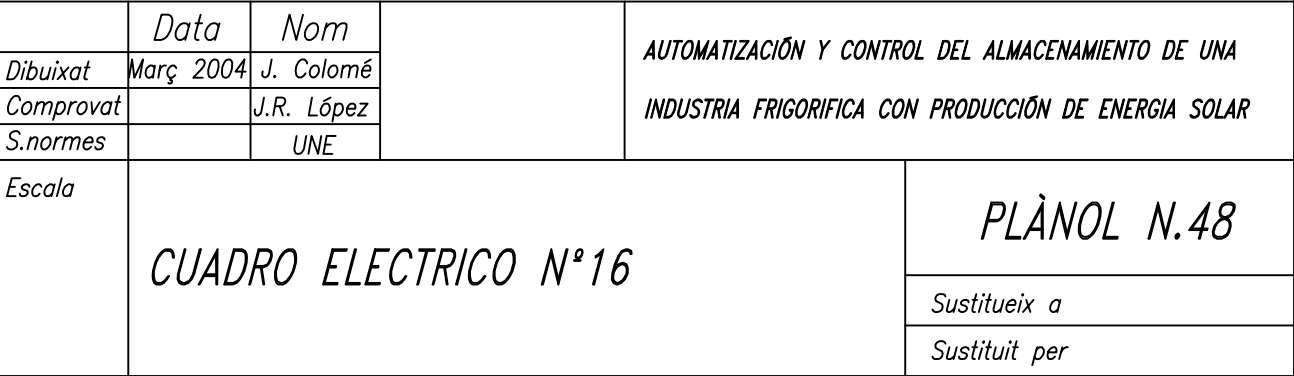
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>CUADROS ELECTRICOS N° 13 y 14</i>		<i>PLÀNOL N.45</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

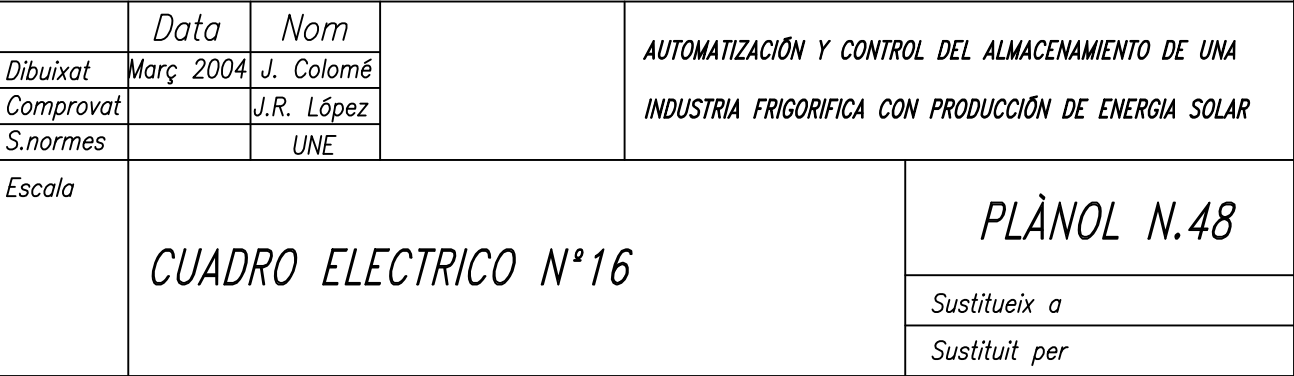


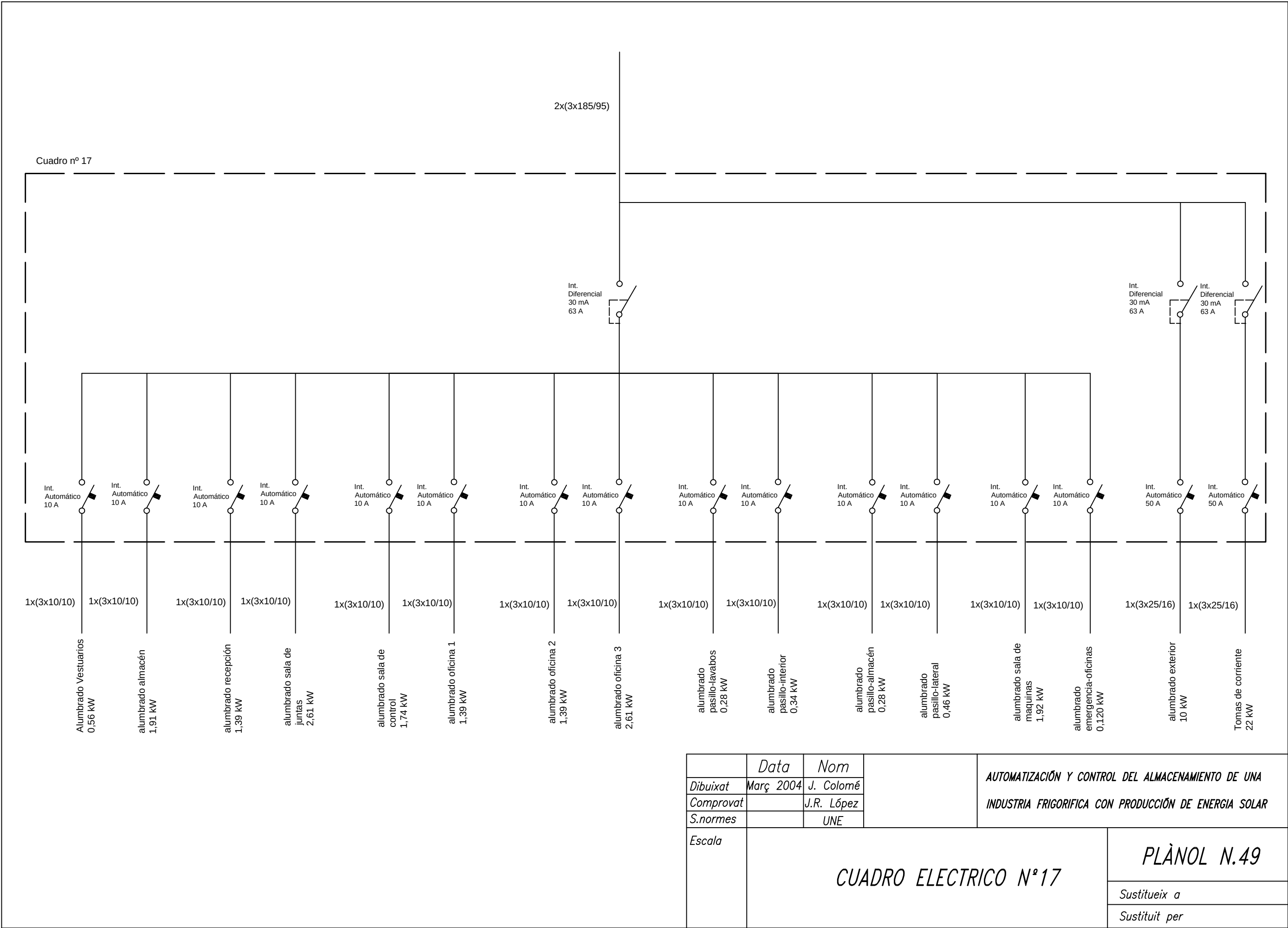
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	CUADROS ELECTRICOS N°14 y 15		PLÀNOL N.46
			Sustitueix a
			Sustituit per



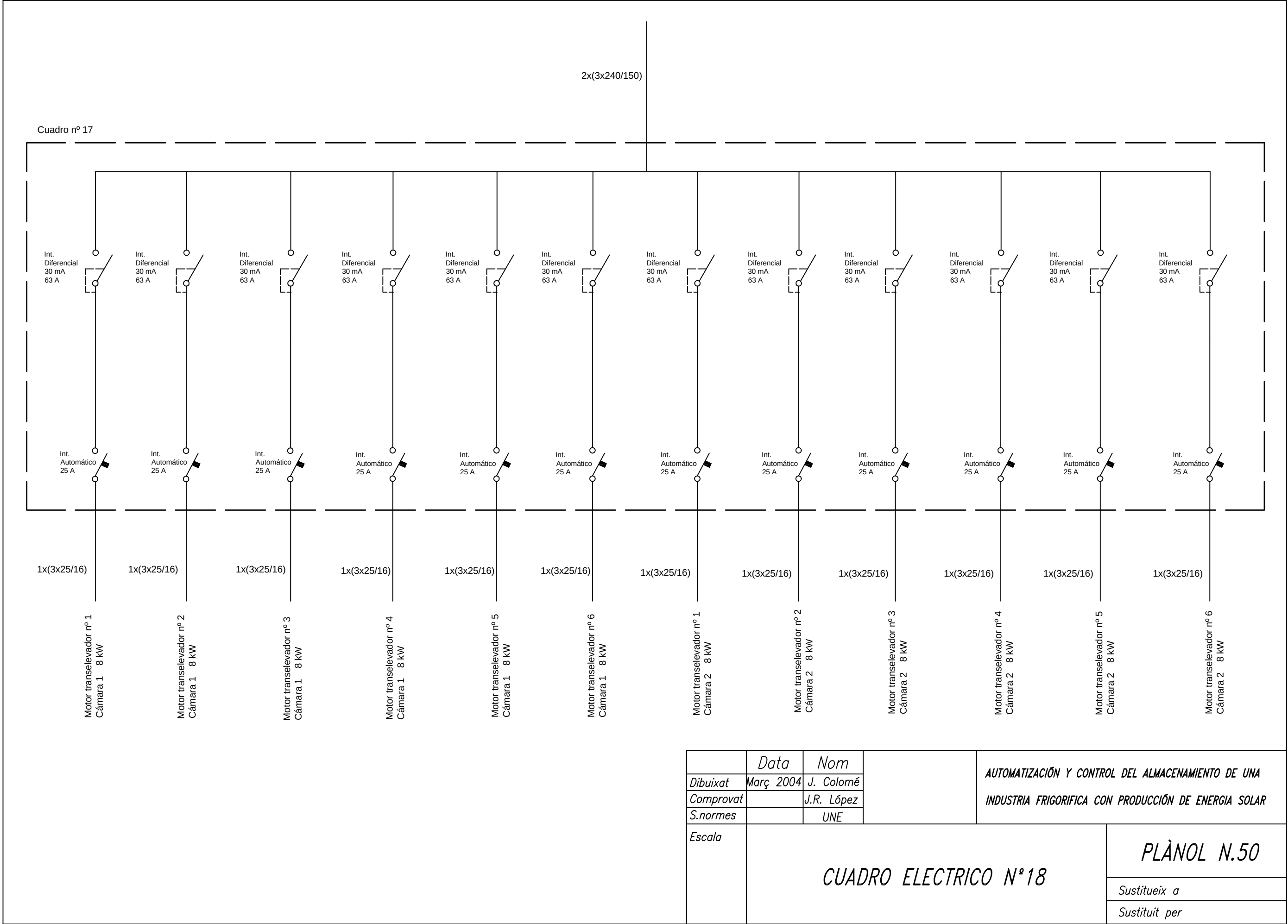
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>CUADROS ELECTRICOS N°14 y 15</i>		<i>PLÀNOL N.47</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



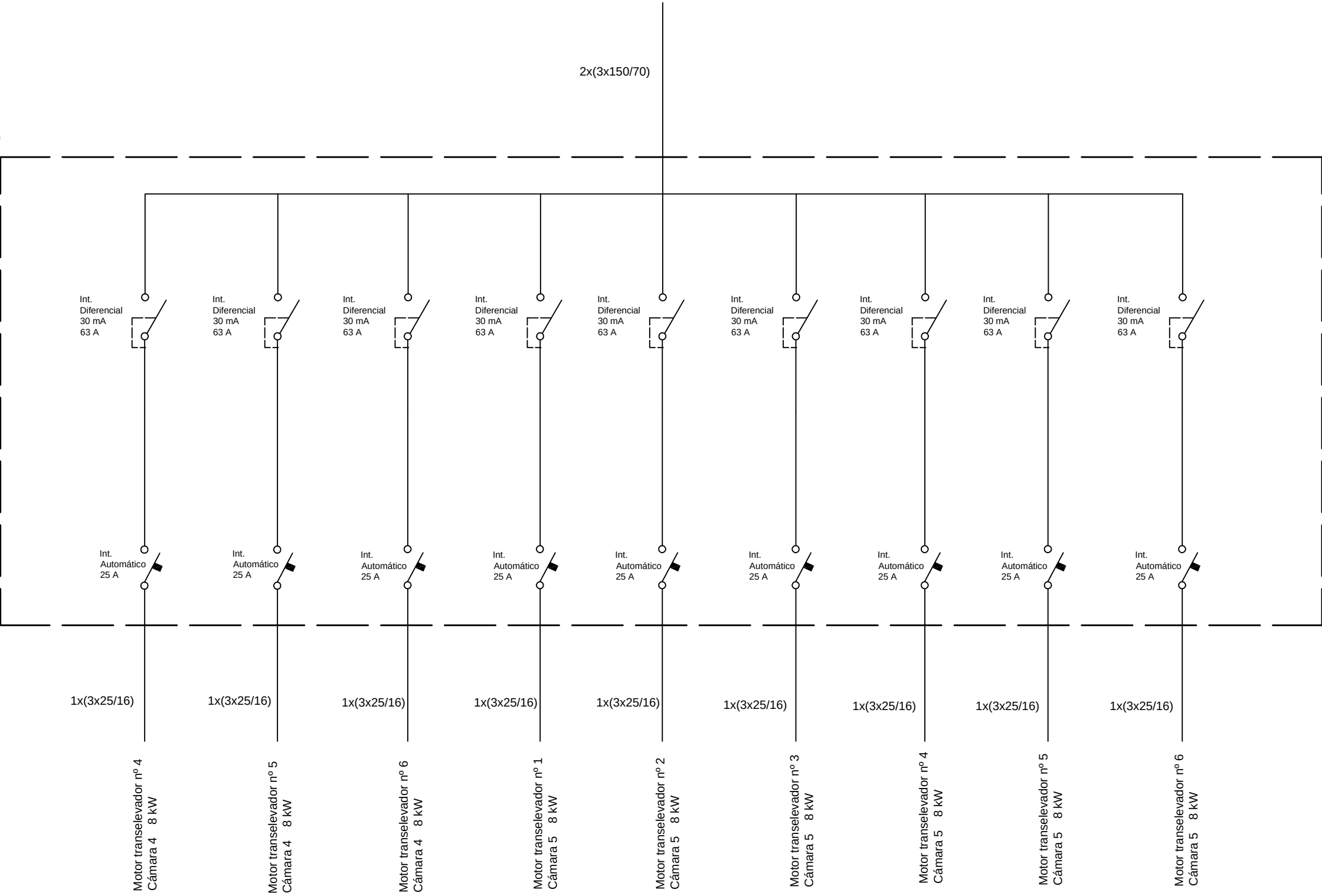




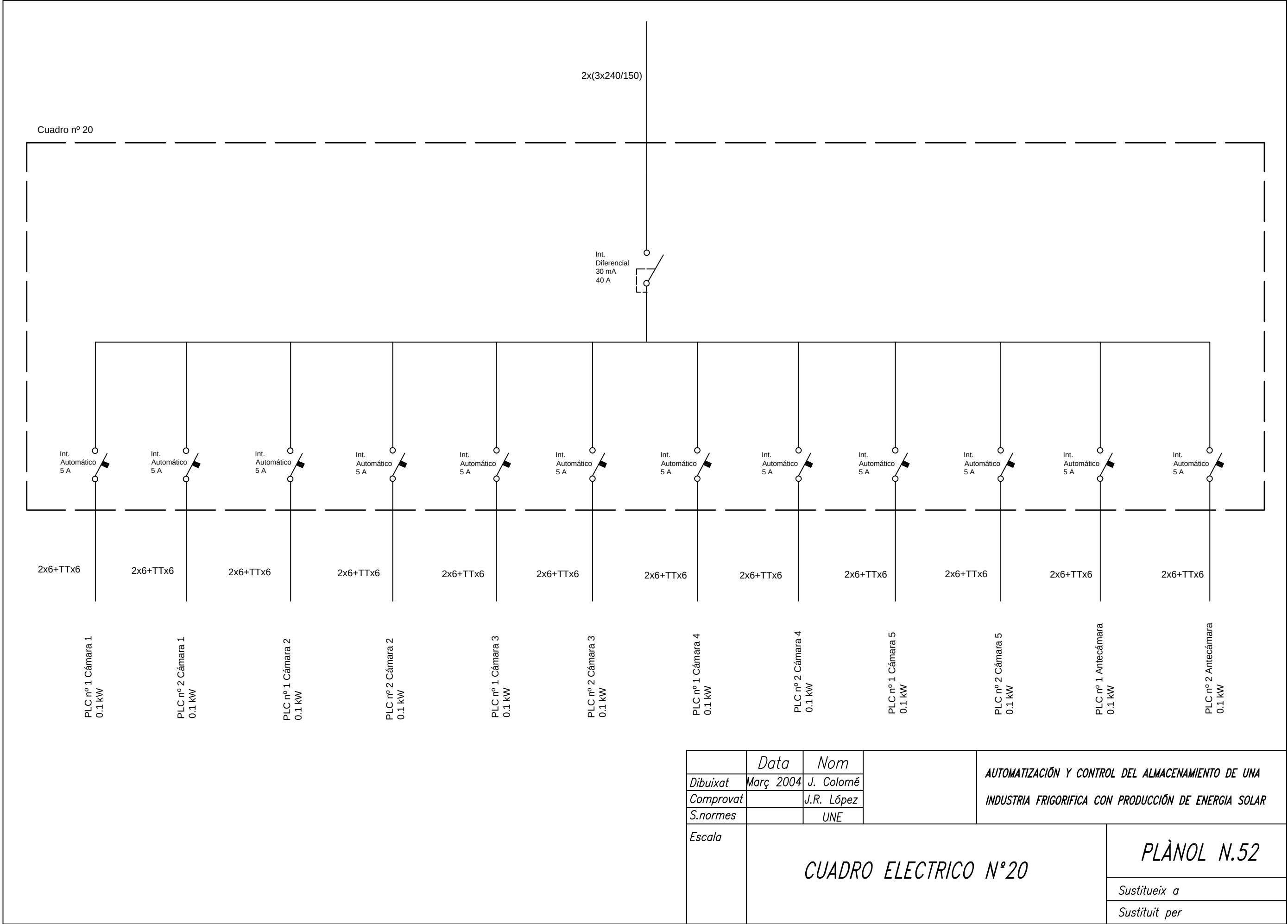
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>			<i>PLÀNOL N.49</i> <i>CUADRO ELECTRICO N°17</i> <i>Sustitueix a</i> <i>Sustituit per</i>



Cuadro nº 19



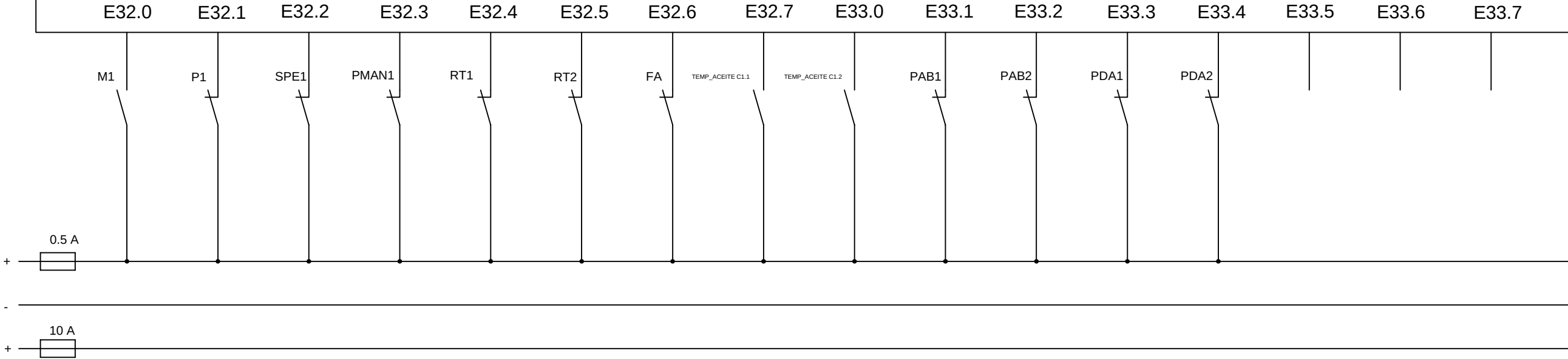
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	CUADRO ELECTRICO N°19		PLÀNOL N.51
			Sustitueix a
			Sustituit per



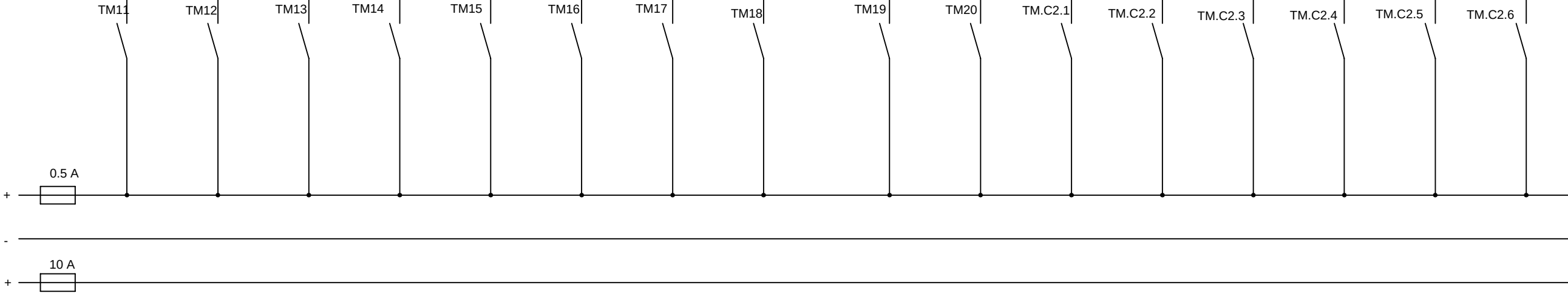
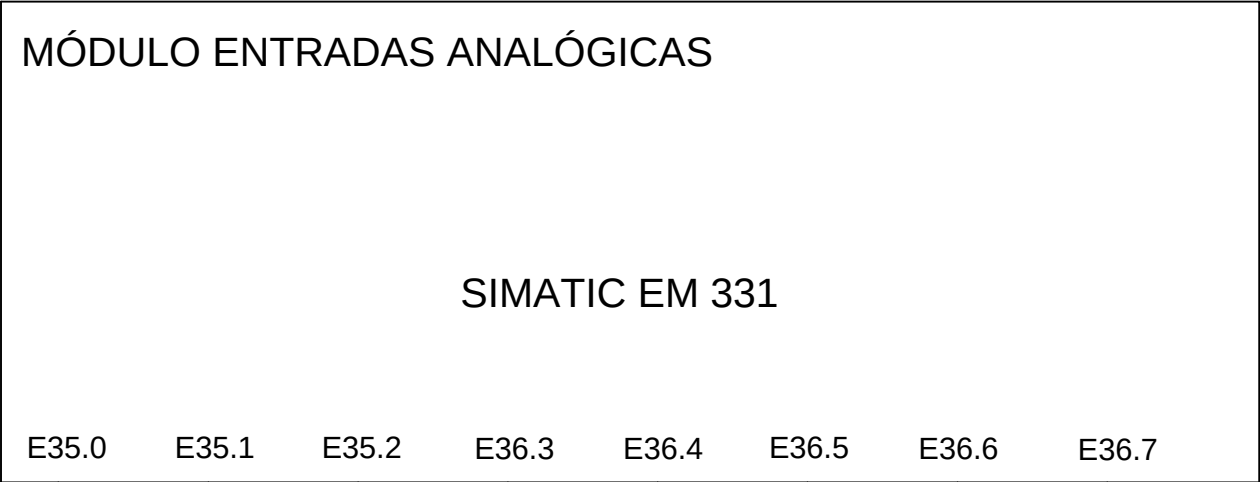
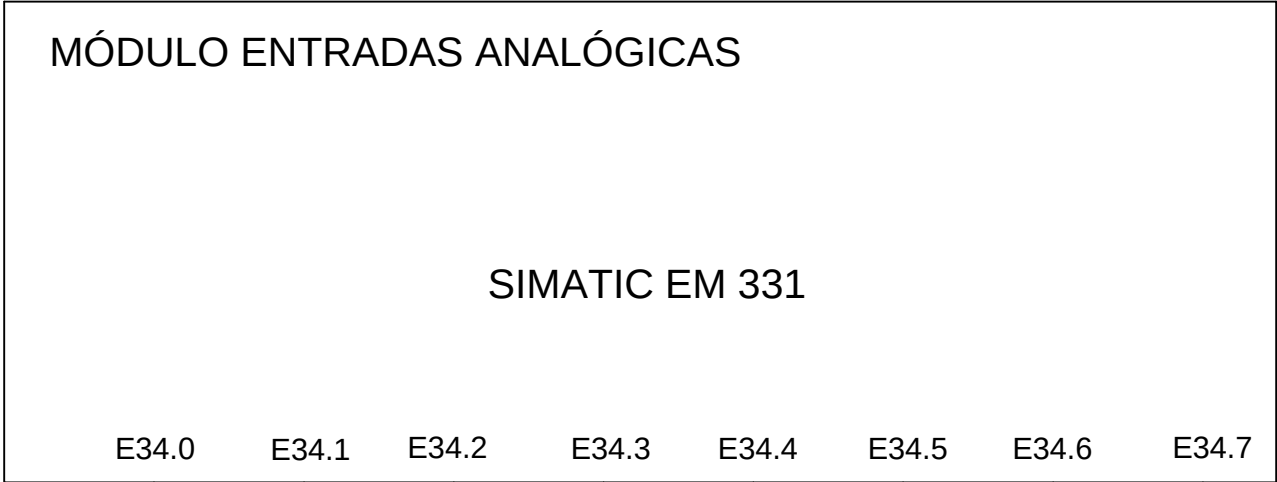
	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	CUADRO ELECTRICO Nº20			PLÀNOL N.52
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO ENTRADAS DIGITALES

SIMATIC EM 321



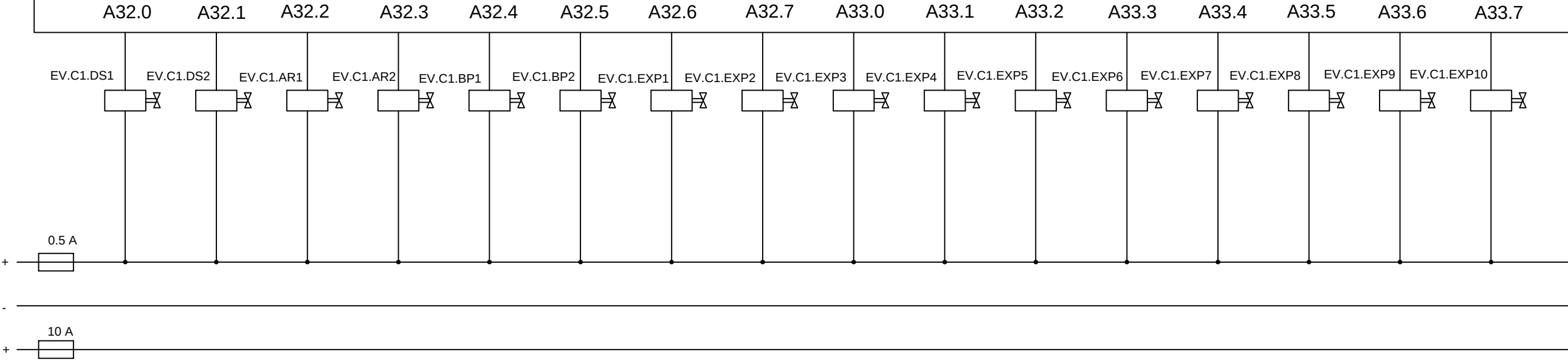
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO ENTRADAS DIGITALES CÁMARA 1</i>		<i>PLÀNOL N.53</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO ENTRADAS DIGITALES CÁMARA 2			PLÀNOL N.54
				Sustitueix a
				Sustituït per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

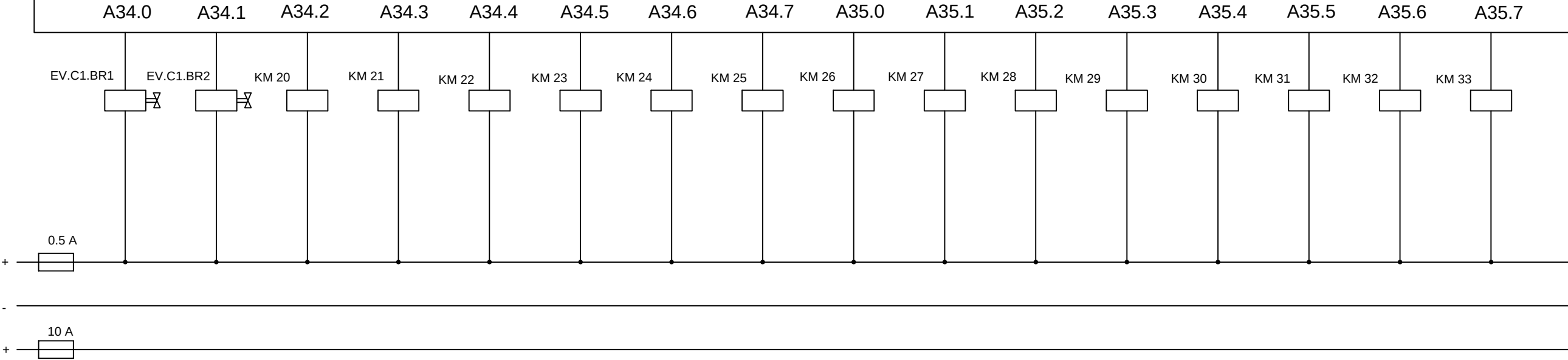
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>	
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>	
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 1</i>		<i>PLÀNOL N.55</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituït per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

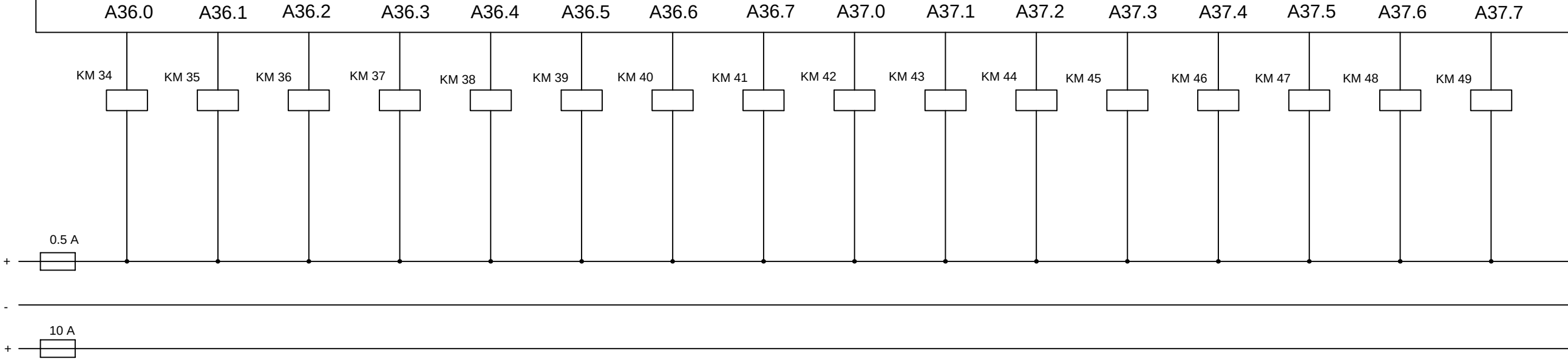
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>	
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>	
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 1</i>		<i>PLÀNOL N.56</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituït per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

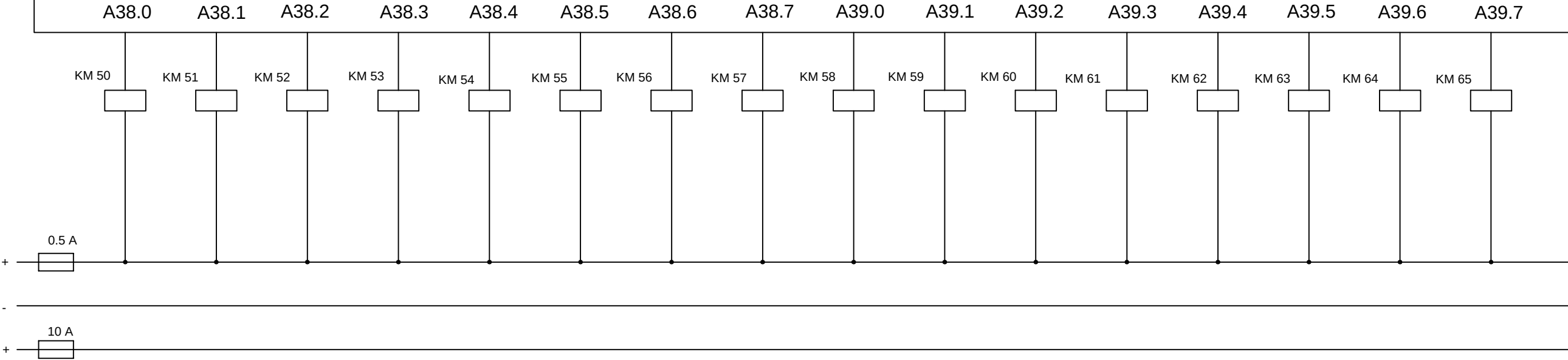
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>	
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>	
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 1</i>		<i>PLÀNOL N.57</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

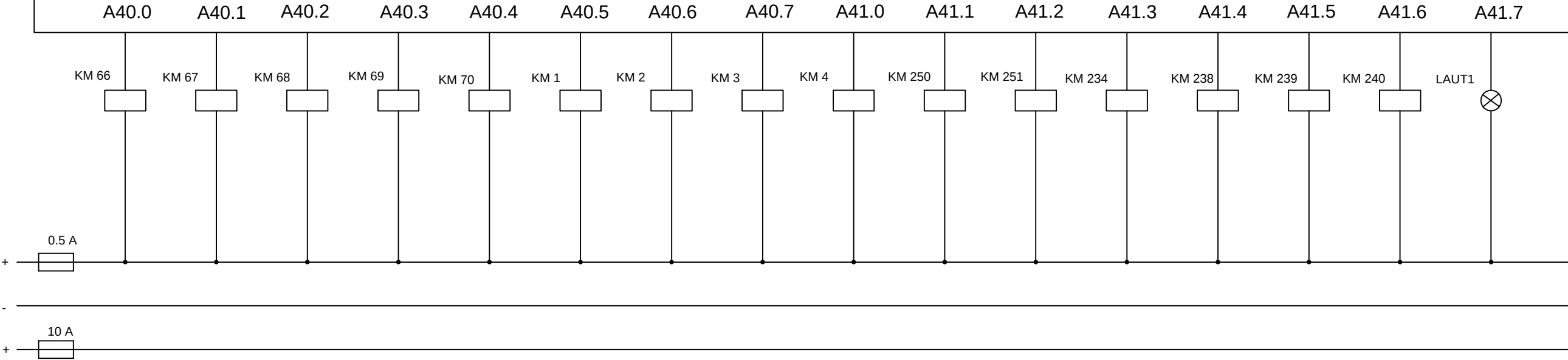
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>	
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>	
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 1</i>		<i>PLÀNOL N.58</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

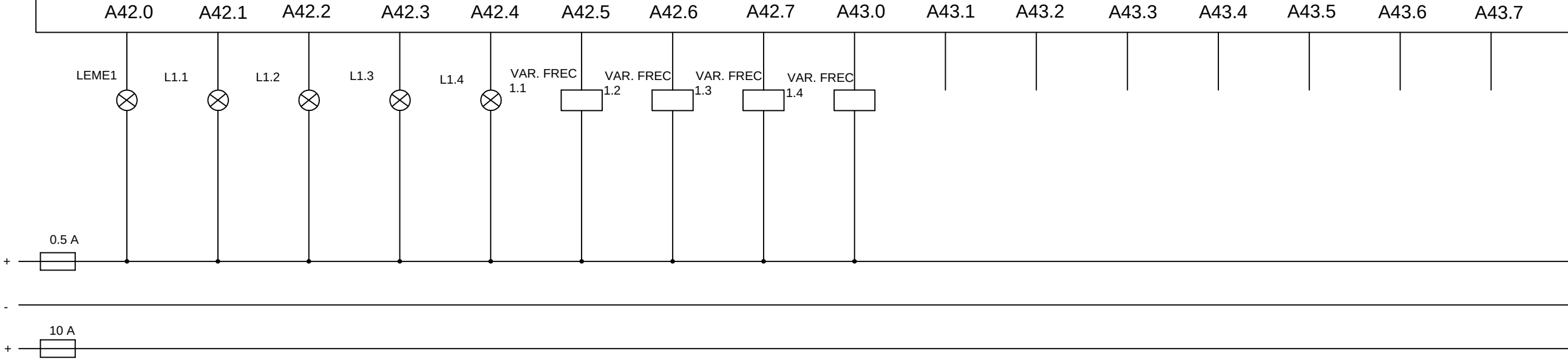
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>		
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>		
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>		
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 1</i>			<i>PLÀNOL N.59</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

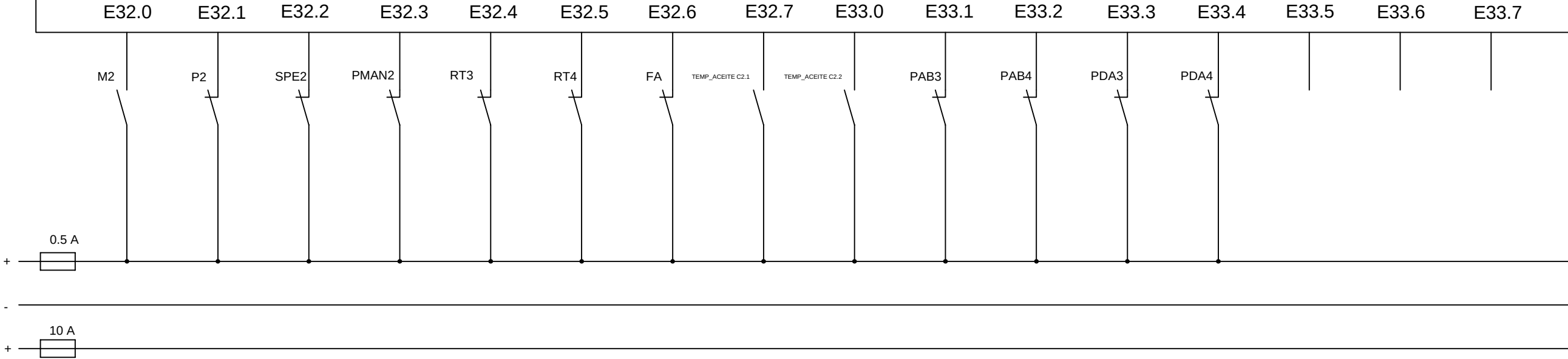
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 1</i>		<i>PLÀNOL N.60</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO ENTRADAS DIGITALES

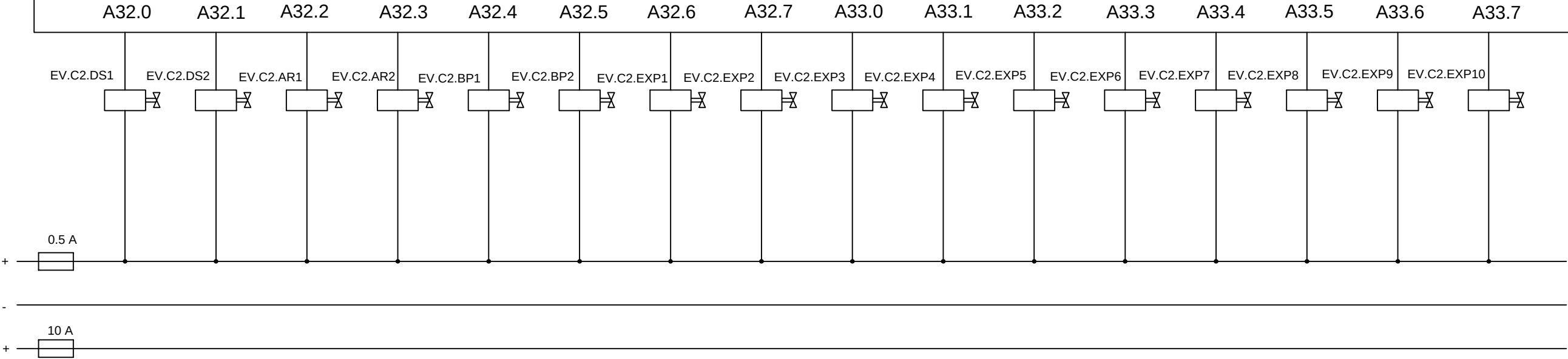
SIMATIC EM 321



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>	
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>	
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO ENTRADAS DIGITALES CÁMARA 2</i>		<i>PLÀNOL N.61</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

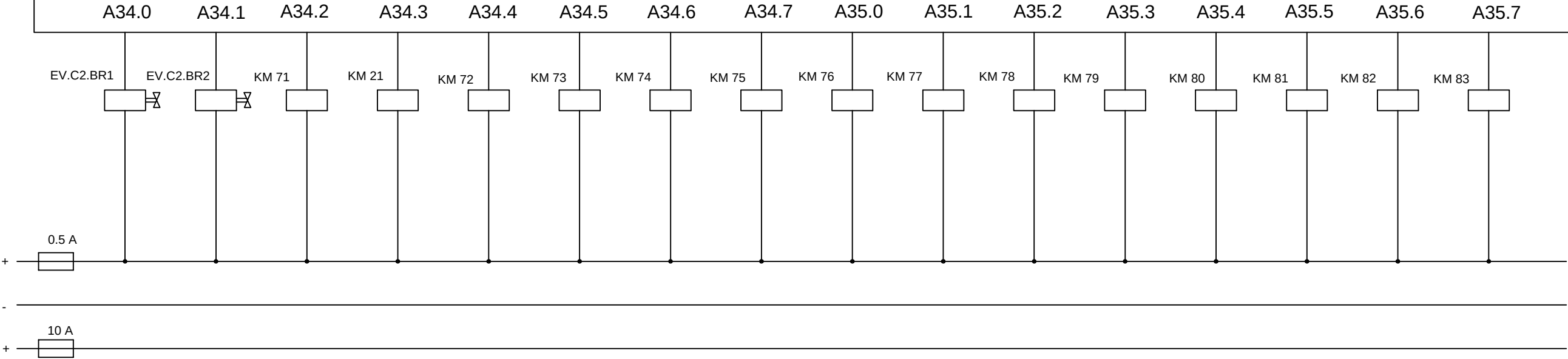
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 2</i>		<i>PLÀNOL N.62</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

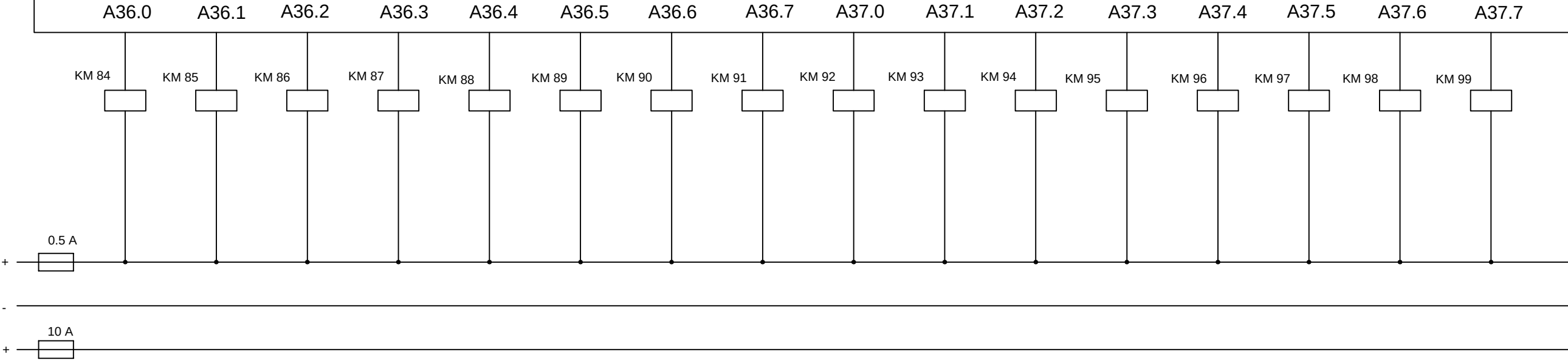
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 2</i>		<i>PLÀNOL N.63</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituït per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

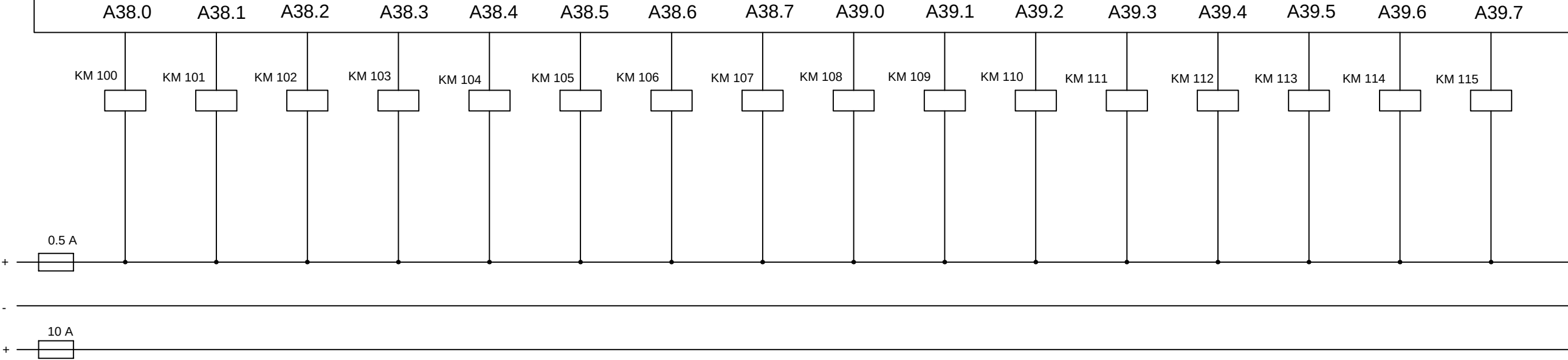
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé		
<i>Comprovat</i>		J.R. López		
<i>S.normes</i>		UNE		
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 2</i>			<i>PLÀNOL N.64</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

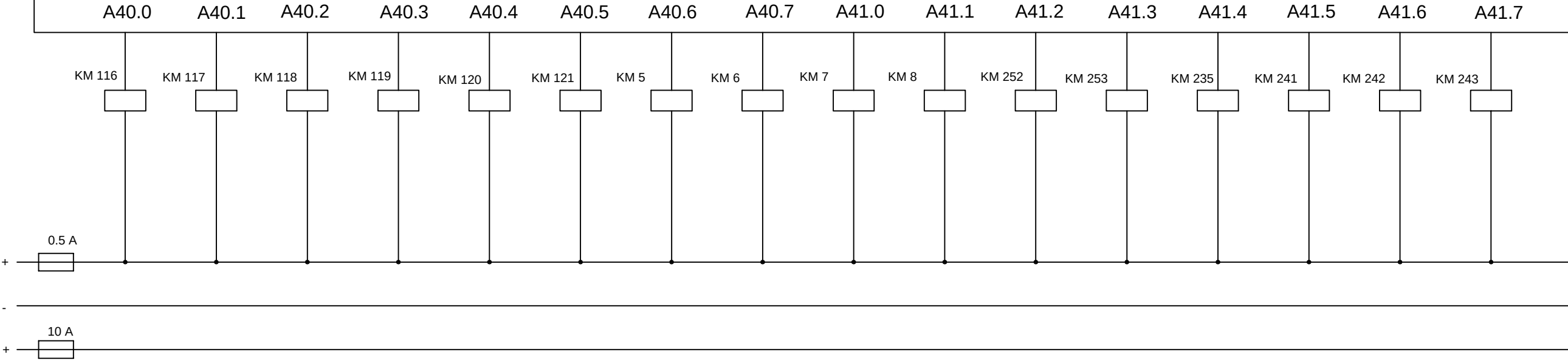
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>	
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>	
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 2</i>		<i>PLÀNOL N.65</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituït per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

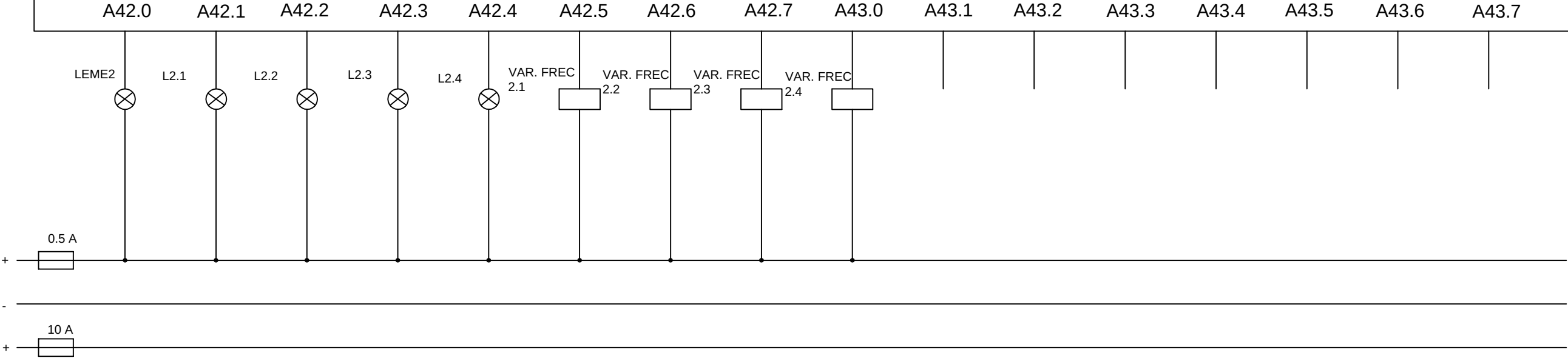
SIMATIC EM 322



	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 2			PLÀNOL N.66
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

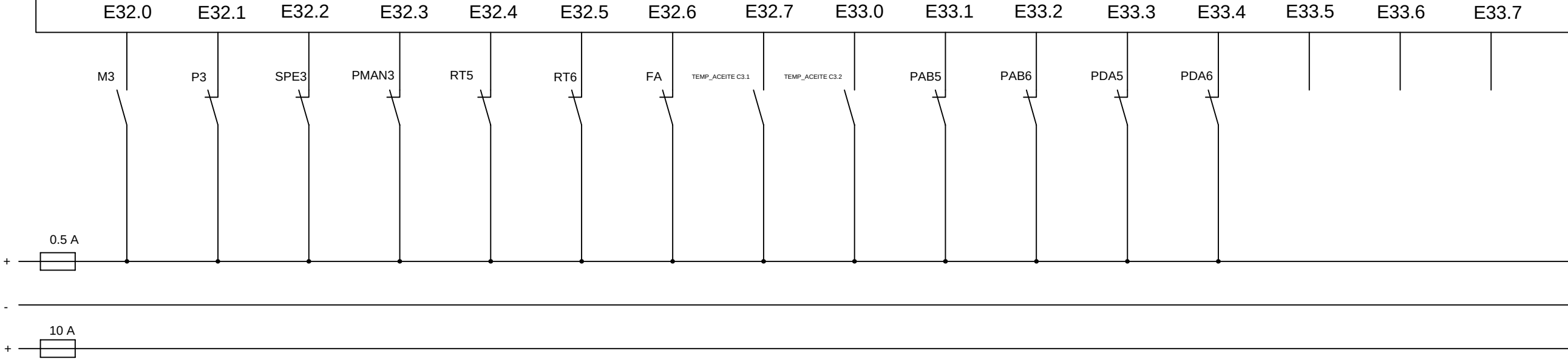
SIMATIC EM 322



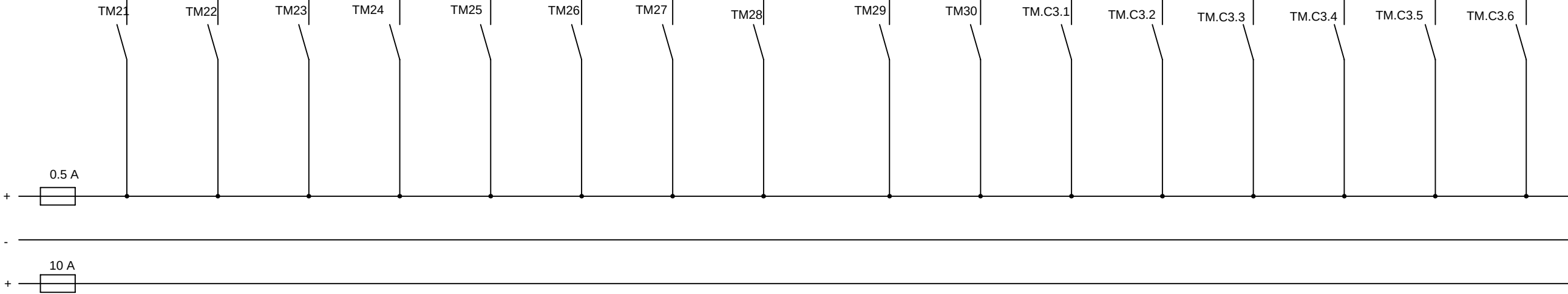
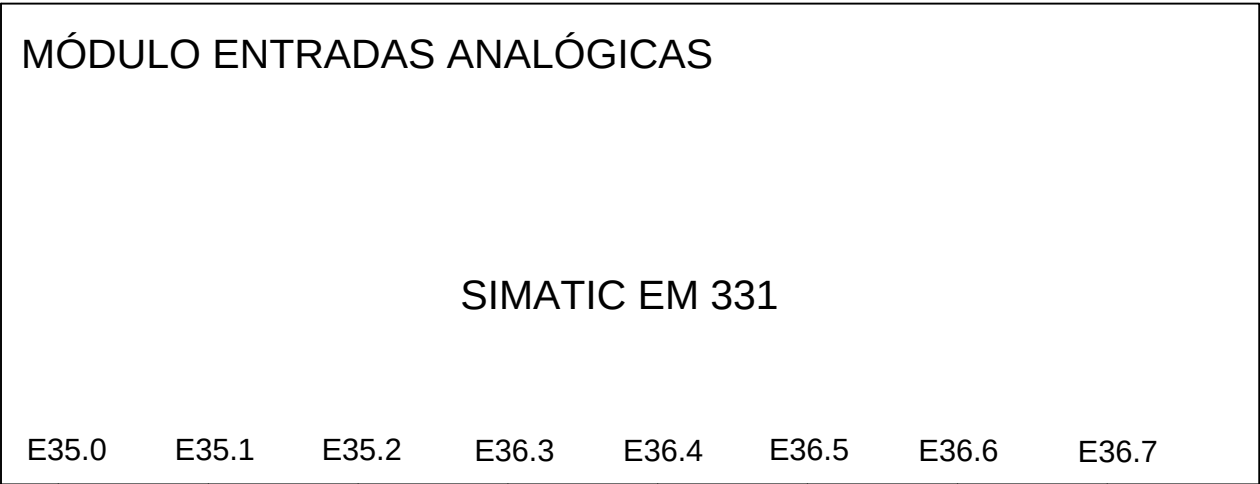
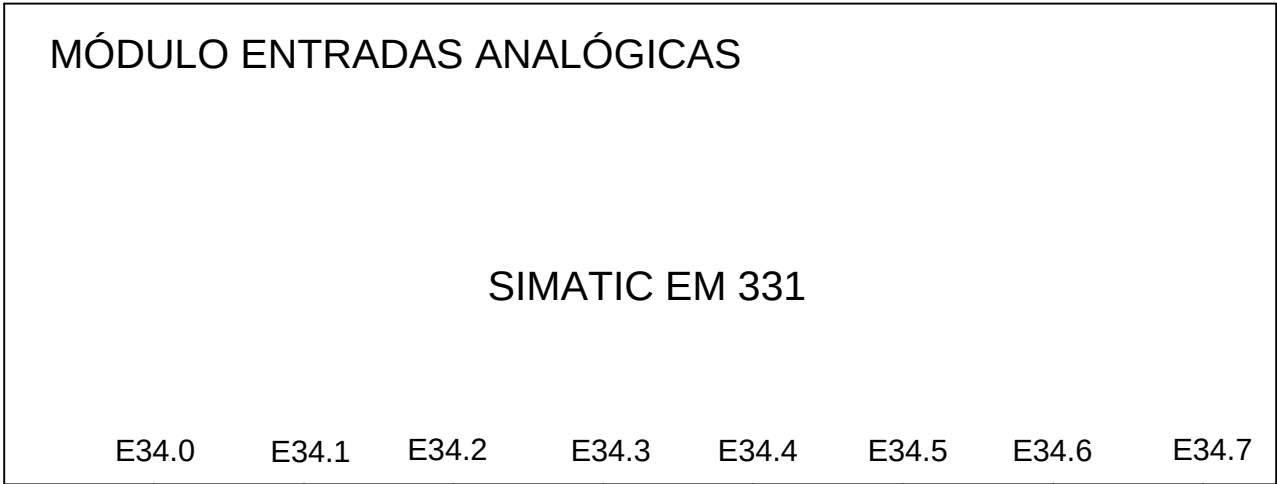
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 2</i>		<i>PLÀNOL N.67</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO ENTRADAS DIGITALES

SIMATIC EM 321



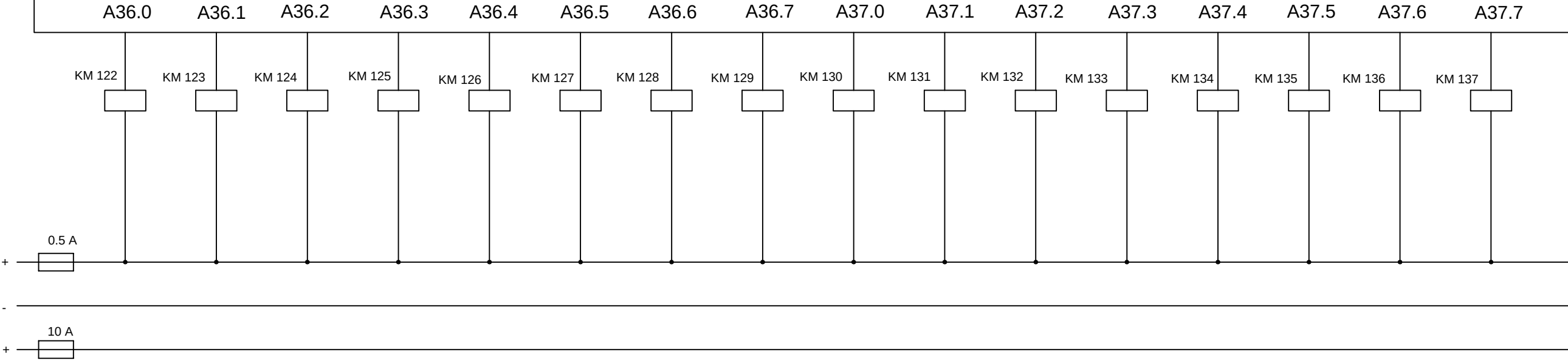
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	MÓDULO ENTRADAS DIGITALES CÁMARA 3		PLÀNOL N.68
			Sustitueix a
			Sustituit per



	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO ENTRADAS ANALÓGICAS CÁMARA 3			PLÀNOL N.69
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

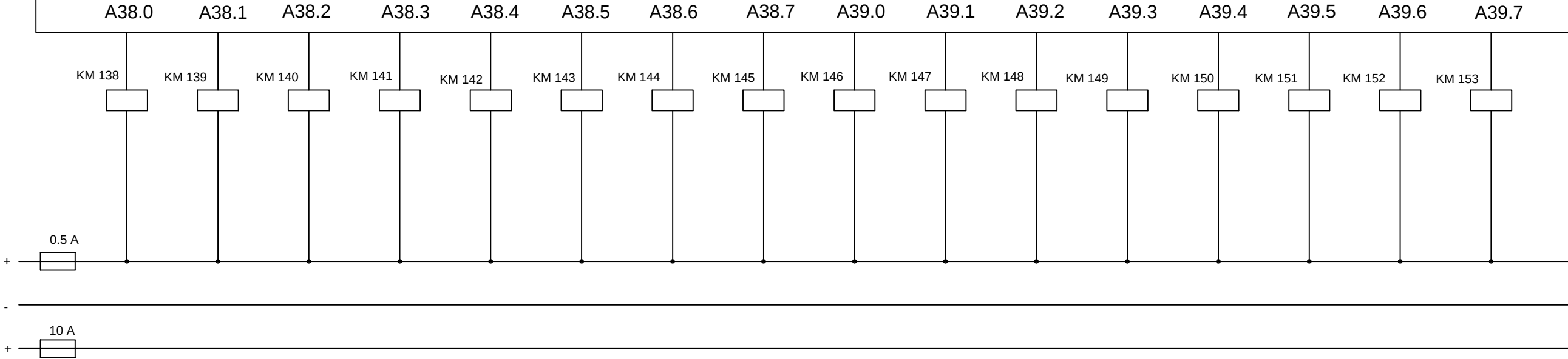
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>	
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>	
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 3</i>		<i>PLÀNOL N.70</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

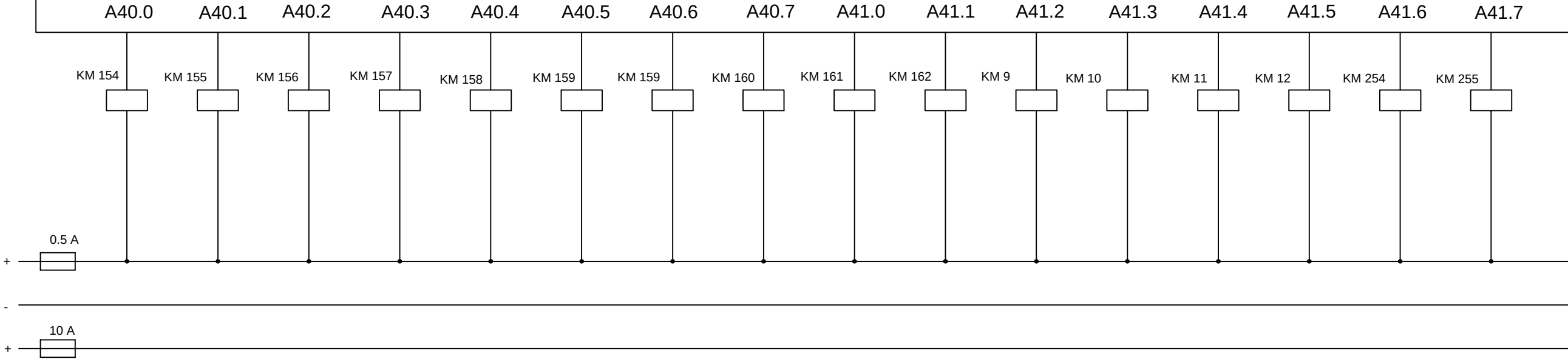
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>		
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>		
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>		
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 3</i>			<i>PLÀNOL N.71</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

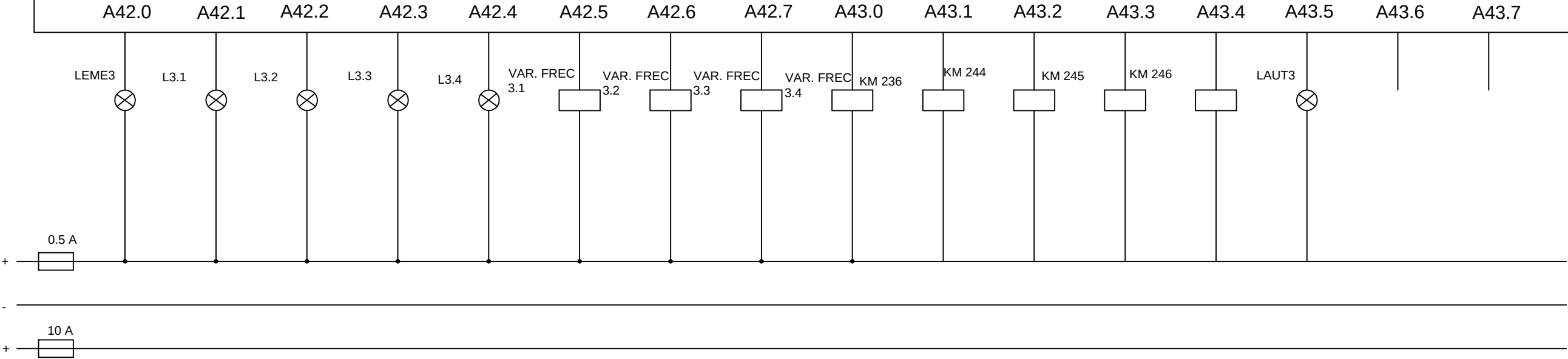
SIMATIC EM 322



	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 3			PLÀNOL N.72
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

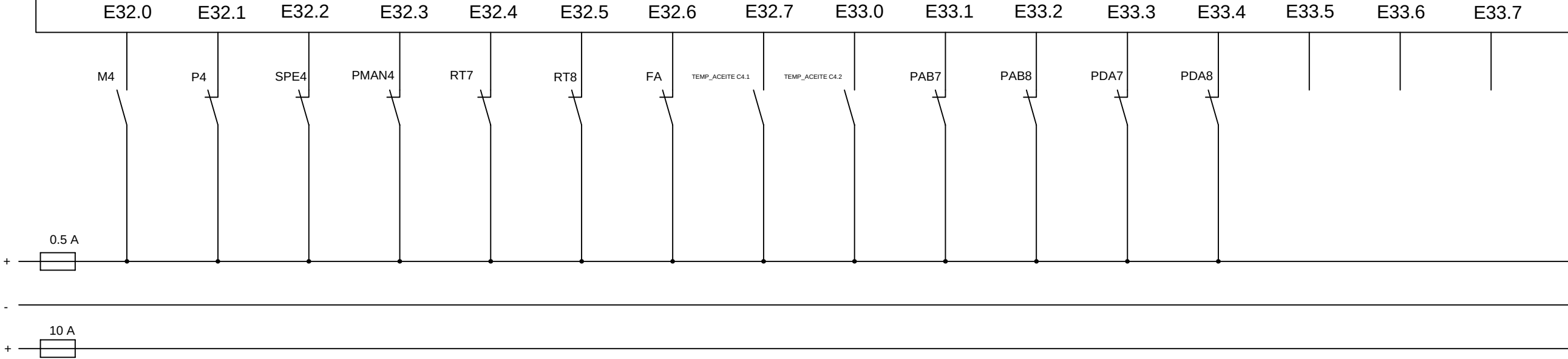
SIMATIC EM 322



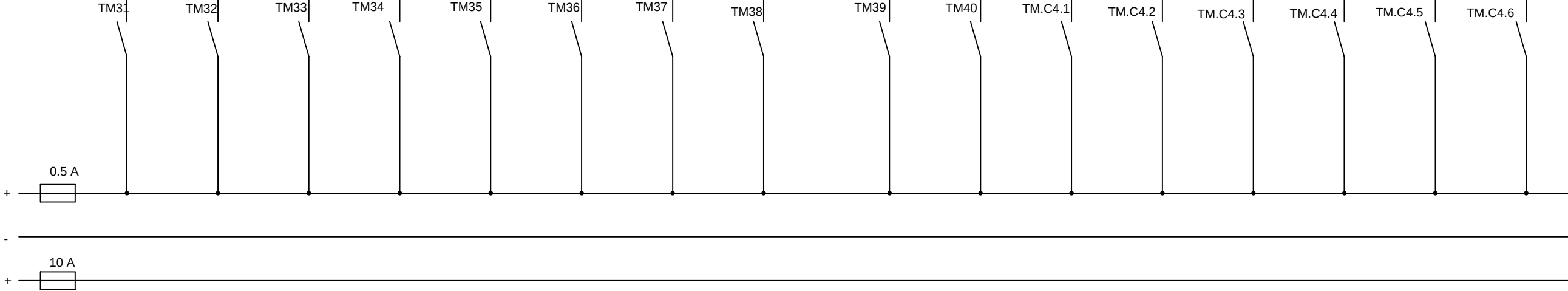
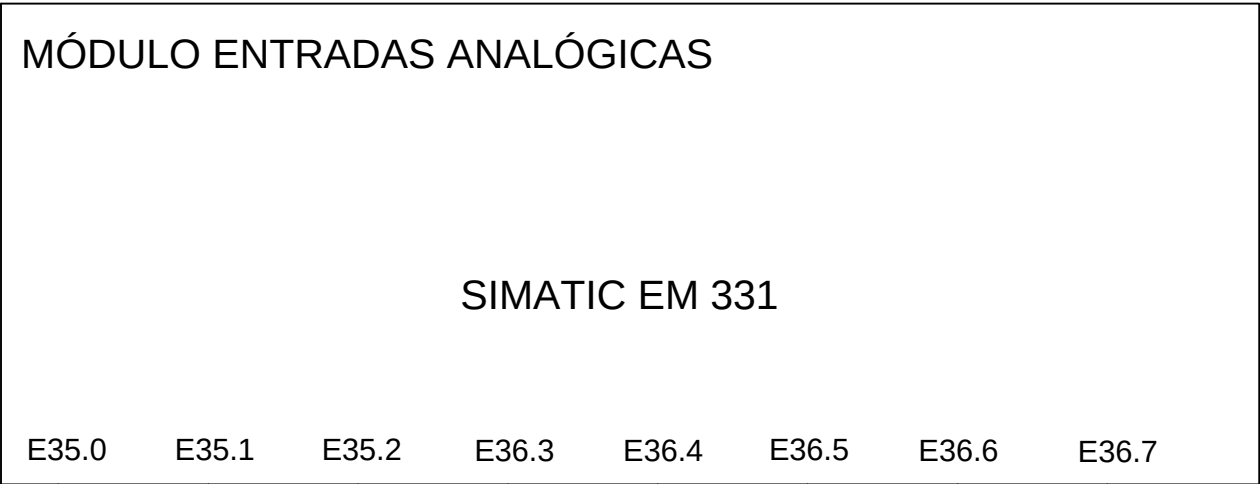
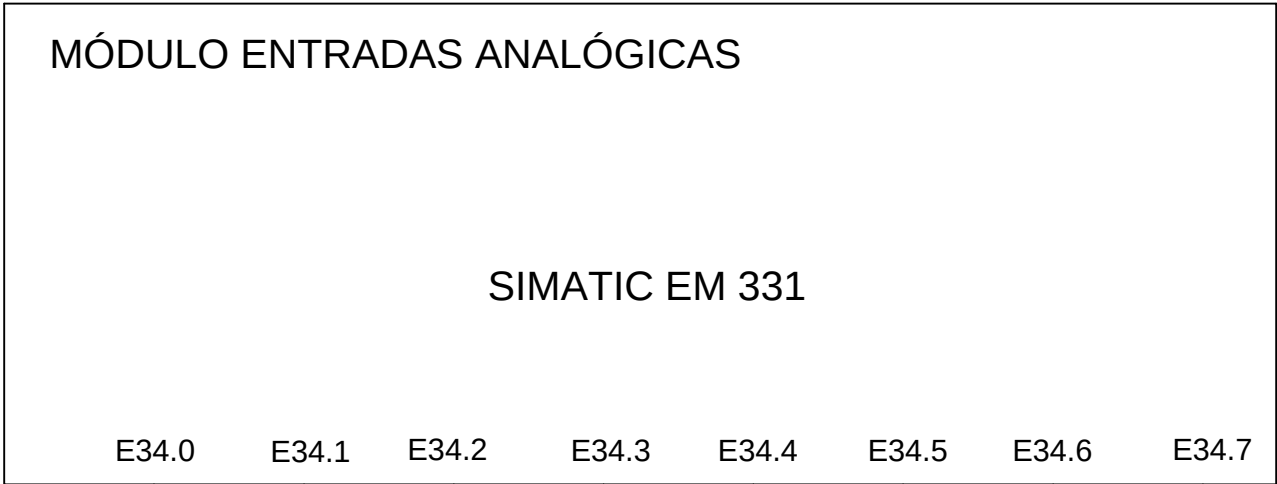
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 3		PLÀNOL N.75
			Sustitueix a
			Sustituit per

MÓDULO ENTRADAS DIGITALES

SIMATIC EM 321



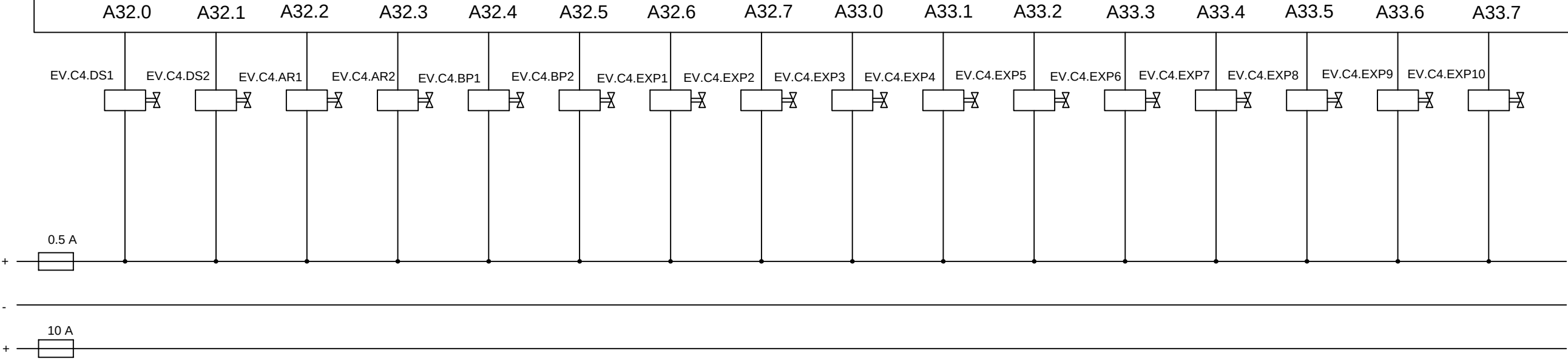
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO ENTRADAS DIGITALES CÁMARA 4			PLÀNOL N.76
				Sustitueix a
				Sustituït per



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO ENTRADAS ANALÓGICAS CÁMARA 4</i>		<i>PLÀNOL N.77</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

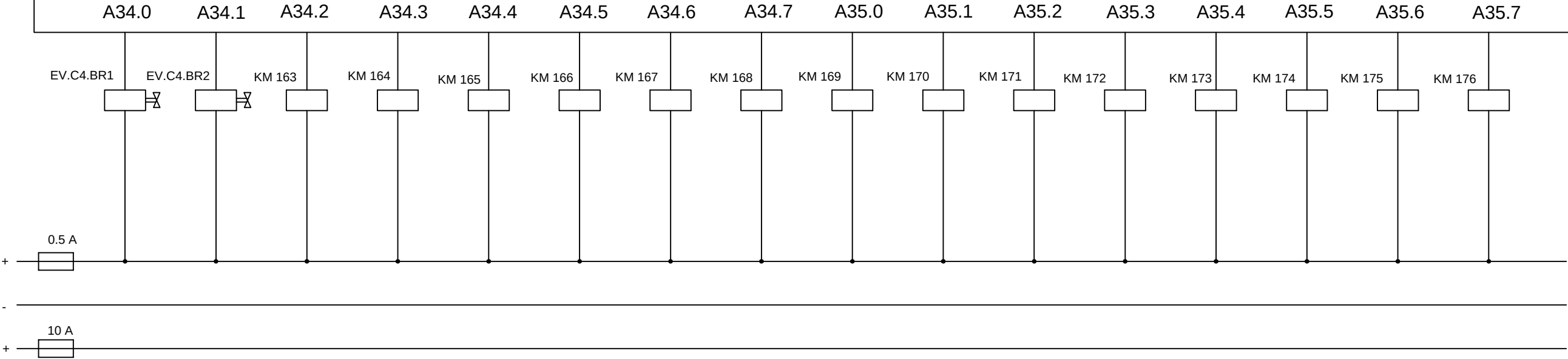
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 4</i>		<i>PLÀNOL N.78</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

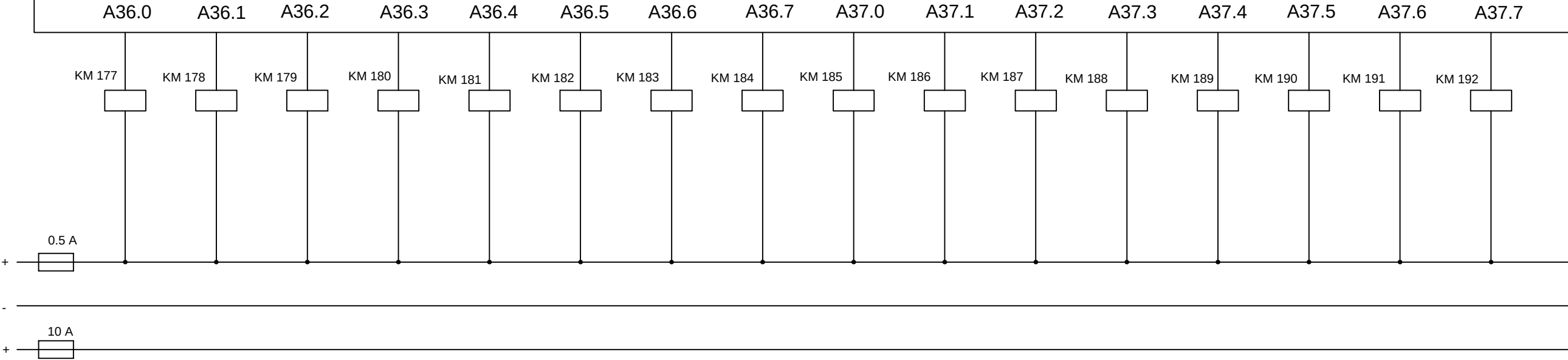
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 4</i>		<i>PLÀNOL N.79</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

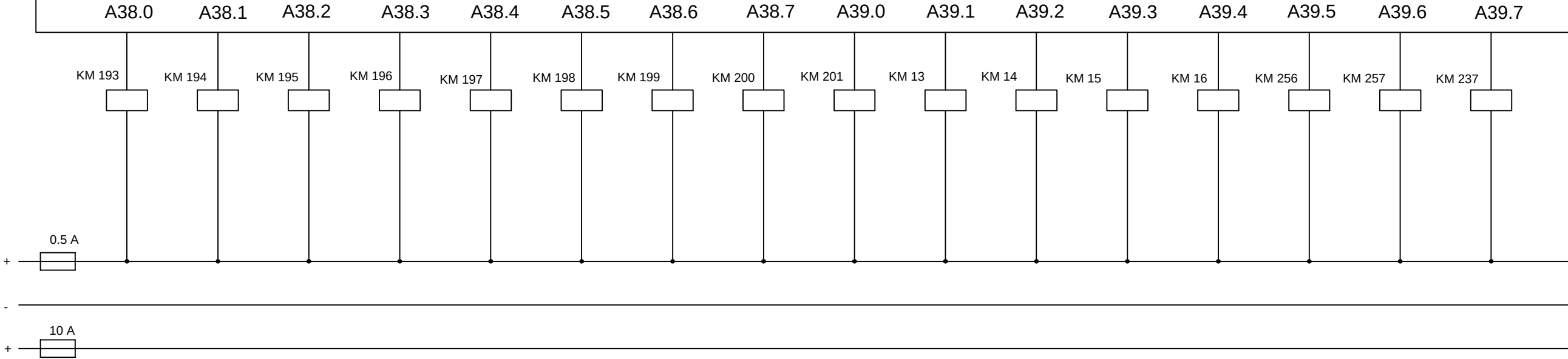
SIMATIC EM 322



	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 4			PLÀNOL N.80
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

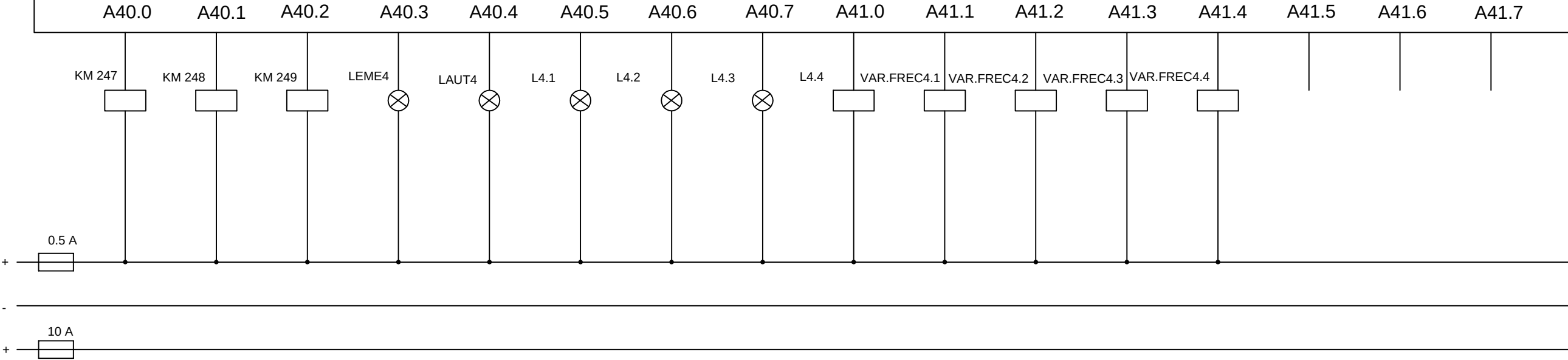
SIMATIC EM 322



	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 4			PLÀNOL N.81
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

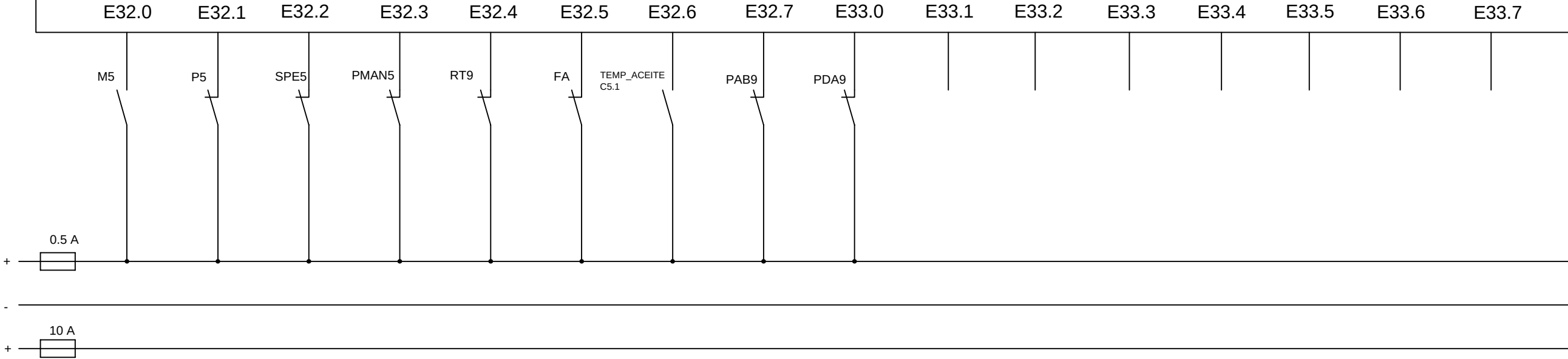
SIMATIC EM 322



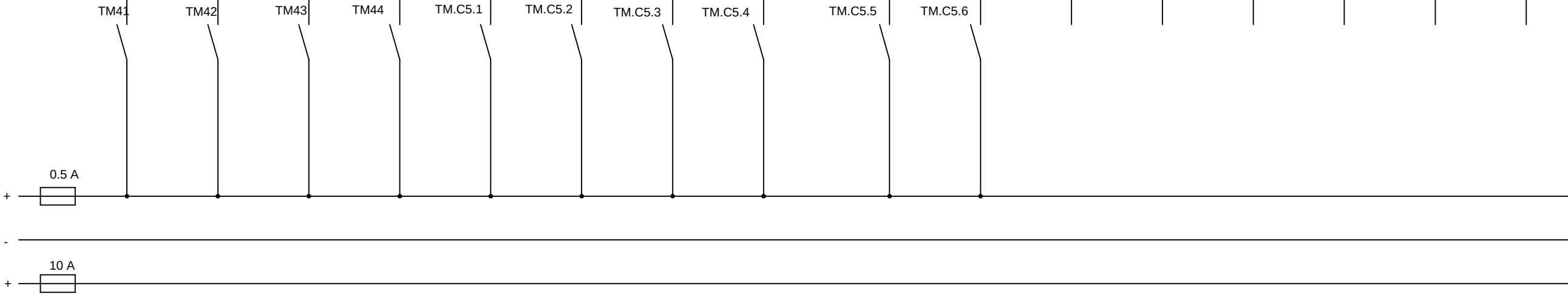
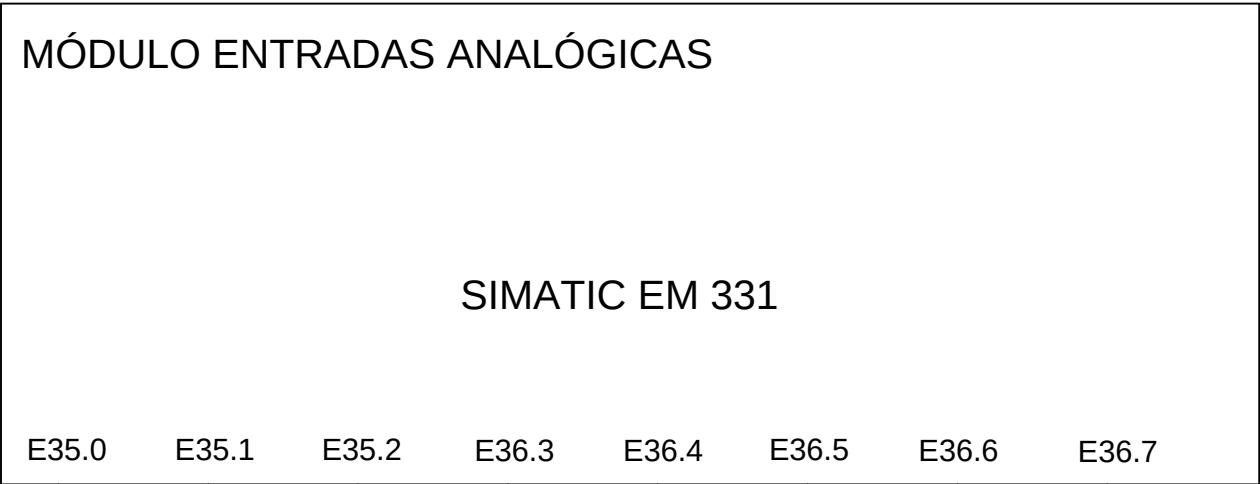
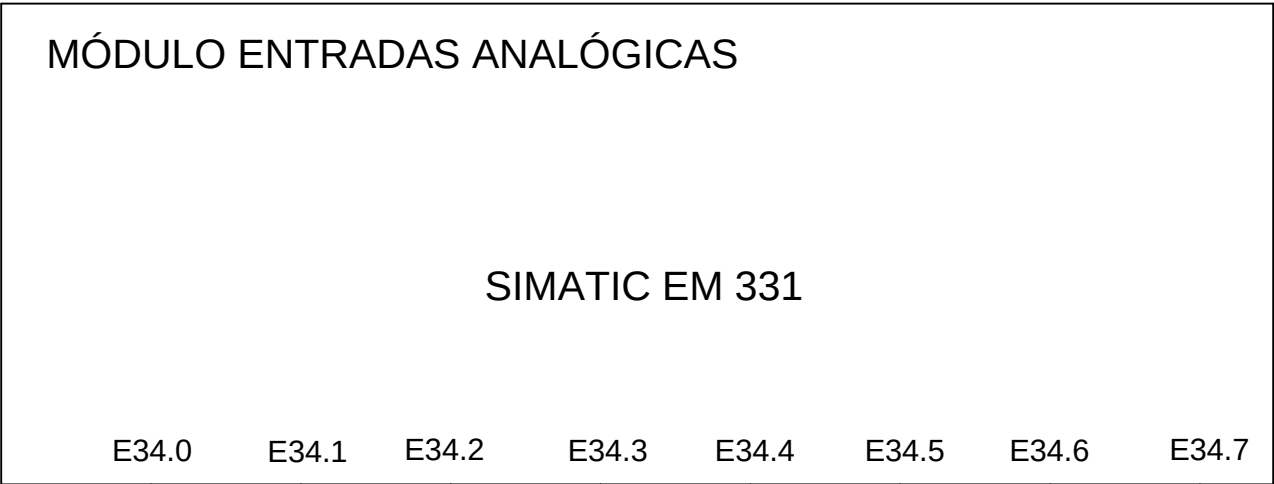
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 4</i>		<i>PLÀNOL N.82</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO ENTRADAS DIGITALES

SIMATIC EM 321



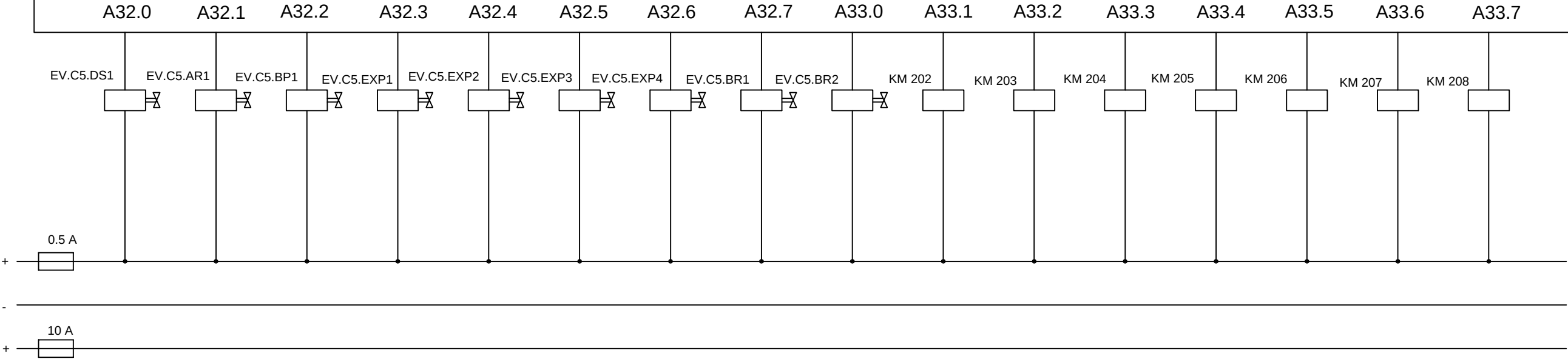
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	MÓDULO ENTRADAS DIGITALES CÁMARA 5		PLÀNOL N.83
			Sustitueix a
			Sustituït per



	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO ENTRADAS ANALOGICAS CÁMARA 5			PLÀNOL N.84
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

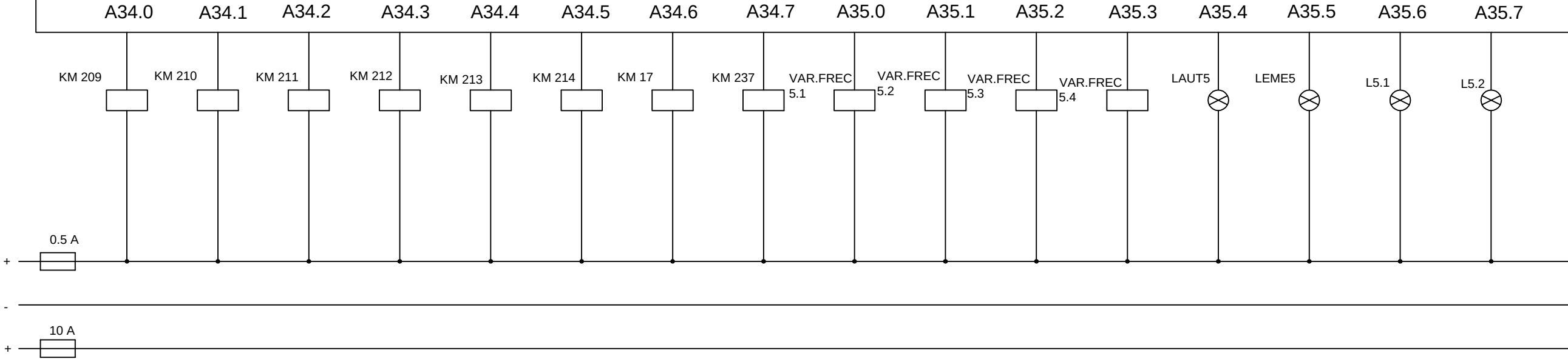
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 5</i>		<i>PLÀNOL N.85</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

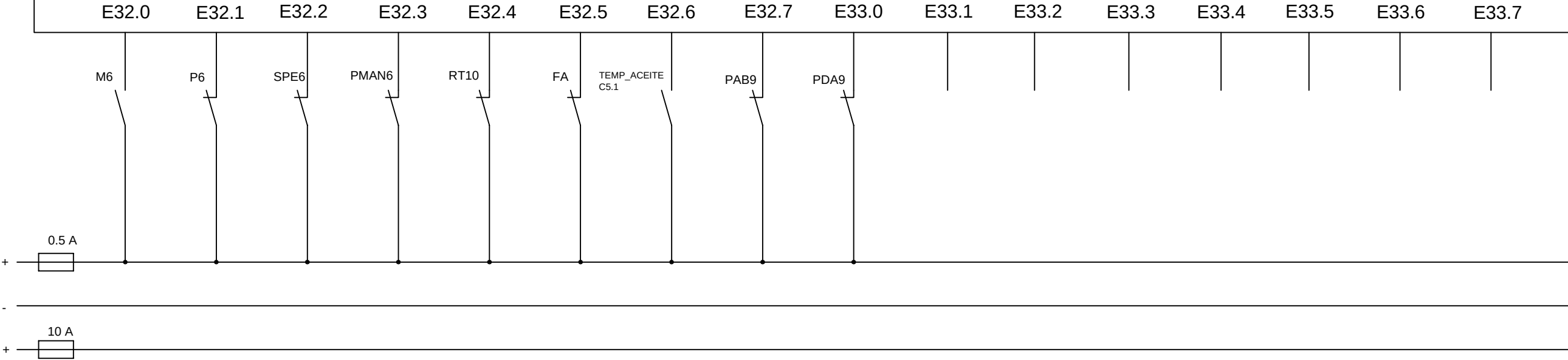
SIMATIC EM 322



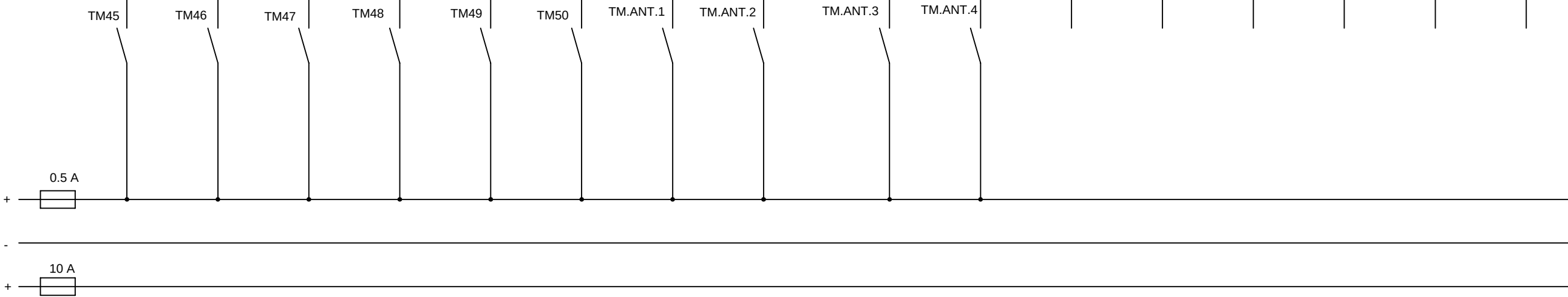
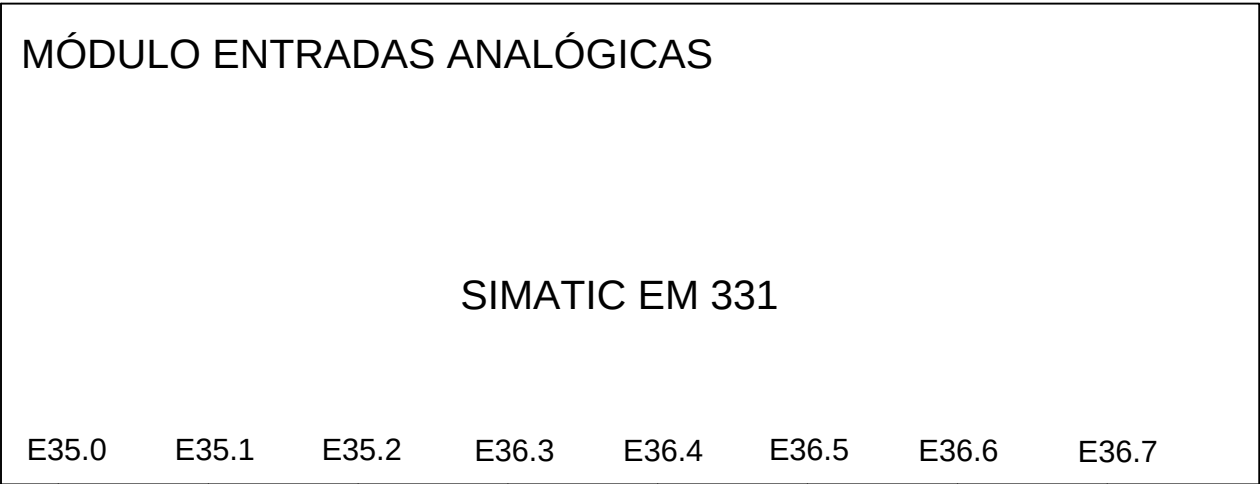
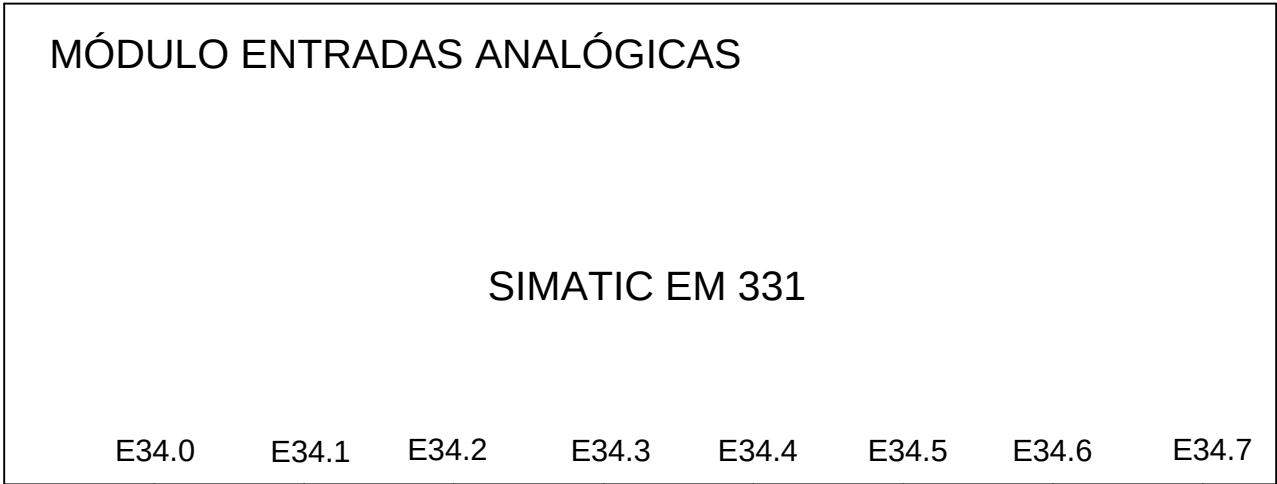
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé	
Comprovat		J.R. López	
S.normes		UNE	
Escala	MÓDULO SALIDAS DIGITALES CÁMARA 5		PLÀNOL N.86
			Sustitueix a
			Sustituït per

MÓDULO ENTRADAS DIGITALES

SIMATIC EM 321



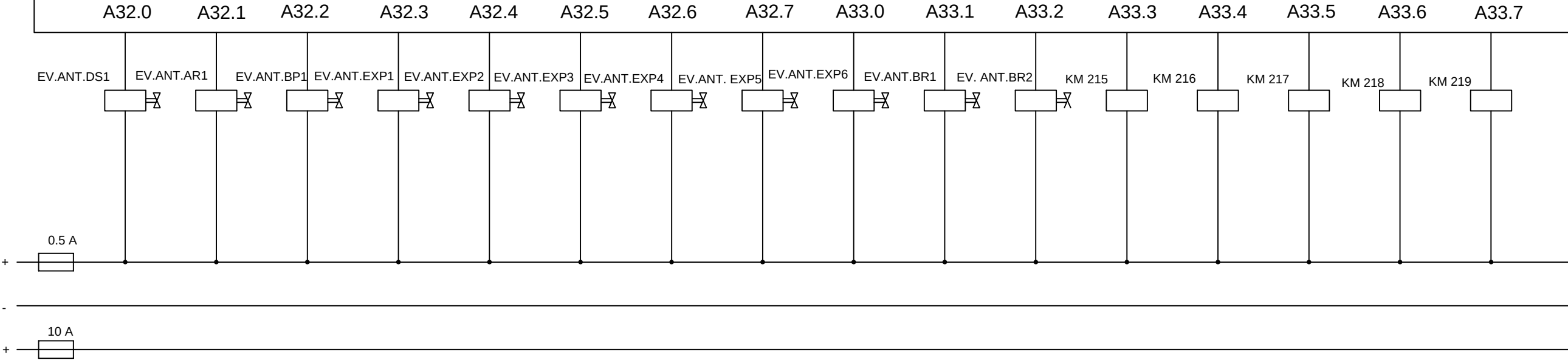
	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO ENTRADAS DIGITALES ANTECÁMARA			PLÀNOL N.87
				Sustitueix a
				Sustituit per



	Data	Nom		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
Dibuixat	Març 2004	J. Colomé		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	MÓDULO ENTRADAS ANALÓGICAS ANTECAMARA			PLÀNOL N.88
				Sustitueix a
				Sustituit per

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

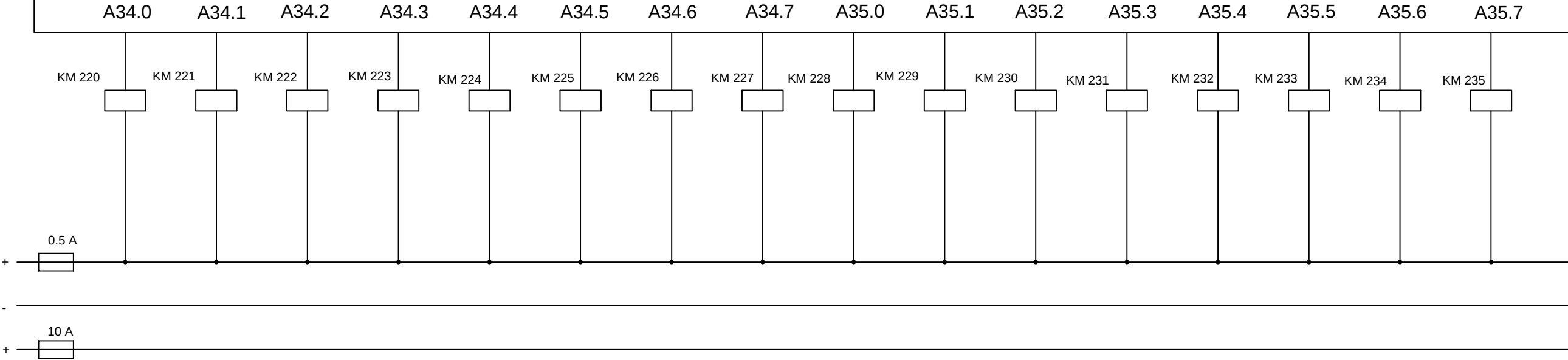
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé		
<i>Comprovat</i>		J.R. López		
<i>S.normes</i>		UNE		
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES ANTECÁMARA</i>			<i>PLÀNOL N.89</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituït per</i>

MÓDULO SALIDAS DIGITALES

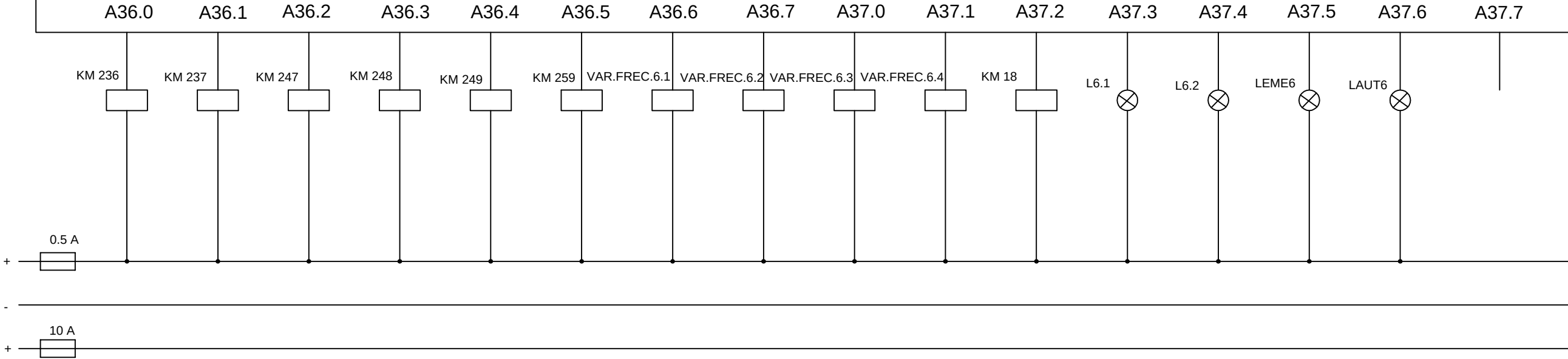
SIMATIC EM 322



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Març 2004</i>	<i>J. Colomé</i>		
<i>Comprovat</i>		<i>J.R. López</i>		
<i>S.normes</i>		<i>UNE</i>		
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES ANTECÁMARA</i>			<i>PLÀNOL N.90</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>

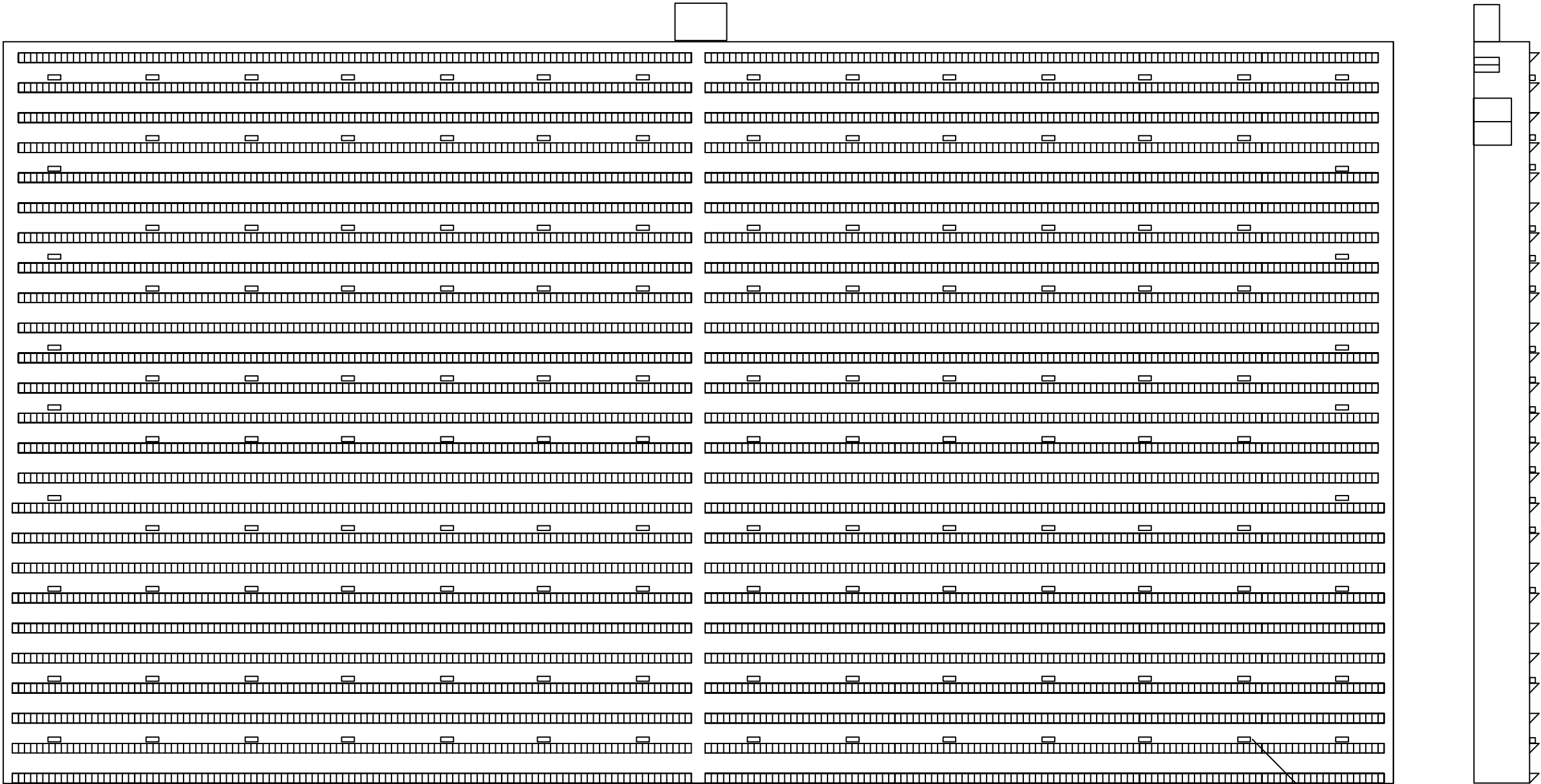
MÓDULO SALIDAS DIGITALES

SIMATIC EM 322



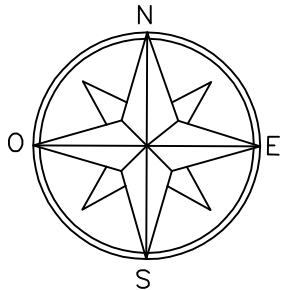
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Colomé	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>MÓDULO SALIDAS DIGITALES ANTECÁMARA</i>		<i>PLÀNOL N.91</i>
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

CENTRO DE TRANSFORMACION

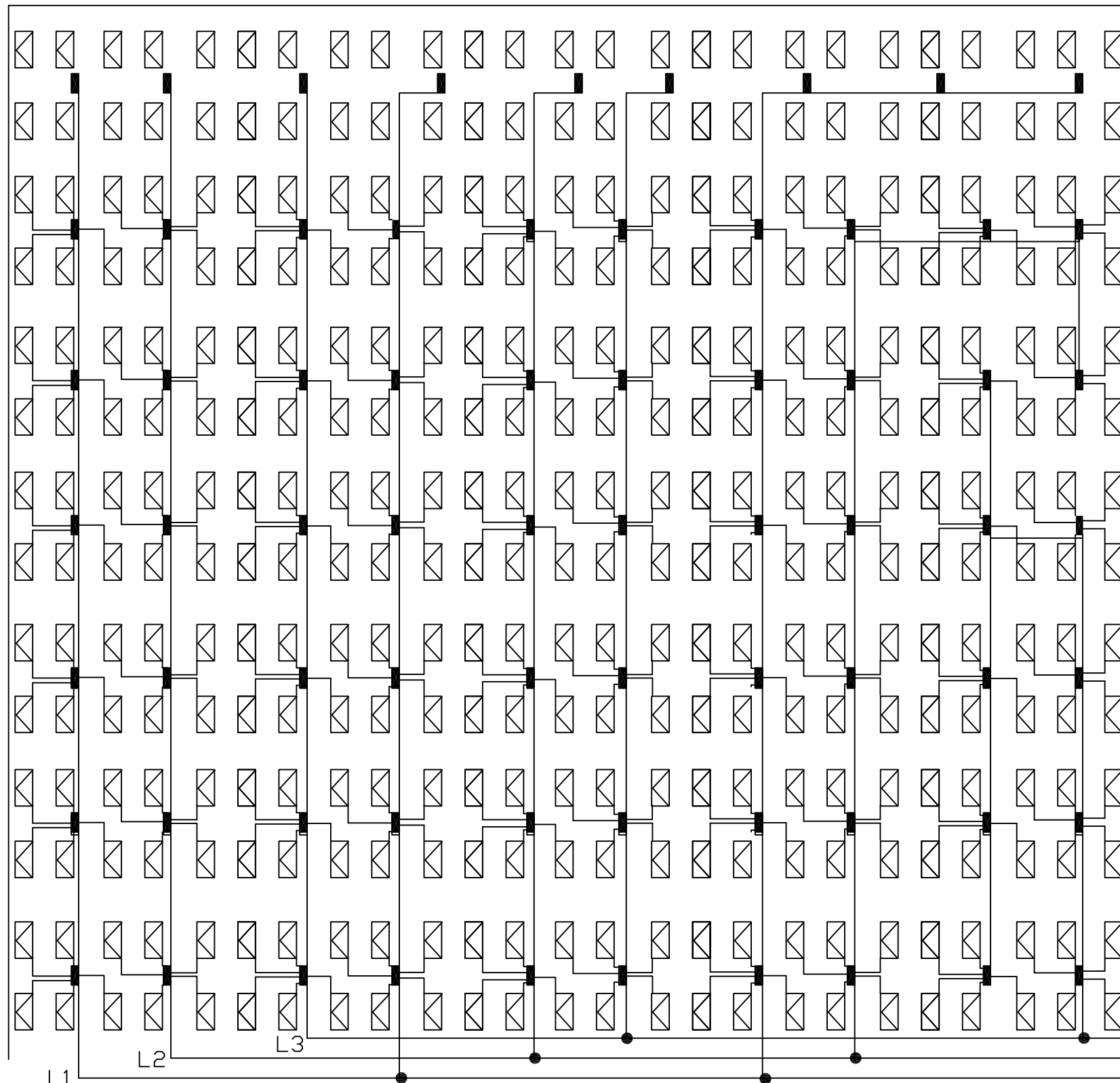


MODULOS FOTOVOLTAICOS

INVERSOR

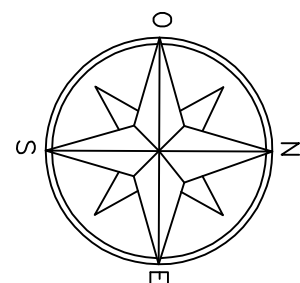


	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Serra	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	<i>PLANTA GENERAL CENTRAL FOTOVOLTAICA</i>		<i>PLÀNOL N.92</i>
1:500			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

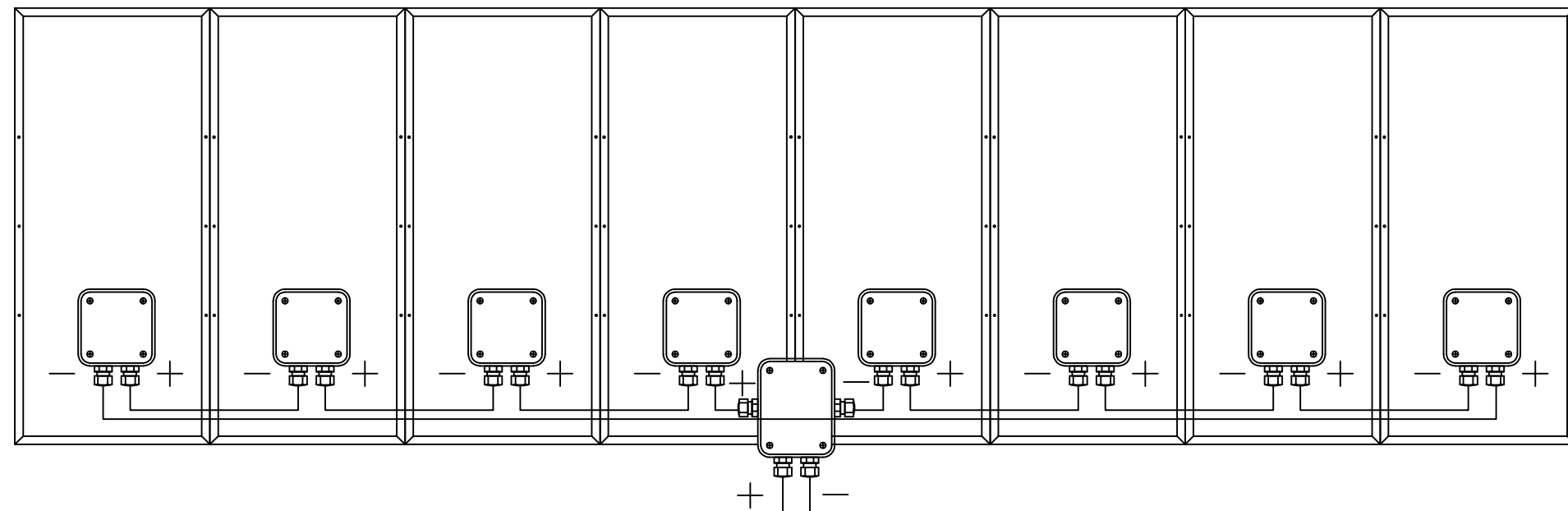


-  8 MODULOS CONECTADOS EN SERIE
-  INVERSOR
-  LINEA DE MODULOS A INVERSORES
-  LINEA DE INVERSOR A CENTRO DE TRANSFORMACION

CENTRO DE TRANSFORMACION

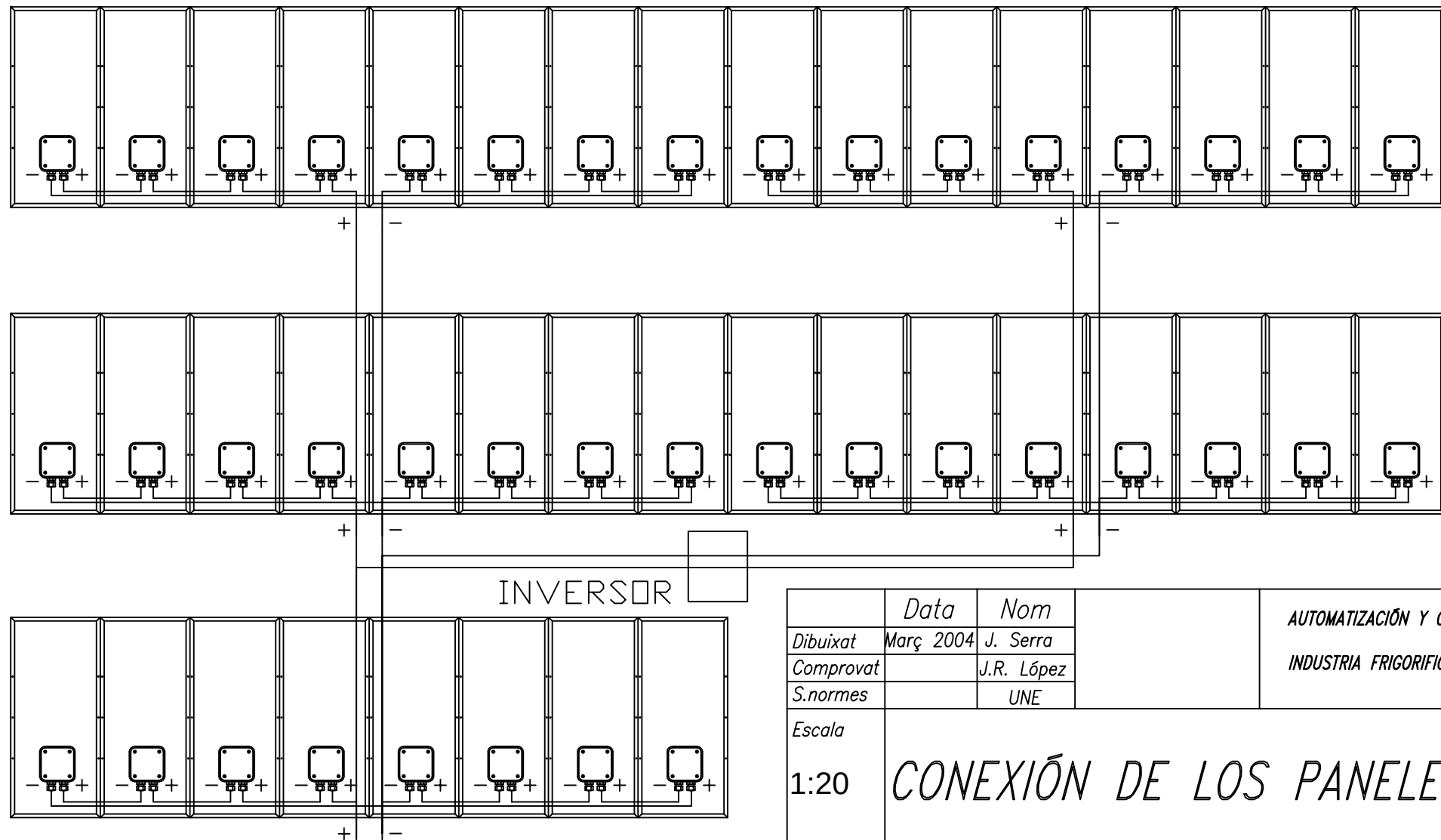


	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Serra	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	ESQUEMA CONEXION ZONA 1		PLÀNOL N.93
1:500			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

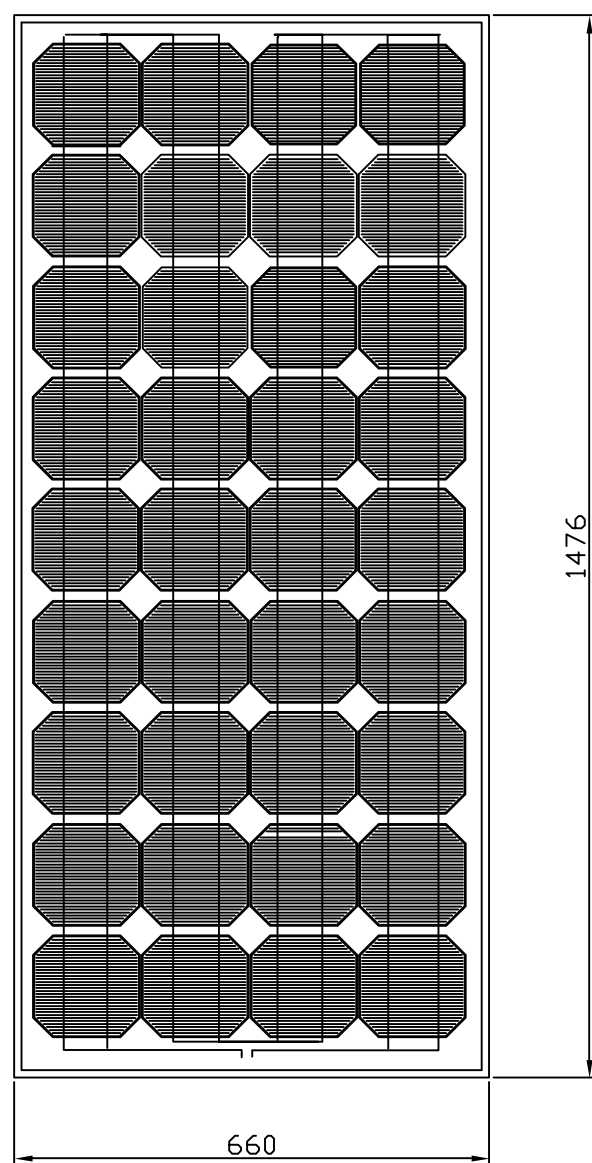


CONNEXION EN SERIE DE 8 MODULOS FOTOVOLTAICOS

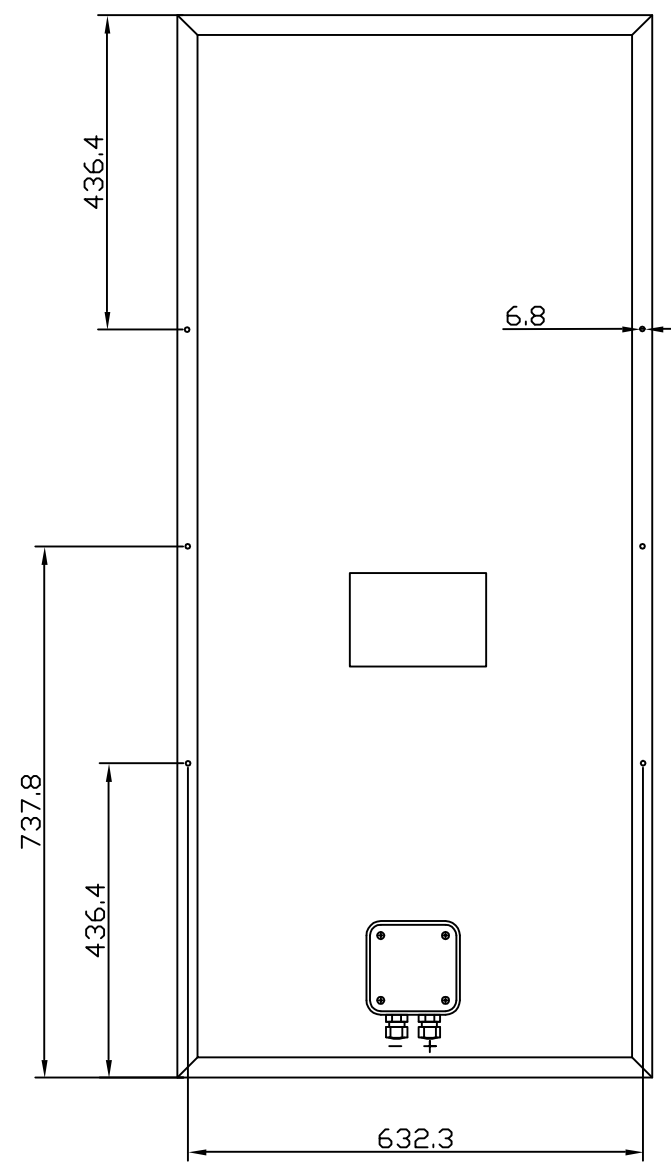
CONNEXION DE LOS MODULOS AL INVERSOR



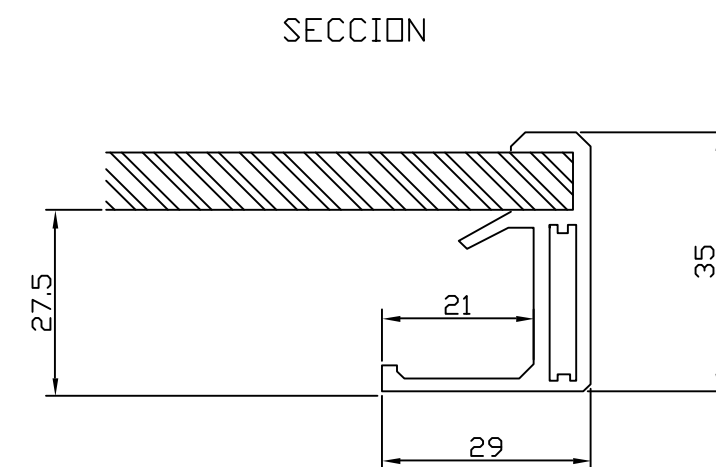
	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Març 2004	J. Serra		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	CONEXIÓN DE LOS PANELES			PLÀNOL N.94
1:20				Sustitueix a
				Sustituit per



PANEL FOTOVOLTAICO FRONTAL

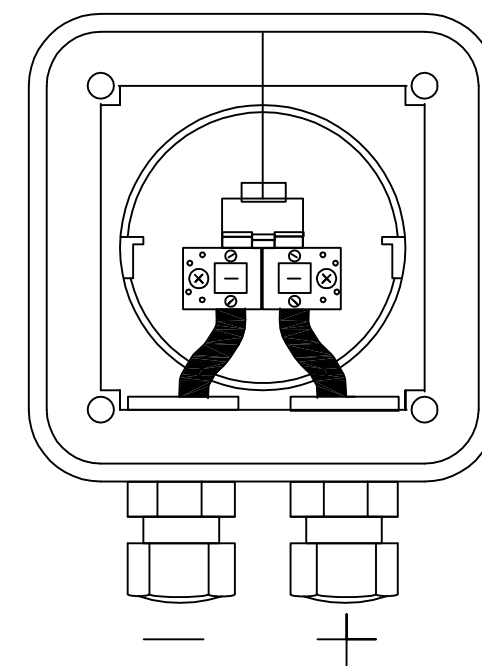


PANEL FOTOVOLTAICO POSTERIOR



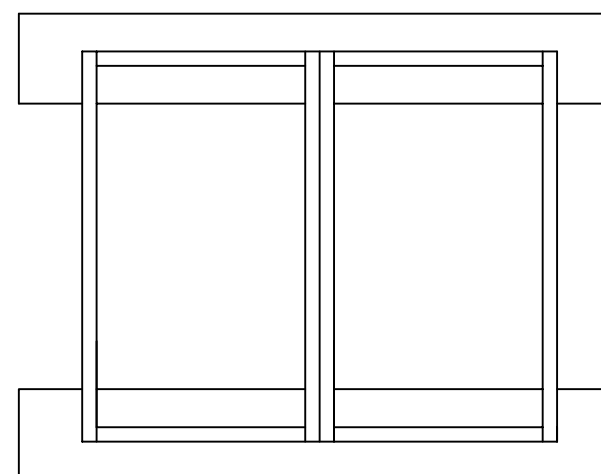
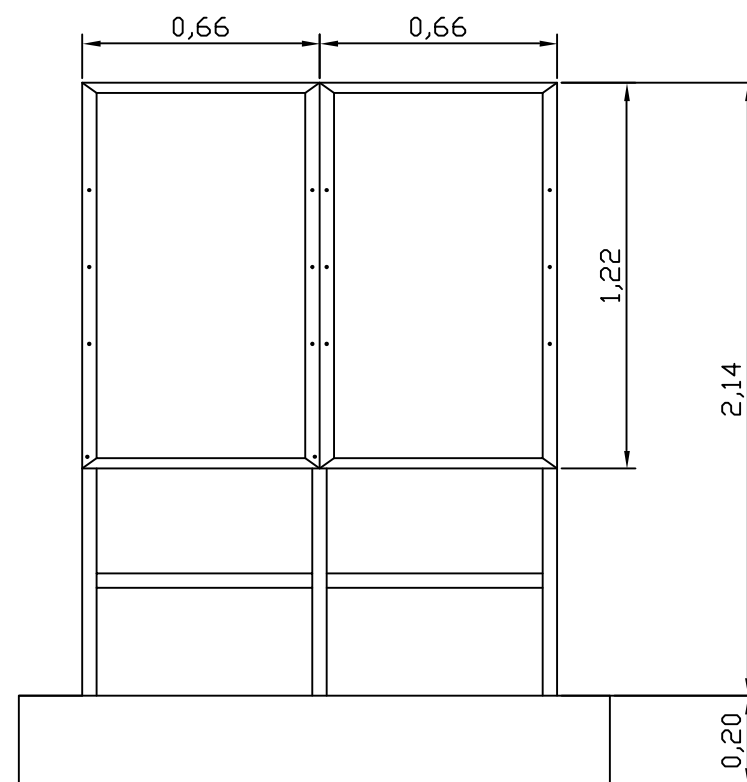
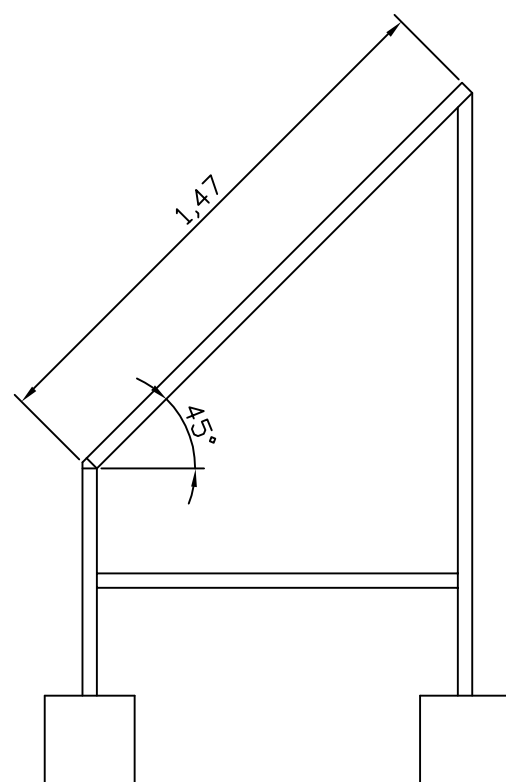
SECCION

CAJA DE CONNEXION

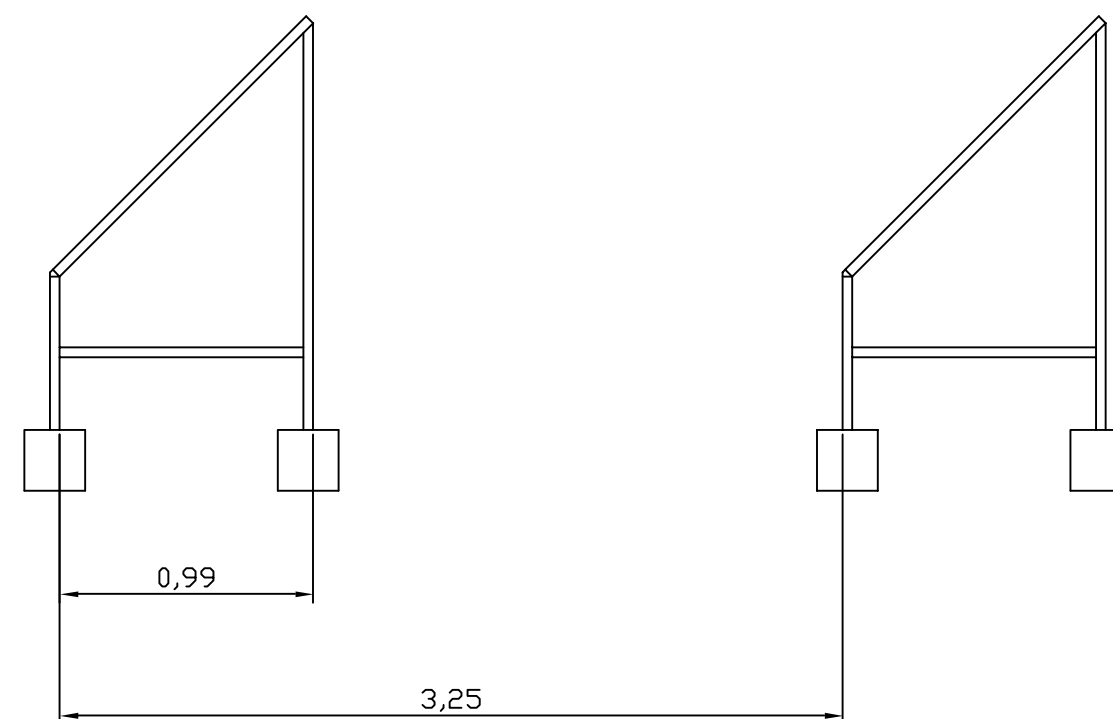


1:5

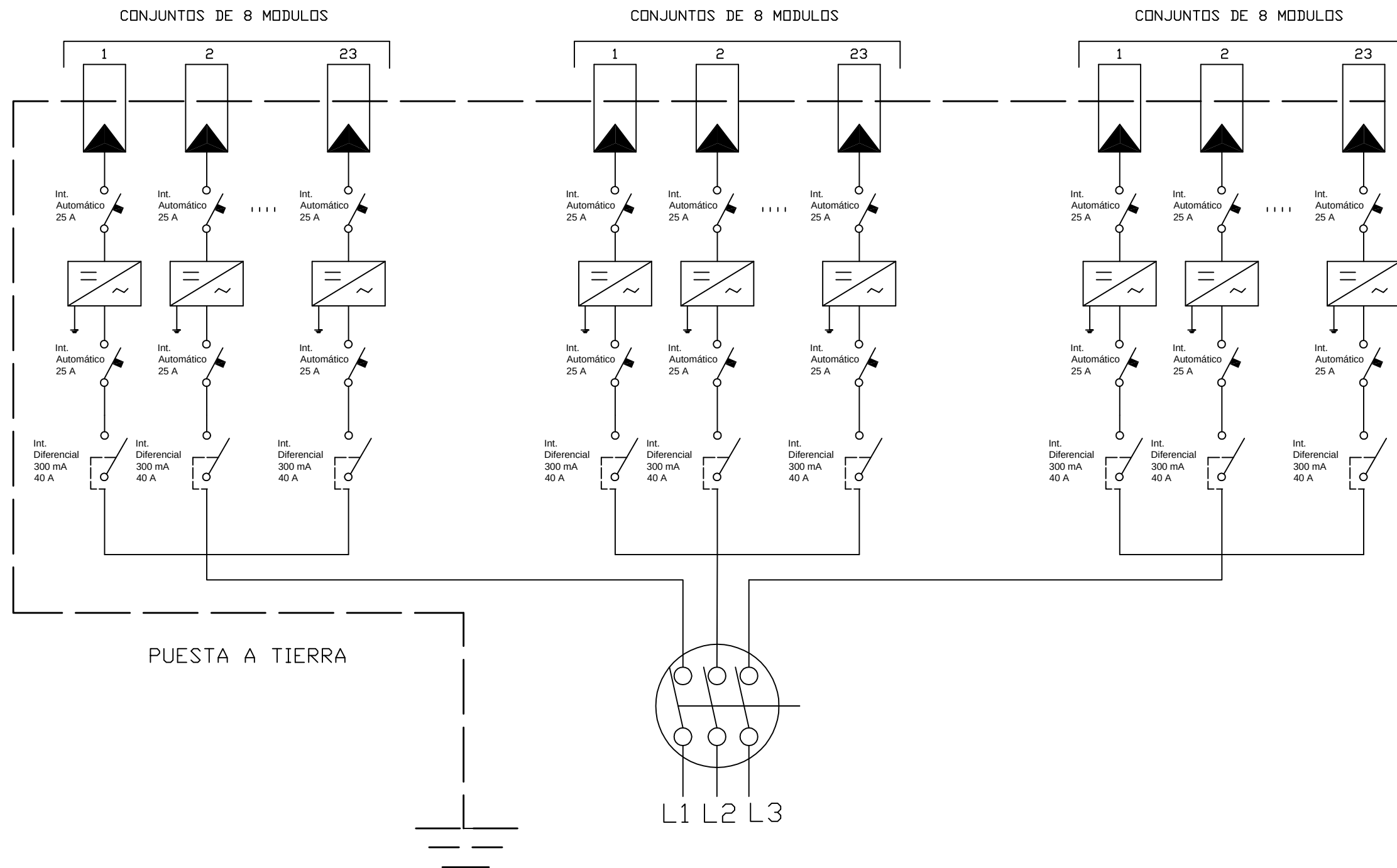
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Serra	
<i>Comprovat</i>		J.R. López	
<i>S.normes</i>		UNE	
<i>Escala</i>	DETALLES PLACA SOLAR		PLÀNOL N.95
1:10			Sustitueix a
			Sustituit per



DISTANCIA ENTRE FILAS DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR</i>
<i>Dibuixat</i>	Març 2004	J. Serra		
<i>Comprovat</i>		J.R. López		
<i>S.normes</i>		UNE		
<i>Escala</i>	<i>ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LOS PANELES</i>			<i>PLÀNOL N.96</i>
1:10				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



	Data	Nom	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL ALMACENAMIENTO DE UNA INDUSTRIA FRIGORIFICA CON PRODUCCIÓN DE ENERGIA SOLAR	
Dibuixat	Maig 2004	J. Serra		
Comprovat		J.R. López		
S.normes		UNE		
Escala	ESQUEMA ELECTRICO			PLÀNOL N.97
				Sustitueix a
				Sustituit per



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Automatización y control de una industria frigorífica con producción de energía solar

4. Presupuesto

AUTORES: Joaquim Colomé Capera,
Jaume Serra Serrahima .

DIRECTOR: José Ramón López López .

FECHA: Marzo / 2004.

INDICE

1- MEDICIONES	3
Capítulo 1: Obra civil	3
Capítulo 2: Instalación Frigorífica	4
Capítulo 3: Instalación Eléctrica	10
Capítulo 4: Central solar fotovoltaica conectada a la red	20
Capítulo 5: Estación transformadora y línea de alta tensión	22
2- CUADRO DE PRECIOS	26
Capítulo 1: Obra Civil	26
Capítulo 2: Instalación Hidráulica	27
Capítulo 3: Instalación Eléctrica	35
Capítulo 4: Central solar fotovoltaica conectada a la red	47
Capítulo 5: Estación transformadora y línea de alta tensión	49
3- APLICACIÓN DE PRECIOS	53
Capítulo 1: Obra Civil	53
Capítulo 2: Instalación Hidráulica	54
Capítulo 3: Instalación Eléctrica	62
Capítulo 4: Central solar fotovoltaica conectada a la red	74
Capítulo 5: Estación transformadora y línea de alta tensión	76
4-. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	80

1. MEDICIONES

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
1-01	M³	EXCAVACIÓN ZANJA INSTAL. H<=1 TERR. COMPACTO, MED. MEC. Excavación de zanja para paso de instalaciones hasta 1m de profundidad, en terreno compacto, con medios mecánicos y con tierras dejadas en el lado.	30	0,5	1	12	180
1-02	M³	SUBMINISTRO DE MATERIAL DE APORTACIÓN Suministro de arena de cantera.	30	1	0,4	12	144
1-03	M³	SUBMINISTRO DE MATERIAL DE APORTACIÓN Suministro de mezcla de cantera	30	1	0,4	12	144
1-04	M³	RELLENADO DE GRAVA ZANJA DE AMPL.. HASTA 0,8 M. MAT. APORT. Rellenado de la zanja de ancho hasta 0,8 m con material seleccionado en serie, de grosos desde 20 cm.	30	0,5	0,4	12	72
1-05	M³	RELLENADO DE GRAVA + PICO DE ZANJA DESDE 0,2 A 0 M MAT SELEC., G <= 20 CM, PICO VIBRANTE, 95% Rellenado de la zanja de ancho hasta la totalidad con tierras naturales utilizando pico vibrante con compactación del 95%.	30	0,5	0,2	12	36

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
2-10	U	RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 400 dm ³				2	2
2-11	U	RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 115 dm ³				2	2
2-12	U	PURGADOR ELECTRÓNICO DE INCONDENSABLES Purgador electrónico de incondensables DANFOSS.				6	6
2-13	U	EVAPORADOR AIRCOIL FD 2302 Para R-717. Capacidad frigorífica 297,44 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.				20	20
2-14	U	EVAPORADOR AIRCOIL FD 1626 Para R-717. Capacidad frigorífica 210,12 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.				10	10
2-15	U	EVAPORADOR AIRCOIL FD 1841 Para R-717. Capacidad frigorífica 214,13 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.				10	10
2-16	U	EVAPORADOR AIRCOIL FD 384 Para R-717. Capacidad frigorífica 44,71 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.				10	10
2-17	U	VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 85-85 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 372 kW.				20	20
2-18	U	VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 85-55 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 244 kW.				20	20
2-19	U	VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 20-12 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 52,3 kW.				10	10

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
2-20	U	VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 4" para NH ₃				33	33
2-21	U	VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 4"				15	15
2-22	U	VÁLVULA DE PRESIÓN CONSTANTE Válvula de presión constante para NH ₃ de 4 "				10	10
2-23	U	VÁLVULA DE PRESIÓN CONSTANTE Válvula de presión constante para NH ₃ de 3 ½ "				10	10
2-24	U	VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 3 ½ " para NH ₃				28	28
2-25	U	VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 2 " para NH ₃				12	12
2-26	U	VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 1 ½" para NH ₃				5	5
2-27	U	VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 1 " para NH ₃				5	5
2-28	U	VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 3 ½ "				15	15
2-29	U	VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 3"				10	10
2-30	U	VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 2"				20	20
2-34	U	FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antipartículas de 4"				20	20

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
2-35	U	FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antipartículas de 3 ½ ”				10	10
2-36	U	FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antipartículas de 3”				10	10
2-37	U	FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antipartículas de 2 ”				8	8
2-38	U	FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antipartículas de 1 ½ ”				15	15
2-39	U	VÁLVULA ANTIRETORNO Válvula antiretorno de 4” para NH ₃				33	33
2-40	U	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ALTA Y BAJA Presostato diferencial de alta presión NH ₃				10	10
2-41	U	PRESOSTATO DE ALTA CONDENSADOR Presostato de alta para control de condensador evaporativo.				6	6
2-42	U	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE Presostato diferencial de aceite automático				10	10
2-43	U	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE BOMBAS Presostato diferencial de bombas NH ₃				6	6
2-44	U	TERMOSTATO ACEITE Termostato aceite compresores				10	10
2-45	U	CONDENSADOR EVAPORATIVO ATC-1800 Condensador evaporativo EVAPCO ATG1800. Capacidad de evacuación térmica de 7.754 kW.				1	1
2-46	U	MANÓMETRO Manómetro de alta y baja				36	36

N°	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	N° Uds	Total
2-47	M	TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 4"				1.500	1.500
2-48	M	TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 3 ½ "				1.200	1.200
2-49	M	TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 3"				900	900
2-50	M	TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 2 "				1.050	1.050
2-51	M	TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 1 ½ "				400	400
2-52	M	TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 1 "				250	250
2-53	M	COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 4"				1.500	1.500
2-54	M	COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 3 ½ "				1.200	1.200
2-55	M	COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 3"				900	900
2-56	M	COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 2"				1.050	1.050
2-57	M	COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 1 ½ "				400	400
2-58	M	COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 1"				250	250

N°	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	N° Uds	Total
2-59	U	AISLAMIENTO DE CÁMARAS Aislamiento de cámaras panel prefabricado tipo sándwich de poliuretano de 10 cm de espesor y de 165 m ² .				33	33
2-60	U	AISLAMIENTO DE CÁMARAS Aislamiento de cámaras panel prefabricado tipo sándwich de poliuretano de 20 cm de espesor y de 165 m ² .				85	85
2-61	U	PUERTA DOBLE HOJA TAVER INSTACLAK Puerta doble hoja frigorífica modelo M3P para congelación. De acero y chapa lacada. Provista de resistencia eléctrica.				6	6
2-62	U	VENTILADOR EXTRACTOR S&P mod. HXTR /4-560 Ventilador helicoidal con hélice SICKLE y motor de rotor externo. Caudal máximo 12.460 m ³ /h. Monofásico 230 V.				1	1

CAPÍTULO 3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

N°	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	N° Uds	Total
3-01	U	ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN Armario Florida F4 metálico IP43. contactos indirectos clase 1, toma de tierra, tensión nominal de aislamiento de 750 V.				20	20
3-02	U	ACCESORIOS ARMARIOS DE DISTRIBUCIÓN Accesorios armarios de distribución para la colocación de la aparamenta. Incluye iluminación del armario.				20	20
3-03	U	INT. DIFERENCIAL DE 800 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ, PRES. Interruptor diferencial de 800 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión				7	7
3-04	U	INT. DIFERENCIAL DE 630 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 630 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión.				5	5
3-05	U	INT. DIFERENCIAL DE 200 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 200 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión.				2	2
3-06	U	INT. DIFERENCIAL DE 63 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 63 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión.				4	4
3-07	U	INT. DIFERENCIAL DE 40 A,(IV) , SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 40 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión				91	91

N°	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	N° Uds	Total
3-08	U	INT. DIFERENCIAL DE 40 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 40 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión				16	16
3-9	U	INT. DIFERENCIAL DE 63 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 63 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión				5	5
3-10	U	INT. AUT. DE 800 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 800 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				7	7
3-11	U	INT. AUT. DE 630 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 630 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				5	5
3-12	U	INT. AUT. DE 200 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 200 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				2	2
3-13	U	INT. AUT. DE 125 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 125 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				2	2
3-14	U	INT. AUT. DE 50 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 50 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				7	7
3-15	U	INT. AUT. DE 30 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 30 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				4	4
3-16	U	INT. AUT. DE 25 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 25 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				50	50
3-17	U	INT. AUT. DE 15 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 15 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				2	2

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
3-18	U	INT. AUT. DE 10 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 10 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión				215	215
3-19	U	BORNE DE SALIDA DE 6 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 6 mm ²				784	784
3-20	U	BORNE DE SALIDA DE 10 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 10 mm ²				250	250
3-21	U	BORNE DE SALIDA DE 25 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 25 mm ²				75	75
3-22	U	BORNE DE SALIDA DE 50 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 50 mm ²				75	75
3-23	U	BORNE DE SALIDA DE 95 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 95 mm ²				75	75
3-24	U	JUEGO DE BARRAS DE COBRE DE 50 x 5 mm Juego de barras de cobre de 50 x 5 mm, mas soporte				20	20
3-25	U	MODULOS REPARTIDORES MULTICLIPS Módulos repartidores multiclip				150	150
3-26	U	EQUIPO DE VAPOR DE MERCURIO 400 W Luminaria industrial estanca IP 54 con gancho para colgar y reflectores lisos de aluminio anonizado con equipo de vapor Hg 400 W				247	247
3-27	U	LÁMPARA VAPOR MERCURIO 400 W Lámpara de vapor de mercurio de 400 W. Con flujo luminoso de 24.000 lm.				247	247

N°	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	N° Uds	Total
3-28	U	LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 35 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de láminas de aluminio.				12	12
3-29	U	LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 28 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30				11	11
3-30	U	LUMINARIA FLUORESCENTE 1 x 58 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30				75	75
3-31	U	LUMINARIA FLUORESCENTE 3 x 58 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30				75	75
3-32	U	LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 80 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30				12	12
3-33	U	LÁMPARA FLUORESCENTE 35 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 35 W. Con flujo luminoso de 3.300 lm.				16	16
3-34	U	LÁMPARA FLUORESCENTE 28 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 28 W. Con flujo luminoso de 2.600 lm.				22	22
3-35	U	LÁMPARA FLUORESCENTE 58 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 58 W. Con flujo luminoso de 5.200 lm.				209	209
3-36	U	LÁMPARA FLUORESCENTE 80 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 80 W. Con flujo luminoso de 6.150 lm.				24	24
3-37	U	EQUIPOS EMERGENCIA Equipos de emergencia y señalización equipado con equipo de autonomía para 120 minutos				50	50

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
3-38	U	PULSADOR DE EMERGENCIA PUERTA Pulsador de emergencia puerta cámaras.				6	6
3-39	U	SIRENA ACUSTICA Y LUMINOSA Sirena de 24 V cc				6	6
3-40	U	TIMBRE Timbre de 24 V cc				6	6
3-41	U	HACHA TIPO BOMBERO Hacha tipo Bombero con hoja de acero				6	6
3-42	M	CONDUCTOR RETENAX FLAM 6 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 6 mm ²				22.775	22.775
3-43	M	CONDUCTOR RETENAX FLAM 10 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 10 mm ²				9.800	9.800
3-44	M	CONDUCTOR RETENAX FLAM 25 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 25 mm ²				5.450	5.450
3-45	M	CONDUCTOR RETENAX FLAM 50 mm² TRIPOLAR + TT Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 50 mm ²				275	275
3-46	M	CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 95 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 95 mm ²				200	200

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
3-47	M	CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 150 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 150 mm ²				1.770	1.770
3-48	M	CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 240 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 240 mm ²				1.000	1.000
3-49	U	ENCHUFE (II + t) 16 A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 16 A tipo 2 montado superficialmente				21	21
3-50	U	ENCHUFE (II + t) 32 A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 32 A tipo 2 montado superficialmente				4	4
3-51	U	ENCHUFE (II + t) 10/16A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 10/16 A tipo 2 montado superficialmente				11	11
3-52	U	CAJA UNIVERSAL DE EMPOTRAR Caja universal de empotrar de plástico				125	125
3-53	U	INTERRUPTOR 20 A, t2, MONT. SUPERF. Interruptor de 20 A tipo 2 y montado superficialmente IP 55				10	10
3-54	U	CONMUTADOR 20 A, t 2, MONT. SUPERF. Conmutador 20 A tipo 2 y montado superficialmente IP 55				14	14
3-55	U	CAJA DE EMPALME ESTANCA IP 65 Caja de empalme estancaa IP 65 de 9 entradas				110	110
3-56	U	CAJA DE EMPALME ESTANCA IP 65 Caja de empalme estanca IP 65 de 7 entradas				85	85

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
3-57	U	ARRANCADOR ESTRELLA-TRIANGULO 21 NYF 400 ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 375 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro				3	3
3-58	U	ARRANCADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO 21 NYF 250 ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 250 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro				2	2
3-59	U	ARRANCADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO 21 DYF 65E ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 59 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro				4	4
3-60	U	VARIADOR DE FRECUENCIA LG SV 220 iH4U Variador de frecuencia para regulación de velocidad de motores de hasta 300 kW. Comunicación mediante PROFIBUS-DP.				4	4
3-61	U	VARIADOR DE FRECUENCIA LG SV 045 iH4U Variador de frecuencia para regulación de velocidad de motores de hasta 45 kW. Comunicación mediante PROFIBUS-DP.				2	2
3-62	U	CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 B630 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 335 kW				8	8
3-63	U	CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 B400 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 225 kW				8	8
3-64	U	CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BF95C 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 50 kW				2	2

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
3-65	U	CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BF25C 01 Contactor (III) para el control de motores de hasta 12,5 kW				49	49
3-66	U	CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BG09C 01D Contactor (III) para el control de motores de hasta 4 kW				210	210
3-67	U	RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF630 650 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 450 a 650 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.				4	4
3-68	U	RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF400 420 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 250 a 420 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.				4	4
3-69	U	RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF180 100 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 60 a 100 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.				2	2
3-70	U	RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA95 0 33 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 20 a 33 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.				4	4
3-71	U	RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA95 0 23 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 20 a 33 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.				45	45
3-72	U	RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA25 75 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 4,5 a 7,5 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.				210	210

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
3-73	U	PILOTO LUMINOSO DE SEÑALIZACIÓN ZB4-BVM3 T.M. VERDE Señalización el correcto funcionamiento de los diferentes aparellajes.				220	220
3-74	U	PILOTO LUMINOSO DE SEÑALIZACIÓN ZB4-BVM4 T.M ROJO Señalización del accionamiento de reles de protección				220	220
3-75	U	SENSOR DE FUGA GAS AMONIACO Sensor detector de fuga amoníaco en sala de máquinas.				1	1
3-76	U	SENSOR DE TEMPERATURA DANFOSS Sensor de temperatura rango de -40° C a +125° C				36	36
3-77	U	PICA DE TIERRA Pica de cobre de 2 m de longitud.				18	18
3-78	M	CONDUCTOR DE TIERRA Conductor de tierra de cobre desnudo 35 mm ²				500	500
3-79	U	AUTÓMATA PROGRAMABLE SIMATIC S7 315 2 DP Controlador lógico Programable para automatizar las cámaras. Programación mediante PC portátil.				7	7
3-80	U	MÓDULO 16 ENTRADAS DIGITALES EM321 Módulo de 16 entradas digitales 24 VDC para S7 - 300				6	6
3-81	U	MÓDULO 32 SALIDAS DIGITALES EM322 Módulo de 32 salidas digitales 24 VDC para S7 - 300				18	18
3-82	U	MÓDULO 8 ENTRADAS ANALÓGICAS EM331 Módulo de 8 entradas analógicas resolución 9/12/14 bits +/- 10 VDC +/- 500mVDC , 4-20 mA para S7-300				18	18

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
3-83	M	TUBO CORRUGADO DE PROTECCIÓN DE SUPERFICIE Y EMPOTRADO. BANDEJA METALICA PARA LA CANALIZACIÓN DE CONDUCTORES. SOPORTES Y OTRO MATERIAL PEQUEÑO Tubo corrugado, bandeja metálica y material pequeño				1.000	1.000
3-84	U	GRUPO ELECTRÓGENO SAVOIA JJM625 625 kVA Grupo electrógeno de 625 kVA en servicio continuo y 730 kVA de servicio de emergencia.				1	1
3-84	U	VENTILADOR EXTRACTOR S&P mod. HXTR /6-710 Ventilador helicoidal con hélice SICKLE y motor de rotor externo. Caudal máximo 16.668 m ³ /h. Monofásico 230 V.				1	1

CAPÍTULO 4: CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
4-01	U	MODULO FOTOVOLTAICO A-130 ATERSA suministrado, instalado y conectado				5520	5520
4-02	U	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, Acero inoxidable, tipo A-1ATERSA, suministrado e instalado.				5520	5520
4-03	U	INVERSOR DE CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA 6000 VA MARCA ATERSA MODELO TAURO PR 6000/8 suministrado, instalado y conectado				138	138
4-04	U	MATERIAL DIVERSO CORRESPONDIENTE A LA FIJACIÓN DE LOS EQUIPOS suministrado e instalado.				1	1
4-05	U	Interruptor diferencial bipolar de intensidad nominal 40A y sensibilidad 30mA				138	138
4-07	U	Interruptor general automático magnetotérmico de intensidad nominal 3A				139	139
4-08	U	Interruptor general automático magnetotérmico de intensidad nominal 50A				138	138
4-09	M	Conductor de cobre de designación UNE 21123 RV-K 0.3/0.5KV, sección 35mm ²				2000	2000

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
4-10	U	CONDUCTOR DE COBRE de designación UNE 21123 RV-K 0.3/0.5KV, sección 1.5mm2				1500	1500
4-11	U	CONDUCTOR DE COBRE de puesta a tierra deseccción 35mm2				2000	2000
4-12	U	TUBO DE PVC de 50mm2 de diámetro				1000	1000
4-13	U	TUBO DE PVC de 60mm2 de diámetro				100	1000
4-14	U	PIQUETA DE CONEXIÓN A TIERRA de acero y recubierta de cobre de 16mm de diámetro y 2m de longitud				8	8
4-15	U	ARMARIO STAB UNIVERSAL SIEMENS monobloc IP-55 600 + 250x235x1800. Suministrado y colocado.				138	138
4-16	U	CAJA DE CONEXIONES BJC IP-55 de aluminio 110x110x45 mm. Instalada superficialmente.				138	138

CAPÍTULO 5: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
5-01	U	JUEGO DE 2 CARRILES SOPORTE DE TRANSFORMADOR Juego de 2 carriles para soporte de transformador, instalados.				2	2
5-02	U	CIERRE METÁLICO EN MALLA DE ACERO PROT. CONT. TRANSF. Cierre metálico en malla de acero para la protección contra contactos en el transformador , instalado.				2	2
5-03	U	PUERTA ACCESO TRANSFORMADOR Puerta para acceso de transformadores, modelo normalizado según proyecto.				3	3
5-04	U	PUERTA ACCESO PEATONES C.T. Puerta de acceso peatones al centro de transformación de tipo normalizado, instalada.				1	1
5-05	U	CANALIZACIÓN MEDIANTE FOSO CABLES DE A.T. DE ACOMETIDA AL C.T. Canalización mediante foso de los cables de A.T. de acometida al centro, así como de los cables de interconexión entre celdas de protección y transformador, materiales y mano de obra incluidos.				1	1
5-07	U	JUEGO DE 3 CONECTORES ENCHUFABLES 400 A Juego de 3 conectores enchufables-roscados de 400 A para las funciones de línea de compacto CAS36.				4	4
5-08	U	CABINA DE REMONTE DE CABLES Cabina de remonte cables Merlin Gerin gama SM6, mod. GAME3616.				1	1
5-09	U	CABINA DE MEDIDA DE CABLES Cabina de medida Merlin Gerin gama SM6, mod. GBCEA333616 equipada con tres transformadores de intensidad, y tres de tensión.				1	1

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
5-10	U	CABINA DE SECCIONAMIENTO SME3616 Cabina de seccionamiento Merlin Gerin gama SM6, mod. SME3616, con seccionador en SF6, enclavamiento con cerradura y remonte de barras.				1	1
5-11	U	CABINA DISYUNTOR TIPO SFSET Cabina disyuntor Merlin Gerin gama SM6, mod. DM1CZ3616 con seccionador en SF6, disyuntor tipo SFSET en SF6 con bobina de disparo, s.p.a.t., captadores de intensidad, relé VIP 201 para protección indirecta y enclavamientos				2	2
5-12	U	TRANSFORMADOR LLENADO INTEGRAL Transformador r llenado integral, UNE 20138 marca Merlin Gerin Cevelsa, de interior y en baño de aceite mineral. Características: - Potencia nominal: 2000 kVA. - Relación: 25/0.42 KV.				2	2
5-13	U	RELÉ DGPT2 DETECCIÓN DE GAS Relé DGPT2 para detección de gas, presión y temperatura del transformador, con sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.				2	2
5-14	U	JUEGO PUENTES III CABLES A.T. Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 18/30 kV, de 95 mm2 en Al con sus correspondientes elementos de conexión				2	2
5-15	U	JUEGO PUENTES III CABLES B.T. Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0.6/1 kV de Al, de 4x240mm2 para las fases y de 3x240mm2 para el neutro				2	2
5-16	U	CUADRO DE B.T. PROTECCIÓN SALIDA TRANSFORMADOR Cuadro de Baja Tensión para protección de salida de transformador conteniendo un interruptor automático Masterpact M 32, tetrapolar, de calibre 3200 A regulables, instalado				2	2

N°	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	N° Uds	Total
5-17	U	CONJUNTO RECTIBLOC MERLÍN GERIN Conjunto RECTIBLOC Merlin Gerin formado por una batería BT de condensadores tipo Varplus de 120 kVAr, protegida contra sobrentensidades mediante interruptor automático, con cubrebornas, con las conexiones al secundario del transformador.				2	2
5-18	U	CUADRO CONTADORES FORMADO ARMARIO HIMEL Cuadro contadores formado por armario HIMEL conteniendo un contador kWh cl.1 ST, un kVArh cl.3, ambos con emisor de impulsos, y un tarificador electrónico de tarifa estacional debidamente montado e instalado según memoria y normativa de la compañía.				1	1
5-19	U	TIERRAS EXTERIORES Tierras exteriores código 5/64 Unesa, incluyendo 6 picas de 4 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado				2	2
5-20	U	PUNTO DE LUZ INCANDESCENTE Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.				2	2
5-21	U	PUNTO DE LUZ EMERGENCIA Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.				1	1
5-22	U	SISTEMA FIJO DE DETECCIÓN Y PREVENCIÓN DE INCENDIOS Sistema fijo de detección y extinción de incendios según características indicadas en memoria para el conjunto del centro de transformación, con plano detallado e instrucciones de funcionamiento, pruebas y mantenimiento, instalado.				1	1
5-23	U	BANQUETA AISLANTE Banqueta aislante para maniobrar aparamenta				1	1
5-24	U	PAR DE GUANTES Par de guantes de maniobra.				1	1

Nº	Uds	Descripción	Long.	Anch.	Alt.	Nº Uds	Total
5-25	U	PLACA REGLAMENTARIA PELIGRO DE MUERTE Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas				2	2
5-26	U	PLACA REGLAMENTARIA PRIMEROS AUXILIOS Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.				1	1

2. CUADRO DE PRECIOS

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
1-01	180	m³ EXCAVACIÓN ZANJA INSTAL. H<=1 TERR. COMPACTO, MED. MEC. Excavación de zanja para paso de instalaciones hasta 1m de profundidad, en terreno compacto, con medios mecánicos y con tierras dejadas en el lado.	40	7.200	7.200,00
1-02	144	m³ SUBMINISTRO DE MATERIAL DE APORTACIÓN Suministro de arena de cantera.	8,10	1.166,40	1.166,40
1-03	144	m³ SUBMINISTRO DE MATERIAL DE APORTACIÓN Suministro de mezcla de cantera	7,50	1.080,00	1.080,00
1-04	72	m³ RELLENADO DE GRAVA ZANJA DE AMPL.. HASTA 0,8 M. MAT. APORT. Rellenado de la zanja de ancho hasta 0,8 m con material seleccionado en serie, de grosos desde 20 cm.	36,00	2.592,00	5.184,00
	72	Retroexcavadora pequeña	36,00	2.592,00	
1-05	36	m³ RELLENADO DE GRAVA + PICO DE ZANJA DESDE 0,2 A 0 M MAT SELEC., G <= 20 CM, PICO VIBRANTE, 95 % Rellenado de la zanja de ancho hasta la totalidad con tierras naturales utilizando pico vibrante con compactación del 95%.	36,00	1.296,00	2.592,00
	36	Retroexcavadora pequeña	36,00	1.296,00	

CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-01	5	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 2.375 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 800 kW asistido por motor eléctrico de 300 kW.	72.630,00	363.150,00	363.150,00
2-02	4	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 1.750 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 600 kW asistido por motor eléctrico de 215 kW.	58.560,00	234.240,00	234.240,00
2-03	1	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 712 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 90 kW asistido por motor eléctrico de 27,9 kW.	10.890,00	10.890,00	10.890,00
2-04	1	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 871 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 110,1 kW asistido por motor eléctrico de 34,3 kW.	13.872,00	13.872,00	13.872,00
2-05	5	u SEPARADOR DE BAJA Recipiente separador de baja de 250 dm ³	3.255,00	16.275,00	16.275,00
2-06	4	u SEPARADOR DE BAJA Recipiente separador de baja de 200 dm ³	2.876,00	11.504,00	11.504,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-07	3	u SEPARADOR DE BAJA Recipiente separador de baja de 50 dm ³ .	2.560	7.680,00	7.680,00
2-08	7	u BOMBA DE AMONIACO CORNELL Bomba para NH ₃ capaz de suministrar 11.000 l/h. Consumo de 5,5 kW.	2.575,00	18.025	18.025
2-09	2	u RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 500 dm ³	1.895,00	3.790,00	3.790,00
2-10	2	u RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 400 dm ³	1.685,00	3.370,00	3.370,00
2-11	2	u RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 115 dm ³	958,00	1.916,00	1.916,00
2-12	6	u PURGADOR ELECTRÓNICO DE INCONDENSABLES Purgador electrónico de incondensables DANFOSS.	1.947,00	11.682,00	11.682,00
2-13	20	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 2302 Para R-717. Capacidad frigorífica 297,44 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	8.950,00	179.000,00	179.000,00
2-14	10	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 1626 Para R-717. Capacidad frigorífica 210,12 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	7.825,00	78.250,00	78.250,00
2-15	10	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 1841 Para R-717. Capacidad frigorífica 214,13 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	8.045,00	80.450,00	80.450,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-16	10	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 384 Para R-717. Capacidad frigorífica 44,71 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	3.279,00	32.790,00	32.790,00
2-17	20	u VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 85-85 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 372 kW.	145,00	2.900,00	2.900,00
2-18	20	u VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 85-55 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 244 kW.	132,00	2.640,00	2.640,00
2-19	10	u VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 20-12 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 52,3 kW.	64,50	645,00	645,00
2-20	33	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 4" para NH ₃	6,50	214,5	214,50
2-21	15	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 4"	150,00	2.250,00	2.250,00
2-22	10	u VÁLVULA DE PRESIÓN CONSTANTE Válvula de presión constante para NH ₃ de 4 "	132,00	1.320	1.320,00
2-23	10	u VÁLVULA DE PRESIÓN CONSTANTE Válvula de presión constante para NH ₃ de 3 ½ "	123,00	1.230,00	1.230,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-24	28	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 3 ½ " para NH ₃	8,50	238,00	238,00
2-25	12	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 2 " para NH ₃	7,55	90,60	90,60
2-26	5	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 1 ½" para NH ₃	5,80	29,00	29,00
2-27	5	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 1 " para NH ₃	4,5	22,5	22,5
2-28	15	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 3 ½ "	135,00	2.025,00	2.025,00
2-29	10	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 3"	128,50	1.285,00	1.285,00
2-30	20	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 2"	121,45	2.429,00	2.429,00
2-31	20	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antipartículas de 4"	145,00	2.900,00	2.900,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-33	10	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 3 ½ ”	132,00	1.320,00	1.320,00
2-34	10	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 3”	115,00	1.150,00	1.150,00
2-35	8	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 2 ”	105,00	840,00	840,00
2-36	15	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 1 ½ ”	90,00	1.350,00	1.350,00
2-37	33	u VÁLVULA ANTIRETORNO Válvula antiretorno de 4” para NH ₃	190,00	6.270,00	6.270,00
2-38	10	u PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ALTA Y BAJA Presostato diferencial de alta presión NH ₃	205,00	2.050,00	2.050,00
2-39	6	u PRESOSTATO DE ALTA CONDENSADOR Presostato de alta para control de condensador evaporativo.	125,00	750,00	750,00
2-40	10	u PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE Presostato diferencial de aceite automático	130,00	1.300,00	1.300,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-41	6	u PRESOSTATO DIFERENCIAL DE BOMBAS Presostato diferencial de bombas NH ₃	60,00	360,00	360,00
2-42	10	u TERMOSTATO ACEITE Termostato aceite compresores	30,00	300,00	300,00
2-43	1	u CONDENSADOR EVAPORATIVO ATC -1800 Condensador evaporativo EVAPCO ATG1800. Capacidad de evacuación térmica de 7.754 kW.	45.840,00	45.840,00	45.840,00
2-44	36	u MANÓMETRO Manómetro de alta y baja	30,05	1.080,00	1.080,00
2-45	1.500	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 4"	2,25	3.375,00	3.375,00
2-46	1.200	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 3 ½ "	1,95	2.340,00	2.340,00
2-47	900	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 3"	1,75	1.575,00	1.575,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-48	1.050	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 2 "	1,50	1.575,00	1.575,00
2-49	400	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 1 ½ "	1,25	500,00	500,00
2-50	250	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 1 "	1,05	262,50	262,50
2-51	1.500	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 4"	1,50	2.250,00	2.250,00
2-52	1.200	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 3 ½ "	1,25	1.500,00	1.500,00
2-53	900	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 3"	1,00	900,00	900,00
2-54	1.050	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 2"	0,75	787,50	787,50
2-55	400	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 1 ½ "	0,60	240,00	240,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-56	250	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 1"	0,45	112,50	112,50
2-57	33	u AISLAMIENTO DE CÁMARAS Aislamiento de cámaras panel prefabricado tipo sándwich de poliuretano de 10 cm de espesor y de 165 m ² .	155,00	5.115,00	5.115,00
2-58	85	u AISLAMIENTO DE CÁMARAS Aislamiento de cámaras panel prefabricado tipo sándwich de poliuretano de 20 cm de espesor y de 165 m ² .	215,00	18.275,00	18.275,00
2-59	6	u PUERTA DOBLE HOJA TAVER INSTACLAK Puerta doble hoja frigorífica modelo M3P para congelación. De acero y chapa lacada. Provista de resistencia eléctrica.	115,00	690,00	690,00
2-60	1	u VENTILADOR EXTRACTOR S&P mod. HXTR /4-560 Ventilador helicoidal con hélice SICKLE y motor de rotor externo. Caudal máximo 12.460 m ³ /h. Monofásico 230 V.	65,00	65,00	65,00
2-61	(hrs)	u MANO DE OBRA De la instalación se hará cargo una empresa especializada que constará de los siguientes operarios.			
1	650	Oficial de primera (1)	25,00		
2	650	Oficial de segunda (2)	20,00		
3	650	Ayudante montador (3)	12,00	65.650,00	65.650,00

CAPÍTULO3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-01	20	u ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN Armario Florida F4 metálico IP43. contactos indirectos clase 1, toma de tierra, tensión nominal de aislamiento de 750 V.	292,09	5.841,80	5.841,80
3-02	1	u ACCESORIOS ARMARIOS DE DISTRIBUCIÓN Accesorios armarios de distribución para la colocación de la aparamenta. Incluye iluminación del armario.	2.598,00	2.598,00	2.598,00
3-03	7	u INT. DIFERENCIAL DE 800 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ, PRES. Interruptor diferencial de 800 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión	150,00	1.050,00	1.050,00
3-04	5	u INT. DIFERENCIAL DE 630 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 630 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión.	138,00	690,00	690,00
3-05	2	u INT. DIFERENCIAL DE 200 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 200 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión.	110,00	220,00	220,00
3-06	4	u INT. DIFERENCIAL DE 63 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 63 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión.	58,00	232,00	232,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-07	91	u INT. DIFERENCIAL DE 40 A,(IV) , SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 40 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión	47,50	4.322,50	4.322,50
3-08	16	u INT. DIFERENCIAL DE 40 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 40 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión	52,00	832,00	832,00
3-09	5	u INT. DIFERENCIAL DE 63 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 63 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión	58,00	290,00	290,00
3-10	7	u INT. AUT. DE 800 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 800 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	165,00	1.155,00	1.155,00
3-11	5	u INT. AUT. DE 630 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 630 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	141,39	706,95	706,95
3-12	2	u INT. AUT. DE 200 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 200 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	115,00	230,00	230,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-13	2	u INT. AUT. DE 125 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 125 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión con sensibilidad de 1.500 MA y fijado a presión	105,00	210,00	210,00
3-14	7	u INT. AUT. DE 50 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 50 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	95,00	665,00	665,00
3-15	4	u INT. AUT. DE 30 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 30 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	65,00	260,00	260,00
3-16	50	u INT. AUT. DE 25 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 25 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	55,00	2.750,00	2.750,00
3-17	2	u INT. AUT. DE 15 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 15 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	45,00	90,00	90,00
3-18	215	u INT. AUT. DE 10 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 10 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	35,00	7.525,00	7.525,00
3-19	784	u BORNE DE SALIDA DE 6 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 6 mm ²	1,30	1.019,20	1.019,2

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-20	250	u BORNE DE SALIDA DE 10 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 10 mm ²	1,60	400,00	400,00
3-21	75	u BORNE DE SALIDA DE 25 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 25 mm ²	1,85	138,75	138,75
3-22	75	u BORNE DE SALIDA DE 50 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 50 mm ²	1,95	146,25	146,25
3-23	75	u BORNE DE SALIDA DE 95 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 95 mm ²	2,10	157,50	157,50
3-24	20	u JUEGO DE BARRAS DE COBRE DE 50 x 5 mm Juego de barras de cobre de 50 x 5 mm, mas soporte	25,24	504,80	504,80
3-25	150	u MODULOS REPARTIDORES MULTICLIPS Módulos repartidores multiclip	26,5	3.975,00	3.975,00
3-26	247	u EQUIPO DE VAPOR DE MERCURIO 400 W Luminaria industrial estanca IP 54 con gancho para colgar y reflectores lisos de aluminio anonizado con equipo de vapor Hg 400 W	95,00	23.465,00	23.465,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-27	247	u LÁMPARA VAPOR MERCURIO 400 W Lámpara de vapor de mercurio de 400 W. Con flujo luminoso de 24.000 lm.	35,00	8.645,00	8.645,00
3-28	12	u LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 35 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de láminas de aluminio.	72,00	864,00	864,00
3-29	11	u LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 28 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	55,00	605,00	605,00
3-30	75	u LUMINARIA FLUORESCENTE 1 x 58 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	51,00	3.825,00	3.825,00
3-31	75	u LUMINARIA FLUORESCENTE 3 x 58 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	95,00	7.125,00	7.125,00
3-32	12	u LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 80 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	125,00	1.500,00	1.500,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-33	16	u LÁMPARA FLUORESCENTE TL-5 PHILIPS 35 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 35 W. Con flujo luminoso de 3.300 lm.	3,50	56,00	56,00
3-34	22	u LÁMPARA FLUORESCENTE 28 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 28 W. Con flujo luminoso de 2.600 lm.	3,25	71,50	71,50
3-35	209	u LÁMPARA FLUORESCENTE 58 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 58 W. Con flujo luminoso de 5.200 lm.	4,50	940,50	940,50
3-36	24	u LÁMPARA FLUORESCENTE 80 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 80 W. Con flujo luminoso de 6.150 lm.	5,75	138,00	138,00
3-37	50	u EQUIPOS EMERGENCIA Equipos de emergencia y señalización equipado con equipo de autonomía para 120 minutos	25,30	1.265,00	1.265,00
3-38	6	u PULSADOR DE EMERGENCIA PUERTA Pulsador de emergencia puerta cámaras.	15,50	93,00	93,00
3-39	6	u SIRENA ACUSTICA Y LUMINOSA Sirena de 24 V cc	65,00	390,00	390,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-40	6	u TIMBRE Timbre de 24 V cc	33,58	201,48	201,48
3-41	6	u HACHA TIPO BOMBERO Hacha tipo Bombero con hoja de acero	22,75	136,50	136,50
3-42	22.775	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 6 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 6 mm ²	2,50	56.937,50	56.937,50
3-43	9.800	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 10 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 10 mm ²	2,75	26.950,00	29.950,00
3-44	5.450	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 25 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 25 mm ²	3,00	16.350,00	16.350,00
3-45	275	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 50 mm² TRIPOLAR + TT Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 50 mm ²	3,50	962,50	962,50
3-46	200	m CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 95 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 95 mm ²	9,50	1.900,00	1.900,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-47	1.770	m CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 150 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 150 mm ²	12,35	21.859,50	21.859,50
3-48	1.000	m CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 240 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 240 mm ²	15,25	15.250,00	15.250,00
3-49	21	u ENCHUFE (II + t) 16 A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 16 A tipo 2 montado superficialmente.	5,75	120,75	120,75
3-50	4	u ENCHUFE (II + t) 32 A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 32 A tipo 2 montado superficialmente.	9,75	39,00	39,00
3-51	11	u ENCHUFE (II + t) 10/16A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 10/16 A tipo 2 montado superficialmente	7,50	82,50	82,50
3-52	125	u CAJA UNIVERSAL DE EMPOTRAR Caja universal de empotrar de plástico	0,60	75,00	75,00
3-53	10	u INTERRUPTOR 20 A, t2, MONT. SUPERF. Interruptor de 20 A tipo 2 y montado superficialmente IP 55	4,20	42,00	42,00
3-54	14	u CONMUTADOR 20 A, t 2, MONT. SUPERF. Conmutador 20 A tipo 2 y montado superficialmente IP 55	4,20	58,80	58,80

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-55	110	u CAJA DE EMPALME ESTANCA IP 65 Caja de empalme estanca IP 65 de 9 entradas	6,60	726,00	726,00
3-56	85	u CAJA DE EMPALME ESTANCA IP 65 Caja de empalme estanca IP 65 de 7 entradas	5,25	446,25	446,25
3-57	3	u ARRANCADOR ESTRELLA-TRIANGULO 21 NYF 400 ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 375 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro	1.442,89	4.328,67	4.328,67
3-58	2	u ARRANCADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO 21 NYF 250 ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 250 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro	1.185,55	2.371,10	2.371,10
3-59	4	u ARRANCADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO 21 DYF 65E ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 59 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro	755,85	3.023,4	3.023,4
3-60	4	u VARIADOR DE FRECUENCIA LG SV 220 iH4U Variador de frecuencia para regulación de velocidad de motores de hasta 300 kW. Comunicación mediante PROFIBUS-DP.	1.850,00	7.400,00	7.400,00
3-61	2	u VARIADOR DE FRECUENCIA LG SV 045 iH4U Variador de frecuencia para regulación de velocidad de motores de hasta 45 kW. Comunicación mediante PROFIBUS-DP.	1.245,87	2.491,74	2.491,74

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-62	8	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 B630 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 335 kW	95,85	766,80	766,80
3-63	8	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 B400 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 225 kW	74,65	597,20	597,20
3-64	2	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BF95C 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 50 kW	48,75	97,50	97,50
3-65	49	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BF25C 01 Contactor (III) para el control de motores de hasta 12,5 kW	26,78	1.312,22	1.312,22
3-66	210	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BG09C 01D Contactor (III) para el control de motores de hasta 4 kW	18,59	3.903,90	3.903,90
3-67	4	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF630 650 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 450 a 650 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	115,89	463,56	463,56
3-68	4	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF400 420 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 250 a 420 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	105,65	422,60	422,60
3-69	2	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF180 100 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 60 a 100 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	78,95	157,90	157,90

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-70	4	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA95 0 33 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 20 a 33 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	59,74	238,96	238,96
3-71	45	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA95 0 23 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 20 a 33 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	59,74	2.668,30	2.668,30
3-72	210	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA25 75 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 4,5 a 7,5 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	35,45	7.444,50	7.444,50
3-73	220	u PILOTO LUMINOSO DE SEÑALIZACIÓN ZB4-BVM3 T.M. VERDE Señalización el correcto funcionamiento de los diferentes aparellajes.	5,05	1.111,00	1.111,00
3-74	220	u PILOTO LUMINOSO DE SEÑALIZACIÓN ZB4-BVM4 T.M ROJO Señalización del accionamiento de reles de protección	5,05	1.111,00	1.111,00
3-75	1	u SENSOR DE FUGA GAS AMONIACO Sensor detector de fuga amoníaco en sala de máquinas.	36,55	36,55	36,55
3-76	36	u SENSOR DE TEMPERATURA DANFOSS Sensor de temperatura rango de -40° C a +125° C	19,78	712,08	712,08
3-77	18	u PICA DE TIERRA Pica de cobre de 2 m de longitud.	21,25	382,50	382,50
3-78	500	m CONDUCTOR DE TIERRA Conductor de tierra de cobre desnudo 35 mm ²	12,45	6.225,00	6.225,00

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-79	7	u AUTÓMATA PROGRAMABLE SIMATIC S7 315 2 DP Controlador Lógico Programable para automatizar las cámaras. Programación mediante PC portátil.	2.243,55	15.704,85	15.704,85
3-80	6	u MÓDULO 16 ENTRADAS DIGITALES EM321 Módulo de 16 entradas digitales 24 VDC para S7 -300	296,06	1.776,36	1.776,36
3-81	18	u MÓDULO 32 SALIDAS DIGITALES EM322 Módulo de 32 salidas digitales 24 VDC para S7 -300	525,89	9.466,02	9.466,02
3-82	18	u MÓDULO 8 ENTRADAS ANALÓGICAS EM331 Módulo de 8 entradas analógicas resolución 9/12/14 bits +/- 10 VDC +/- 500mVDC , 4-20 mA para S7 -300	852,79	15.350,22	15.350,22
3-83	1.000	u TUBO CORRUGADO DE PROTECCIÓN DE SUPERFICIE Y EMPOTRADO. BANDEJA METALICA PARA LA CANALIZACIÓN DE CONDUCTORES. SOPORTES Y OTRO MATERIAL PEQUEÑO Tubo corrugado, bandeja metálica y material pequeño	2,15	2.100,00	2.100,00
3-84	1	u GRUPO ELECTRÓGENO SAVOIA JJM625 625 kVA Grupo electrógeno de 625 kVA en servicio continuo y 730 kVA de servicio de emergencia.	4.500,00	4.500,00	4.500,00
3-85	1	u VENTILADOR EXTRACTOR S&P mod. HXTR /6-710 Ventilador helicoidal con hélice SICKLE y motor de rotor externo. Caudal máximo 16.668 m ³ /h. Monofásico 230 V.	115,00	115,00	115,00
3-86	(hrs)	u MANO DE OBRA De la instalación se hará cargo una empresa especializada que constará de los siguientes operarios			
	600	Oficial de primera (3)	24,00		
	600	Ayudante montador (3)	15,00	70.200,00	70.200,00

CAPÍTULO 4: CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
4-01	5520	MODULO FOTOVOLTAICO A-130 ATERSA suministrado, instalado y conectado	439,87	2904754,34	2904754,34
4-02	5520	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, Acero inoxidable, tipo A-1ATERSA, suministrado e instalado.	60,59	6967,17	6967,17
4-03	138	INVERSOR DE CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA 6000 VA MARCA ATERSA MODELO TAURO PR 6000/8 suministrado, instalado y conectado	368,79	1.406,37	1.406,37
4-04	1	MATERIAL DIVERSO CORRESPONDIENTE A LA FIJACIÓN DE LOS EQUIPOS suministrado e instalado.	375,45	375,45	375,45
4-05	138	Interruptor diferencial bipolar de intensidad nominal 40A y sensibilidad 30mA	91,50	931,50	931,50
4-06	139	Interruptor general automático magnetotérmico de intensidad nominal 3A	75,24	3.100,96	3.100,96

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
4-07	2000	CONDUCTOR DE COBRE de designación UNE 21123 RV-K 0.3/0.5KV, sección 1.5mm2	1,15	1.953,15	1.953,15
4-08	15000	CONDUCTOR DE COBRE de puesta a tierra de sección 35mm2	1,53	1.455,53	1.455,53
4-09	1	TUBO DE PVC de 50mm2 de diámetro	2.914,66	2.914,66	2.914,66
4-10	2000	TUBO DE PVC de 60mm2 de diámetro	7,20	35.240,40	35.240,40
4-11	2000	PIQUETA DE CONEXIÓN A TIERRA de acero y recubierta de cobre de 16mm de diámetro y 2m de longitud	6,35	52.932,70	52.932,70
4-12	2	ARMARIO STAB UNIVERSAL SIEMENS monobloc IP-55 600 + 250x235x1800. Suministrado y colocado.	71,15	143,30	1.43,30

CAPÍTULO 5: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-01	2	u JUEGO DE 2 CARRILES SOPORTE DE TRANSFORMADOR Juego de 2 carriles para soporte de transformador, instalados.	102,17	204,34	204,34
5-02	2	u CIERRE METÁLICO EN MALLA DE ACERO PROT. CONT. TRANSF. Cierre metálico en malla de acero para la protección contra contactos en el transformador , instalado.	348,59	697,17	697,17
5-03	3	u PUERTA ACCESO TRANSFORMADOR Puerta para acceso de transformadores, modelo normalizado según proyecto.	468,79	1.406,37	1.406,37
5-04	1	u PUERTA ACCESO PEATONES C.T. Puerta de acceso peatones al centro de transformación de tipo normalizado, instalada.	375,45	375,45	375,45
5-05	1	u CANALIZACIÓN MEDIANTE FOSO CABLES DE A.T. DE ACOMETIDA AL C.T. Canalización mediante foso de los cables de A.T. de acometida al centro, así como de los cables de interconexión entre celdas de protección y transformador, materiales y mano de obra incluidos.	931,50	931,50	931,50
5-06	4	u JUEGO DE 3 CONECTORES ENCHUFABLES 400 A Juego de 3 conectores enchufables-roscados de 400 A para las funciones de línea de compacto CAS36.	775,24	3.100,96	3.100,96

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-07	1	u CABINA DE REMONTE DE CABLES Cabina de remonte cables Merlin Gerin gama SM6, mod. GAME3616.	1.953,15	1.953,15	1.953,15
5-08	1	u CABINA DE MEDIDA DE CABLES Cabina de medida Merlin Gerin gama SM6, mod. GBCEA333616 equipada con tres transformadores de intensidad, y tres de tensión.	8.455,53	8.455,53	8.455,53
5-09	1	u CABINA DE SECCIONAMIENTO SME3616 Cabina de seccionamiento Merlin Gerin gama SM6, mod. SME3616, con seccionador en SF6, enclavamiento con cerradura y remonte de barras.	2.914,66	2.914,66	2.914,66
5-10	2	u CABINA DISYUNTOR TIPO SFSET Cabina disyuntor Merlin Gerin gama SM6, mod. DM1CZ3616 con seccionador en SF6, disyuntor tipo SFSET en SF6 con bobina de disparo, s.p.a.t., captadores de intensidad, relé VIP 201 para protección indirecta y enclavamientos.	17.620,20	35.240,40	35.240,40
5-11	2	u TRANSFORMADOR LLENADO INTEGRAL Transformador llenado integral, UNE 20138 marca Merlin Gerin Cevelsa, de interior y en baño de aceite mineral. Características: - Potencia nominal: 2.000 kVA. - Relación: 25/0,42 KV.	26.466,35	52.932,70	52.932,70
5-12	2	u RELÉ DGPT2 DETECCIÓN DE GAS Relé DGPT2 para detección de gas, presión y temperatura del transformador, con sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.	715,15	1.430,30	1.430,30

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-13	2	u JUEGO PUENTES III CABLES A.T. Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 18/30 kV, de 95 mm ² en Al con sus correspondientes elementos de conexión	937,50	1.875,00	1.875,00
5-14	2	u CUADRO DE B.T. PROTECCIÓN SALIDA TRANSFORMADOR Cuadro de Baja Tensión para protección de salida de transformador conteniendo un interruptor automático Masterpact M 32, tetrapolar, de calibre 3200 A regulables, instalado	14.020,43	28.040,86	28.040,86
5-15	2	u CONJUNTO RECTIBLOC MERLÍN GERIN Conjunto RECTIBLOC Merlin Gerin formado por una batería BT de condensadores tipo Varplus de 120 kVAr, protegida contra sobreintensidades mediante interruptor automático, con cubrebornas, con las conexiones al secundario del transformador.	1.893,03	3.786,06	3.786,06
5-16	1	u CUADRO CONTADORES FORMADO ARMARIO HIMEL Cuadro contadores formado por armario HIMEL conteniendo un contador kWh cl.1 ST, un kVArh cl.3, ambos con emisor de impulsos, y un tarificador electrónico de tarifa estacional debidamente montado e instalado según memoria y normativa de la compañía.	4.104,58	4.104,58	4.104,58
5-17	2	u TIERRAS EXTERIORES Tierras exteriores código 5/64 Unesa, incluyendo 6 picas de 4 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado	1.442,31	2.884,62	2.884,62
5-18	2	u PUNTO DE LUZ INCANDESCENTE Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	418,99	837,98	837,98

Nº	Uds	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-19	1	u PUNTO DE LUZ EMERGENCIA Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.	156,25	156,25	156,25
5-20	1	u SISTEMA FIJO DE DETECCIÓN Y PREVENCIÓN DE INCENDIOS Sistema fijo de detección y extinción de incendios según características indicadas en memoria para el conjunto del centro de transformación, con plano detallado e instrucciones de funcionamiento, pruebas y mantenimiento, instalado.	6.616,59	6.616,59	6.616,59
5-21	1	u BANQUETA AISLANTE Banqueta aislante para maniobrar aparamenta	150,00	150,00	150,00
5-22	1	u PAR DE GUANTES Par de guantes de maniobra.	100,00	100,00	100,00
5-23	2	u PLACA REGLAMENTARIA PELIGRO DE MUERTE Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas	12,00	24,00	24,00
5-24	1	u PLACA REGLAMENTARIA PRIMEROS AUXILIOS Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	12,00	12,00	12,00

3. APLICACIÓN DE PRECIOS

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
1-01	m³ EXCAVACIÓN ZANJA INSTAL. H<=1 TERR. COMPACTO, MED. MEC. Excavación de zanja para paso de instalaciones hasta 1m de profundidad, en terreno compacto, con medios mecánicos y con tierras dejadas en el lado.	40	7.200	7.200,00
1-02	m³ SUBMINISTRO DE MATERIAL DE APORTACIÓN Suministro de arena de cantera.	8,10	1.166,40	1.166,40
1-03	m³ SUBMINISTRO DE MATERIAL DE APORTACIÓN Suministro de mezcla de cantera	7,50	1.080,00	1.080,00
1-04	m³ RELLENADO DE GRAVA ZANJA DE AMPL.. HASTA 0,8 M. MAT. APORT. Rellenado de la zanja de ancho hasta 0,8 m con material seleccionado en serie, de grosos desde 20 cm. Mano de obra especialista Retroexcavadora pequeña	36,00 36,00	2.592,00 2.592,00	5.184,00
1-05	m³ RELLENADO DE GRAVA + PICO DE ZANJA DESDE 0,2 A 0 M MAT SELEC., G <= 20 C M , PICO VIBRANTE, 95% Rellenado de la zanja de ancho hasta la totalidad con tierras naturales utilizando pico vibrante con compactación del 95%. Mano de obra especialista Retroexcavadora pequeña	36,00 36,00	1.296,00 1.296,00	2.592,00

TOTAL OBRA CIVIL: 17.222,40

CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
2-01	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 2.375 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 800 kW asistido por motor eléctrico de 300 kW.	72.630,00	363.150,00	363.150,00
2-02	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 1.750 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 600 kW asistido por motor eléctrico de 215 kW.	58.560,00	234.240,00	234.240,00
2-03	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 712 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 90 kW asistido por motor eléctrico de 27,9 kW.	10.890,00	10.890,00	10.890,00
2-04	u COMPRESOR ROTATIVO HELICOIDAL (DE TORNILLO) PARA R-717 (NH3). Compresor de tornillo produce un desplazamiento de 871 m ³ /h en 3.000 rpm. Dando a media temperatura una potencia frigorífica de 110,1 kW asistido por motor eléctrico de 34,3 kW.	13.872,00	13.872,00	13.872,00
2-05	u SEPARADOR DE BAJA Recipiente separador de baja de 250 dm ³	3.255,00	16.275,00	16.275,00
2-06	u SEPARADOR DE BAJA Recipiente separador de baja de 200 dm ³	2.876,00	11.504,00	11.504,00
2-07	u SEPARADOR DE BAJA Recipiente separador de baja de 50 dm ³ .	2.560	7.680,00	7.680,00
2-08	u BOMBA DE AMONIACO CORNELL Bomba para NH ₃ capaz de suministrar 11.000 l/h. Consumo de 5,5 kW.	2.575,00	18.025,00	18.025,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
2-09	u RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 500 dm ³	1.895,00	3.790,00	3.790,00
2-10	u RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 400 dm ³	1.685,00	3.370,00	3.370,00
2-11	u RECIPIENTE DE LIQUIDO Recipiente de líquido para NH ₃ de 115 dm ³	958,00	1.916,00	1.916,00
2-12	u PURGADOR ELECTRÓNICO DE INCONDENSABLES Purgador electrónico de incondensables DANFOSS.	1.947,00	11.682,00	11.682,00
2-13	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 2302 Para R-717. Capacidad frigorífica 297,44 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	8.950,00	179.000,00	179.000,00
2-14	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 1626 Para R-717. Capacidad frigorífica 210,12 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	7.825,00	78.250,00	78.250,00
2-15	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 1841 Para R-717. Capacidad frigorífica 214,13 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	8.045,00	80.450,00	80.450,00
2-16	u EVAPORADOR AIRCOIL FD 384 Para R-717. Capacidad frigorífica 44,71 kW. Separación de aletas de 5,1 mm.	3.279,00	32.790,00	32.790,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
2-17	u VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 85-85 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 372 kW.	145,00	2.900,00	2.900,00
2-18	u VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 85-55 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 244 kW.	132,00	2.640,00	2.640,00
2-19	u VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERM. ELEC.. DANFOSS TEAQ 20-12 Válvula de expansión termostática electrónica con una capacidad de 52,3 kW.	64,50	645,00	645,00
2-20	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 4" para NH ₃	6,50	214,5	214,50
2-21	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 4"	150,00	2.250,00	2.250,00
2-22	u VÁLVULA DE PRESIÓN CONSTANTE Válvula de presión constante para NH ₃ de 4 "	132,00	1.320	1.320,00
2-23	u VÁLVULA DE PRESIÓN CONSTANTE Válvula de presión constante para NH ₃ de 3 ½ "	123,00	1.230,00	1.230,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
2-24	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 3 ½ " para NH ₃	8,50	238,00	238,00
2-25	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 2 " para NH ₃	7,55	90,60	90,60
2-26	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 1 ½ " para NH ₃	5,80	29,00	29,00
2-27	u VÁLVULA MANUAL DE CIERRE Válvula manual de cierre de 1 " para NH ₃	4,5	22,5	22,5
2-28	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 3 ½ "	135,00	2.025,00	2.025,00
2-29	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 3"	128,50	1.285,00	1.285,00
2-30	u VÁLVULA SOLENOIDE Válvula solenoide para NH ₃ de 2"	121,45	2.429,00	2.429,00
2-31	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antipartículas de 4"	145,00	2.900,00	2.900,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
2-32	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 3 ½ ”	132,00	1.320,00	1.320,00
2-33	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 3”	115,00	1.150,00	1.150,00
2-34	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 2 ”	105,00	840,00	840,00
2-35	u FILTRO DESHIDRATADOR Filtro deshidratador y antiparticulas de 1 ½ ”	90,00	1.350,00	1.350,00
2-36	u VÁLVULA ANTIRETORNO Válvula antiretorno de 4” para NH ₃	190,00	6.270,00	6.270,00
2-37	u PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ALTA Y BAJA Presostato diferencial de alta presión NH ₃	205,00	2.050,00	2.050,00
2-38	u PRESOSTATO DE ALTA CONDENSADOR Presostato de alta para control de condensador evaporativo.	125,00	750,00	750,00
2-39	u PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE Presostato diferencial de aceite automático	130,00	1.300,00	1.300,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
2-40	u PRESOSTATO DIFERENCIAL DE BOMBAS Presostato diferencial de bombas NH ₃	60,00	360,00	360,00
2-41	u TERMOSTATO ACEITE Termostato aceite compresores	30,00	300,00	300,00
2-42	u CONDENSADOR EVAPORATIVO ATC -1800 Condensador evaporativo EVAPCO ATG1800. Capacidad de evacuación térmica de 7.754 kW.	45.840,00	45.840,00	45.840,00
2-43	u MANÓMETRO Manómetro de alta y baja	30,05	1.080,00	1.080,00
2-44	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 4"	2,25	3.375,00	3.375,00
2-45	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 3 ½ "	1,95	2.340,00	2.340,00
2-46	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 3"	1,75	1.575,00	1.575,00
2-47	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 2 "	1,50	1.575,00	1.575,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
2-48	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 1 ½ ”	1,25	500,00	500,00
2-49	m TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO Tubería de acero estirado de 1 ”	1,05	262,50	262,50
2-50	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 4”	1,50	2.250,00	2.250,00
2-51	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 3 ½ ”	1,25	1.500,00	1.500,00
2-52	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 3”	1,00	900,00	900,00
2-53	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 2”	0,75	787,50	787,50
2-54	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 1 ½ ”	0,60	240,00	240,00
2-55	m COQUILLA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Coquillas de aislamiento de tuberías 1”	0,45	112,50	112,50

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
2-56	u AISLAMIENTO DE CÁMARAS Aislamiento de cámaras panel prefabricado tipo sándwich de poliuretano de 10 cm de espesor y de 165 m ² .	155,00	5.115,00	5.115,00
2-57	u AISLAMIENTO DE CÁMARAS Aislamiento de cámaras panel prefabricado tipo sándwich de poliuretano de 20 cm de espesor y de 165 m ² .	215,00	18.275,00	18.275,00
2-58	u PUERTA DOBLE HOJA TAVER INSTACLAK Puerta doble hoja frigorífica modelo M3P para congelación. De acero y chapa lacada. Provista de resistencia eléctrica.	115,00	690,00	690,00
2-59	u VENTILADOR EXTRACTOR S&P mod. HXTR /4-560 Ventilador helicoidal con hélice SICKLE y motor de rotor externo. Caudal máximo 12.460 m ³ /h. Monofásico 230 V.	65,00	65,00	65,00
2-60	u MANO DE OBRA De la instalación se hará cargo una empresa especializada que constará de los siguientes operarios.			
	Oficial de primera (1)	25,00		
	Oficial de segunda (2)	20,00		
	Ayudante montador (3)	12,00	65.650,00	65.650,00

TOTAL INSTALACIÓN FRIGORÍFICA: 1.254.925,10

CAPÍTULO 3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-01	u ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN Armario Florida F4 metálico IP43. contactos indirectos clase 1, toma de tierra, tensión nominal de aislamiento de 750 V.	292,09	5.841,80	5.841,80
3-02	u ACCESORIOS ARMARIOS DE DISTRIBUCIÓN Accesorios armarios de distribución para la colocación de la aparamenta. Incluye iluminación del armario.	2.598,00	2.598,00	2.598,00
3-03	u INT. DIFERENCIAL DE 800 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ, PRES. Interruptor diferencial de 800 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión	150,00	1.050,00	1.050,00
3-04	u INT. DIFERENCIAL DE 630 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 630 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión.	138,00	690,00	690,00
3-05	u INT. DIFERENCIAL DE 200 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 200 A de intensidad nominal, bipolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión.	110,00	220,00	220,00
3-06	u INT. DIFERENCIAL DE 63 A (IV), SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 63 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión.	58,00	232,00	232,00

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-07	u INT. DIFERENCIAL DE 40 A,(IV) , SENSIB, 0,3 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 40 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,3 A y fijada a presión	47,50	4.322,50	4.322,50
3-08	u INT. DIFERENCIAL DE 40 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 40 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión	52,00	832,00	832,00
3-09	u INT. DIFERENCIAL DE 63 A (IV), SENSIB, 0,03 A, FIJ. PRESION. Interruptor diferencial de 63 A de intensidad nominal, tripolar con sensibilidad de 0,03 A y fijada a presión	58,00	290,00	290,00
3-10	u INT. AUT. DE 800 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 800 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	165,00	1.155,00	1.155,00
3-11	u INT. AUT. DE 630 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 630 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	141,39	706,95	706,95
3-12	u INT. AUT. DE 200 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 200 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	115,00	230,00	230,00

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-13	u INT. AUT. DE 125 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 125 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión con sensibilidad de 1.500 MA y fijado a presión	105,00	210,00	210,00
3-14	u INT. AUT. DE 50 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 50 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	95,00	665,00	665,00
3-15	u INT. AUT. DE 30 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 30 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	65,00	260,00	260,00
3-16	u INT. AUT. DE 25 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 25 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	55,00	2.750,00	2.750,00
3-17	u INT. AUT. DE 15 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 15 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	45,00	90,00	90,00
3-18	u INT. AUT. DE 10 A (IV), FIJ. PRESION. Interruptor automático de 10 A de intensidad nominal, tripolar y fijado a presión	35,00	7.525,00	7.525,00
3-19	u BORNE DE SALIDA DE 6 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 6 mm ²	1,30	1.019,20	1.019,2

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-20	u BORNE DE SALIDA DE 10 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 10 mm ²	1,60	400,00	400,00
3-21	u BORNE DE SALIDA DE 25 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 25 mm ²	1,85	138,75	138,75
3-22	u BORNE DE SALIDA DE 50 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 50 mm ²	1,95	146,25	146,25
3-23	u BORNE DE SALIDA DE 95 mm² Borne de salida por conexión rápida para conductores de 95 mm ²	2,10	157,50	157,50
3-24	u JUEGO DE BARRAS DE COBRE DE 50 x 5 mm Juego de barras de cobre de 50 x 5 mm, mas soporte	25,24	504,80	504,80
3-25	u MODULOS REPARTIDORES MULTICLIPS Módulos repartidores multiclip	26,5	3.975,00	3.975,00
3-26	u EQUIPO DE VAPOR DE MERCURIO 400 W Luminaria industrial estanca IP 54 con gancho para colgar y reflectores lisos de aluminio anodizado con equipo de vapor Hg 400 W	95,00	23.465,00	23.465,00

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-27	u LÁMPARA VAPOR MERCURIO 400 W Lámpara de vapor de mercurio de 400 W. Con flujo luminoso de 24.000 lm.	35,00	8.645,00	8.645,00
3-28	u LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 35 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de láminas de aluminio.	72,00	864,00	864,00
3-29	u LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 28 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	55,00	605,00	605,00
3-30	u LUMINARIA FLUORESCENTE 1 x 58 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	51,00	3.825,00	3.825,00
3-31	u LUMINARIA FLUORESCENTE 3 x 58 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	95,00	7.125,00	7.125,00
3-32	u LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 80 W Bandeja portatubos construida con chapa de acero fosfatada y pintada, portatubos de rotor en resort, difusor de metacrilato IP 30	125,00	1.500,00	1.500,00

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
3-33	u LÁMPARA FLUORESCENTE TL-5 PHILIPS 35 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 35 W. Con flujo luminoso de 3.300 lm.	3,50	56,00	56,00
3-34	u LÁMPARA FLUORESCENTE 28 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 28 W. Con flujo luminoso de 2.600 lm.	3,25	71,50	71,50
3-35	u LÁMPARA FLUORESCENTE 58 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 58 W. Con flujo luminoso de 5.200 lm.	4,50	940,50	940,50
3-36	u LÁMPARA FLUORESCENTE 80 W Lámpara fluorescente TL-5 PHILIPS de 80 W. Con flujo luminoso de 6.150 lm.	5,75	138,00	138,00
3-37	u EQUIPOS EMERGENCIA Equipos de emergencia y señalización equipado con equipo de autonomía para 120 minutos	25,30	1.265,00	1.265,00
3-38	u PULSADOR DE EMERGENCIA PUERTA Pulsador de emergencia puerta cámaras.	15,50	93,00	93,00
3-39	u SIRENA ACUSTICA Y LUMINOSA Sirena de 24 V cc	65,00	390,00	390,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
3-40	u TIMBRE Timbre de 24 V cc	33,58	201,48	201,48
3-41	u HACHA TIPO BOMBERO Hacha tipo Bombero con hoja de acero	22,75	136,50	136,50
3-42	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 6 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 6 mm ²	2,50	56.937,50	56.937,50
3-43	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 10 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 10 mm ²	2,75	26.950,00	29.950,00
3-44	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 25 mm² TRIPOLAR + N Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 25 mm ²	3,00	16.350,00	16.350,00
3-45	m CONDUCTOR RETENAX FLAM 50 mm² TRIPOLAR + TT Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 50 mm ²	3,50	962,50	962,50
3-46	m CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 95 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 95 mm ²	9,50	1.900,00	1.900,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
3-47	m CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 150 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 150 mm ²	12,35	21.859,50	21.859,50
3-48	m CONDUCTOR RETENAX FLAM ARMADO 240 mm² UNIPOLAR Conductor Cu electrolítico, flexibilidad clase 1, temperatura máxima en servicio continuo 90°, en cortocircuito 250°, aislamiento polietileno reticulado (XLPE) de 240 mm ²	15,25	15.250,00	15.250,00
3-49	u ENCHUFE (II + t) 16 A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 16 A tipo 2 montado superficialmente.	5,75	120,75	120,75
3-50	u ENCHUFE (II + t) 32 A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 32 A tipo 2 montado superficialmente.	9,75	39,00	39,00
3-51	u ENCHUFE (II + t) 10/16A MONT. SUP. Enchufe bipolar mas toma de tierra de 10/16 A tipo 2 montado superficialmente	7,50	82,50	82,50
3-52	u CAJA UNIVERSAL DE EMPOTRAR Caja universal de empotrar de plástico	0,60	75,00	75,00
3-53	u INTERRUPTOR 20 A, t2, MONT. SUPERF. Interruptor de 20 A tipo 2 y montado superficialmente IP 55	4,20	42,00	42,00
3-54	u CONMUTADOR 20 A, t 2, MONT. SUPERF. Conmutador 20 A tipo 2 y montado superficialmente IP 55	4,20	58,80	58,80

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
3-55	u CAJA DE EMPALME ESTANCA IP 65 Caja de empalme estanca IP 65 de 9 entradas	6,60	726,00	726,00
3-56	u CAJA DE EMPALME ESTANCA IP 65 Caja de empalme estanca IP 65 de 7 entradas	5,25	446,25	446,25
3-57	u ARRANCADOR ESTRELLA-TRIANGULO 21 NYF 400 ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 375 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro	1.442,89	4.328,67	4.328,67
3-58	u ARRANCADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO 21 NYF 250 ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 250 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro	1.185,55	2.371,10	2.371,10
3-59	u ARRANCADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO 21 DYF 65E ELECTROMECAÁNICO Equipo arrancador estrella-triángulo con temporizador electrónico para potencias hasta 59 kW. Limita la intensidad de arranque a 1,5 I _N según R.E.B.T. fijado en cuadro	755,85	3.023,4	3.023,4
3-60	u VARIADOR DE FRECUENCIA LG SV 220 iH4U Variador de frecuencia para regulación de velocidad de motores de hasta 300 kW. Comunicación mediante PROFIBUS-DP.	1.850,00	7.400,00	7.400,00
3-61	u VARIADOR DE FRECUENCIA LG SV 045 iH4U Variador de frecuencia para regulación de velocidad de motores de hasta 45 kW. Comunicación mediante PROFIBUS-DP.	1.245,87	2.491,74	2.491,74

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
3-62	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 B630 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 335 kW	95,85	766,80	766,80
3-63	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 B400 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 225 kW	74,65	597,20	597,20
3-64	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BF95C 00 Contactor (III) para el control de motores de hasta 50 kW	48,75	97,50	97,50
3-65	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BF25C 01 Contactor (III) para el control de motores de hasta 12,5 kW	26,78	1.312,22	1.312,22
3-66	u CONTACTOR TRIPOLAR LOVATO ELECTRIC 11 BG09C 01D Contactor (III) para el control de motores de hasta 4 kW	18,59	3.903,90	3.903,90
3-67	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF630 650 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 450 a 650 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	115,89	463,56	463,56
3-68	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF400 420 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 250 a 420 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	105,65	422,60	422,60
3-69	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RF180 100 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 60 a 100 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	78,95	157,90	157,90

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
3-70	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA95 0 33 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 20 a 33 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	59,74	238,96	238,96
3-71	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA95 0 23 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 20 a 33 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	59,74	2.668,30	2.668,30
3-72	u RELE TERMICO LOVATO ELECTRIC 11 RFA25 75 Protección térmica del motor mediante relé térmico regulable de 4,5 a 7,5 A. Sensible al fallo de fase y rearme automático.	35,45	7.444,50	7.444,50
3-73	u PILOTO LUMINOSO DE SEÑALIZACIÓN ZB4-BVM3 T.M. VERDE Señalización el correcto funcionamiento de los diferentes aparellajes.	5,05	1.111,00	1.111,00
3-74	u PILOTO LUMINOSO DE SEÑALIZACIÓN ZB4-BVM4 T.M ROJO Señalización del accionamiento de reles de protección	5,05	1.111,00	1.111,00
3-75	u SENSOR DE FUGA GAS AMONIACO Sensor detector de fuga amoníaco en sala de máquinas.	36,55	36,55	36,55
3-76	u SENSOR DE TEMPERATURA DANFOSS Sensor de temperatura rango de -40° C a +125° C	19,78	712,08	712,08
3-77	u PICA DE TIERRA Pica de cobre de 2 m de longitud.	21,25	382,50	382,50
3-78	m CONDUCTOR DE TIERRA Conductor de tierra de cobre desnudo 35 mm ²	12,45	6.225,00	6.225,00

Nº	Descripción	Cantidad	Precio Euros	Importe
3-79	u AUTÓMATA PROGRAMABLE SIMATIC S7 315 2 DP Controlador Lógico Programable para automatizar las cámaras. Programación mediante PC portátil.	2.243,55	15.704,85	15.704,85
3-80	u MÓDULO 16 ENTRADAS DIGITALES EM321 Módulo de 16 entradas digitales 24 VDC para S7-300	296,06	1.776,36	1.776,36
3-81	u MÓDULO 32 SALIDAS DIGITALES EM322 Módulo de 32 salidas digitales 24 VDC para S7-300	525,89	9.466,02	9.466,02
3-82	u MÓDULO 8 ENTRADAS ANALÓGICAS EM331 Módulo de 8 entradas analógicas resolución 9/12/14 bits +/- 10 VDC -/+ 500mVDC , 4-20 mA para S7-300	852,79	15.350,22	15.350,22
3-83	u TUBO CORRUGADO DE PROTECCIÓN DE SUPERFICIE Y EMPOTRADO. BANDEJA METALICA PARA LA CANALIZACIÓN DE CONDUCTORES. SOPORTES Y OTRO MATERIAL PEQUEÑO Tubo corrugado, bandeja metálica y material pequeño	2,15	2.100,00	2.100,00
3-84	u GRUPO ELECTRÓGENO SAVOIA JJM625 625 kVA Grupo electrógeno de 625 kVA en servicio continuo y 730 kVA de servicio de emergencia.	4.500,00	4.500,00	4.500,00
3-85	u VENTILADOR EXTRACTOR S&P mod. HXTR /6-710 Ventilador helicoidal con hélice SICKLE y motor de rotor externo. Caudal máximo 16.668 m ³ /h. Monofásico 230 V.	115,00	115,00	115,00
3-86	u MANO DE OBRA De la instalación se hará cargo una empresa especializada que constará de los siguientes operarios Oficial de primera (3) Ayudante montador (3)	24,00 15,00	70.200,00	70.200,00

TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA: 396.609,46

CAPÍTULO 4: CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
4-01	MODULO FOTOVOLTAICO A-130 ATERSA suministrado, instalado y conectado	102,17	204,34	204,34
4-02	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, Acero inoxidable, tipo A-1ATERSA, suministrado e instalado.	348,59	697,17	697,17
4-03	INVERSOR DE CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA 6000 VA MARCA ATERSA MODELO TAURO PR 6000/8 suministrado, instalado y conectado	468,79	1.406,37	1.406,37
4-04	MATERIAL DIVERSO CORRESPONDIENTE A LA FIJACIÓN DE LOS EQUIPOS suministrado e instalado.	375,45	375,45	375,45
4-05	Interruptor diferencial bipolar de intensidad nominal 40A y sensibilidad 30mA	931,50	931,50	931,50
4-06	Interruptor general automático magnetotérmico de intensidad nominal 3A	775,24	3.100,96	3.100,96

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
4-07	CONDUCTOR DE COBRE de designación UNE 21123 RV-K 0.3/0.5KV, sección 1.5mm2	1.953,15	1.953,15	1.953,15
4-08	CONDUCTOR DE COBRE de puesta a tierra deseción 35mm2	8.455,53	8.455,53	8.455,53
4-09	TUBO DE PVC de 50mm2 de diámetro	2.914,66	2.914,66	2.914,66
4-10	TUBO DE PVC de 60mm2 de diámetro	17.620,20	35.240,40	35.240,40
4-11	PIQUETA DE CONEXIÓN A TIERRA de acero y recubierta de cobre de 16mm de diámetro y 2m de longitud	26.466,35	52.932,70	52.932,70
4-12	ARMARIO STAB UNIVERSAL SIEMENS monobloc IP-55 600 + 250x235x1800. Suministrado y colocado.	715,15	1.430,30	1.430,30

TOTAL CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA: 4.725.760,79€

CAPÍTULO 5: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-01	u JUEGO DE 2 CARRILES SOPORTE DE TRANSFORMADOR Juego de 2 carriles para soporte de transformador, instalados.	102,17	204,34	204,34
5-02	u CIERRE METÁLICO EN MALLA DE ACERO PROT. CONT. TRANSF. Cierre metálico en malla de acero para la protección contra contactos en el transformador , instalado.	348,59	697,17	697,17
5-03	u PUERTA ACCESO TRANSFORMADOR Puerta para acceso de transformadores, modelo normalizado según proyecto.	468,79	1.406,37	1.406,37
5-04	u PUERTA ACCESO PEATONES C.T. Puerta de acceso peatones al centro de transformación de tipo normalizado, instalada.	375,45	375,45	375,45
5-05	u CANALIZACIÓN MEDIANTE FOSO CABLES DE A.T. DE ACOMETIDA AL C.T. Canalización mediante foso de los cables de A.T. de acometida al centro, así como de los cables de interconexión entre celdas de protección y transformador, materiales y mano de obra incluidos.	931,50	931,50	931,50
5-06	u JUEGO DE 3 CONECTORES ENCHUFABLES 400 A Juego de 3 conectores enchufables-roscados de 400 A para las funciones de línea de compacto CAS36.	775,24	3.100,96	3.100,96

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-07	u CABINA DE REMONTE DE CABLES Cabina de remonte cables Merlin Gerin gama SM6, mod. GAME3616.	1.953,15	1.953,15	1.953,15
5-08	u CABINA DE MEDIDA DE CABLES Cabina de medida Merlin Gerin gama SM6, mod. GBCEA333616 equipada con tres transformadores de intensidad, y tres de tensión.	8.455,53	8.455,53	8.455,53
5-09	u CABINA DE SECCIONAMIENTO SME3616 Cabina de seccionamiento Merlin Gerin gama SM6, mod. SME3616, con seccionador en SF6, enclavamiento con cerradura y remonte de barras.	2.914,66	2.914,66	2.914,66
5-10	u CABINA DISYUNTOR TIPO SFSET Cabina disyuntor Merlin Gerin gama SM6, mod. DM1CZ3616 con seccionador en SF6, disyuntor tipo SFSET en SF6 con bobina de disparo, s.p.a.t., captadores de intensidad, relé VIP 201 para protección indirecta y enclavamientos.	17.620,20	35.240,40	35.240,40
5-11	u TRANSFORMADOR LLENADO INTEGRAL Transformador llenado integral, UNE 20138 marca Merlin Gerin Cevelsa, de interior y en baño de aceite mineral. Características: - Potencia nominal: 2.000 kVA. - Relación: 25/0,42 KV.	26.466,35	52.932,70	52.932,70
5-12	u RELÉ DGPT2 DETECCIÓN DE GAS Relé DGPT2 para detección de gas, presión y temperatura del transformador, con sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.	715,15	1.430,30	1.430,30

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-13	u JUEGO PUENTES III CABLES A.T. Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 18/30 kV, de 95 mm ² en Al con sus correspondientes elementos de conexión	937,50	1.875,00	1.875,00
5-14	u CUADRO DE B.T. PROTECCIÓN SALIDA TRANSFORMADOR Cuadro de Baja Tensión para protección de salida de transformador conteniendo un interruptor automático Masterpact M 32, tetrapolar, de calibre 3200 A regulables, instalado	14.020,43	28.040,86	28.040,86
4-15	u CONJUNTO RECTIBLOC MERLÍN GERIN Conjunto RECTIBLOC Merlin Gerin formado por una batería BT de condensadores tipo Varplus de 120 kVAr, protegida contra sobrecorrientes mediante interruptor automático, con cubrebornas, con las conexiones al secundario del transformador.	1.893,03	3.786,06	3.786,06
5-16	u CUADRO CONTADORES FORMADO ARMARIO HIMEL Cuadro contadores formado por armario HIMEL conteniendo un contador kWh cl.1 ST, un kVArh cl.3, ambos con emisor de impulsos, y un tarificador electrónico de tarifa estacional debidamente montado e instalado según memoria y normativa de la compañía.	4.104,58	4.104,58	4.104,58
5-17	u TIERRAS EXTERIORES Tierras exteriores código 5/64 Unesa, incluyendo 6 picas de 4 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado	1.442,31	2.884,62	2.884,62
5-18	u PUNTO DE LUZ INCANDESCENTE Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	418,99	837,98	837,98
5-19	u PUNTO DE LUZ EMERGENCIA Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado.	156,25	156,25	156,25

Nº	Descripción	Precio Euros	Subtotal	Total
5-20	u SISTEMA FIJO DE DETECCIÓN Y PREVENCIÓN DE INCENDIOS Sistema fijo de detección y extinción de incendios según características indicadas en memoria para el conjunto del centro de transformación, con plano detallado e instrucciones de funcionamiento, pruebas y mantenimiento, instalado.	6.616,59	6.616,59	6.616,59
5-21	u BANQUETA AISLANTE Banqueta aislante para maniobrar apartamento	150,00	150,00	150,00
5-22	u PAR DE GUANTES Par de guantes de maniobra.	100,00	100,00	100,00
5-23	u PLACA REGLAMENTARIA PELIGRO DE MUERTE Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas	12,00	24,00	24,00
5-24	u PLACA REGLAMENTARIA PRIMEROS AUXILIOS Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	12,00	12,00	12,00

TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN..... 158.230,47

4. RESUMEN PRESUPUESTO

Total Obra civil.....	17.222,40 €
Total Instalación Frigorífica.....	1.254.925,10 €
Total Instalación Eléctrica.....	396.609,46 €
Total Central solar fotovoltaica.....	4.725.760,79€
Total Centro de Transformación.....	158.230,47 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.) 5.195.748,22 €

BENEFICIO INDUSTRIAL (6% DEL P.E.M).....311.744,89 €

GASTOS GENERALES (13% DEL P.E.M).....675.447,26 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO

(P.E.C):.....6.182.940,37 €

I.V.A (16% DEL P.E.C)..... 989.270,46 €

PRESUPUESTO DE LICITACIÓN:.....7.172.210,83 €

Siete millones ciento setenta y dos mil doscientos diez euros y ochenta y tres céntimos.

Tarragona, martes 29 de marzo del 2004.

Firma:

JAUME SERRA SERRAHIMA: Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica Industrial

JOAQUIM COLOMÉ CAPERA: Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica Industrial.



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Automatización y control de una industria frigorífica con producción de energía solar

5. Pliego de Condiciones

AUTORES: Joaquim Colomé Capera,
Jaume Serra Serrahima .

DIRECTOR: José Ramón López López .

FECHA: Marzo / 2004.

INDICE

1- NATURALEZA Y OBJETO	4
2- DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA	4
3- CONDICIONES FACULTATIVAS	4
3.1- Delimitación General de Funciones Técnicas	4
3.2- Obligaciones y derechos Generales del Contratista	6
3.3- Prescripciones Generales Relativas a los Trabajos y a los Materiales	8
3.4- Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida	13
3.5- Legislación Técnica	13
4- CONDICIONES TÉCNICAS	14
4.1- Condiciones Generales	14
4.1.1- Disposiciones vigentes	14
4.1.2- Otras disposiciones y normas	14
4.1.3- Obras de fábrica	14
4.1.4- Ámbito de aplicación	15
4.1.5- Conformidad o variación de las condiciones	15
4.1.6- Ensayos y pruebas	15
4.1.7- Proposiciones	15
4.2- Cuadros de maniobras	15
4.2.1- Materiales	15
4.2.2- Aparellaje	17
4.2.3- Pruebas	19
4.3- Fuerza motriz	20
4.3.1- Materiales	20
4.3.2- Normas de instalación	22
4.3.3- Pruebas	23
4.4- Alumbrado	24
4.4.1- Materiales	24
4.4.2- Normas de instalación	26
4.4.3- Pruebas	28
4.5- Cámaras frigoríficas	28
4.5.1- Materiales	28

4.5.2- Aparellaje	29
4.5.3- Pruebas	30
4.6- Centro de Transformación	31
4.6.1- Materiales	31
4.6.2- Aparamenta de Alta Tensión	32
4.6.3- Transformadores	35
4.6.4- Equipos de medida	36
4.6.5- Normas de ejecución de las instalaciones	36
4.6.6- Pruebas Reglamentarias	36
4.6.7- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	37
4.6.8- Certificados y documentación	38
4.6.9- Libro de órdenes	39
4.7 Central solar fotovoltaica	40
4.7.1- Equipos eléctricos	41
4.7.2- Reconocimientos y ensayos previos	42
4.7.3- Ensayos	45
4.7.4- Medida del consumo	48
4.7.5- Armario de mando y control	52
4.7.6- Lista de aparatos	53
5.6- De las indemnizaciones mútuas	54
6- INSTALACIONES AUXILIARES	64
6.1- Instalaciones auxiliares	64

1. NATURALEZA Y OBJETO

El presente Pliego General de Condiciones tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de la calidad exigible, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la Legislación aplicable a la Propiedad, al Contratista de la misma, sus técnicos y encargados, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- 1 Las condiciones fijadas en el propio documento de Contrato.
- 2 El Pliego de Condiciones.
- 3 El resto de la documentación de Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuestos).

El presente proyecto se refiere a una obra de nueva construcción, siendo por tanto susceptible de ser entregada al uso a que se destina una vez finalizada la misma.

Las órdenes e instrucciones de la Dirección Facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

3. CONDICIONES FACULTATIVAS

3.1 *Delimitación general de funciones técnicas*

Técnico Facultativo

Corresponde al Técnico Facultativo del presente proyecto:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación el control de calidad y económico de las obras.

- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad e Higiene para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Contratista.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Contratista, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que correspondan.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de obra.

Contratista

Corresponde al Contratista:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo, en concordancia con las previstas en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo aprobada por O.M. 9-3-71.
- Suscribir con el Director Técnico el acta del replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Director Técnico, los materiales y/o suministros que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Deberá tener siempre en la obra un número proporcionado de obreros a la extensión de los trabajos.

3.2 Obligaciones y derechos generales del contratista

VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Antes de dar comienzo a las obras, el Contratista consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE

El Contratista, a la vista del Proyecto de Ejecución, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

OFICINA EN LA OBRA

El Contratista habilitará en la obra una oficina o zona en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse o consultarse los planos.

En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

- El Proyecto de Ejecución completo.
- La Licencia de Obras.
- El Libro de Ordenes y Asistencias.
- El Plan de Prevención de Riesgos Laborales.
- El Libro de Incidencias.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- La Documentación de los Seguros.

PRESENCIA DEL CONTRATISTA

El Contratista viene obligado a comunicar a la Propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarla y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del Contratista según se especifica en el artículo 5º. Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el “Pliego de Condiciones Particulares de índole Facultativa”, el delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El Pliego de Condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el Contratista se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Arquitecto para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Facultativo, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE TRABAJOS

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Facultativo dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Contratista estando éste obligado a su vez, a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma al enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Facultativo.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Contratista, habrá que dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Contratista, el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

El Contratista podrá requerir del Técnico Facultativo, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero, el cual podrá limitar su contestación al acuse del recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

FALTAS DE PERSONAL

Director Facultativo, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir el Contratista para que a parte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

3.3 Prescripciones generales relativas a los trabajos y a los materiales

CAMINOS Y ACCESOS

El Contratista dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

Así mismo el Contratista se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra con relación al título de la misma y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

REPLANTEO

El Contratista iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Contratista someterá al replanteo a la aprobación del Director Facultativo y una vez éste haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los periodos parciales en aquel señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Director Facultativo del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

ORDEN DE LOS TRABAJOS

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás. Contratistas que intervengan en la obra. Ellos sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR

Cuando sea preciso por motivos imprevistos o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizad con su personal y sus materiales cuando la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviera que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Director Técnico. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASP DE LA OBRA

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiese proporcionado.

CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Director Técnico al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias.

OBRAS OCULTAS

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Arquitecto; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

TRABAJO DEFECTUOSOS

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las “Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica” del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Ingeniero, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

VICIOS OCULTOS

Si el Ingeniero tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se observen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente.

DE LOS MATERIALES Y LOS APARATOS. SU PROCEDENCIA

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Ingeniero una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre las marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

MATERIALES NO UTILIZABLES

El Contratista, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigentes en la obra.

Si no hubiesen preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero.

GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

LIMPIEZA DE LAS OBRAS E INSTALACIONES

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

OBRAS SIN PRESCRIPCIONES

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA

Treinta días antes de dar fin a las obras, comunicará el Ingeniero, a la Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de un Técnico designado por la Propiedad, del Contratista y del Ingeniero.

Practicando un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados todos ellos.

Desde ésta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, la Dirección Facultativa extenderá el correspondiente Certificado Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se dará al Contratista las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirando el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

Al realizarse la Recepción Provisional de las Obras, deberá presentar el Contratista las pertinentes autorizaciones de los Organismos Oficiales de la Provincia, para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran. No se efectuará esa Recepción Provisional, ni como es lógico la Definitiva, si no se cumple este requisito.

DOCUMENTACIÓN DE LA OBRA

El Ingeniero Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Ingeniero a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante.

Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Ingeniero con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este periodo el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra. Una vez aprobada la Recepción y Liquidación Definitiva de las obras.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador de la instalación, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la Propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA

La Recepción Definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la Provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la norma conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha Recepción Definitiva y el Ingeniero Director marcará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdidas de la fianza.

3.4 *Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida*

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos.

Para las obras y trabajos no terminados pero aceptables a juicio del Ingeniero, se efectuará una sola recepción definitiva.

3.5 *legislación técnica*

Regirán en la relación del presente proyecto las siguientes legislaciones técnicas:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.E.B.T.) e Instrucciones Técnicas Complementarias (L.T.C.) de fecha 2 de agosto de 2.002.
- Reglamento de Estaciones de Transformación de fecha 10 de octubre de 1.981, e Instrucciones Técnicas Complementarias (MIE.RAT) de fecha 1 de agosto de 1.984.
- Norma Tecnológica de la Edificación (CNTE-IPP/1.973), “Instalaciones de Protección. Pararrayos”, de fecha 10 de marzo de 1.973.
- Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas de fecha 8 de septiembre de 1.977.
-

4. CONDICIONES TÉCNICAS

4.1 *Condiciones Generales*

CALIDAD DE LOS MATERIALES

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnica previstas en el Pliego de Condiciones y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos.

MATERIALES NO CONSIGNADOS EN EL PROYECTO

Los materiales no consignados en el proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el Contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

4.1.1 Disposiciones vigentes

Todas las instalaciones que se ejecuten en el desarrollo del presente Proyecto deberán cumplir en primer lugar los siguientes reglamentos:

- Reglamento de Líneas de Alta Tensión, aprobado por Orden Ministerial de fecha 26 de noviembre de 1.968.
- Reglamento de estaciones Transformadoras, aprobado por Orden Ministerial de fecha 23 de Febrero de 1.949.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Real Decreto de fecha 2 de agosto de 2.002.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por Decreto de fecha 12 de Marzo de 1.954.
- Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas de fecha 6 de Septiembre de 1.977.

4.1.2 Otras disposiciones y normas

Las obras se ajustarán en todo lo posible a las disposiciones y normas que dictaminen los Ministerios de Industria en el transcurso de la obra. Asimismo se ajustarán a las disposiciones y normas vigentes que rijan en el municipio donde se ubique la obra.

4.1.3 Obras de fábricas

Las obras civiles de las Estaciones Transformadoras deberán ajustarse al Pliego de Condiciones de la Edificación, de fecha 1.948 aprobado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos y aprobado normalmente en las Obras de la Dirección General de Arquitectura y a las normas NTE.

4.1.4 Ámbito de aplicación

Se aplicará el presente Pliego de Condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente las instalaciones eléctricas, objeto de este Pliego.

4.1.5 Conformidad o valoración en las condiciones

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras relacionadas, entendiéndose que el Contratista conoce este Pliego y no se admitirán otras modificaciones al mismo, que aquellas que pudiera introducir la Dirección de la Obra.

4.1.6 Ensayos y Pruebas

Todos los materiales, aparellaje, cables, etc., podrán ser sometidos a cuantos ensayos y pruebas en fábrica o en obra estime oportunas la Dirección de Obra, no pudiendo pedir compensación el Contratista ni por el tiempo empleado, ni por el material empleado, ni por exigírselo la empresa fabricante del equipo a prueba.

El Contratista deberá apartar los medios necesarios para efectuar los ensayos y pruebas.

4.1.7 Proposiciones

Si los aparatos y materiales que ofrecen los distintos licitadores fueran distintos a los proyectados, deberán acompañarse a los documentos de licitación los tipos o modelos que se propongan, con todas las características técnicas de los mismos y a fin de poder enjuiciar debidamente la posibilidad de su aceptación.

4.2 ***Cuadros de maniobra***

4.2.1 Materiales

- Chapa metálica y placa:

Los cuadros serán de chapa metálica de 1 mm, de espesor como mínimo, tratada contra el ácido por fosfatación y acabado con esmalte sintético a 150 °C.

Las puertas serán con bisagras y el cierre será de protección.

El aparellaje estará fijado sobre placa metálica atornillado al fondo con placa de resinas prensadas. No se aceptarán placas de pizarra o mármol.

Éste estará fijado mediante tornillos a la placa. Éstos estarán roscados a la plancha, no admitiéndose el uso de tornillos pasantes de plancha.

- Conductores:

Según los casos los conductores serán a base de pletinas de cobre o cables aislados.

Los conductores de unión entre protecciones serán del tipo especial de conexiones.

Las pletinas estarán pintadas con el código de colores normalizado.

- Aisladores:

Estarán destinados al soporte de las pletinas. Serán de porcelana o de araldite. No deberán permitir juego entre pletinas de una misma fase.

- Canaletas:

Estarán destinadas a alojar los cables de conexión. Serán del tipo rejiband.

- Marcadores:

Todas las conexiones deberán estar numeradas con sistemas resistentes al paso del tiempo. Esta numeración estará reflejada en el esquema.

Así mismo se marcarán con carteles autoadhesivos en el exterior de los pilotos, interruptores, etc.

- Bornes:

En todos los cuadros se procurará que todos los bornes estén en una misma regleta. Estarán situados en lugar fácilmente accesible. Todas las uniones del cuadro con el exterior se efectuarán a través de bornes.

Éstos serán de melanina hasta intensidades de 100 A y de esteatita a partir de dicho amperaje.

Los bornes se elegirán según las normas dictadas por el fabricante.

- Fijaciones:

Las canaletas, cuando tengan que estar situadas fuera de las placas de montaje, se fijarán mediante araldite, debiendo aguantar el peso del cableado. Los conductores que no vayan por canalera se unirán mediante cintas de hélice.

- Pilotos señalización:

Los pilotos serán de lámparas de neón. Serán fácilmente cambiables y llevarán aro reflector. Los pilotos de color verde serán del tipo fluorescente.

El diámetro exterior dependerá de la función a seguir, pero se procurará que sean de 25 a 35 mm de diámetro.

Se colocarán cuantos pilotos sean necesarios para un buen control del equipo interior. No deberán presentar señal de retorno.

- Aislamiento:

Con el Megger y a la tensión mínima de 500 V se deberá conseguir una resistencia de aislamiento entre conductores y entre estos y tierra, mínima de 10 Mega Ohm.

- Puesta a tierra:

La regleta de bornes deberá tener un borne especial de toma de tierra para conductor de 35 mm² al que estará conectada la red general de toma de tierra y las partes metálicas de cuadro que deban permanecer sin tensión.

4.2.2 Aparellaje

- Interruptores:

Entre éstos hay que distinguir los siguientes tipos y características:

- *Automáticos*

Serán de alto poder de corte equipado con relés de máxima intensidad magnetotérmica y relés de mínima tensión.

Están destinados principalmente a la protección en baja de los transformadores y a la protección de grandes potencias.

Tendrán un poder de corte mínimo de 32 MVA y serán de neutro seccionable.

- *Normales de alta capacidad y ruptura*

Están destinados a la interrupción en carga de todas las líneas que salgan del cuadro. En intensidades hasta 75 A podrán emplearse el neutro seccionable.

- *Con fusibles incorporados*

Siempre que la tensión sea adecuada y el modelo del tipo tras cuadro.

- *Rotativos de paquete*

Sólo será admitido hasta una intensidad de 50 A destinados principalmente como accesorios de maniobra de contactores y combinaciones de éstos y conmutadores de medida.

Todos serán de marcas de reconocida solvencia en el mercado con gran facilidad de repuestos y máxima sencillez de montaje, debiendo pasar las pruebas y ensayos que se determinen.

- *Contactores*

Están destinados principalmente al arranque de motores si bien puede emplearse seccionar líneas.

Deberán tener la bobina encapsulada y tener gran facilidad para el cambio de contactores de forma que éstos no puedan cambiarse de existir tensión.

Deberán soportar tres millones de maniobras sin presentar desperfectos apreciables.

Serán de marcas de solvencia en el mercado y fácil adquisición de repuestos.

- Relés:

Entre éstos hay que distinguir tres funciones distintas:

▪ *Protección de líneas*

Generalmente van incorporados a los interruptores automáticos.

▪ *De maniobra*

Relés enchufables de distinto tipo según necesidades. Destinados a la interconexión de los distintos equipos de control.

▪ *Protección de motores*

Relés de disparo térmico y diferencial. Se elegirán según tablas de fabricante y potencia de los motores. Deberán disparar por térmico en caso de fallo de fase y dispondrán de contacto auxiliar para conectar piloto que indique el disparo.

- Transformadores de intensidad:

Están conectados a su conexión, contadores y amperímetros, la intensidad secundaria será de 5 A y con aislamiento al aire.

La clase de precisión será de 0,5. Se emplearán a partir de intensidades de 50 A.

- Aparatos de medida:

Comprende este apartado los voltímetros, amperímetros, fasímetros, frecuencímetros, y vatímetros que puedan colocarse.

Serán todos del tipo cuadrado y medidas 144 x 144 con escala de cuarto de círculo con sujeción por escuadras de nylon. El blanco de la escala ha de ser inalterable a los rayos solares. Serán del tipo ferro dinámico y con tornillo de la escala de ajuste cero, clase de precisión 1,5.

Deberán llevar bornas especiales de medición sin interrumpir el circuito.

- Cortacircuitos:

Los cartuchos cortacircuitos fusibles, llevarán marcada la intensidad, tensión de trabajo, el tipo (gT y gF, aM) y la capacidad de ruptura los que sean A.P.R. estos irán colocados sobre el material aislante e incombustible. Estarán protegidos de forma que no puedan proyectar el metal fundido y puedan efectuarse el cambio bajo tensión, de ser necesario, sin peligro alguno.

Deberán resistir durante unas horas una intensidad igual a 1,3 veces la In para secciones de conductor de 10 mm², en adelante 1,2 In para secciones inferiores.

Así mismo se fundirán en menos de media hora con una intensidad igual a 1,6 In para secciones superiores de conductor de 10 mm² y 1,4 In para secciones inferiores.

4.2.3 Pruebas

Durante el montaje se efectuará todo tipo de comprobaciones para asegurar que los materiales instalados correspondan exactamente a los especificados o aprobados posteriormente, pudiendo existir el desencintado o desenbornamiento de cualquier elemento para su comprobación. Al final de la obra y con independencia de las pruebas que puedan efectuar el personal técnico de la Delegación de Industria, se llevarán a cabo las siguientes comprobaciones:

- Prueba de aislamiento.

Con el MEGGER y a la tensión mínima de 500 V se deberá conseguir entre éstos y la chapa una resistencia mínima de 10 Mega Ohm.

- Comprobación de circuito.

Se comprobará que se han seguido los colores de Código especificados en el capítulo correspondiente.

También se comprobará que las conexiones corresponden al esquema, una copia del mismo deberá permanecer siempre en el mismo cuadro, y a las necesidades a cubrir y que está todo convenientemente marcado.

El Contratista deberá entregar un contravegetal y tres copias del esquema no pudiendo reclamar indemnización por esta causa.

- Comprobación de las protecciones.

Todos los interruptores automáticos se comprobarán, provocando su disparo por cortocircuito y sobreintensidad. Se deberán facilitar los dispositivos adecuados para efectuar éstos sin dañar la instalación.

Se comprobarán todos los guardamotores y los circuitos de seguridad para que cumplan la función deseada. Las protecciones de los guardamotores deberán disparar por térmicos a la falta de fase.

- Calentamiento de contactos.

Los interruptores y contactores después de funcionar durante una hora con su intensidad nominal provocarán la elevación de la temperatura, sobre la del ambiente, de los contactos y piezas conductoras no podrá exceder de 65 °C. Así mismo en tres interrupciones sucesivas, con tres minutos de intervalo, de una intensidad de corriente, correspondiente a la capacidad de ruptura y tensión nominal, no se observarán arcos prolongados, deterioro en los contactos ni avería en los elementos constitutivos del aparato.

- Prueba de funcionamiento:

Se comprobará el funcionamiento del conjunto debiendo éste responder en todo a las necesidades previstas.

Para ello se harán cuantos supuestos crea conveniente la Dirección de Obras, debiendo el circuito responder sin ningún tipo de fallo.

4.3 Fuerza motriz

4.3.1 Materiales

- Líneas exteriores:

Las líneas exteriores que necesariamente deban discurrir por el exterior, al intemperie podrán realizarse de los siguientes modos:

- Cable con aislante de polietileno reticulado (XLPE) tensión 1.000 V, tipo VV 1000 s/UNE armado de flejes y con armadura puesta a tierra, si rueda a la intemperie pero libre de acciones mecánicas.
- Mismo cable pero sin armar, bajo tubos o canalización de fibrocemento o similar, enterrado en el terreno a una profundidad mínima de 70 cm.
- Mismo tipo de cable, armado, enterrado directamente en el terreno a 70 cm de profundidad en zanja rellena en la zona que rodea el cable con arena procedente de río y apisonado y compactado posteriormente con tierras vegetales.

- Líneas interiores:

En las instalaciones interiores, los cables a hilos aislados deberán situarse de las maneras siguientes:

En el interior de tubos empotrados en los muros según la prescrita en los planos adjuntos. En la sala de máquinas los tubos serán de acero galvanizado con los accesorios necesarios, en instalación a la vista.

En aparcamientos y en otras zonas que la instalación quede a la vista, se empleará tubo PVC sin carga de 2,5 mm de espesor mínimo, para un diámetro nominal de 16 mm.

En instalación empotrada se admitirá el empleo de tubo semirígido o corrido de espesor mínimo 0,7 mm para diámetro nominal de 16 mm.

En cualquier caso, hasta tanto no se rebasen los contadores de abono, la instalación será de tubo metálico. En este último caso, los dos o más hilos del circuito deben ir dentro del mismo tubo. Las instalaciones para timbres, circuitos de mando, etc., se colocarán en tubo independiente.

- Aislamiento:

El material aislante será a base de PVC con aditivos plásticos estabilizantes que elevan su resistencia al envejecimiento térmico.

Además del código de colores en los conductores, todas las líneas generales se marcarán con etiquetas imperdibles, de forma que quede perfectamente señalizado el circuito a que pertenece el cable. Estas etiquetas serán visibles en todas las cajas por donde pasa el conductor.

- Tubos para alojar los conductores:

Los tubos serán de acero galvanizado o de PVC, en las instalaciones de superficie, y de fibrocemento o PVC en las instalaciones enterradas.

Sea cual fuere el material del tubo, llevarán todos piezas de acoplamiento y las uniones entre los tramos del mismo será de tipo estanco, de modo que a lo largo de la generatriz, se garantice el continuado contacto de los bornes de la misma.

- Dejas de derivación y emplames:

Las cajas para la instalación enterrada, serán de material sintético antihumedad con junta de estanqueidad IP44 S/DIN 40 050, dotada de regleta de bornes y prensaestopas y con bornes de puesta a tierra conectada a la red de tierras.

Las cajas para la instalación de superficies o empotrados serán de fundición o de material sintético incombustible y aislante. En el primer caso llevarán borne conectado a la red de tierra. Las tapas de las cajas serán atornilladas o roscadas, no admitiéndose las cajas con tapa a presión. Todas las cajas llevarán regletas de bornes de conexión.

- Interruptores:

Los interruptores interceptarán el circuito en que estén colocados sin formar arco permanente ni circuito a tierra de la instalación. Abrirán y cerrarán el circuito sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán de tipo cerrado para evitar contactos accidentales. Las dimensiones de las piezas de contacto y conductores del interruptor serán para que la temperatura en ninguna de ellas pueda exceder los 60 °C, después de funcionar una hora a la intensidad máxima de corriente que haya de interrumpir.

En los interruptores de más de 15 A, la intensidad debe estar señalada en el interruptor así como la máxima intensidad de servicio.

- Fusibles:

Los cartuchos cortacircuitos fusibles, llevarán marcada la intensidad y tensión de trabajo, el tipo, y la capacidad de ruptura en kA aquellos que sean de A.P.R. que además irán colocados sobre material aislante e incombustible.

Estarán protegidos de forma que no puedan proyectar el material fundido y que puedan efectuarse el cambio bajo tensión, en su caso, sin peligro alguno.

- Tierras:

Las picas de tierra para efectuar las tomas, serán de aleación de acero galvanizado cobre de 2,6 m de longitud como mínimo, con brida de conexión al cable.

La separación de estas tomas serán de 4 metros, como mínima la resistencia total no deberá superar a 10 Ohm. Cada toma de tierra estará formada por lo menos por dos picas.

Todas las conexiones de los conductores de tierra a la carcasa y partes metálicas (Cajas, armarios, paneles, motores, etc,...) se efectuarán utilizando terminales soldados de cobre o bronce, que se fijarán en una brida previamente soldada a la carcasa o caja, de forma que se asegure un buen contacto a tierra.

Todas las conexiones entre cables de tierra y pletinas principales se efectuarán por el procedimiento e soldadura Cadwell o similar.

Todos los terminales y accesorios para el sistema de tierra serán de fabricación JUDAS, CLAVED, BJC, o similares.

La continuidad de tierras en las partes metálicas, se asegurará mediante puente o conectando con la red en tantos puntos como sea necesario.

Las verticales de tierra, se alojarán dentro de los mismos conductos utilizados por las líneas generales.

Si por cualquier circunstancia, no fuera posible introducir los conductores de tierra en los mismos tubos de las verticales de alumbrado y fuerza, entonces se llevará, un conducto de cobre desnudo dentro de un tubo de plástico del mismo tipo que se especifique, para los generales de alumbrado y fuerza. El conductor de tierra se conectará a todas las cajas metálicas de las líneas generales utilizándose para ello clemas y bornas de tal forma que sin cortar el cable, efectúe la misión de conectar la caja y permitir las derivaciones.

4.3.2 Normas de instalación

- Recorridos:

El recorrido de los tubos se indicará previamente en el terreno y se someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa antes de proceder a la fijación definitiva.

La instalación en zanjás se adaptará a lo especificado en los planos constructivos.

En la instalación de superficie, los soportes de los tubos, se efectuarán con clavos de cabeza roscada fijados con carga impulsora y abrazadera galvanizada rascadas a éstos, no estando distanciados en ningún caso, más de un metro.

- Derivaciones:

No se admitirá ninguna derivación sin su caja correspondiente. Únicamente se permitirá regletas de bornes sin caja en el interior de aparatos de alumbrado cuando la sección no exceda de $2,5 \text{ mm}^2$ y el número de conductores a conectar sea de dos, siendo uno de ellos el neutro, es decir, siempre que no exista la posibilidad de tener 400 V. En consecuencia, no se admitirá la distribución en una misma luminaria de fases. Se admitirá la derivación sin regletas ya sea con cintas aislantes de PVC o Gradylets, en secciones iguales o inferiores a $2,5 \text{ mm}^2$.

En las cámaras frigoríficas no se admitirá ninguna derivación, bien sea por regleta o cinta aislante, solamente se admitirán bajo caja de derivación debidamente estanca por las condiciones que existen en el interior de las cámaras.

- Instalación empotrada:

Antes de la apertura de las rozas se marcará exteriormente el recorrido de los tubos, para que sea aprobado por la Dirección Facultativa, quien establecerá las normas precisas para el trazado. .

- Colocación de los tubos empotrados:

Los tubos irán en contacto con el ladrillo o fábrica de forjado. Las alineaciones estarán hechas con esmero, para que los registros queden a la misma altura. Se cuidará de que el que no pueda quedar alojada en las bolsas formadas por los mismos tubos y de modo que no encuentre salida en los registros y cajas. La sujeción de los tubos antes de enlucido podrá hacerse con yeso. No enlucirá la roza completa hasta tanto no haya dado la autorización la Dirección Facultativa.

- Registros empotrados:

Las cajas de registros han de quedar rasantes con el enlucido o con el forjado de los muros.

- Colocación de hilos y cables:

No se colocarán los cables hasta tanto no se hayan colocado el tubo y las uniones entre tramos de tubos, estén completamente secas. Las caras terminadas de los tubos por las que se acceda cable eléctrico por empalme a la caja correspondiente se taparán mediante aglomerante de modo que solo permita el pase del cable y quede garantizada la estanqueidad del interior del tubo.

- Cruce de tuberías:

Cuando sea inevitable que los conductores eléctricos crucen tuberías de cualquier clase, se dispondrá aislamientos supletorios, discurriendo la conducción eléctrica por encima de las tuberías.

- Doblaje de los tubos:

Se admitirá el doblaje por calentamiento en los tubos de rosca máxima PG-13. en los demás diámetros se escogerá preferentemente codos prefabricados. De no poderse utilizar estos, no se admitirá ninguna curva que presente dobleces.

- Cruce de muros:

Para atravesar muros, tabiques o techos, se dispone aislamiento supletorio en todo el espesor del muro o techo.

4.3.3 Pruebas

Durante el montaje se efectuará todo tipo de comprobaciones para asegurar que los materiales instalados corresponden exactamente a los especificados u aprobados posteriormente; se podrá incluso exigir, el descubrir tubos empotrados, a sacar conductores ya introducidos en los tubos, para efectuar la comprobación. Al final de la obra, con independencia de las pruebas que pueda efectuar el personal técnico de la Delegación de Industria, se llevarán a cabo las siguientes comprobaciones:

- Prueba de aislamiento.

Con el MEGGER y a la tensión mínima de 500 V, se deberá conseguir que en las líneas principales verticales y en general en los conductores hasta el cuadro o panel correspondiente, la resistencia de aislamiento entre conductores no sea inferior a 10 Mega Ohm. Entre conductores y tierra el resultado debe ser igual.

- Comprobación de circuitos y fases.

Se comprobará que se han seguido los códigos especificados, en los capítulos correspondientes respecto a los colores.

Se desconectarán dos fases y se comprobará otra. Los receptores, que deberán funcionar, corresponderán a los circuitos indicados en planos y el color de los conductores deberá coincidir con el previsto, en todas las cajas, embarrados, paneles, etc.

- Comprobación de las protecciones.

Todos los interruptores automáticos se comprobarán, provocando su disparo por cortocircuito y sobreintensidad. Se deberán facilitar los dispositivos adecuados para estas pruebas, sin que se dañe la instalación.

Todos los guardamotores, deberán comprobarse para asegurarse de que los relés de protección corresponden a las intensidades de los motores que protegen.

- Comprobación de la resistencia de tierras.

Todas las tierras se comprobarán con el medidor de tierra adecuado. La resistencia óhmica no deberá ser superior a la indicada en las especificaciones. Al final de las pruebas se deberá entregar un certificado de mediciones.

- Prueba de funcionamiento.

Se comprobará el buen funcionamiento de todos los sistemas receptores de energía, de forma que satisfagan las condiciones del Proyecto.

4.4 Alumbrado

4.4.1 Materiales

- Líneas exteriores:

Las líneas exteriores que necesariamente deban discurrir por el exterior, a la intemperie podrán realizarse en los siguientes modos:

- a) Cable con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) tensión 1.000 V, tipo VV 1000 s/UNE armado de flejes y con armadura puesta a tierra si queda a la intemperie pero libre de acciones mecánicas.
- b) Mismo tipo de cable, sin armar, bajo tubo a canalización de fibrocemento o similar, enterrado en el terreno a una profundidad mínima de 70 cm.
- c) Mismo tipo de cable armado, enterrado directamente en el terreno a 70 cm, de profundidad en zanja rellena en la zona que rodea el cable con arena procedente de río y apisonado y compactado posteriormente con tierras vegetales.

- Líneas Interiores:

En las instalaciones interiores los cables o hilos aislados deberán situarse de las maneras siguientes:

- a) En el interior de tubos empotrados o no, en los muros, según el prescrito en los planos adjuntos. En la sala de máquinas, los tubos serán de acero galvanizado con los accesorios en instalación a la vista. En aparcamientos y otras zonas de la instalación vista, se empleará tubo PVC sin carga de 2,5 mm, de espesor mínimo, para un diámetro nominal de 16 mm.
- b) En el interior del cielorraso, se empleará un tubo de PVC con uniones de manguito de espesor mínimo de 1,5 mm. Para diámetro nominal 16 mm.

- c) En instalación empotrada se admitirá el empleo de tubo semirígido o corrugado, de espesor mínimo 0,7 mm, para diámetro nominal 16 mm.

En cualquier caso hasta tanto no se rebasen los contadores de abono la instalación será en tubo metálico. En este último caso, los dos o más hilos del mismo circuito deben ir dentro del mismo tubo. Las instalaciones para timbres, circuitos de mando, etc., se colocarán en tubo independiente.

- Aislamiento:

El material aislante será a base de polietileno reticulado con aditivos plastificantes y estabilizantes que eleven su resistencia al envejecimiento térmico.

La instalación de estos cables debe realizarse a temperaturas no inferiores a los 0 °C.

El aislamiento externo de los conductores será de color, correspondiente al siguiente código:

- Color negro para la fase R.
- Color gris para la fase S.
- Color marrón para la fase T.
- Color azul para neutro.
- Color verde y amarillo para conductor de tierra.

Además del código de colores en los conductores, todas las líneas generales se marcarán con etiquetas imperdibles de forma que quede perfectamente realizado el circuito a que pertenece el cable. Estas etiquetas serán visibles en todas las cajas por donde pasa el conductor.

- Tubos para alojar los conductores:

Los tubos serán de acero galvanizado o PVC en las instalaciones enterradas.

Sea cual sea el material del tubo, llevarán todos piezas de acoplamiento y las uniones entre dos tramos del mismo será del tipo estanco, de modo que a lo largo de la generatriz, se garantice el continuado contacto de los bornes de la misma. Serán circulares con tolerancia del 5 % de su diámetro.

- Cajas de derivación y empalme:

Las cajas para la instalación enterrada, serán de material sintético antihumedad con junta de estanqueidad P.44 s/DIN 40 0509 dotadas de regleta de bornes y prensaestopas y con bornes de puesta a tierra conectada a la red de tierras.

Las cajas para la instalación de superficie o empotradas serán de fundición o de material sintético incombustible y aislante. En el primer caso llevarán un borne conectado a la red de tierra. Las tapas de las cajas con tapa a presión.

Todas las cajas llevarán regleta de borne de conexión.

- Interruptores:

Los interruptores interceparán el circuito en que están colocados sin formar arco permanente ni circuito a tierra de la instalación. Abrirán y cerrarán el circuito sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán de tipo cerrado para evitar contactos accidentales. Las dimensiones de las piezas de contacto y conductores del interruptor serán suficientes para que la temperatura en ninguna de ellas pueda exceder de 70 °C, después de funcionar una hora a la intensidad máxima de la corriente que hay de interrumpir. En los interruptores de más de 15 A, la intensidad deberá estar en el interruptor, sea como, la tensión máxima de servicio.

- Fusibles:

Los cartuchos cortacircuitos fusibles llevarán marcada la intensidad y tensión de trabajo, el tipo de la capacidad de ruptura en kA los que sean de A.P.R.

- Fluorescencia:

Los equipos de fluorescencia se consideran completos e instalados (regletas, plafón reflector, pantalla protección, tubo, reactancia, cebador, y en su caso condensador).

Se deberán ajustar a los tipos señalados no admitiéndose ninguna regleta que presente ranuras, puntos, oscilación, etc.,

Las reactancias serán de inmejorable calidad no admitiéndose ninguna que haga variaciones.

Cualquier material podrá no ser admitido en juicio de la Inspección.

- Báculos y brazos:

Serán de barra de acero galvanizado a 60 micrones.

Llevarán un acabado de una mano de imprimación una de anticorrosivo, una de fijación y una de acabado.

4.4.2 Normas de instalación

- Recorridos:

El recorrido de los tubos se indicará previamente en el terreno y se someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa antes de proceder a la fijación definitiva.

La instalación en zanjás se adaptará a lo especificado en los planos constructivos.

En la instalación de superficie, los soportes de los tubos se efectuarán con clavos de cabeza roscada fijados con carga impulsora y abrazadera galvanizada rascada a éstos, no estando distanciados en ningún caso a más de 1 m.

- Derivaciones:

No se admitirá ninguna derivación sin su caja correspondiente. Únicamente se permitirán regletas de bornes sin caja en el interior de aparatos de alumbrado cuando la sección no exceda de 2,5 mm² y el número de conductores a conectar sea de dos, siendo uno de ellos el neutro, es decir,

siempre que no exista la posibilidad de tener 400 V. En consecuencia, no se admitirá la distribución de fases de una misma luminaria.

Se admitirá la derivación sin regletas, o sea con cintas aislantes PVC a Gradylets, en secciones iguales o inferiores a 2,5 mm².

En las cámaras frigoríficas no se admitirá ninguna derivación bien sea por regleta o cinta aislante, solamente se admitirán bajo caja de derivación debidamente estanca por las condiciones que existen en el interior de las cámaras.

- Instalación empotrada:

Antes de la apertura de las rozas se marcará exteriormente el recorrido de los tubos, para que sea aprobado por la Dirección Facultativa quien establecerá las normas precisas para el trazado.

- Colocación de los tubos empotrados:

Los tubos irán en contacto con el ladrillo o fábrica de forjado. Las alineaciones estarán hechas con esmero, para que los registros queden a la misma altura. Se cuidará de que el agua no pueda alojarse en las bolsas formadas por los mismos tubos y de modo que no encuentre salida en los registros y cajas. La sujeción de los tubos antes del enlucido, podrá hacerse con yeso. No se enlucirá la roza completa hasta tanto no haya dado la autorización la Dirección Facultativa.

- Registros empotrados:

Las cajas de registro han de quedar rasantes con el enlucido o con el forjado de los muros.

- Colocación de hilos y cables:

No se colocarán los cables hasta tanto no se haya colocado el tubo y las uniones entre tramos de tubos están completamente secas. Las caras terminadas de los tubos por las que acceda cable eléctrico por empalme a la caja correspondiente se taparán mediante aglomerante de modo que sólo permita el paso del cable y quede garantizada la estanqueidad del interior del tubo.

- Cruce de tuberías:

Cuando sea inevitable que los conductores eléctricos crucen tuberías de cualquier clase, se dispondrá aislamiento supletorio, descorriendo la conducción eléctrica por encima de las tuberías.

- Doblaje de los tubos:

Se admitirá el doblaje por calentamiento en tubos de rosca máxima. En los demás diámetros se escogerá preferentemente codos prefabricados. De no poderse utilizar éstos, no se admitirá ninguna curva que presente dobleces.

- Cruce de muros:

Para atravesar muros, tabiques o techos, se dispondrá aislamiento supletorio en todo el espesor del muro y techo.

4.4.3 Pruebas

Durante el montaje se efectuará todo tipo de comprobaciones, para asegurar que los materiales instalados corresponden exactamente a los especificados o aprobados posteriormente, se podrá incluso exigir, el descubrir tubos empotrados o sacar conductores ya introducidos en los tubos, para efectuar la comprobación. Al final de la obra, con independencia de las pruebas que pueda efectuar el personal técnico de la Delegación de Industria, se llevarán a cabo las siguientes comprobaciones:

- Prueba de aislamiento.

Con el MEGGER y a la tensión mínima de 500 V, se deberá conseguir que las líneas principales verticales y en general en los conductores hasta el cuadro o panel correspondiente la resistencia de aislamiento entre conductores no sea inferior a 10 Mega Ohm. Entre conductores y tierra, el resultado será igual.

- Comprobación de circuitos y fases.

Se comprobará que se han seguido los colores de código especificados en el capítulo correspondiente.

Se desconectarán dos fases y se comprobará otra. Los receptores, que deberán funcionar, corresponderán a los circuitos indicados en planos y el color de los conductores deberá coincidir con el previsto, en todas las cajas, embarrados, paneles, etc.

- Comprobación de las protecciones.

Todos los interruptores automáticos se comprobarán, provocando su disparo por cortocircuito y sobreintensidad. Se deberán facilitar los dispositivos adecuados para estas pruebas, sin que se dañe la instalación.

4.5 Cámaras Frigoríficas

4.5.1 Materiales

- Paneles:

Los paneles empleados están formados por dos chapas (tipo *sándwich*) de acero galvanizado y lacado en Blanco Pirineo Alimentario de 0,6 mm. de espesor, cuyas aristas están totalmente perfiladas y protegidas contra la oxidación, y un alma de espuma de poliuretano inyectado a alta presión (totalmente libre de CFC), con una densidad de 42-44 kg/m³ y una λ de $\approx 0,020$ W/m·K.

El perfil machihembrado del panel proporciona una hermeticidad absoluta y al mismo tiempo una gran robustez a todo el conjunto. Todo el sistema viene prefabricado y listo para montar, sin necesidad de siliconas o inyección de poliuretano "in situ".

La conductividad será calculada para cada pared por separado.

- Suelos:

Estos estarán constituidos de acuerdo si las cámaras son de congelación o de conservación, están ventilados para evitar su congelación y en las de conservación para evitar también la condensación del aire frío; con esta ventilación lo que conseguirá será que éstos no se enfríen, deberán ser bien contruidos por el arquitecto que lleve a cabo la obra civil de la nave en cuestión, debiendo haber sido informado con la suficiente antelación, además estos pequeños túneles de ventilación en cada salida al exterior llevarán unas rejillas para evitar que éstos sean criadero de animales y su ciegamiento dificultando así el paso de aire de un lugar a otro.

Por su parte superior, la que da a la cámara, éste llevará una especie de superficie denominada antideslizante, éste será de obligatoriedad en todas las cámaras, con ello se evitarán accidentes por deslizamiento.

Deberá tener el acabado y el correspondiente desagüe como estima la ley del B.O.E. Nº 39 de fecha 14 de Febrero de 1.985.

- Puertas:

Las puertas serán correderas de dimensiones, luz libre 2 x 2,50 m. Éstas se podrán abrir tanto por fuera como por dentro habiendo hecho las oportunas pruebas de su funcionamiento antes de hacerse cargo de la obra.

- Techos:

Éstos irán de la misma manera que los paneles en forma de *sándwich*, con poliuretano inyectado. Su forma de ensamblaje será a través de una placa de reparto de carga, a través de una omega que se fija a una viga, se apoya en un pórtico interior para así fijar el techo.

4.5.2 Aparellaje

- Evaporadores:

Deben de venir de fábrica con la correspondiente hoja de que les han sido realizadas todas las pruebas de estanqueidad, presión, etc.

Éstos van provistos de unos ventiladores que impulsan el frío hacia las cámaras, y unas válvulas de paso de refrigerante, así como de una válvula de presión constante; y realizando este paso es donde se produce el frío que los ventiladores impulsarán al interior de la cámara. Para su funcionamiento antes de su puesta en marcha se debe de hacer el vacío en la instalación, como es muy grande habrá que hacerlo por zonas hasta conseguir un vacío perfecto, de lo contrario, el funcionamiento de la instalación no será el deseado, el vacío lo haremos con la bomba de vacío con un manómetro de baja para indicarnos si consigue el vacío total.

Una vez hemos conseguido el vacío, cargamos la instalación con refrigerante, la abrimos totalmente y con una lámpara de gas o electrónica buscamos las fugas que pueda haber en las uniones de racores, en soldaduras, etc., si se encuentra alguna se deberá proceder a su reparación, esta serie de pruebas deberán de estar certificadas por el que las ha hecho, un técnico cualificado y por el representante de la Delegación de Industria, ya que sin esto, la instalación sería defectuosa.

La protección de los evaporadores será un termostato debidamente situado y en los desescarches una válvula solenoide, que abrirá dejando el evaporador sin ningún gas, antes de que se inicie éste.

El funcionamiento de la válvula se le realiza dándole tensión a la bobina y viendo si funciona para una buena evacuación.

- Compresores:

Deben de venir de fábrica con la correspondiente hoja de que les han sido realizadas todas las pruebas de estanqueidad, presión, etc.

Es el principal órgano de la instalación, éste debe ir protegido al máximo, además de las correspondientes protecciones eléctricas que se han indicado anteriormente como disyuntores, tienen una serie de protecciones que lo hacen imprescindible en la instalación por el peligro que corre éste y la instalación. Éste debe de tener de protección un presostato de baja, un presostato de alta y baja, uno de aceite y además unos filtros de vibraciones mecánicas.

El presostato de baja evita que el motor trabaje en presiones más bajas de la que éste está regulado y además evita que el motor tenga un golpe de líquido. El funcionamiento de éste, se realiza cerrando las válvulas de salida de los evaporadores y regulando el presostato a la presión que nosotros queremos que funcione; ponemos en funcionamiento el compresor y éste debe de pararse a la llegada a esta presión, debe de saltar por baja.

El presostato de alta y baja, debe de cerrarse la salida del recipiente del líquido y se pone en marcha el compresor cuando llega a la presión de alta a la que ha sido regulada en el compresor, éste debe de pararse en el denominado salto por alta. Para baja se realiza lo mismo que el anterior, éste está por si falla el anterior de baja.

El presostato de aceite lo que evita es que el motor se quede sin lubricación por lo que la misión de éste es que el motor esté debidamente refrigerado, cuando regulamos el presostato lo hacemos de tal manera que no exista una diferencia de presión mayor que la que regulamos entre la bomba de aceite y, el cárter del compresor; en cuanto ésta sea mayor el compresor se debe parar; ésta diferencia suele ser de 0,2 bar.

- Condensador:

Deben de venir de fábrica con la correspondiente hoja de que les han sido realizadas todas las pruebas de estanqueidad, presión, etc.

Éste es en su interior de acero y va unido por medio de aletas. La refrigeración es forzada; unido a la instalación por medio de tuercas con su correspondiente abocardado. Son unidades condensadoras, que se les hará la prueba de cada uno de sus ventiladores por separado.

- Demás utensilios:

Recipiente de líquido, válvulas de presión, válvulas de tres vías, visores, válvulas solenoides, etc. Todos deberán traer consigo la hoja de pruebas y además indicando lugares de unión a la instalación, tensión a la que funcionará, reglaje de éstas, etc.

4.5.3 Pruebas

La instalación, antes de ponerla en marcha, una vez conectados todos los componentes de ésta, se deben de realizar las pruebas oportunas y para ver si ésta se encuentra en su debido estado o no, las pruebas que realizaremos serán las siguientes:

- Introducir en la instalación nitrógeno, con el fin de comprobar la existencia o no de fugas, se pondrá la instalación a 20 kg / cm².
- Realizar el vacío de la instalación (por partes, al ser ésta muy grande).
- Si ésta tiene humedad, se calentará para quitársela.
- Cargar la instalación de gas a la presión y carga debida.
- Poner en marcha la instalación, después de ver que todas las protecciones funcionen.
- Dejar la instalación funcionando y con un termostato electrónico intentar regular los termostatos a la temperatura deseada.
- Colocar durante 24 horas un termógrafo y ver el funcionamiento de las distintas cámaras, como ha realizado los descarches, temperaturas, etc.

Todas las pruebas anteriormente mencionadas deben de estar calculadas por el técnico encargado de realizarlas y por el representante de la industria de la provincia, bajo un certificado debidamente cumplimentado y firmado, mientras tanto el dueño tendrá la instalación debidamente autorizada.

Si la Dirección de la Obra estima que debe de hacerse alguna prueba más, esta en su perfecto derecho.

4.6 Centro de transformación

4.6.1 Calidad de los materiales

- Obra Civil:

El edificio, local o recinto destinado a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente proyecto, cumplirá las Condiciones Generales prescritas en las Instrucciones del MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, referentes a su situación, inaccessibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc.

El Centro será construido enteramente con materiales no combustibles.

Los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubiertas, solera, puertas, etc.), así como los estructurales en él contenidos (columnas, vigas, etc.) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase MO de acuerdo con la Norma UNE 23727.

Tal como se indica en el capítulo de Cálculos, los muros del Centro deberán tener entre sus paramentos una resistencia mínima de 100.000 ohmios al mes de su realización. La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de 100 cm² cada una.

El Centro tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos por las Ordenanzas Municipales. Concretamente, no se superarán los 30 dBA durante el periodo nocturno (y los 55 dBA durante el periodo diurno).

Ninguna de las aberturas del Centro será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm. de diámetro. Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de

cuerpos sólidos de más de 2,5 mm de diámetro, y además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

4.6.2 Aparamenta de Alta Tensión

- Celdas CAS:

La aparamenta de A.T. estará constituida por conjuntos compactos serie CAS de Merlin Gerin, equipados con dicha aparamenta, bajo envolvente única metálica, para una tensión admisible de 36 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE 20-099, 20-100, 20-104, 20-139.
- CEI 298, 129, 265, 694.
- UNESA Recomendación 6407B.

Características constructivas

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre. Toda la aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una sobrepresión de 0'3 bar sobre la presión atmosférica, sellada de por vida y acorde a la norma CEI 56 (anexo EE).

En la parte inferior se dispondrá de una clapeta de seguridad que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que se puedan producir, sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.

La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candado existentes en cada uno de los ejes de accionamiento.

Características eléctricas

- Tensión nominal	36 kV
- Nivel de aislamiento:	
a) a la frecuencia industrial de 50 Hz	70 kV ef. 1mn.
b) a impulsos tipo rayo	170 kV cresta.
- Intensidad nominal funciones línea	400 A
- Intensidad nominal otras funciones	200 A
- Intensidad de corta duración admisible	16 kA ef. 1s.

Interruptores

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato de tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), a fin de asegurar la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y el seccionador de puesta a tierra.

El interruptor deberá ser capaz de soportar al 100% de su intensidad nominal más de 100 maniobras de cierre y apertura, correspondiendo a la categoría B según la norma CEI 265.

En servicio, se deberán cumplir las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
- Poder de corte en caso de falta a tierra (A): 50 A
- Poder de corte nominal de cables en vacío: 25 A

Cortacircuitos fusibles

En la protección ruptorfusibles se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Los fusibles cumplirán la norma DIN 43-625 y la R.U. 6.407-B y se instarán en tres compartimentos individuales, estancos cuyo acceso estará enclavado con el seccionador de puesta a tierra, el cual pondrá a tierra ambos extremos de los fusibles.

- Celdas SM6:

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, compuesta por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 307 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Características constructivas

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mandos.
- d) Compartimento de control.

Que se describen a continuación.

a) Compartimento de aparellaje.

Estará relleno de SF6 y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serán canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF6, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 mdaN

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) Compartimento de mando.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir

accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

Características eléctricas

- Tensión nominal	36 kV
- Nivel de aislamiento:	
a) a la frecuencia industrial de 50 Hz	70 kV ef.1mn.
b) a impulsos tipo rayo	170 kV cresta.
- Intensidad nominal funciones línea	400 A
- Intensidad nominal otras funciones	200/400 A
- Intensidad de corta duración admisible	16 kA ef. 1s.

Interruptores-seccionadores

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
- Poder de corte nominal de transformador en vacío: 16 A
- Poder de corte nominal de cables en vacío: 50 A
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 12,5 kA ef.

Cortacircuitos-fusibles

En el caso de utilizar protección ruptor-fusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

Puesta a tierra

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm. conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

4.6.3 Transformadores

El transformador o transformadores a instalar será trifásico, con neutro accesible en B.T.,

refrigeración natural, en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

La colocación de cada transformador se realizará de forma que éste quede correctamente instalado sobre las vigas de apoyo.

4.6.4 Equipos de Medida

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la celda de medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Las características eléctricas de los diferentes elementos están especificadas en la memoria.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de tener la garantía que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc., serán las correctas.

- Contadores:

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente. Sus características eléctricas están especificadas en la memoria.

- Cableado:

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora.

4.6.5 Normas de ejecución de las instalaciones

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de Fuerzas Eléctricas de Cataluña (FECSA-ENDESA).

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

4.6.6 Pruebas reglamentarias

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

4.6.7 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

- Prevenciones generales:
 1. Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
 2. Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de “Peligro de muerte”.
 3. En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
 4. No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
 5. No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
 6. Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.
 7. En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.
- Puesta en servicio:
 1. Se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.
 2. Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá

detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

- Separación de servicio:

1. Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.
2. Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.
3. A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Si hubiera de intervenir en la parte de línea comprendida entre la celda de entrada y seccionador aéreo exterior se avisará por escrito a la compañía suministradora de energía eléctrica para que corte la corriente en la línea alimentadora, no comenzando los trabajos sin la conformidad de ésta, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de alta se encuentra en perfectas condiciones, para la garantizar la seguridad de personas y cosas.
4. La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

- Prevenciones especiales:

1. No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.
2. No debe de sobrepasar los 60°C la temperatura del líquido refrigerante, en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo se empleará de la misma calidad y características.
3. Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

4.6.8 Certificados y documentación

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

4.6.9 Libro de órdenes

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

4.7 Central solar fotovoltaica

4.7.1 Generalidades

El ofertante será el responsable del suministro de los equipos elementos eléctricos. La mínima protección será IP54, según DIN 40050, garantizándose una protección contra depósitos nocivos de polvo y salpicaduras de agua; garantía de protección contra derivaciones.

Se preverán prensaestopas de aireación en las partes inferiores de los armarios. En los armarios grandes, en la parte inferior y superior, para garantizar mejor la circulación del aire.

Así mismo no se dejará subir la temperatura en la zona de los cuadros eléctricos y de instrumentación por encima de los 35°C por lo que el ofertante deberá estudiar dicha condición y los medios indicados en el proyecto, ventilación forzada y termostato ambiental, para que si no los considera suficiente prevea acondicionamiento de aire por refrigeración, integrada en los cuadros o ambiental para la zona donde están situados.

Así pues todos los armarios incorporarán además como elementos auxiliares propios, los siguientes accesorios:

- Ventilación forzada e independiente del exterior.
- Resistencia de calentamiento.
- Refrigeración, en caso de que se requiera.
- Dispositivo químico-pasivo de absorción de la humedad.
- Iluminación interior.
- Seguridad de intrusismo y vandalismo.
- Accesibilidad a todos sus módulos y elementos.

Se tendrán en cuenta las condiciones ambientales de uso. Por ello, se aplicará la clasificación 721-2 de polvo, arena, niebla salina, viento, etc. según norma IEC 721.

Para determinar los dispositivos de protección en cada punto de la instalación se deberá calcular y conocer:

La intensidad de empleo en función del coste. Fin, simultaneidad, utilización y factores de aplicación previstos e imprevistos. De éste último se fijará un factor, y éste se expresará en la oferta.

La intensidad del cortocircuito.

El poder de corte del dispositivo de protección, que deberá ser mayor que la ICC (Intensidad de cortocircuito) del punto en el cual está instalado.

La coordinación del dispositivo de protección con el aparellaje situado aguas abajo.

La selectividad a considerar en cada caso, con otros dispositivos de protección situados aguas arriba.

Se determinará la sección de fases y la sección de neutro en función de protegerlos contra sobrecargas, verificándose:

La intensidad que pueda soportar la instalación será mayor que la intensidad de empleo, previamente calculada.

La caída de tensión en el punto más desfavorable de la instalación será inferior a la caída de tensión permitida, considerados los casos más desfavorables, como por ejemplo tener todos los equipos en marcha con las condiciones ambientales extremas.

Las secciones de los cables de alimentación general y particular tendrán en cuenta los consumos de las futuras ampliaciones.

Se verificará la relación de seguridad (V_c / V_L), tensión de contacto menor o igual a la tensión límite permitida según los locales MI-BT021, protección contra contactos directos e indirectos.

La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se hará, preferentemente, con interruptores automáticos de alto poder de cortocircuito, con un poder de corte aproximado de 50 KA, y tiempo

de corte inferior a 10 ms. Cuando se prevean intensidades de cortocircuito superiores a las 50 KA, se colocarán limitadores de poder de corte mayor que 100 KA y tiempo de corte inferior a 5 ms.

Así mismo poseerán bloques de contactos auxiliares que discriminen y señalicen el disparo por cortocircuito, del térmico, así como posiciones del mando manual.

Idéntica posibilidad de rearme a distancia tendrán los detectores de defecto a tierra.

Las curvas de disparo magnético de los disyuntores, L-V-D, se adaptarán a las distintas protecciones de los receptores.

Cuando se empleen fusibles como limitadores de corriente, éstos se adaptarán a las distintas clases de receptores, empleándose para ello los más adecuados, ya sean aM, gF, gL o gT, según la norma UNE 21-103.

Todos los relés auxiliares serán del tipo enchufable en base tipo undecal, de tres contactos inversores, equipados con contactos de potencia, (10 A. para carga resistiva, cos. $\phi=1$), aprobados por UL.

La protección contra choque eléctrico será prevista, y se cumplirá con las normas UNE 20-383 y MI-BT021.

La determinación de la corriente admisible en las canalizaciones y su emplazamiento será, como mínimo, según lo establecido en MI BT004. La corriente de las canalizaciones será 1.5 veces la corriente admisible.

Las caídas de tensión máximas autorizadas serán según MI BT017, siendo el máximo, en el punto más desfavorable, del 3% en iluminación y del 5% en fuerza. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente, en las condiciones atmosféricas más desfavorables.

Los conductores eléctricos usarán los colores distintivos según normas UNE, y serán etiquetados y numerados para facilitar su fácil localización e interpretación en los planos y en la instalación.

El sistema de instalación será según la instrucción MI BT018 y otras por interiores y receptores, teniendo en cuenta las características especiales de los locales y tipo de industria.

El ofertante debe detallar en su oferta todos los elementos y equipos eléctricos ofrecidos, indicando nombre de fabricante.

Además de las especificaciones requeridas y ofrecidas, se debe incluir en la oferta:

a) Memorando de cálculos de carga, de iluminación, de tierra, protecciones y otros que ayuden a clasificar la calidad de las instalaciones ofertadas.

b) Diseños preliminares y planos de los sistemas ofertados.

En planos se empleará simbología normalizada S/UNE 20.004

Se tenderá a homogeneizar el tipo de esquema, numeración de borneros de salida y entrada y en general todos los elementos y medios posibles de forma que facilite el mantenimiento de las instalaciones.

4.7.2 Cuadros eléctricos

En los cuadros eléctricos se incluirán pulsadores frontales de marcha y parada, con señalización del estado de cada aparato (funcionamiento y avería).

El concursante razonará el tipo elegido, indicando las siguientes características:

Estructura de los cuadros, con dimensiones, materiales empleados (perfiles, chapas, etc...), con sus secciones o espesores, protección antioxidante, pinturas, etc...

Compartimentos en que se dividen.

Elementos que se alojan en los cuadros (embarrados, aisladores, etc...), detallando los mismos.

Interruptores automáticos.

Salida de cables, relés de protección, aparatos de medida y elementos auxiliares.

Protecciones que, como mínimo, serán:

Mínima tensión, en el interruptor general automático.

Sobrecarga en cada receptor.

Cortocircuitos en cada receptor.

Defecto a tierra, en cada receptor superior a 10 CV. En menores reagrupados en conjunto de máximo 4 elementos. Estos elementos deben ser funcionalmente semejantes.

Se proyectarán y razonarán los enclavamientos en los cuadros, destinados a evitar falsas maniobras y para protección contra accidentes del personal, así como en el sistema de puesta a tierra del conjunto de las cabinas.

La distribución del cuadro será de tal forma que la alimentación sea la celda central y a ambos lados se vayan situando las celdas o salidas cuando sea necesario.

En las tapas frontales se incluirá un sinóptico con el esquema unipolar plastificado incluyendo los aparatos de indicación, marcha, protección y título de cada elemento con letreros también plastificados.

Se indicarán los fabricantes de cada uno de los elementos que componen los cuadros y el tipo de los mismos.

Características:

Fabricante: A determinar por el contratista.

Tensión nominal de empleo: 400 V.

Tensión nominal de aislamiento: 750 V.

Tensión de ensayo: 2.500 V durante 1 segundo.

Intensidades nominales en el embarrado horizontal: 500, 800, 1.000, 1.250, 2.500 amperios.

Resistencia a los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuitos: 50 KA.

Protección contra agentes exteriores: IP-54, según IEC, UNE, UTE y DIN.

Dimensiones: varias, con longitud máxima de 2000 mm.

4.7.3 Reconocimiento y ensayos previos

Cuando se estime oportuno el técnico Director, podrá encargar y ordenar análisis, ensayos o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en la fábrica de origen, laboratorios oficiales o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no están indicados en este pliego.

En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio oficial que el Técnico Director de obra designe.

Los costes ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán a cargo del contratista.

4.7.4 Ensayos

Antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, el Contratista deberá de realizar los ensayos adecuados para probar, a la total satisfacción del Técnico Director de obra, que todos los equipos, aparatos, y cableados han estado instalados correctamente de acuerdo con las normas establecidas y están en condiciones satisfactorias de trabajo.

Todos los ensayos serán presenciados por el Ingeniero que representa al Técnico Director de obra.

Los resultados de los ensayos serán pasados en informes indicando la fecha y nombre de la persona a cargo del ensayo, así como la categoría profesional.

Los cables, antes de ponerse en funcionamiento, se someterán a un ensayo de resistencia del aislamiento entre fases y entre fase y tierra, que se realizará de la forma siguiente:

Alimentación a los cuadros. Con el receptor desconectado medir la resistencia de aislamiento desde el lado de la salida de los arrancadores.

Maniobra de los equipos de interconexión. Con los cables conectados a las estaciones de maniobra y a los dispositivos de protección y mando medir la resistencia de aislamiento entre fases y tierra.

Alumbrado y fuerza. Medir la resistencia de aislamiento de todos los aparatos que han estado conectados.

Se comprobará la puesta a tierra para determinar la continuidad de los cables de tierra y de sus conexiones y se medirá la resistencia de los electrodos de tierra.

Se comprobarán todas las alarmas del equipo eléctrico para comprobar el funcionamiento adecuado, haciéndolas activar simulando condiciones anormales.

Se comprobarán los cargadores de baterías para comprobar su funcionamiento correcto de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.

Todas las lámparas de señalización se verificarán a través de un pulsador de prueba.

4.7.5 Medida del Consumo

El sistema de transformación contará con el correspondiente equipo de medida, con contador de Energía Activa triple tarifa sentido generador-red, contador de Energía Reactiva sentido red-generador, reloj triple tarifa con discriminación semanal y Contador de Energía Activa sentido red-generador, siguiendo las normas de la Compañía suministradora.

Los contadores tendrán indicación local y salida digitalizada para transmisión a distancia, homologada por la compañía.

De todo ello se indicarán las marcas y características.

Los contadores serán verificados y precintados por el organismo de industria correspondiente.

4.7.6 Armario de Mando y Control

Armario para la instalación de los aparatos de mando, alarmas, medición y protección.

Regleta de bornas de prueba para instrumentos de medidas y relés de protección.

Medidas aproximadas de cada módulo de mando de 2.000*800*400 mm.

En el frontal: sinóptico, amperímetros, voltímetros, lámparas de señalización y pulsadores de maniobra.

Imprimación y dos capas de pintura.

4.7.7 Lista de Aparatos

Serán indicados por el licitador.

4.7.8 Red de puesta a Tierra

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24 V, respecto de la tierra.

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes, etc., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el reglamento de B.T.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc.

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos.

La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.

La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema .

5.-CONDICIONES ECONÓMICAS

5.1 *Principio General*

Todos los que intervienen en el proceso de construcción, tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el Contratista y en su caso, el técnico, pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

5.2 *Fianzas*

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

1. Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario.
2. Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

FIANZA PROVISIONAL

En el contrato se establecerá la fianza que el Contratista deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos efectuados a cuenta de obra ejecutada. De no estipularse fianza en el contrato se entiende que se adopta como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA

En el caso que el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, o atender la garantía, el Ingeniero Director en nombre y representación de la Propiedad podrá ordenar ejecutar las obras a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad si el importe de la fianza no bastase.

DE SU DEVOLUCIÓN EN GENERAL

La fianza retenida se abonará al contratista en un plazo no superior a treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos, etc.

DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES

Si la Propiedad, con la conformidad del Ingeniero Director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

5.3 **Precios. Composición de los precios unitarios**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución .
- Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de los almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc, los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos o indirectos (en los contratos de obra de Administración Pública a este porcentaje se establece un 13%).

Beneficio Industrial:

El beneficio industrial del Contratista se establece en el 6 % sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución Material:

Se denominara Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de Contrata:

El Precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

PRECIO DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra ajena cualquiera, se contratase a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución Material, más el tanto por ciento (%). Sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 13 % y el Beneficio se estima normalmente en 6 %, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

PRECIOS CONTRADICTORIOS

Se producirán precios contradictorios solo cuando la Propiedad por medio del Ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en algunas de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Ingeniero y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del Proyecto, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento desde los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencias Facultativas).

FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O DE APLICAR LOS PRECIOS

En ningún caso podrá alegar el Contratista, los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Técnicas, y en segundo lugar, al Pliego General de Condiciones Particulares.

DE LA REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al 5 % del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en mas que resulte por la variación del IPC superior al 5 %.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

ACOPIO DE MATERIALES

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

5.4 Obras por administración

Se denominan “Obras por Administración” aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Propietario; bien por sí mismo o por un representante suyo.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades diferentes:

1. Obras por administración directa.
2. Obras por administración delegada o indirecta

OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA

Se denominan “Obras por Administración Directa” a aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio Ingeniero, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma, interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en éstas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, en un mero dependiente del Propietario, ya sea, como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de Propietario y Contratista.

OBRAS POR ADMINISTRACIÓN POR DELEGADO O INDIRECTA

Se entiende por “Obras por Administración Delegada o Indirecta” la que convienen un Propietario y un Constructor para que éste, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son por tanto, características peculiares de la “Obra por Administración Delegada o Indirecta” las siguientes:

- Por parte del Propietario, la obligación de abonar directamente o por la mediación del Constructor todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el Propietario la facultad de poner ordenar bien por sí mismo, o por medio del Ingeniero en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse, y en suma todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.
- Por parte del Constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y en suma, todo lo que en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo con ello el Propietario un tanto por ciento (%) prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el Constructor.

LIQUIDACIÓN DE OBRAS POR ADMINISTRACIÓN

Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por Administración Delegada o Indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las “Condiciones Particulares de Índole Económica” vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración, las presentará el Constructor al Propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresen los documentos siguientes, todos ellos conformados por el Ingeniero.

Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.

Las nóminas de los jornales abonadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales, y ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.

Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o retirada de escombros.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el Constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un 15%, entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los Gastos Generales que al Constructor originen los trabajos de administración que realiza y el Beneficio Industrial del mismo.

ABONO AL CONTRATISTA DE LAS CUENTAS DE ADMINISTRACIÓN DELEGADA

Salvo pacto distinto, los abonos al Constructor, de las cuentas de Administración Delegada los realizará el Propietario mensualmente según los pares de trabajo realizados, aprobados por el Propietario o por su delegado representante.

Independientemente, el Ingeniero redactará con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al Constructor salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES Y APARATOS

No obstante las facultades que en estos trabajos por Administración Delegada se reserva el Propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al Constructor se le autoriza para gestionar y adquirirlos, deberá presentar al Propietario, o en su representación al Ingeniero, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS OBREROS

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Ingeniero, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por Ingeniero Director.

Si hecha esta notificación al Constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario, queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del 15% que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, de someterá el caso a arbitraje.

RESPONDABILIDADES DEL CONSTRUCTOR

En los trabajos de “Obras por Administración Delegada”, el Constructor solo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales se establecen.

En cambio, y salvo lo expresado en apartados anteriores, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales o aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el Constructor esta obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

5.5 *Valoración y abono de los trabajos*

FORMAS VARIAS DE ABONO DE LAS OBRAS

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el Pliego Particular de Condiciones Económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se podrá efectuar de las siguientes formas:

- Tipo fijo o tanto alzado. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.
- Previa mediación y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la mediación y valoración de las diversas unidades.
- Tanto o variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las ordenes del Ingeniero. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones del caso anterior.
- Por listas de jornales y recibo de materiales, autorizados en la forma que el presente “Pliego General de Condiciones Económicas” determina.
- Por horas de trabajo, ejecutando en las condiciones determinadas en el contrato.

RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los “Pliegos de Condiciones Particulares” que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Aparejador o Arquitecto Técnico.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal, o numeral, correspondiente a cada unidad de la obra y a los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente “Pliego General de Condiciones Económicas”, respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Aparejador o Arquitecto los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez días siguientes a su recibo, el Ingeniero aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra resolución del Ingeniero Director en la forma prevenida de los “Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales”.

Tomando como base la relación valorada en el párrafo anterior, expedirá el Ingeniero Director la certificación de las obras ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entrega a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En caso de que el Ingeniero Director lo exigiera la certificaciones se extenderán al origen.

MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS

Cuando el contratista, incluso con autorización del Ingeniero Director emplease materiales de mas esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director, no tendrá derecho, sin embargo, mas que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA

Salvo lo preceptuado en el “Pliego de Condiciones Particulares de Índole Económica”, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida de alza se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alza, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.

- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades compartida alzada, deducidos de los similares contratados.
- Si no existiesen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Ingeniero Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

ABONO DE AGOTAMIENTOS Y OTROS TRABAJOS

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones u otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, siempre que la Dirección Facultativa lo considerara necesario para la seguridad y calidad de la obra.

PAGOS

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieren ejecutado trabajos cuales quiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y el Ingeniero Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los “Pliegos Particulares” o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

5.6 Indemnizaciones mutuas

IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS.

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijados en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

DEMORA DE LOS PAGOS

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

MEJORAS DE OBRA

MEJORAS Y AUMENTOS DE OBRA. CASOS CONTRARIOS.

No se admitirán mejoras de obras, mas que en el caso de que el Ingeniero Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo casos de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero Directos ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Ingeniero Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS PERO ACEPTABLES

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Ingeniero Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

SEGUROS

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento

público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

CONSERVACIÓN DE LA OBRA

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, esta obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio, y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él, mas herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza, y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente “Pliego de Condiciones Económicas”.

USO POR EL CONTRATISTA DE EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que en el terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

6 INSTALACIONES AUXILIARES Y CONTROL DE LA OBRA

6.1 *Instalaciones auxiliares*

La ejecución de las obras figuradas en el presente proyecto, requerirán las siguientes instalaciones auxiliares:

- Vestuario de personal, según dispone la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Maquinaria, andamios, herramientas y todo el material auxiliar para llevar a cabo los trabajos de este tipo.

ORDENANZA DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Las precauciones a adoptar durante la construcción de la obra serán las previstas en la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo aprobada por O.M. de fecha 9 de marzo de 1.971.