

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA
DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN
INDUSTRIA ALIMENTARIA"

TRABAJO FIN DE GRADO

Noviembre -2024

AUTOR: Pedro Gaona Cárceles

DIRECTORES: Javier Ruiz Ramírez

Javier Molina González



ÍNDICE

MEMORIA.....	13
1. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	13
2. INTRODUCCIÓN.....	13
3. FASE 1. CONDENSADOR Y TORRE REFRIGERACIÓN.....	20
3.1. CONDENSADOR.....	20
3.1.1. EL SISTEMA ACTUAL DE CONDENSADORES EVAPORATIVOS EN LA FÁBRICA ESTÁ COMPUESTO POR:.....	22
3.1.1.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL USO DEL REFRIGERANTE EN LA FÁBRICA:.....	22
3.1.1.1.1. LOS CONDENSADORES UTILIZADOS PARA REFRIGERAR EL SISTEMA DE CO ₂ (1), SE UTILIZAN EN MAQUINARIA CONCRETA DURANTE EL PROCESADO DE LAS CREMAS HELADAS (FREZEER).....	22
3.1.1.1.2. LOS CONDENSADORES UTILIZADOS PARA REFRIGERAR EL SISTEMA DE NH ₃ , EL CUAL SE UTILIZA EN MAQUINARIA CONCRETA DURANTE EL PROCESADO DE LAS CREMAS HELADAS (FREZEER), CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN Y TÚNELES DE REFRIGERACIÓN.....	23
3.1.1.2. DEMANDA ACTUAL DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA.....	25
3.1.2. ELECCIÓN DEL NUEVO CONDENSADOR.....	26
3.1.2.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL FABRICANTE.....	26
3.1.2.1.1. BALTIMORE.....	26
3.1.2.1.2. EVAPCO.....	26
3.1.2.1.3. EWK.....	27
3.1.2.1.4. EOS REFRIGERACIÓN.....	27
3.1.2.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TECNOLOGÍA.....	27
3.1.2.2.1. AXIALES.....	27
3.1.2.2.2. POLARIS.....	28
3.1.2.2.3. CENTRIFUGOS.....	29
3.1.2.2.4. VERTEX O PMCQ.....	30
3.1.3. BANCADA.....	32
3.1.3.1. DATOS OBRA.....	32
3.1.3.1.1. NORMAS CONSIDERADAS.....	32
3.1.3.1.2. ESTADOS LÍMITES.....	32
3.1.3.2. ESTRUCTURA.....	37
3.1.3.2.1. GEOMETRÍA.....	37
3.1.3.2.2. CÁLCULOS.....	38

3.1.3.3. CIMENTACIÓN.	49
3.1.3.3.1. DESCRIPCIONES.	49
3.1.3.3.2. COMPROBACIÓN.	49
3.1.4. COMPROBACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL CONDENSADOR.	49
3.1.5. TRATAMIENTO DE AGUA.	54
3.1.5.1. CONFIGURACIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUAS PARA EL SISTEMA DE BOMBEO.	54
3.1.5.2. PROBLEMÁTICA DE LA LEGIONELLA.	56
3.1.5.2.1. INFECCIÓN POR LEGIONELA.	56
3.1.5.2.2. NORMATIVA PARA EL CONTROL DE LA LEGIONELLA.	56
3.1.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	58
3.1.6.1. APARAMENTA ELÉCTRICA.	59
3.1.6.2. SISTEMA INFORMÁTICO SCADA.	60
3.1.6.3. LÍNEAS ELÉCTRICAS.	61
3.1.7. SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DEL CONDENSADOR.	62
3.1.7.1. PURGA INCONDENSABLES.	63
3.1.7.2. SEGURIDAD Y ACTUACIÓN EN CASO DE FALLO DEL CONDENSADOR.	65
3.1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.	66
3.1.8.1. ELECCIÓN DEL NUEVO CONDENSADOR SEGÚN LA CLASIFICACIÓN TIPO DE TECNOLOGÍA.	68
3.2. TORRE DE REFRIGERACIÓN.	70
3.2.1. ELECCIÓN DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN.	73
3.2.1.1. BALTIMORE.	73
3.2.1.2. EVAPCO.	73
3.2.1.3. EWK.	73
3.2.1.4. TECNOLOGIA TORRES REFRIGERACIÓN SEGÚN LOS MODELOS SELECCIONADOS.	74
3.2.2. BANCADA.	75
3.2.2.1. DATOS OBRA.	76
3.2.2.1.1. NORMAS CONSIDERADAS.	76
3.2.2.1.2. ESTADOS LÍMITES.	76
3.2.2.2. ESTRUCTURA.	77
3.2.2.2.1. GEOMETRÍA.	77
3.2.2.2.2. CÁLCULOS.	79
3.2.2.3. CIMENTACIÓN.	86
3.2.2.3.1. DESCRIPCIONES.	86

3.2.2.3.2. COMPROBACIÓN.....	87
3.2.3. TRATAMIENTO DEL AGUA.....	87
3.2.3.1. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL SUMINISTRO DE AGUA.....	87
3.2.3.2. PROBLEMÁTICA LEGIONELA.....	89
3.2.4. MODIFICACIÓN ELÉCTRICA.....	89
3.2.5. SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DE LA TORRE.....	91
3.2.6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	92
CÁLCULOS.....	93
1. CONDENSADOR.....	93
1.1. ESTUDIO DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	98
1.2. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL SISTEMA REFRIGERACIÓN ACTUAL.....	99
1.3. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS CONDENSADORES SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES.....	105
2. TORRE DE REFRIGERACIÓN.....	105
2.1. CALCULOS PARA ELECCION DE LA TORRE DE REFRIGERACION.....	108
3. ESTUDIO DE VIABILIDAD.....	110
3.1. INDICADORES.....	110
3.1.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	110
3.1.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	111
3.1.3. PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL (PRC).....	112
3.1.4. ÍNDICE DE RETORNO (IR).....	113
PLIEGO DE CONDICIONES.....	114
1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	115
1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	115
2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS.....	115
2.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	115
2.1.1. MATERIALES EMPLEADOS EN LOS EQUIPOS FRIGORÍFICOS.....	117
2.1.1.1. MATERIALES FÉRRICOS.....	118
2.1.1.2. METALES NO FÉRRICOS Y SUS ALEACIONES.....	119
2.1.1.3. MATERIALES NO METÁLICOS.....	120
2.1.1.4. AISLAMIENTO TÉRMICO.....	120
2.2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	122
2.2.1. PREPARCIÓN Y FABRICACIÓN.....	122
2.2.2. TRANSPORTE Y MONTAJE ESTRCUTURA ACERO.....	123
2.2.3. TRANSPORTE Y SUMINISTRO DE HORMIGÓN.....	127

2.2. COMPONENTES DE LAS INTALACIONES	129
2.2.1. EQUIPOS A PRESIÓN.	129
2.2.1. TUBERÍAS Y CONEXIONES.	129
2.2.2. REQUISITOS GENERALES.	130
2.2.3. UNIONES DE TUBERÍAS.	130
2.2.4. UNIONES NO DESMONTABLES	131
2.2.3. UNIONES DESMONTABLES.	132
2.2.4. TRAZADO DE TUBERÍAS	133
2.2.5. GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS	134
2.2.6. LOCALIZACIÓN.....	135
2.2.7. PROTECCION CONTRA CORROSIÓN.	135
2.3. RECORRIDO DE LAS TUBERÍAS	135
2.3.1. CANALIZACIONES PARA PASO DE TUBERÍAS	135
2.3.2. UBICACIÓN	136
2.3.3. REFRIGERANTES INFLAMABLES O TÓXICOS	136
2.3.4. ACCESO A LAS UNIONES DESMONTABLES.....	136
2.3.5. PROPAGACIÓN DE FUEGO.....	136
2.4. TUBERÍAS ESPECIALES	136
2.4.1. TUBERÍAS PARA LA CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS DE MEDIDA, CONTROL Y VÁLVULAS DE SEGURIDAD	136
2.4.2. DRENAJES Y LÍNEAS DE DRENAJE	137
2.5. VÁLVULAS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	138
2.5.1. REQUISITOS GENERALES.	138
2.5.2. VÁLVULAS DE CORTE.	139
2.5.3. VÁLVULAS DE ACCIONAMIENTO MANUAL.	139
2.5.4. ACCIONAMIENTO POR PERSONAS NO AUTORIZADAS.....	139
2.5.5. BLOQUEO DE PARTES DE LA VÁLVULA.	139
2.5.6. CAMBIO DEL PRENSAESTOPA O JUNTA DE ESTANQUEIDAD	140
2.5.7. CORTES DE FLUJO	140
2.5.8. VÁLVULAS CON CAPERUZA	140
2.5.9. VÁLVULAS AUTOMÁTICAS DE CIERRE RÁPIDO	140
2.5.10. EMPLAZAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE CORTE	140
2.5.11. SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTES FLUORADOS.....	140
3. ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN.	141
3.1. INSTRUMENTOS DE INDICACIÓN Y MEDIDA.	141

3.1.1. REQUISITOS GENERALES.....	141
3.1.2. INDICADORES DE PRESIÓN PARA REFRIGERANTE.....	141
3.1.3. CALIBRACIÓN Y MARCADO.....	141
3.1.4. INSTALACIÓN.....	141
3.1.5. INDICADORES DE NIVEL DE LÍQUIDO.....	143
3.2. MATERIAL DE PRODUCCIÓN DE FRÍO.....	144
3.2.1. MATERIAL DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSIMSIÓN DE FRÍO.....	145
3.3. ESPECIFICACIONES Y GARANTÍAS.....	145
3.3.1. CERTIFICADOS.....	147
3.3.2. MANUAL DE INSTRUCCIONES.....	148
3.3.3. CARTEL DE SEGURIDAD.....	150
3.3.4. SALAS DE MÁQUINAS ESPECIALES PARA REFRIGERANTES DEL GRUPO L2.....	150
3.4. PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN.....	152
3.5. PUESTA EN OBRA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO.....	155
4. ESPECIFICACIONES SOBRE VERIFICACIONES EN LA INSTALACIÓN.....	155
4.1. PRUEBAS REGLAMENTARIAS.....	155
4.1.1. VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD.....	155
4.1.2. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD.....	155
4.1.3. PUESTA EN MARCHA.....	156
4.1.4. LOCALES HÚMEDOS, MOJADOS Y CON RIESGO DE EXPLOSIÓN O INCENDIO.....	156
4.1.5. CRITERIOS GENERALES EN HORMIGÓN Y ACERO.....	157
4.2. GETIÓN DE CALIDADES EN ESTRUCTURA DE ACERO.....	157
4.2.1. PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.....	158
4.2.2. COMPROBACIONES PREVIAS AL COMIENZO DE LA FABRICACIÓN Y EJECUCIÓN.....	158
4.2.3. CONTROL DE LA FABRICACIÓN EN TALLER Y DEL MONTAJE EN OBRA.....	158
4.3. GETIÓN DE CALIDADES EN ESTRUCTURA DE HORMIGÓN.....	159
4.3.1. PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE EJECUCIÓN EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN.....	160
4.3.2. COMPROBACIONES PREVIAS AL COMIENZO DE LA EJECUCIÓN.....	160
4.3.3. CONTROL DE LOS PROCESOS DE EJECUCIÓN PREVIOS A LA COLOCACIÓN DE LA ARMADURA.....	160
4.3.4. CONTROL DEL PROCESO DE MONTAJE DE LAS ARMADURAS PASIVAS.....	162

4.3.5. CONTROL DE LOS PROCESOS DE HORMIGONADO	165
4.3.6. CONTROL DE PROCESOS POSTERIORES AL HORMIGONADO	165
4.3.7. CONTROL DEL MONTAJE Y UNIONES DE ELEMENTOS PREFABRICADOS	166
4.3.8. CONTROL DEL ELEMENTO CONSTRUIDO	166
4.3.9. CONTROLES DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE ENSAYOS DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	167
4.3.10. CONTROL DE ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	168
5. ESPECIFICACIONES CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	168
5.1. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.	168
5.1.1. BOLETINES DE RECONOCIMIENTO	169
5.1.2. REVISIONES A EFECTUAR POR LAS DELEGACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA.	170
5.1.3. OTRAS REVISIONES.	172
5.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y DE PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS	172
5.2.1. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	172
5.2.2. INDICACIONES DE EMERGENCIA E INSTRUCCIONES DE SERVICIO.	173
5.3. CONDICIONES EN LA CARGA Y ALMACENAMIENTO DE REFRIGERANTES.	173
5.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	173
5.5. INSTALACIONES ELÉCTRICAS. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL.....	173
5.6. DEMOLICIÓN Y DECONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN Y ACERO.	174
5.7. CONTRIBUCIÓN DE LA ESTRUCTURA A LA SOSTENIBILIDAD	177
5.7.1. DISTINTIVO DE SOSTENIBILIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO (DSOR).....	180
PRESUPUESTO.....	182
PLANOS.....	203
ANEJOS	214

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Intercambiador NH ₃ /CO ₂	15
Ilustración 2: Separador de Amoniaco	16
Ilustración 3: Compresor de Amoniaco	17
Ilustración 4: Pasteurizador	18
Ilustración 5: Tabla de condensadores actuales.....	25
Ilustración 6: Tabla con demanda actual	26
Ilustración 7: Condensador axial	28
Ilustración 8: Condensador polaris	29
Ilustración 9: Condensador centrífugos	30
Ilustración 10: Condensador vertex o PMCQ	31
Ilustración 11: Bancada condensador	32
Ilustración 12: Geometría bancada condensador	37
Ilustración 13: Bancada cargas condensador	39
Ilustración 14: Bancada cargas pasarela.....	40
Ilustración 15: Señalización Zapatas	50
Ilustración 16: Zapatas bancada	51
Ilustración 17: Montaje grúa	52
Ilustración 18: Partes condensador	52
Ilustración 19: Bancada terminada	53
Ilustración 20: Embalse para condensador	55
Ilustración 21: Separadores de gotas	58
Ilustración 22: Cuadro eléctrico	59
Ilustración 23: Monitor SCADA	61
Ilustración 24: Cableado condensador.....	62
Ilustración 25: Elementos del condensador	63
Ilustración 26: Purgador de sifón.....	64
Ilustración 27: Válvula ICF	65
Ilustración 28: Equipos y protocolos seguridad	66
Ilustración 29: Silenciadores condensador y paredes fábrica.....	67
Ilustración 30: Cuadro de puntos tipo Axial.....	68
Ilustración 31: Cuadro de puntos tipo Centrífugo	68
Ilustración 32: Cuadro de puntos tipo Polaris	69
Ilustración 33: Cuadro de puntos tipo VERTEX.....	69
Ilustración 34: Condensador Vertex PMCQ-687	70
Ilustración 35: Partes de torre de refrigeración	72
Ilustración 36: Modelos de torres de refrigeración.....	75
Ilustración 37: Bancada torre refrigeración	76
Ilustración 38: Geometría bancada torre de refrigeración	77
Ilustración 39: Caudalímetro torre refrigeración	88
Ilustración 40: Sistema bombeo torre refrigeración y canalización inferior	89
Ilustración 41: Cuadro eléctrico para el ph.....	90
Ilustración 42: Sonda de temperatura	90
Ilustración 43: Interruptor general e interruptores bombas	91

Ilustración 44: Elementos para hacer el mantenimiento en la torre	92
Ilustración 45: Torre de refrigeración.....	93
Ilustración 46: Esquema ciclo carnot.....	94
Ilustración 47: Diagrama mollier t-s y p-h	94
Ilustración 48: Serpentín y diagrama mollier mostrando las zonas sensibles y latentes	97
Ilustración 49: Temperaturas semana 30	98
Ilustración 50: Esquema del ciclo de refrigeración	99
Ilustración 51: Diagrama del ciclo de refrigeración	101
Ilustración 52: Resultados finales.....	104
Ilustración 53: Tabla comparativa de los condensadores según los fabricantes	105
Ilustración 54: Circuito agua de la torre refrigeración (EES).....	109
Ilustración 55: Datos y resultados de EES en la torre de refrigeración.....	110



ÍNDICE ECUACIONES

Ecuación 1: Balance de energía.....	95
Ecuación 2: Balance de energía desarrollada	95
Ecuación 3: Balance energético en el condensador	95
Ecuación 4: Calor sensible del aire.....	96
Ecuación 5: Calor latente del aire.....	96
Ecuación 6: Energía absorbida por el aire	96
Ecuación 7: Energía cedida del refrigerante al agua-aire	96
Ecuación 8: Flujo másico de alta presión	102
Ecuación 9: Balance energía en compresores de alta presión a 35 °C y 30 °C.....	102
Ecuación 10: Balance energía en compresores de baja presión	103
Ecuación 11: Energía total consumida en compresores a 35 °C y 30 °C.....	103
Ecuación 12: Ahorro de energía en compresores	103
Ecuación 13: Balance energía condensador a 35 °C y 30 °C.....	103
Ecuación 14: Balance energía evaporador.....	103
Ecuación 15: Balance de masas.....	103
Ecuación 16: Balance de energía economizador	103
Ecuación 17: Ahorro semana 30.....	104
Ecuación 18: Ahorro anual	104
Ecuación 19: Transmisión de calor mediante temperatura logarítmica	106
Ecuación 20: Diferencia media de temperatura logarítmica	107
Ecuación 21: Variación de temperaturas según su flujo.....	107
Ecuación 22: Cálculo factor de corrección.....	108
Ecuación 23: Temperatura media logarítmica corregida.....	108
Ecuación 24: Transferencia de calor sensible.....	108
Ecuación 25: Ecuación VAN.....	111
Ecuación 26: Ecuación TIR.....	112
Ecuación 27: Ecuación PRC.....	112
Ecuación 28: Ecuación IR	113



MEMORIA.

1. OBJETIVO DEL PROYECTO.

El proyecto tiene como objetivo implementar una mejora en el rendimiento del sistema de refrigeración en los procesos de fabricación de helados. Para ello, el proyecto se divide en 3 fases que supondrán el cambio completo del sistema de condensadores evaporativos usados en la refrigeración de la planta de procesado y conservación del producto.

El objeto del proyecto es el análisis de una fase del proyecto, el cual consta del cambio de uno de los tres condensadores evaporativos, y la incorporación de una torre de refrigeración.

2. INTRODUCCIÓN.

El motivo por el cual se debe esta mejora son las altas temperaturas externas que hay en el recinto de la fábrica, ya que en Alicante más concretamente en San Vicente del Raspeig se alcanzan temperaturas de 40°C, haciendo que las torres de refrigeración funcionen a un alto nivel de capacidad. También hay que tener en cuenta la reducción de consumo eléctrico porque la torre nueva utiliza una tecnología mejor que las torres antiguas y por ende una disminución de gasto económico de la empresa en energía eléctrica.

Antes de todo comenzaré explicando todo el entramado de máquinas por el que está compuesto hoy en día el sistema de refrigeración de la fábrica.

Se tienen 4 circuitos diferentes, el circuito de amoníaco, el de CO₂, el de freones y el de nitrógeno líquido. En total, se usan 21 compresores, los cuales son:

Circuito de amoníaco:

- 5 Compresores MYCOM N2520-LSC-MBM
- 1 Compresor MAYEKAWA N2016-C-51
- 1 Compresor MAYEKAWA
- 1 Compresor MYCOM

Circuito de amoníaco/CO₂:

- 5 Compresores NH₃
 - 3 SABROE SAB 233S
 - 1 SABROE SAB163

- 1 MYCON N2520-LSC-MBM
- 6 Compresores CO₂
 - 2 SABROE HP028
 - 4 SABROE HPC108S

Circuito Freón ("Freón" es un término coloquial que se utiliza comúnmente para referirse a los refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC) y los hidroclorofluorocarbonados (HCFC). Estos compuestos químicos fueron ampliamente utilizados como refrigerantes en sistemas de refrigeración industrial, así como en aires acondicionados, refrigeradores domésticos y otros equipos de refrigeración.

Los refrigerantes Freón, especialmente los CFC, se utilizaron mucho debido a su eficacia en la transferencia de calor y su estabilidad química. Sin embargo, más tarde se descubrió que los CFC y los HCFC tienen un impacto negativo en la capa de ozono de la atmósfera cuando se liberan a la atmósfera. Esto llevó a la adopción de regulaciones internacionales para eliminar gradualmente el uso de estos refrigerantes y reemplazarlos por alternativas más seguras para el medio ambiente, como los hidrofluorocarbonos (HFC) y los refrigerantes naturales como el amoníaco (NH₃) y el dióxido de carbono (CO₂):

- Compresor COPELAND.
- Compresor CARRIER.
- Torres de condensación.
- Intercambiadores.
- Equipos evaporadores.

El sistema de refrigeración lo dividimos en dos partes según el tipo de refrigerante que se usan en las máquinas de procesamiento de los helados. Uno de los refrigerantes que usa la fábrica es el amoníaco (NH₃) y el otro refrigerante que también utiliza es el dióxido de carbono (CO₂), estos dos refrigerantes se usan para distintas máquinas o equipos en el procesamiento de helados de crema. En mi proyecto me voy a centrar únicamente en el refrigerante de amoníaco, debido a que el condensador evaporativo que vamos a instalar solo trabaja con el NH₃. El refrigerante CO₂ no intercambiara energía a través de los condensadores debido a sus propiedades químicas que en condiciones normales que se tiene el exterior o en la planta, no se produciría un intercambio de energía óptimo para

enfriar el refrigerante CO₂. Por ese motivo el refrigerante CO₂ se enfriará con un intercambiador a contra flujo con el refrigerante NH₃.

En la ilustración 1, que se encuentra a continuación, se muestra como son los intercambiadores NH₃/CO₂ que utiliza la fábrica. Es un intercambiador de clase tubular, en el que el serpentín lleva el CO₂ y por fuera de los tubos pasa el amoníaco llevándose el calor del dióxido de carbono.



ILUSTRACIÓN 1: INTERCAMBIADOR NH₃/CO₂

Los condensadores evaporativos trabajan soló con el refrigerante amoníaco, el cual se utiliza en toda la fábrica para enfriar a temperaturas muy bajas, tanto para el producto en su proceso como en las cámaras de almacenaje. En el sistema de refrigeración en el que circula el amoníaco vamos a distinguir entre tres temperaturas distintas, en las que el NH₃ en estado líquido al depósito, desde el depósito se lleva a los separadores en los que se diferencian por las temperaturas de trabajo según a donde se mande. Hay cuatro separadores de NH₃ líquido: uno de los separados trabaja con temperaturas de -45 °C, dos separadores trabajan con temperatura de -35 °C y el último separador trabaja con temperatura de -10 °C.

La ilustración 2 muestra la forma y el tipo de separador que hay en la fábrica.



ILUSTRACIÓN 2: SEPARADOR DE AMONIACO

Estos separados son los encargados de mandar el amoníaco en estado líquido a los distintos puntos de la fábrica a través de un sistema de bombeo y, pero a su vez, se encarga de mandar el NH_3 en estado gaseoso a los condensadores evaporativos para enfriar el gas y poder volver a recuperar las propiedades de uso.

En la ilustración 3 se muestra un ejemplo de compresor de amoniaco utilizado en la fábrica. Máquina importante ya que se encarga de impulsar el amoniaco en estado gaseoso a presiones y temperaturas altas, en los cuales más adelante nos centraremos para realizar los cálculos.



ILUSTRACIÓN 3: COMPRESOR DE AMONIACO

Por otro lado, la torre de refrigeración es un sistema completamente diferente que tendrá un uso muy específico en el proceso de pasteurización. Este proceso consiste en aumentar la temperatura de los lácteos a gran temperatura y a continuación bajar esta temperatura de forma brusca para eliminar cualquier bacteria o parasito. En el proceso de pasteurización mandaremos el lácteo por un intercambiador de batería a contra flujo. Por uno de los lados de la batería fluye el lácteo a una temperatura elevada de 80 °C, y por el otro lado, circulará agua a una temperatura de 35 °C. En el intercambiador de batería el agua recircula dos veces para dar dos choques térmicos en cascada.

La ilustración 4 se muestra un ejemplo de los pasteurizadores que utiliza la fábrica. El cual podemos observar que se trata de un intercambiador de placas con sentido a contraflujo.



ILUSTRACIÓN 4: PASTEURIZADOR

El agua de este proceso circula exclusivamente para este proceso y para esta torre de refrigeración, por este motivo es muy importante en el proceso principal de la elaboración de la crema helada. La cual después de la pasteurización pasa la crema a los tanques de maduración, con mucha importancia de que no lleguen bacterias a los tanques porque si no proliferarían y pasaría a contaminar todo lo que haya tenido contacto con el producto. El agua que se usa en la batería, se recircula a la torre de refrigeración una vez que se calienta, y así volver a utilizar la después de su enfriamiento en la torre.

El proyecto de mejora se completa con tres fases de las cuales mi trabajo se va a centrar en la primera fase que es la sustitución de un condensador evaporativo 3 y la torre de refrigeración. Los años siguientes se harán las siguientes fases que será la sustitución de otro condensador evaporativo 4, y la tercera fase consta del cambio del último condensador evaporativo 5. Se muestra en el plano de emplazamiento el resultado final de toda la disposición del sistema de refrigeración.

El equipo que se seleccione en esta ocasión será el mismo (tanto en tamaño como en tecnología) que se emplee para la sustitución de los condensadores 4 y 5. Además, será la misma tecnología para emplear en la implementación del nuevo condensador de la sala de CO₂.

La sustitución del condensador 3, es necesaria por el mal estado técnico del equipo; pero al mismo tiempo representa una oportunidad de mejora para el sistema de refrigeración por amoniaco.

Los puntos negativos debido al mal estado técnico del equipo, y de la estructura que lo soporta son:

- Riesgo de contaminación por Legionella. Pierde agua por la balsa, la estructura, y los paneles propios del equipo.
- Avería irreparable en plena campaña, que nos obligue a parar líneas de fabricación.
- Fuga de amoniaco provocada por el alto nivel de incrustaciones en la batería.
- Colapso de la estructura sobre los depósitos de amoniaco, provocando un incidente grave.
- Consumo energético elevado en comparación con la cantidad de calor que disipa actualmente este equipo.

Oportunidad de Mejora de incrementar la capacidad de condensación. Hemos realizado un balance de cargas, mediante el cual, sobre el papel, la capacidad que tenemos instalada en condensación es la necesaria. Sin embargo, en verano no tenemos capacidad suficiente de condensación, debido a las pérdidas de rendimiento de los equipos actuales, provocada fundamentalmente por:

- Incrustaciones en las tuberías por la dureza del agua con la que trabajamos.
- Errores en la ejecución de las líneas de salida de líquido. No se han respetado las indicaciones del fabricante.
- No se respetan las distancias mínimas entre equipos para las tomas de aire. Especialmente en el caso de los condensadores 4 y 5.
- Purga incorrecta de Incondensables.
- Necesidad de colocar una pantalla contra el ruido, que dificulta la circulación del aire en la descarga de los condensadores. Esto crea un corto-circuito de aire, que provoca una caída del rendimiento de todos los equipos.

Incrementar la capacidad de condensación, nos ayudará a:

- Reducir el consumo energético de los compresores,

- Alargar la vida útil de los elementos de desgaste de los compresores, reduciendo sus temperaturas de trabajo,
- Eliminar las incidencias durante el verano relacionadas con la falta de capacidad en la condensación.
- Paradas puntuales de líneas.
- Paradas de cámaras de congelación.

3. FASE 1. CONDENSADOR Y TORRE REFRIGERACIÓN

3.1. CONDENSADOR.

En un sistema de refrigeración industrial, un condensador es el componente encargado de disipar el calor absorbido por el refrigerante del sistema. El cual funciona tomando el refrigerante, que está en estado gaseoso y caliente después de absorber el calor del área que se desea enfriar, y lo convierte nuevamente en líquido al liberar ese calor al ambiente.

El funcionamiento principal de un condensador consiste en la transferencia de energía desde el refrigerante en estado gaseoso (caliente), a otro medio que fluye con menor energía por el que está en contacto, que puede ser aire o agua (frio). Esto se consigue haciendo que el refrigerante fluya a través de tubos o serpentines en el condensador mientras un medio de enfriamiento (como aire o agua) pasa sobre estos tubos, en nuestro caso con los dos medios. A medida que el refrigerante caliente entra en contacto con el medio de enfriamiento, el calor se transfiere desde el refrigerante al agua/aire, lo que provoca que el refrigerante se enfríe y se condense de nuevo en forma líquida.

En cuanto a los tipos de condensadores utilizados en sistemas de refrigeración industrial, algunos de los más comunes son:

Condensadores de aire: Estos condensadores utilizan solo aire como medio de enfriamiento. Pueden ser de tipo "aire forzado", donde se utiliza un ventilador para impulsar aire sobre los tubos del condensador, o de tipo "aire natural", donde el aire fluye de forma natural a través del condensador debido a diferencia de presión.

Condensadores evaporativos: Como mencionaremos más adelante, estos condensadores utilizan el principio de evaporación del agua para enfriar el aire y condensar el refrigerante. Son altamente eficientes en climas cálidos y secos.

Condensadores de superficie extendida: Estos condensadores están diseñados con una mayor área de superficie para mejorar la transferencia de calor. Pueden tener formas y diseños variados para adaptarse a diferentes aplicaciones. Este tipo de condensador no será de nuestra elección por su necesidad de tener un gran espacio para instalarlo.

En conclusión, para la elección del tipo de condensador depende de varios factores, como la capacidad de enfriamiento requerida, las condiciones ambientales, el tamaño y la escala del sistema de refrigeración.

Condensador evaporativo.

Un condensador evaporativo es un dispositivo que se utiliza en los sistemas de refrigeración industriales y en el aire acondicionado para disipar el calor absorbido por el refrigerante del sistema. Funciona aprovechando el principio básico de la evaporación del agua que absorbe calor del entorno circundante.

El funcionamiento de un condensador evaporativo consiste en un intercambiador de calor en el que el refrigerante caliente pasa a través de tubos mientras el aire fluye alrededor de estos tubos. En el caso del flujo de agua se hace pasar a través de una serie de paneles o mallas en el lado opuesto del aire. Cuando el aire caliente circula sobre estos paneles mojados, el agua se evapora, enfriando el aire. Este aire más fresco luego entra en contacto con los tubos que contienen el refrigerante caliente, lo que provoca que el calor se transfiera desde el refrigerante al aire. Como resultado, el refrigerante se enfría y se condensa de nuevo en líquido, listo para repetir el ciclo en el sistema de refrigeración.

Existen varios tipos de condensadores evaporativos y entre ellos están:

Condensadores de flujo cruzado: En estos condensadores, el flujo de aire y el flujo de agua se mueve en la misma dirección, pero en sentido contrario. Este diseño proporciona una mayor eficiencia de transferencia de calor.

Condensadores de flujo paralelo: El flujo de aire y el flujo de agua se mueven en la misma dirección y sentido, lo que permite un diseño más compacto, pero con una eficiencia ligeramente menor en comparación con los condensadores de flujo cruzado.

Condensadores de contacto directo: Este tipo de condensadores permiten que el agua y el aire entren en contacto directo, lo que maximiza la transferencia de calor. Son particularmente eficientes en climas muy calurosos o en aplicaciones donde la humedad relativa es baja.

Condensadores de inducción híbrida: Estos condensadores combinan tecnologías de condensación evaporativa con refrigeración por aire convencional o de tiro natural para lograr una mayor eficiencia energética.

Algo importante a tener en consideración es que los condensadores evaporativos son especialmente útiles en áreas con climas cálidos y secos debido a su eficiencia energética y capacidad para reducir la temperatura del aire de entrada.

3.1.1. EL SISTEMA ACTUAL DE CONDENSADORES EVAPORATIVOS EN LA FÁBRICA ESTÁ COMPUESTO POR:

3.1.1.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL USO DEL REFRIGERANTE EN LA FÁBRICA:

3.1.1.1.1. LOS CONDENSADORES UTILIZADOS PARA REFRIGERAR EL SISTEMA DE CO₂ (1), SE UTILIZAN EN MAQUINARIA CONCRETA DURANTE EL PROCESADO DE LAS CREMAS HELADAS (FREZEER).

1. (3X) BAC MODELO: VXC S 350 (Nº6, 7 y 8) Y UNO VXC S 350+XB (Nº9) (EL AÑADIDO DE XB ES UN SISTEMA DE RETENCIÓN DE RUIDOS). SON CUATRO MODELOS IGUALES DE CONDENSADOR EVAPORATIVO DEL TIPO DE TECNOLOGÍA CENTRÍFUGA.

Estos 4 modelos de condensadores de la empresa Baltimore tienen las siguientes características:

- Condiciones de funcionamiento: Temperatura NH₃ en el condensador (T_c) de 35°C, temperatura bulbo húmedo del aire (WB) de 27°C, temperatura bulbo seco del aire (DB) de 37°C.
- Capacidad de disipación (energía que cede el NH₃ al agua/aire) del condensador es 890 kW.
- Potencia eléctrica total consumida por los condensadores es 32,2kW, el condensador con el añadido XB su consumo es 39,2 kW.
- Los niveles de potencia sonora es 96 dB(A) y para el condensador con el añadido XB es 82 dB(A).

2. (3X) BAC MODELO: CXVE 643-1218-60W (N°13, 14 y 15). SON TRES MODELOS IGUALES DE CONDENSADOR EVAPORATIVO DEL TIPO DE TECNOLOGÍA AXIAL SUPERIOR.

Estos tres modelos de condensadores de la empresa Baltimore tienen las siguientes características:

- Condiciones de funcionamiento: Temperatura NH₃ en el condensador (Tc) de 35°C, temperatura bulbo húmedo del aire (WB) de 27°C, temperatura bulbo seco del aire (DB) de 37°C.
- Capacidad de disipación (energía que cede el NH₃ al agua/aire) del condensador es 2207 kW.
- Potencia eléctrica total consumida por los condensadores es 52,5 kW.
- Los niveles de potencia sonora es 103 dB(A).

3.1.1.1.2. LOS CONDENSADORES UTILIZADOS PARA REFRIGERAR EL SISTEMA DE NH₃, EL CUAL SE UTILIZA EN MAQUINARIA CONCRETA DURANTE EL PROCESADO DE LAS CREMAS HELADAS (FREZEER), CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN Y TÚNELES DE REFRIGERACIÓN.

1. BAC MODELO: VXC S 350 (N°1). ESTE MODELO DE CONDENSADOR UTILIZA UNA TECNOLOGÍA CENTRÍFUGA.

Las características que tiene este condensador evaporativo son:

- Condiciones de funcionamiento: Temperatura NH₃ en el condensador (Tc) de 35°C, temperatura bulbo húmedo del aire (WB) de 27°C, temperatura bulbo seco del aire (DB) de 37°C.
- Capacidad de disipación (energía que cede el NH₃ al agua/aire) del condensador es 890 kW.
- Potencia eléctrica total consumida por los condensadores es 32,2 kW.
- Los niveles de potencia sonora es 96 dB(A).

2. BAC MODELO: VXC N 275 (N°3). ESTE MODELO DE CONDENSADOR UTILIZA UNA TECNOLOGÍA CENTRÍFUGA.

Las características que tiene este condensador evaporativo son:

- Condiciones de funcionamiento: Temperatura NH₃ en el condensador (Tc) de 35°C, temperatura bulbo húmedo del aire (WB) de 27°C, temperatura bulbo seco del aire (DB) de 37°C.
 - Capacidad de disipación (energía que cede el NH₃ al agua/aire) del condensador es 718 kW.
 - Potencia eléctrica total consumida por los condensadores es 20,7 kW.
 - Los niveles de potencia sonora es 94 dB(A).
3. BAC MODELO: (2X) VXC 715 (Nº4 y 5). ESTE MODELO DE CONDENSADOR UTILIZA UNA TECNOLOGÍA CENTRÍFUGA.

Las características que tienen estos dos condensadores evaporativos son:

- Condiciones de funcionamiento: Temperatura NH₃ en el condensador (Tc) de 35°C, temperatura bulbo húmedo del aire (WB) de 27°C, temperatura bulbo seco del aire (DB) de 37°C.
 - Capacidad de disipación (energía que cede el NH₃ al agua/aire) del condensador es 1818 kW.
 - Potencia eléctrica total consumida por los condensadores es 48 kW.
 - Los niveles de potencia sonora es 99 dB(A).
4. BAC MODELO: (2X) PLC 0265-0812E-K (Nº10 y 11). ESTOS DOS MODELO DE CONDENSADOR UTILIZAN UNA TECNOLOGÍA POLARIS.

Las características que tienen estos dos condensadores evaporativos son:

- Condiciones de funcionamiento: Temperatura NH₃ en el condensador (Tc) de 35°C, temperatura bulbo húmedo del aire (WB) de 27°C, temperatura bulbo seco del aire (DB) de 37°C.
- Capacidad de disipación (energía que cede el NH₃ al agua/aire) del condensador es 946 kW.
- Potencia eléctrica total consumida por los condensadores es 23,2 kW.
- Los niveles de potencia sonora es 95 dB(A).

HELADOS ALACANT											
Referencia Cliente	TCA (1)	TCC (3)	TCD (4)	TCE (5)	TCF (6)	TCG (7)	TCH (8)	TCI (9)	TCJ (10)	TCK (11)	
Referencia BAC	VXC S 350	VXC N 275	VXC 715	VXC 715	VXC S 350	VXC S 350	VXC S 350	VXC S 350 + XB	PLC 0265-0812E-K	PLC 0265-0812E-K	
Nº de serie	H140113001	E917046	E007026	E047029	E067127	E067135	E107015	H130009101	H190068801	H190068802	
Instalador	Frinco	Frinco	Frinco	Frinco	JCI	JCI	JCI	JCI	Frinco	Frinco	
Condiciones de funcionamiento	TC: 35°C // NH3 // WB: 27°C // DB: 37°C										
Capacidad de disipación	(KW)	890	718	1818	1818	890	890	890	946	946	10696
Numero moto-ventiladores	Ud	1	1	2	2	1	1	1	3	3	
Potencia electrica moto-ventiladores	KW	30	18,5	22	22	30	30	30	37	7	7
Potencia electrica total	KW	30	18,5	44	44	30	30	30	37	21	21
Numero moto-bomba	Ud	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Potencia electrica moto-bomba	KW	2,2	2,2	4	4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
Potencia electrica total	KW	2,2	2,2	4	4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
Potencia electrica total condensador	KW	32,2	20,7	48	48	32,2	32,2	32,2	39,2	23,2	331,1
100 % RPM (@ 30.0m)	dB(A)										
Lado del ventilador	dB(A)	57	55	62	62	57	57	57	40	56	56
Parte Trasera	dB(A)	49	48	52	52	49	49	49	41	47	47
Lado 1	dB(A)	51	49	54	54	51	51	51	38	50	50
Lado 2	dB(A)	51	49	54	54	51	51	51	38	49	49
Descarga	dB(A)	57	56	60	60	57	57	57	43	56	56
Nivel de Potencia Sonora (@100 %RPM)	dB(A)	96	94	99	99	96	96	96	82	95	95

ILUSTRACIÓN 5: TABLA DE CONDENSADORES ACTUALES

En la ilustración 5 se muestra una tabla con los distintos modelos de condensadores que hay en la fábrica, diferenciando entre los condensadores que se usan para refrigerar el CO₂ (color azul) y los condensadores que trabajan para la parte de las maquinas que usan amoniaco (color amarillo). Todos trabajan con NH₃, pero se destina a distintos usos.

3.1.1.2. DEMANDA ACTUAL DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA.

Para obtener estos datos de necesidad energética frigorífica vamos al histórico de la empresa.

Debido a que la producción en toda su historia ha aumentado y variado la cantidad de helados que se fabrican, nos centraremos en el periodo concreto del año 2022.

Los condensadores de amoniaco tienen que dar refrigeración a las siguientes zonas y máquinas: El total de energía consumida por los freezers, cámaras frigoríficas, túneles de refrigeración y tanques de agua fría es de 3037 kW.

Por otra parte, todos los compresores tienen un aporte de capacidad frigorífica total de 3811 kW. La demanda total de todo ciclo es de 6848 kW.

Como la potencia de disipación de los condensadores es de 7136 kW, de momento tenemos capacidad para la demanda actual.

La ilustración 6 nos dice la demanda actual de consumo energía eléctrica, lo que nos sirve para comprobar los cálculos de ahorro y la estimación aproximada de la potencia que se necesita en la elección del condensador nuevo.

Nombre Máquinas	Línea de -35°C	Línea de -38°C	Línea de -45°C	Línea de -10°C
Línea Alacant	26 KW			
Línea Alacant	31 KW			
Línea Alacant	31 KW			
Línea Bloques	26 KW			
Línea Bloques	94 KW			
Línea Bloques	94 KW			
Línea Bloques	47 KW			
Línea de Sandwich				
Línea de Sandwich	50 KW			
Línea de Sandwich	47 KW			
Línea de Graneles				
Línea de Graneles	94 KW			
Línea de Graneles	94 KW			
Línea de Conos L1	50 KW			
Línea de Conos L1	50 KW			
Ria 7	94 KW			
Cámara Nº1				74 KW
Cámara Nº2				82 KW
Cámara Nº3				82 KW
Cámara Nº4				418 KW
Antecámara Nº1	97 KW			
Antecámara Nº3	67 KW			
Antecámara Nº4	42 KW			
Tanque agua fría	522 KW			
Túnel 3 de 3500 lh			244 KW	
Túnel 5 congelación bandejas de 3000lh			320 KW	
Túnel de Extrusión			116 KW	
Túnel de Conos			146 KW	
Total	827 KW	728 KW	826 KW	656 KW

Valor para pasar de kcal/h a kW
1,16

CONDENSADORES	POT. DISIPADA (KW) +26/+35°C
Nº1	890 KW
Nº3	718 KW
Nº4	1818 KW
Nº5	1818 KW
Nº10	946 KW
Nº11	946 KW
Total	7136 KW

COMPRESORES	CAPACIDAD FRIGORIFICA (KW) -45/+35°C	CAPACIDAD FRIGORIFICA (KW) -35/+35°C	CAPACIDAD FRIGORIFICA (KW) -10/+35°C	LÍNEA DE ASPIRACIÓN
Nº1 - N2520LSC		567 KW		-35
Nº2 - N2520LSC		567 KW		-35
Nº13 - N220JM-VE		400 KW		-35
Nº5 - N200 VM/D			683 KW	-10
Nº6 - N2520LSC	343 KW			-45
Nº7 - N2520LSC	343 KW			-45
Nº9 - N2520LSC	343 KW			-45
Nº11 - N2520LSC-MBM		567 KW		-35
Total	1028 KW	2101 KW	683 KW	3811 KW

Energía total a disipar: **6848 KW**

ILUSTRACIÓN 6: TABLA CON DEMANDA ACTUAL

3.1.2. ELECCIÓN DEL NUEVO CONDENSADOR.

3.1.2.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL FABRICANTE.

En este tipo de clasificación tendremos en consideración a 4 fabricantes con más presencia en España y a nivel mundial. Los fabricantes son:

3.1.2.1.1. BALTIMORE

Los modelos seleccionados pertenecientes al fabricante Baltimore Aircoil (BAC) son:

- VXC 715
- CXVE 601-1218-60W
- PLC3 0820E-GPA-MP
- VRC 0487A-1018E-LA
- VRC 0495A-1218E-KA

3.1.2.1.2. EVAPCO

Los modelos seleccionados pertenecientes al fabricante Evapco son:

- PMCQ-683
- PMCQ-687
- ATC-M541E
- LSCE 515

3.1.2.1.3. EWK

Los modelos seleccionados pertenecientes al fabricante EWK son:

- EWK-E 1260/5
- EWK-E 1800/6

3.1.2.1.4. EOS REFRIGERACIÓN

Los modelos seleccionados pertenecientes al fabricante EOS Refrigeración son:

- NCX -4V22D10H
- NCX -5V22D10H

3.1.2.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TECNOLOGÍA.

Para clasificar según el tipo de tecnología nos basamos en 4 tipos de condensadores evaporativos:

3.1.2.2.1. AXIALES.

Este tipo de condensador tiene las siguientes características:

1. Diseño de flujo de aire. El flujo de aire axial superior significa que el ventilador está ubicado en la parte superior del equipo por lo que el aire sale hacia arriba. Este diseño permite una mejor circulación del aire caliente hacia el exterior, evitando la recirculación del aire caliente dentro del sistema.
2. Eficiencia en la transmisión de calor. Este sistema mejora la eficiencia, ya que el aire frío entra por la parte inferior, pasa por el intercambiador y sale por la zona superior. Esto hace que el contacto entre aire frío y el fluido caliente sea lo máximo posible.
3. Reducción de consumo energético. La utilización de este tipo de condensadores requiere menos energía para mover grandes cantidades de aire, comparado con los centrífugos. Lo que resulta que con menos gasto energético llega a alcanzar los mismos niveles de enfriamiento que el resto de los tipos.
4. Espacio y configuración. Suelen ser más pequeños que el resto de los condensadores.
5. Clima y condiciones ambientales. Son especialmente eficientes en áreas con temperaturas altas y bajas temperaturas relativas.

La ilustración 7 nos enseña un esquema del funcionamiento y la forma que tiene un condensador axial.

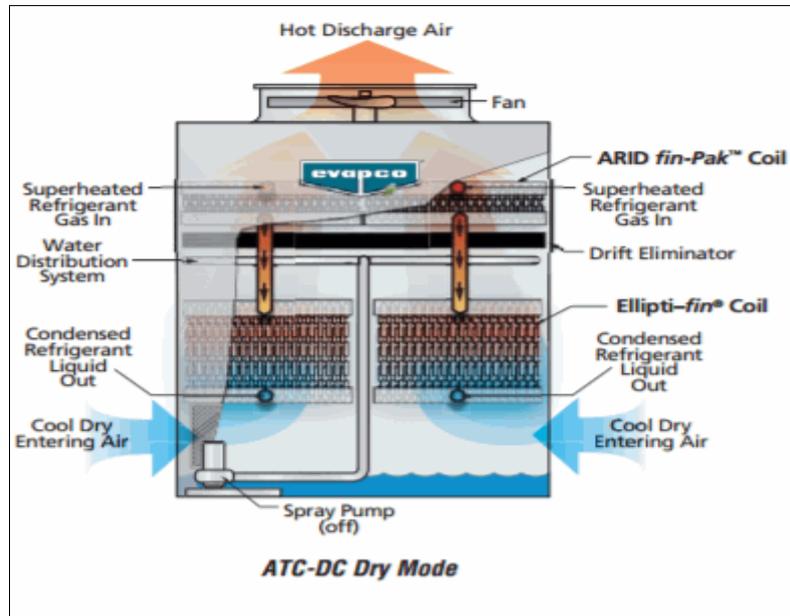


ILUSTRACIÓN 7: CONDENSADOR AXIAL

3.1.2.2.2. POLARIS.

Las características distintivas del condensador evaporativo tipo polaris:

1. Eficiencia energética. El diseño del tipo polaris está pensado para maximizar la eficiencia de transferencia de calor, lo que reduce el consumo energético del sistema. Todas las partes del sistema como la bomba, los ventiladores o el serpentín se diseñan para un bajo consumo de energía.
2. Diseño compacto y modular. Suelen tener un diseño compacto que permiten la instalación en espacios reducidos. También el diseño modular facilita la adaptabilidad a las diferentes necesidades del cliente.
3. Materiales de alta calidad y resistentes a la corrosión. Este sistema lo fabrican utilizando materiales avanzados y tratamientos anticorrosivos que aumentan la durabilidad y reducen el costo del mantenimiento a largo plazo. Esto es importante en sitio con ambientes agresivos.
4. Sistemas de control. Incorporan sistemas de control y monitorización que permiten un control preciso de las operaciones del condensador. Esto mejora el control de alertas automáticas y ajustes en función del requerimiento operativo.
5. Bajo nivel de ruido. El diseño de los ventiladores este hecho para minimizar el ruido operativo, lo que es beneficioso en zonas sensibles al ruido.

6. Fácil mantenimiento. El acceso a los componentes claves resulta sencillo, lo que ayuda a disminuir la inactividad del sistema. Los sistemas de autolimpieza y tratamientos de agua integrados mantienen el equipo en condiciones óptimas. Es importante tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.

La ilustración 8 es un esquema del funcionamiento y la forma que tiene un condensador polaris.

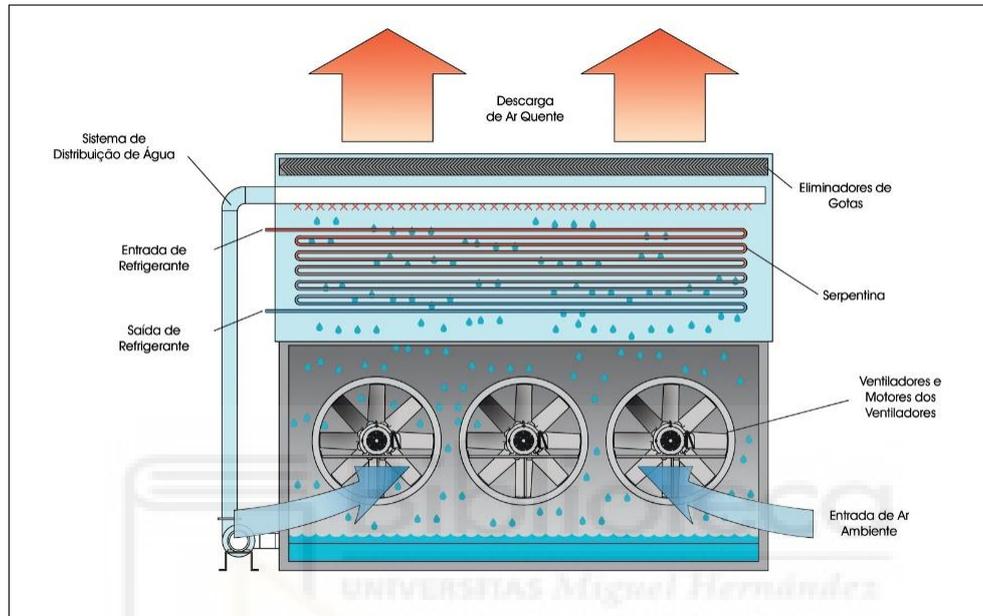


ILUSTRACIÓN 8: CONDENSADOR POLARIS

3.1.2.2.3. CENTRIFUGOS.

Las características distintivas del condensador evaporativo del tipo centrífugo:

1. Ventiladores centrífugos. Son ventiladores que generan alta presión estática, permitiendo mover el aire a través del sistema en condiciones donde hay mayor resistencia del flujo del aire. Son ideales donde se necesita vencer una mayor resistencia del aire.
2. Bajo nivel de ruido. Los ventiladores en el sistema centrífugo funcionan a velocidades más bajas comparado con los axiales, por eso es más silencioso. Lo hace beneficioso en zonas residenciales o comerciales sensibles al ruido.
3. Mejor control del flujo de aire. Los ventiladores centrífugos permiten un control más preciso del flujo de aire. Por lo que tiene un rendimiento más constante y eficiente. También nos beneficia en el control riguroso en las condiciones de enfriamiento.

4. Montaje versátil. Este tipo de condensador suele ser compacto, haciendo que se pueda instalar en interior o exterior.
5. Capacidad para trabajar en espacios cerrados. Debido a la alta presión estática generada por los ventiladores centrífugos, este sistema puede funcionar en buenas condiciones en espacios cerrados donde la ventilación está limitada.

Para ver como es el funcionamiento y la disposición de los elementos de un condensador centrífugo, véase la ilustración 9.

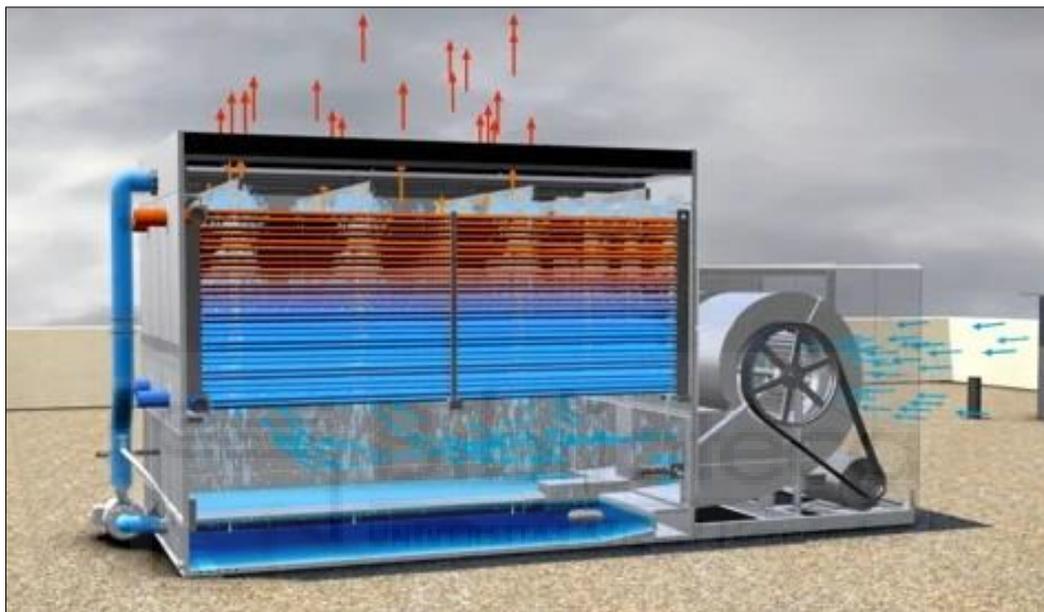


ILUSTRACIÓN 9: CONDENSADOR CENTRÍFUGOS

3.1.2.2.4. VERTEX O PMCQ.

Las características distintivas del condensador evaporativo tipo vertex:

1. Diseño compacto y modular. El diseño modular le da versatilidad para la adaptación a diferentes temperaturas en la capacidad de enfriamiento y el diseño compacto facilita su montaje en zonas reducidas.
2. Eficiencia energética. La utilización de intercambiadores de última generación mejora la transmisión de calor y además se instalan canalización y ventiladores que reducen el consumo energético. Todo esto ayuda a reducir el consumo del agua, lo que constituye un ahorro energético.
3. Durabilidad y confiabilidad. La estructura y componentes del condensador se con materiales con alta resistencia a la corrosión, lo que hace que aumente la durabilidad y reduce los costes de mantenimiento.

Construcción robusta del diseño para asegurar una eficiencia confiable a largo plazo y así poder soportar condiciones ambientales severas.

4. Bajo mantenimiento. En algunos modelos de Vertex incluyen sistema de autolimpieza lo que reduce la necesidad de mantenimiento manual.

El diseño facilita la accesibilidad a componentes clave, facilitando las tareas de mantenimiento y reduciendo el tiempo de inactividad.

5. Sistemas de control inteligente. Los equipos de control del sistema de funcionamiento y el monitoreo remoto, mejoran la gestión y la respuesta en condiciones cambiantes del sistema.

Los ajustes del sistema los puede hacer de forma dinámica en tiempo real por si cambian las condiciones de trabajo.

6. Eficiencia en el uso del agua. El sistema de distribución de agua es optimizado, minimizando el desperdicio y mejorando el enfriamiento.

La eficiencia en el tratamiento de agua y la energía de uso reduce el impacto medio ambiental, lo que hace disminuir los residuos y las emisiones.

En la siguiente ilustración se muestra un condensador modelo vertex por dentro como funciona y la disposición de los distintos elementos que lo componen.

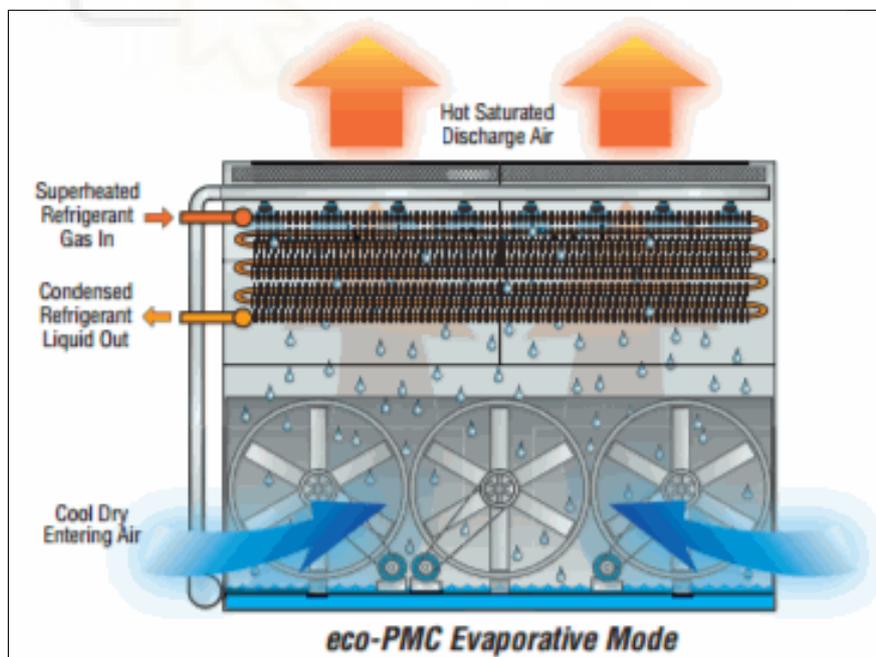


ILUSTRACIÓN 10: CONDENSADOR VERTEX O PMCQ

3.1.3. BANCADA.

El objeto de este apartado es redactar la memoria que va a definir la estructura metálica de soporte para la instalación de un condensador, realizando el cálculo, la medición y el plano de detalle de dicha estructura.

Para definir la estructura y realizar el cálculo se parte de los requerimientos de peso y dimensiones. La ilustración 11 nos muestra el resultado de final de la estructura que soporta el condensador.

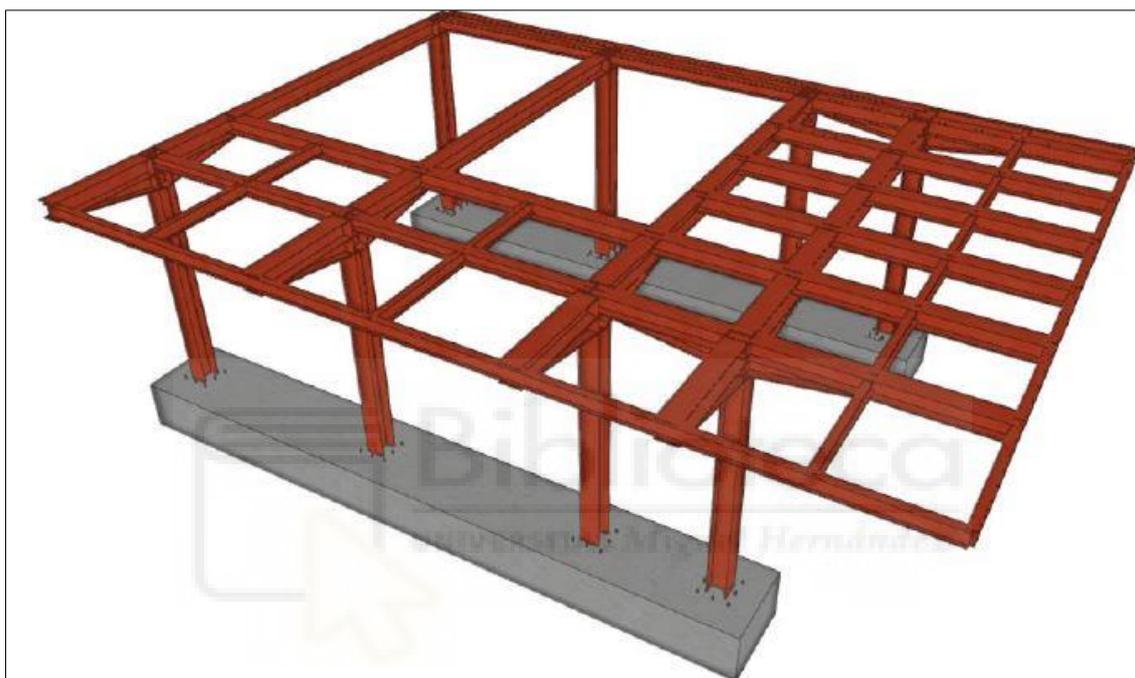


ILUSTRACIÓN 11: BANCADA CONDENSADOR

3.1.3.1. DATOS OBRA.

La memoria técnica cálculos de estructura del soporte para un condensador en A.I.A.D.H.E.S.A. helados Alacant, ha sido realizada por la empresa Arsel Ingeniería S.L.(CYPE). A continuación, expongo los resultados de los cálculos realizados:

3.1.3.1.1. NORMAS CONSIDERADAS.

Cimentación: Código Estructural.

Aceros laminados y armados: Código Estructural.

Categoría de uso: G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento.

3.1.3.1.2. ESTADOS LÍMITES.

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones.	CTE
E.L.U. de rotura. Acero laminado.	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m.

Tensiones sobre el terreno. Desplazamientos.	Acciones características.
---	---------------------------

- **Situaciones del proyecto.** Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Situaciones persistentes o transitorias.

- Con coeficientes de combinación.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Situaciones sísmicas.

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente.

P_k Acción de pretensado.

Q_k Acción variable.

A_E Acción sísmica.

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes.

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado.

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal.

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento.

γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica.

$\Psi_{p,l}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal.

$\Psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento.

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: Código Estructural / CTE DB-SE-C.

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

Notas:
⁽¹⁾ Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

E.L.U. de rotura. Acero laminado: Código Estructural.

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

Notas:

⁽¹⁾ Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

Tensiones sobre el terreno.

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.000

Desplazamientos.

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.000

Sismo.

Norma utilizada: NCSE-02

Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02

Método de cálculo: Análisis mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2).

Datos generales de sismo:

– **Caracterización del emplazamiento**

a_b : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

a_b : 0.130 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K: 1.00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II.

– **Sistema estructural.**

Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1): Ductilidad alta

Ω : Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)

Ω : 4.00 %

– **Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2):** Construcciones de importancia normal.

– **Parámetros de cálculo.**

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.50

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.50

– **Efectos de la componente sísmica vertical.**

No se consideran.

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden.

– **Direcciones de análisis.**

Acción sísmica según X.

Acción sísmica según Y.

3.1.3.2. ESTRUCTURA.

3.1.3.2.1. GEOMETRÍA.

En función de los datos introducidos para hacer los cálculos y dibujar la geometría que tiene la bancada, se obtienen distintos resultados, por eso, en la ilustración 12 se ven las características de cada nudo, apoyo y etc.

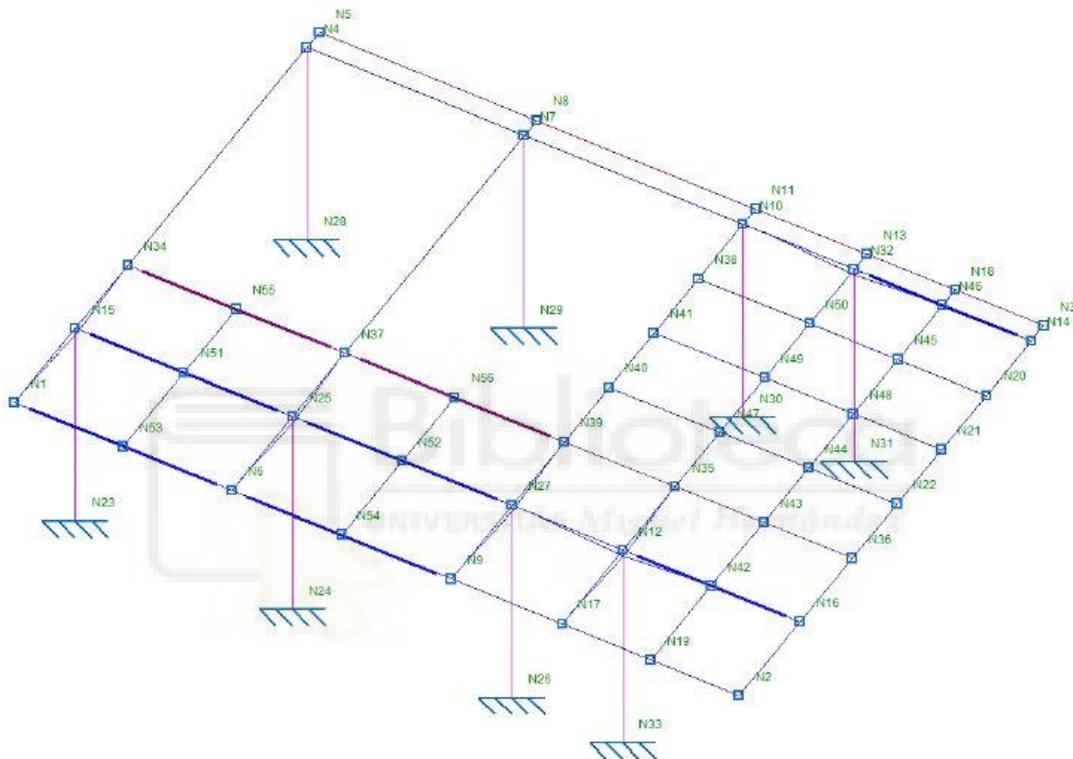


ILUSTRACIÓN 12: GEOMETRÍA BANCADA CONDENSADOR

- **Nudos.**

Referencias:

- $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$: Desplazamientos prescritos en los ejes globales.
- $\Theta_x, \Theta_y, \Theta_z$: Giros prescritos en ejes globales.

(Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.)

Las tablas de datos para los nudos en el anejo 2: Cálculos y datos de la bancada condensador.

- **Barras.**

Materiales utilizados:

Materiales utilizados							
Tipo	Material Designación	E (kp/cm ²)	ν	G (kp/cm ²)	f_y (kp/cm ²)	α_t (m/m°C)	γ (t/m ³)
Acero laminado	S275 (UNE-EN 10025-2)	2140672.8	0.300	825688.1	2803.3	0.000012	7.850
Notación: <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i>ν: Módulo de Poisson</i> <i>G: Módulo de cortadura</i> <i>f_y: Límite elástico</i> <i>α_t: Coeficiente de dilatación</i> <i>γ: Peso específico</i>							

Características mecánicas:

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275 (UNE-EN 10025-2)	1	HEA-180, (HEA)	45.30	25.65	8.21	2510.00	925.00	14.70
		2	HEA-180, Simple con cartelas, (HEA) Cartela final inferior: 0.95 m.	66.21	39.90	12.15	5664.15	1386.81	20.30
		3	HEA-180, Simple con cartelas, (HEA) Cartela inicial inferior: 0.90 m.	66.71	39.90	12.60	6029.79	1386.83	20.36
		4	HEA-160, (HEA)	38.80	21.60	7.24	1673.00	616.00	11.30
		5	HEA-120, (HEA)	25.30	14.40	4.41	606.00	231.00	5.81
		6	HEA-160, Simple con cartelas, (HEA) Cartela final inferior: 0.95 m.	56.31	33.60	10.52	3649.69	923.29	15.56
		7	IPE-120, (IPE)	13.20	6.05	4.25	318.00	27.70	1.77
		8	HEA-160, Simple con cartelas, (HEA) Cartela inicial inferior: 0.95 m.	53.38	33.60	7.88	2411.85	923.21	15.21
Notación: <i>Ref.: Referencia</i> <i>A: Área de la sección transversal</i> <i>A_{vy}: Área de cortante de la sección según el eje local Y</i> <i>A_{vz}: Área de cortante de la sección según el eje local Z</i> <i>I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local Y</i> <i>I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local Z</i> <i>I_t: Inercia a torsión</i> <i>Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</i>									

3.1.3.2.2. CÁLCULOS.

- **Cargas:**

Carga condensador: 1750 Kg/m

En la ilustración 13 se muestra las cargas que soporta la bancada y en los puntos donde cae la carga.

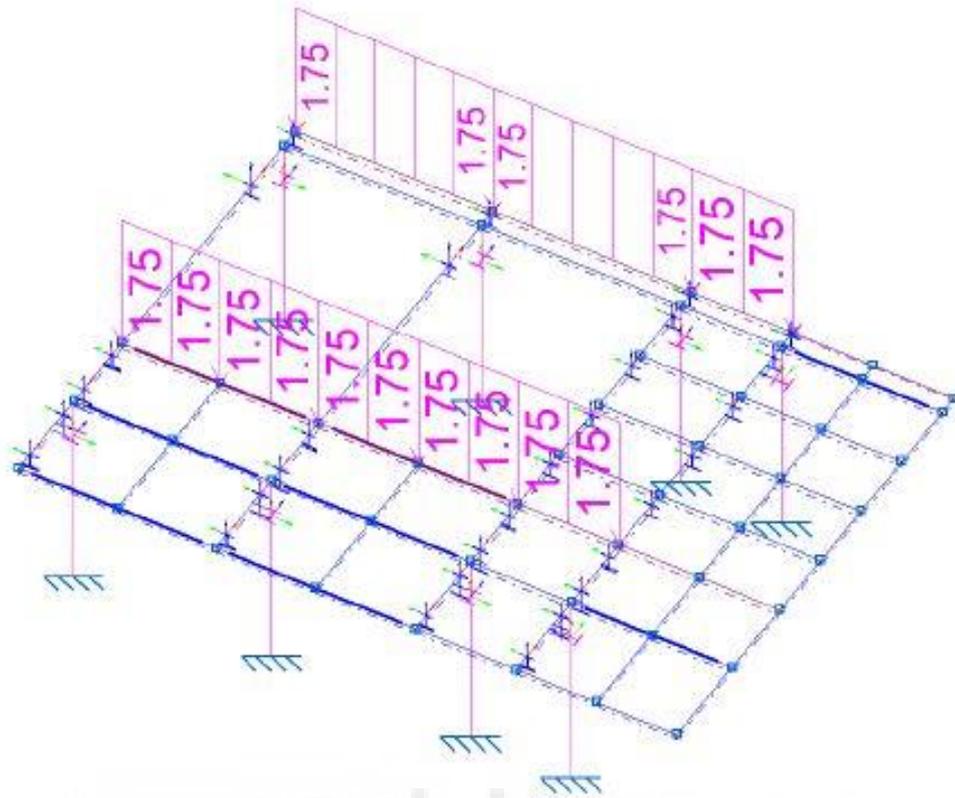


ILUSTRACIÓN 13: BANCADA CARGAS CONDENSADOR

Carga pasarela (T/m)

La forma en la que se distribuye la carga por la pasarela para la realización de los cálculos se muestra en la ilustración 14.

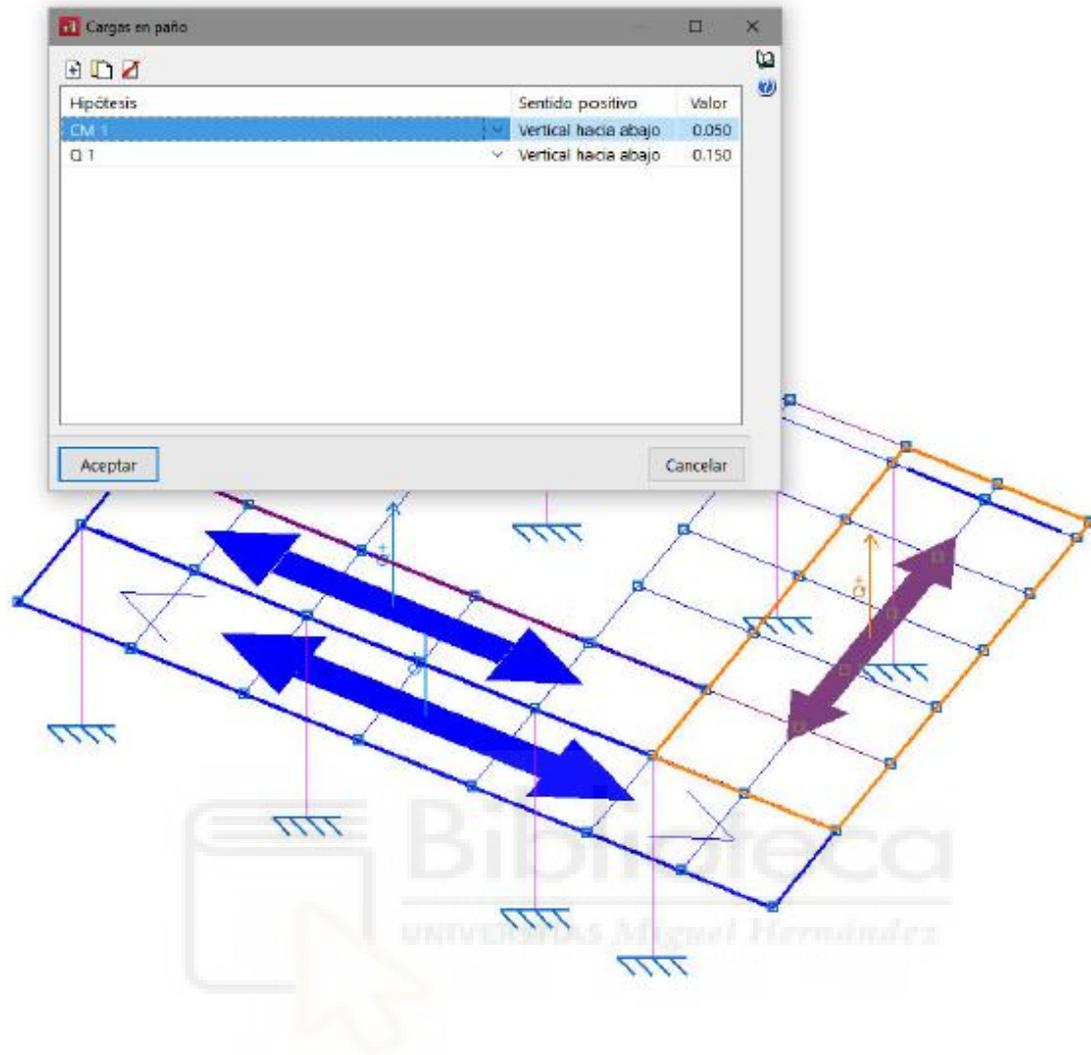


ILUSTRACIÓN 14: BANCADA CARGAS PASARELA

- Barras.

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del

incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: t
- Momentos puntuales: t·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapeciales: t/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Datos de las cargas en las barras en el anejo 2: Cálculos y datos de la bancada condensador.

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEA e IPE, colocado con uniones soldadas en obra.

Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 300x300 mm y espesor 12 mm, con 8 pernos soldados de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 57,0549 cm de longitud total.

▪ **Resultados.**

Nudos:

- Reacciones.

Referencias:

R_x, R_y, R_z: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).

M_x, M_y, M_z: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

Envoltentes:

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
N23	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.163	-0.216	1.350	-0.404	-0.242	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.248	0.510	3.095	0.557	0.306	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.125	-0.166	1.397	-0.345	-0.193	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.221	0.462	2.158	0.492	0.256	0.000
N24	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.271	0.192	3.872	-0.947	-0.327	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.254	1.233	7.752	0.447	0.310	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.247	0.203	3.905	-0.874	-0.297	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.205	1.179	5.061	0.393	0.252	0.000
N26	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.376	-0.100	1.558	-0.875	-0.413	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.324	1.033	4.343	0.622	0.369	0.000

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.351	-0.054	1.749	-0.780	-0.380	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.256	0.961	3.650	0.541	0.293	0.000
N28	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.251	-0.630	2.008	-0.033	-0.362	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.262	0.004	3.571	0.859	0.360	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.249	-0.587	2.027	0.015	-0.358	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.249	-0.031	2.418	0.798	0.342	0.000
N29	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.329	-0.888	5.663	-0.058	-0.422	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.311	0.026	9.525	1.226	0.398	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.320	-0.840	5.695	-0.021	-0.411	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.290	0.004	6.208	1.159	0.372	0.000
N30	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.418	-0.820	2.556	-0.229	-0.493	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.367	0.149	6.349	1.146	0.443	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.409	-0.758	2.248	-0.182	-0.482	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.341	0.135	5.144	1.058	0.412	0.000
N31	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.939	-0.733	0.644	-0.108	-1.131	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.915	0.037	4.753	0.761	1.086	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.877	-0.775	0.754	-0.056	-1.057	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.887	-0.005	4.146	0.815	1.019	0.000
N33	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.652	-0.308	0.664	-0.439	-0.791	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.721	0.459	5.412	0.468	0.830	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.527	-0.259	0.825	-0.478	-0.643	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.656	0.532	4.286	0.411	0.698	0.000

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

Barras.

- Resistencia.

Referencias:

N: Esfuerzo axial (t).

V_y : Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra (t).

V_z : Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra (t).

M_t : Momento torsor (t·m).

M_y : Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra) (t·m).

M_z : Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra) (t·m).

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100 \%$.

- Flechas.

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

- Comprobación E.L.U.

Todos los resultados están en las tablas del anejo 2: Cálculos y datos de la bancada condensador.

- **Uniones.**

Especificaciones para uniones soldadas:

Norma: Código Estructural: Código Estructural (Real Decreto 470/2021). Article 4.
Welded connections.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275 (UNE-EN 10025-2).
- Material de aportación (soldaduras): Los valores específicos del límite elástico, resistencia última a la tracción, alargamiento a rotura y energía mínima de Charpy, del metal de aportación, deberán ser iguales o superiores a los correspondientes del tipo de acero del material base. (Eurocódigo 3, Parte 1-8, artículo 4.2 (2)).

Especificaciones para uniones atornilladas:

Norma: Código Estructural: Código Estructural (Real Decreto 470/2021). Article 3.
Connections made with bolts, rivets or pins.

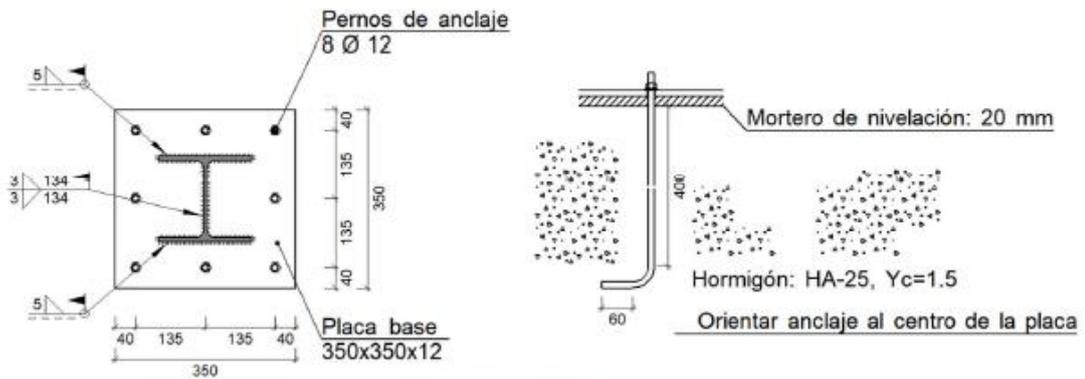
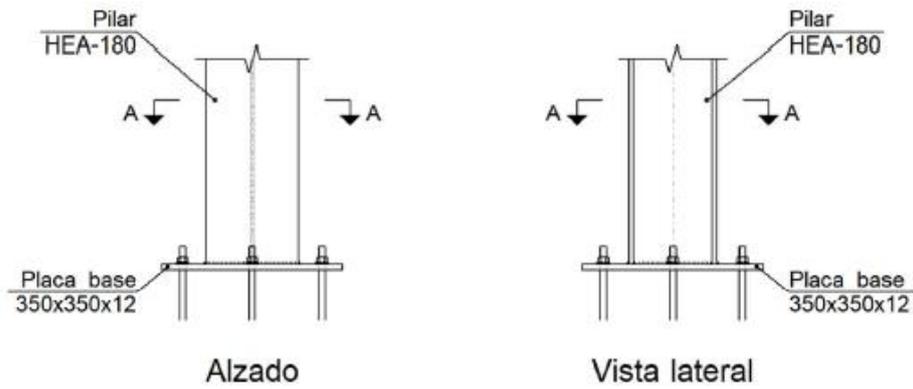
Materiales:

- Perfiles (Material base): S275 (UNE-EN 10025-2).

Disposiciones constructivas para tornillos, según artículo 3.5 Eurocódigo 3, Parte 1-8							
Distancias	Al borde de la pieza		Entre agujeros		Entre tornillos	Tracción	
	e1 ⁽¹⁾	e2 ⁽²⁾	p1 ⁽¹⁾	p2 ⁽²⁾		Compresión	Filas exteriores
Mínimas	1.2 do	1.5 do	2.2 do	3 do	p1 y p2	p1, e	p1, i
Máximas ⁽³⁾	40 mm + 4t		14t 200 mm	14t 200 mm	14t 200 mm	14t 200 mm	14t 200 mm

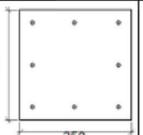
Notas:
⁽¹⁾ Paralela a la dirección de la fuerza
⁽²⁾ Perpendicular a la dirección de la fuerza
⁽³⁾ Se considera el menor de los valores
do: Diámetro del agujero.
t: Menor espesor de las piezas que se unen.
En el caso de esfuerzos oblicuos, se interpolan los valores de manera que el resultado quede del lado de la seguridad.

- Memoria de cálculo.
Tipo placa anclaje.
a) Detalle.



Sección A - A Anclaje de los pernos Ø 12, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

b) Descripción de los componentes de la unión.

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		350	350	12	8	12	S275 (UNE-EN 10025-2)	2803.3	4179.4

c) Comprobación.

- Pilar HEA-180. Uniones soldadas.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	180	9.5	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	3	134	6.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	180	9.5	90.00				
<i>a: Espesor de garganta</i> <i>l: Longitud del cordón de soldadura</i> <i>t: Espesor de la pieza</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.2	97.2	2.4	194.4	50.38	97.2	32.92	410.0	0.85
Soldadura del alma	48.0	48.0	14.6	99.2	25.71	48.0	16.25	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	93.5	93.5	2.4	187.1	48.49	93.5	31.68	410.0	0.85

- Placa anclaje.



Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 135 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 5.437 t Calculado: 1.394 t	Cumple
-Cortante:	Máximo: 3.806 t Calculado: 0.154 t	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 5.437 t Calculado: 1.614 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 3.663 t Calculado: 1.394 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 5096.84 kp/cm ² Calculado: 1254.73 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 8.073 t Calculado: 0.154 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2803.26 kp/cm ²	
-Derecha:	Calculado: 2110.83 kp/cm ²	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 1469.33 kp/cm ²	Cumple
-Arriba:	Calculado: 3576.86 kp/cm ²	No cumple
-Abajo:	Calculado: 4046.25 kp/cm ²	No cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 339.407	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 636.882	Cumple
- Arriba:	Calculado: 176.968	No cumple
- Abajo:	Calculado: 171.54	No cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2803.26 kp/cm ² Calculado: 0 kp/cm ²	Cumple
Hay comprobaciones que no se cumplen		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0946		

d) Medición.

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	3	268
			5	686

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	8	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275 (UNE-EN 10025-2)	Placa base	1	350x350x12	11.54
	Total			11.54
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 12 - L = 444 + 117	3.98
	Total			3.98

3.1.3.3. CIMENTACIÓN.

3.1.3.3.1. DESCRIPCIONES.

Referencias	Geometría	Armado
(N28 - N29 - N30 - N31) y (N23 - N24 - N26 - N33)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 350.53 cm Ancho inicial Y: 40 cm Ancho final X: 294.48 cm Ancho final Y: 40 cm Ancho zapata X: 645 cm Ancho zapata Y: 80 cm Canto: 50 cm	Sup X: 4Ø16c/20 Sup Y: 32Ø16c/20 Inf X: 4Ø16c/20 Inf Y: 32Ø16c/20

3.1.3.3.2. COMPROBACIÓN.

Todos los resultados están en las tablas del anejo 2: Cálculos y datos de la bancada condensador.

Descripción de la regulación: Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/F/20, fabricado en central y vertido.

Descripciones superficiales: Montaje de sistema de encofrado recuperable metálico, para zapata de cimentación, formado por paneles metálicos, amortizables en 200 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del hormigón al encofrado. Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero, UNE-EN.

3.1.4. COMPROBACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL CONDENSADOR.

Puntos a de los procedimientos que se llevaron a cabo en la instalación:

1. Se hicieron mediciones de la zona donde se instalaría el nuevo condensador. Empezando con el marcaje de las nuevas zapatas donde se anclan las vigas de la estructura. También se marca en el suelo donde quedara exactamente posicionado

el condensador, para comprobar que respeta las distancias mínimas de correcto funcionamiento que nos da el fabricante. En las siguientes imágenes lo señalizamos el suelo con líneas amarillas la localización de las zapatas y las líneas rojas las del condensador.

Se puede ver en la ilustración 15 la señalización de la zapata y el condensador.



ILUSTRACIÓN 15: SEÑALIZACIÓN ZAPATAS

2. Limpieza de toda la zona de trabajo y comenzar con la construcción de las zapatas. Una vez la cimentación de las zapatas está terminada, lo que viene siendo un proceso de cimentación de hormigón armado especificado en el apartado bancada de la memoria. Se pasó a construir la estructura con vigas de acero, en la cuales van ancladas con tornillos a las zapatas y soldadas entre sí para el resto del montaje, esto también viene más detallado en el punto de bancada. Para la fabricación de toda la estructura tuvo gran importancia la altura y las distancias laterales para cuando se ponga el condensador respetar las especificaciones del fabricante en lo respectivo a la caída de refrigerante a la salida del condensador y la admisión del caudal de aire.

En la ilustración 16 se ven ya acabadas las zapatas de la estructura del condensador.



ILUSTRACIÓN 16: ZAPATAS BANCADA

3. El siguiente paso fue la implantación del nuevo condensador. Para poder introducir el condensador dentro del recinto en el que se encuentran todos los empalmes de para las tuberías de amoniaco/agua, el cableado eléctrico y etcétera. Se tuvo que contratar un equipo especial de técnicos en manejo de grúas con maquinaria pesada, los cuales tuvieron que mover con mucha precisión, hasta llegar a poner en su sitio exacto el condensador. En las siguientes imágenes se aprecia con detalle como se hizo y lo ajustado de las maniobras. Como menciono en el punto la justificación de la elección, el espacio reducido era uno de nuestros puntos para selección del condensado.

Durante proceso completo de la instalación, los momentos en los que la grúa está en el punto más alto, y el momento al final de la colocación del segundo módulo se consideran críticos, los cuales se muestran en las ilustraciones 17 y 18.



ILUSTRACIÓN 17: MONTAJE GRÚA

El proceso de implantación salió todo como estaba previsto, no hubo rachas de viento fuertes, y tanto el primero como el segundo módulo que forman el condensador se pusieron correctamente.



ILUSTRACIÓN 18: PARTES CONDENSADOR

4. Ya puesto en su sitio el condensador, se termina lo que falta de la estructura con la conexión de la pasarela al suelo (tramex) de alrededor del condensador y se ponen medidas de seguridad como las ballas rodeando la estructura nueva. La ilustración 19 se muestra la estructura para el condensador ya terminada con la pasarela.



ILUSTRACIÓN 19: BANCADA TERMINADA

5. A continuación, se pusieron las canalizaciones de la instalación eléctrica como toda su aparamenta en el mismo condensador, todo esto va explicado al detalle en el punto de la memoria electricidad. También se programa todo con la ayuda de un informático para la configuración del autómatas y el monitorizado del sistema de control remoto del condensador.
6. Se conectará la tubería de agua a la bomba del condensador. Aunque previamente se habrá montado la toda la canalización y el resto de las partes nuevas como válvulas, caudalímetros, descalcificadores y filtros. Ya puesto todo el sistema de aguas, pasaremos a probar el circuito y comprobaremos que tanto la bomba como el desagüe, sensores de temperatura, caudalímetro funcionan correctamente. Además de comprobar que no hay fugas o cualquier tipo de problema similar.
7. Conexiones de la canalización del refrigerante con las válvulas de descarga y purgado. Estas válvulas se encargan de que, si el sistema en su puesta en marcha contiene aire y se produce una bajada de presión, a través de estas tuberías que van a un purgador, se pueda extraer de forma segura y sin producir fugas de amoníaco.

Finalmente, las tuberías que llevan NH_3 con la presión correcta y comprobando que todas las soldaduras no tengan ninguna fuga. Se comprueba que a través del Scada se puede controlar el funcionamiento del condensador de forma remota y monitorizar su correcto estado en todo momento.

3.1.5. TRATAMIENTO DE AGUA.

3.1.5.1. CONFIGURACIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUAS PARA EL SISTEMA DE BOMBEO.

El condensador se divide en dos módulos:

- El módulo inferior se parte en tres zonas de las cuales cada zona tiene su propio ventilador. Estas tres zonas inferiores del condensador se comunican a través de unas puertas, para el mantenimiento interno, y a su vez se comunican a través del piso. El piso del condensador se usa para acumular el agua que hacemos circular en el sistema para refrigerar el serpentín que lleva el amoniaco.

En el caso de nuestro condensador, la tubería de desagüe del piso no va conectada directa a la red, ni tampoco la entrada de agua de reposición del piso. Si no que el agua de desagüe que sale de la torre la mandamos a un embalse o piscina, donde repondremos con agua de red, pero a su vez haremos un tratamiento de aguas. Esta agua del embalse antes de introducirla de nuevo al condensador le añadiremos ácido sulfúrico (H_2SO_4), para matar cualquier tipo de parasito que pueda proliferar en el agua, como la legionela y no crear calificación en la canalización, también se añade sosa caustica (Hidróxido de Sodio, NaOH) para tratar la dureza y variar el ph del agua.

Otra cosa a tener en cuenta en la parte del embalse es la depuración del agua y su filtrado para reducir al máximo los pequeños residuos sólidos que puedan almacenarse en el fondo y obstruyan cualquier punto del sistema.

En la ilustración 20 se enseña el embalse con el sistema de bombeo que utilizan para los condensadores.



ILUSTRACIÓN 20: EMBALSE PARA CONDENSADOR

Cuando el agua ya está tratada según real decreto 3/2023, con la ayuda de una bomba de impulsión devolvemos el agua tratada al piso del condensador. Por tanto, en la parte inferior tenemos una tubería de absorción para subir el agua tratada y dejarla caer a través del serpentín a refrigerar, y otras dos tuberías, una de absorción que recoge el agua del piso para llevarla a tratamiento y otra de impulsión que trae el agua del embalse ya tratada.

- El módulo superior del condensador está formado por cuatro tubos, dos de entrada y dos de salida, los cuales forman el serpentín que lleva el NH_3 y está en contacto con el agua y el aire que circula a través del serpentín para transferir energía del amoníaco al aire húmedo. La zona donde está el serpentín es la parte intermedia entre el agua y el aire.

El aire viene del módulo inferior al superior y el agua se sube con una bomba por el exterior también del módulo inferior al superior, pero con la diferencia de que cuando entra en contacto con el serpentín está cayendo desde el módulo superior. Este choque de flujos que interactúan en el serpentín se le denomina, condensador evaporativo de intercambio con flujo cruzado. El cual ya se ha explicado los beneficios de este tipo de condensador en el apartado anterior.

Lo último a tener en consideración de la zona superior del condensador es que tiene unos separados de gotas en la parte de arriba para que cuando el agua saturada de vapor no salga a la atmosfera y contamine de legionela, a continuación, esta parte de tratamientos de agua se explica al detalle.

3.1.5.2. PROBLEMÁTICA DE LA LEGIONELLA.

La Legionela es una bacteria del género Legionella, siendo la “Legionella pneumophila” la especie más común asociada a enfermedades en humanos. Se encuentra naturalmente en cuerpos de agua dulce como lagos, ríos y estanques, pero también puede proliferar en sistemas de agua artificiales, como torres de refrigeración, condensadores evaporativos, sistemas de agua caliente sanitaria, fuentes ornamentales, y sistemas de agua de los edificios.

3.1.5.2.1. INFECCIÓN POR LEGIONELA.

La manera en que la legionela afecta al cuerpo humano puede ser muy peligrosa, especialmente para personas con sistemas inmunitarios debilitados, ancianos, fumadores y personas con enfermedades pulmonares crónicas. La tasa de mortalidad puede variar del 5% al 30% en función de factores como la salud subyacente del paciente y la rapidez con que se inicie el tratamiento.

Las dos enfermedades que afectan a las personas son:

- Enfermedad del Legionario: Una forma grave de neumonía que puede ser fatal si no se trata adecuadamente. Los síntomas incluyen fiebre alta, tos, dificultad para respirar, dolores musculares, dolor de cabeza y malestar general.
- Fiebre de Pontiac: Una enfermedad menos grave que se asemeja a la gripe, con síntomas como fiebre, escalofríos, dolor de cabeza y dolor muscular, pero sin neumonía. Generalmente se resuelve por sí sola en unos pocos días.

3.1.5.2.2. NORMATIVA PARA EL CONTROL DE LA LEGIONELLA.

En España, la normativa que regula la prevención y control de la legionelosis es el Real Decreto 487/2022, que establece los requisitos técnicos y sanitarios necesarios para la prevención y control de la legionelosis. Esta normativa se aplica a diversas instalaciones, incluyendo condensadores evaporativos y torres de refrigeración.

Para cumplir con la normativa, se deben tomar diversas medidas de control y prevención, que incluyen:

- Mantenimiento y limpieza: Realizar limpiezas y desinfecciones periódicas de los sistemas de agua, siguiendo un protocolo específico. Se trata el agua recirculada con productos químicos, además de su limpieza periódica en la para anual de la producción.

- Control de la temperatura: Mantener la temperatura del agua caliente sanitaria por encima de los 60°C y la del agua fría por debajo de los 25°C para evitar el crecimiento de legionela. La fábrica utiliza embalses abiertos a la atmosfera y recirculación del agua utilizada en los condensadores.
- Tratamiento del agua: Uso de biocidas y otros tratamientos químicos para controlar el crecimiento bacteriano. El tratamiento de agua con químicos se hace en los embalses vertiendo productos como el H₂SO₄.
- Inspecciones y análisis: Realización de inspecciones visuales y análisis microbiológicos periódicos para detectar la presencia de legionela. Los técnicos se encargan de medir la ppm y la dureza del agua, para controlar la acidez, conductividad y la cantidad de residuos en los embalses.
- Registro y documentación: Mantener un registro detallado de todas las operaciones de mantenimiento, inspecciones, análisis y tratamientos realizados. Se lleva a cabo con la empresa Geodesic donde hace un control detallado de todo lo marcado por la ley.

Algo que también se hace en la fábrica para mejorar el tratamiento del agua es la utilización de descalcificador, en la que se contrató a la empresa Fongairel. Importante marcar que la legionela es una bacteria potencialmente peligrosa que puede causar enfermedades graves. Cumplir con la normativa vigente y tomar las medidas preventivas adecuadas es esencial para garantizar la seguridad de las instalaciones y la salud pública. En caso de fallo, la respuesta rápida y efectiva es crucial para minimizar el riesgo de brotes y proteger a las personas.

En la ilustración 21 se ven los separadores de gotas que utilizan los condensadores.



ILUSTRACIÓN 21: SEPARADORES DE GOTAS

El separador de gotas está formado por paneles de Polipropileno con tratamiento anti-legionella, el cual tiene la propiedad de impedir el crecimiento de la legionella en su superficie. Es un elemento de gran eficacia para impedir que el ventilador arrastre agua al exterior. Cumple los Requisitos de la norma UNE 100030 / 2017, así como Real Decreto 487/2022, asegurando un porcentaje de pérdidas entre el 0,0005% y el 0,0007% del caudal recirculado (según CTI ATC-140 DRIFT ISOKINETIC TEST).

3.1.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

La instalación eléctrica lo dividimos en tres procesos para su instalación: el primero es la instalación de un armario donde se guarden y mantengan seguras todas las partes de la instalación que protejan y controlen toda la electricidad del condensador o de la torre de refrigeración. En nuestro caso temas de espacio y comodidad irán en un mismo armario. El segundo proceso será tirar todo el cableado eléctrico del armario hasta el condensador/torre refrigeración. Y por último instalaremos en los ordenadores los programas pertinentes de control y monitorización para todo el funcionamiento, se harán pruebas de que todo está correcto hasta su puesta en marcha.

3.1.6.1. APARAMENTA ELÉCTRICA.

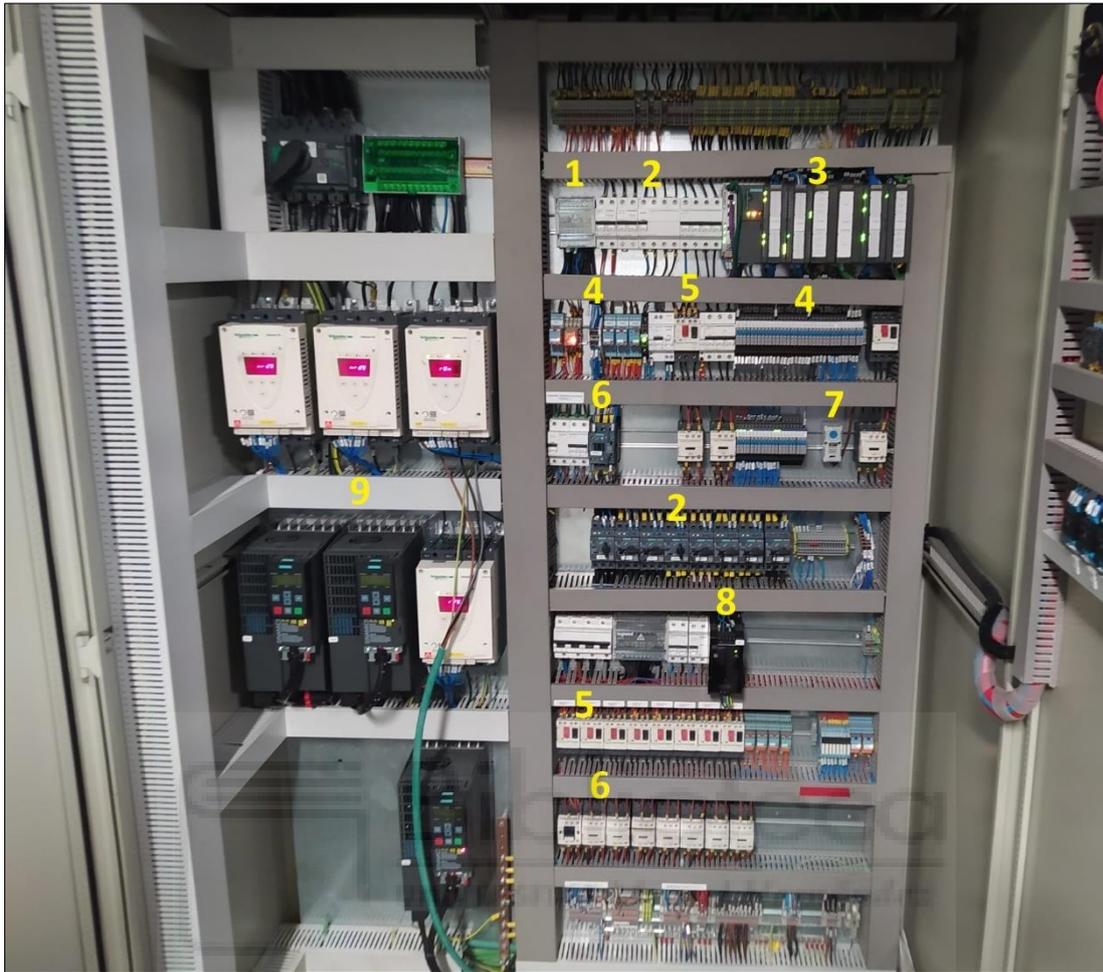


ILUSTRACIÓN 22: CUADRO ELÉCTRICO

En la imagen anterior, la ilustración 22, está el armario completo con toda la paramenta eléctrica que contiene para el funcionamiento de condensador y de la torre de refrigeración. La explicación de todos los componentes es la siguiente:

1. Diferenciales. Son dispositivos que abren y cierran un circuito eléctrico cuando detectan una corriente de fugas (o corriente diferencial) desde los conductores activos de la instalación (fases y neutro) a masa. Son capaces de detectar corrientes de fugas muy bajas.
Son muy eficaces en la protección de personas para baja tensión.
2. Magnetotérmico/Automático. Es capaz de interrumpir elevadas corrientes de cortocircuito. Protege la instalación frente sobrecargas y cortocircuitos.
3. Autómata/PLC (Controlador Lógico Programable). Es el hardware que contiene un sistema de control y el transmisor de datos entre el ordenador (operario) y el

- condensador o torre de refrigeración. Puede estar programado para la toma de decisiones según los datos introducidos (funcionamiento automático).
4. Relés. Es un dispositivo electromagnético que actúa como un interruptor de accionamiento. Sirve para abrir o cerrar un circuito eléctrico y funciona mediante un electroimán.
 5. Guardamotor. Es un dispositivo eléctrico de protección que se utiliza para controlar la corriente eléctrica con la que trabajan los motores. Está diseñado para detectar sobrecargas, cortocircuitos y otras condiciones que pueden dañar a un motor y/o representar un riesgo en cuanto a la seguridad.
 6. Contactores. Son dispositivos que abren y cierran un circuito eléctrico de forma remota, estando los contactos abiertos en posición de reposo. No se pueden accionar manualmente.
 7. Temporizador. Es un dispositivo que se utiliza para controlar la conexión y/o desconexión de un circuito de control, a través de un intervalo de tiempo.
 8. Fuente de alimentación. Es el encargado de gestionar la entrada de energía desde la red y adaptarla para darle energía al equipo.
 9. Variadores de frecuencia. Es un elemento que permite el control de la velocidad de giro de un motor de corriente alterna, modificando la frecuencia y la tensión de la línea de alimentación. En este caso los variadores de color blanco son para las bombas de agua y los variadores de color negro para los ventiladores.

3.1.6.2. SISTEMA INFORMÁTICO SCADA.

El sistema SCADA se basa en el control y monitorización del funcionamiento del equipo. Como se aprecia en la imagen de abajo, nos está mostrando continuamente unos datos de funcionamiento, en este caso del condensador, de los parámetros en los que está en ese mismo momento.

Este sistema nos ayuda a controlar si tenemos algún problema del funcionamiento de forma remota y con una actuación lo mayor breve posible. En su funcionamiento registra los datos de los distintos elementos del condensador, y según la configuración que nosotros le hayamos puesto, los sensores de reconocimiento nos avisaran si tenemos algún percance.

Este sistema de automatización fue instalado por la empresa Niproma para el uso específico de los condensadores.

Como ejemplo para visualizar el monitor de control tenemos la ilustración 23.

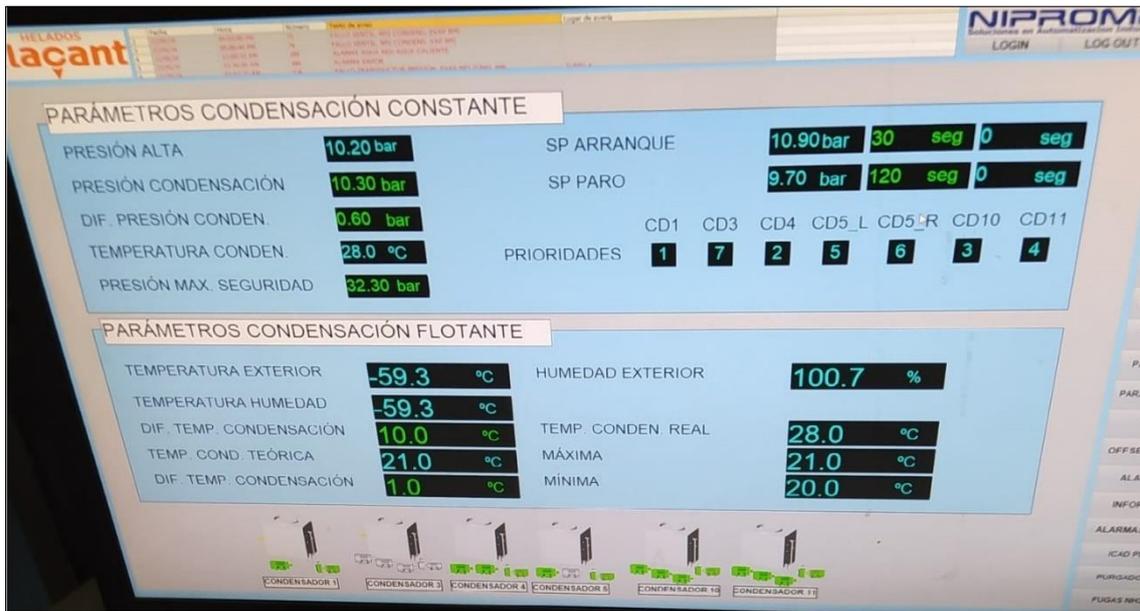


ILUSTRACIÓN 23: MONITOR SCADA

3.1.6.3. LÍNEAS ELÉCTRICAS.

En la instalación del cableado se ha optado por canaletas aéreas metálicas (ITC BT-06) que van desde el armario hasta el condensador o la torre de refrigeración. Estos cables varían su sección según el cometido que tengan, ya sea: para conexión de las bombas de agua, los motores de los ventiladores, interruptores de seguridad o cualquier sensor que tenga.

La sección de esta será igual a la máxima sección empleada en la conexión del aparato. Se utilizarán conductores y electrodos que estén de acuerdo con ITC BT-18.

Después de una parada total, los ventiladores de condensación no funcionarán hasta que la presión sea lo suficientemente elevada para que actúen los correspondientes presostatos de control de condensación. Cada compresor incorpora un temporizador que retarda el arranque unos segundos para evitar arranques simultáneos en caso de cortes de suministro eléctrico. Cuando arranca o para, entre media histéresis o presión diferencial, esto nos sirve para que no pare y arranque continuamente.

La ilustración 24 muestra la canalización y el cableado que va desde el condensador hasta el cuadro.



ILUSTRACIÓN 24: CABLEADO CONDENSADOR

3.1.7. SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DEL CONDENSADOR.

En el mantenimiento del condensador tenemos varios trabajos que se realizan periódicamente según lo estipula el fabricante, entre ellos están los trabajos de:

- Engrase de los rodamientos.
- Revisión de los alabes turbinas.
- Mantenimiento completo de todas las partes de las bombas de agua.
- Motores eléctricos de ventilación.
- Conservación de la carcasa del condensador.

En la ilustración 25 se enseñan distintos elementos que forman al condensador: la bomba de agua, corras con motor eléctrico, revestimiento de las hélices.



ILUSTRACIÓN 25: ELEMENTOS DEL CONDENSADOR

3.1.7.1. PURGA INCONDENSABLES.

Actualmente el sistema de purga se realiza únicamente en las caídas de líquido de condensadores mediante válvulas de cierre. Esto provoca dos principales inconvenientes:

- Todos los puntos de purga están interconectados entre ellos, por lo que en realidad solo se realizará correctamente la purga de un único condensador (el que tenga mayor presión en el punto de purga).
- Al estar todos los puntos de purga interconectados, se equilibra la presión en la salida de la batería, por lo que el efecto del sifón en la caída de líquido se pierde.

El purgador de sifón para el circuito del amoníaco se muestra en la ilustración 26.

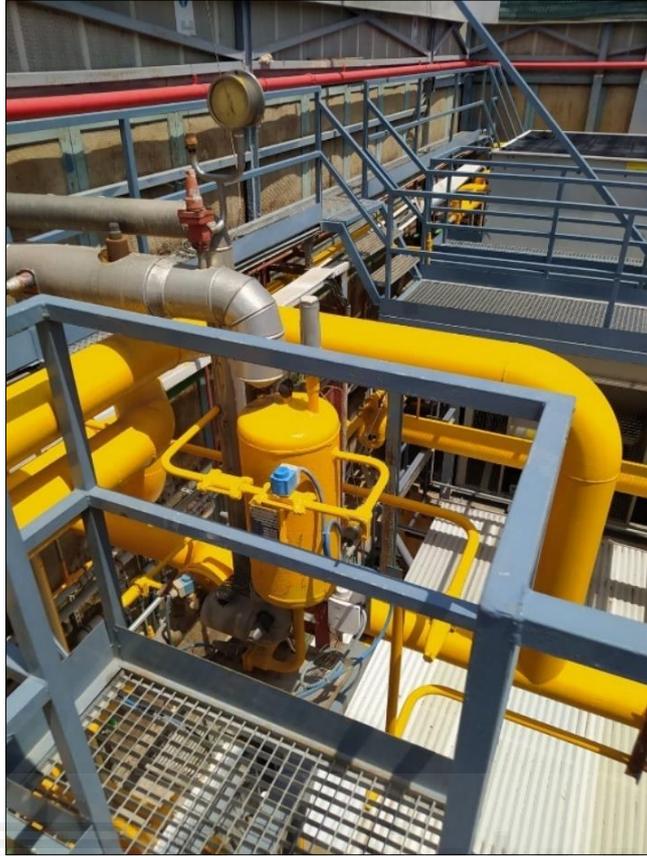


ILUSTRACIÓN 26: PURGADOR DE SIFÓN

La solución planteada es incorporar válvulas ICF (integra en un mismo bloque una válvula de cierre, un filtro y una válvula solenoide) en cada uno de los puntos de purga de la instalación, es decir, tanto en la caída de líquido de los condensadores como en los recipientes de líquido.

Hay un total de 12 estaciones de válvulas para la purga de las caídas de líquido de los condensadores y 3 estaciones de válvulas para la purga de los recipientes de líquido.

Al incorporar solenoides en cada punto de purga, ésta se hará de forma secuencial garantizando la correcta purga en todo momento y la función del sifón en las caídas de líquido.

La ilustración 27 muestra las válvulas a la salida del condensador.



ILUSTRACIÓN 27: VÁLVULA ICF

3.1.7.2. SEGURIDAD Y ACTUACIÓN EN CASO DE FALLO DEL CONDENSADOR.

En caso de que un condensador evaporativo falle, la empresa debe actuar de la siguiente manera:

- Detener inmediatamente el sistema: parar el funcionamiento del condensador para evitar la dispersión de aerosoles contaminados.
- Notificación: informar a las autoridades sanitarias competentes sobre el fallo y las medidas tomadas.
- Evaluación del riesgo: Realizar una evaluación de riesgo para determinar el nivel de contaminación y el riesgo para la salud pública.
- Medidas correctivas: Implementar medidas correctivas, que pueden incluir la limpieza y desinfección del sistema, reparaciones o sustitución de componentes defectuosos.
- Revisión y mejora de protocolos: Revisar y, si es necesario, mejorar los protocolos de mantenimiento y prevención para evitar futuros fallos.

Para la seguridad tanto en el funcionamiento como en el mantenimiento del condensador vamos a tener en consideración los siguientes equipos:

- Señalizaciones de uso y actuación.
- Detectores de fugas.
- Avisos luminosos y sonoros en caso de fallo.

Elementos de seguridad para el mantenimiento se muestra en la ilustración 28.



ILUSTRACIÓN 28: EQUIPOS Y PROTOCOLOS SEGURIDAD

3.1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

Los criterios para decidir qué tipo de tecnología emplear, fueron los siguientes:

1. **Niveles de ruido.** La localización del ruido no se puede generar en la parte superior del equipo. Debido a que en las zonas colindante a la fábrica hay una zona residencial. Para minimizar este problema los fabricantes añaden al condensador unos silenciadores en la zona superior y en los ventiladores, lo malo es que disminuye el rendimiento, por ese motivo no lo hemos planteado como una solución aceptable. Donde sí se ha puesto para reducir el ruido son insonorizaciones en las paredes y en la entrada de aire que hay en la pared. En el plano situación se muestra en detalle.

En la ilustración 29 se muestran los atenuadores sonoros que utilizan en la fábrica.



ILUSTRACIÓN 29: SILENCIADORES CONDENSADOR Y PAREDES FÁBRICA

2. **Sencillez en el mantenimiento.** Las operaciones rutinarias de mantenimiento, así como las reparaciones, deben ser sencillas. Esto implica que los equipos y elementos susceptibles a sustitución, deben tener fácil acceso.

Los Costes de Mantenimiento de los elementos para cambiar deben ser lo más genéricos posibles, para ser autónomos en las compras de los recambios.

También buscamos Sencillez para las limpiezas. Las puertas de acceso bien dimensionadas, acceso directo a las balsas y partes interiores de la batería, la empaquetadura y los ventiladores.

3. **Consumo eléctrico.** Se realiza una estimación del consumo eléctrico de cada uno de los equipos, usando como referencia el indicador de kWf/kWe. Es decir, cuanta energía es capaz de disipar el condensador, por cada kW eléctrico de potencia instalada.
4. **Disponibilidad por metro cuadrado.** El espacio disponible para el emplazamiento de los condensadores es reducido, y por la tanto, es importante y a la vez difícil colocar los condensadores para respetar las distancias marcadas por el fabricante que mantengan el rendimiento de los condensadores al máximo. Este espacio entre ellos se debe a la absorción del flujo de aire por los ventiladores, como la altura de la salida del refrigerante que mantenga la caída del fluido y así no dejar zonas donde se embalse el amoníaco. En el plano de emplazamiento se muestra con detalle.
5. **Potencia de disipación.** Se calcula el indicador de potencia de disipación, dividiendo la potencia del equipo entre la superficie que abarca su implementación P/m^2 .

3.1.8.1. ELECCIÓN DEL NUEVO CONDENSADOR SEGÚN LA CLASIFICACIÓN TIPO DE TECNOLOGÍA.

En uno de los puntos anteriores se expusieron las distintas tecnologías que según nuestro requerimiento en la fábrica más nos conviene. Para ordenar y clasificar los condensadores hemos hecho un cuadro de puntuación con los cinco puntos en los que se basa la justificación para la elección del condensador.



Ruido	Se traslada el foco de ruido a la parte superior del equipo, se acerca a la barrera actual, puede crear problemas	2
	El ruido generado por estos equipos es superior al equipo generado por el equipo actual	5
Mantenibilidad	Ventilador de difícil acceso. Necesaria una grúa en caso de avería del mismo	2
	El coste del mantenimiento se estima elevado	5
Consumo energético	Promedio de 53 kwf/kWe	8
Disipación por metro cuadrado	Promedio de 91 kwf/m ²	8
		30

ILUSTRACIÓN 30: CUADRO DE PUNTOS TIPO AXIAL



Ruido	Se mantiene el ruido en la parte inferior del equipo	10
	El ruido generado por estos equipos es similar al equipo generado por el equipo actual	8
Mantenibilidad	Eje del ventilador de difícil acceso en caso de avería, como nos ocurre en los actuales. El coste de mantenimiento es elevado	2
	Estos equipos se dejan de fabricar a partir del 2024 por no cumplir con la normativa europea de ecodiseño	2
Consumo energético	Promedio de 37 kWf/kWe	3
Disipación por metro cuadrado	Promedio de 106 kWf/m ²	10
		35

ILUSTRACIÓN 31: CUADRO DE PUNTOS TIPO CENTRÍFUGO



Ruido	Se mantiene el ruido en la parte inferior del equipo	10
	El ruido generado por estos equipos es similar al equipo generado por el equipo actual	8
Mantenibilidad	Ventilador de difícil acceso en caso de avería, como nos ocurre en los actuales. El coste de mantenimiento es elevado	7
	Dependencia total para los repuestos con el fabricante. Dificultad para la limpieza.	2
Consumo energético	Promedio de 27 kWf/kWe	2
Disipación por metro cuadrado	Promedio de 86 kwf/m ²	7
		36

ILUSTRACIÓN 32: CUADRO DE PUNTOS TIPO POLARIS



Ruido	Se mantiene el ruido en la parte inferior del equipo	10
	El ruido generado por estos equipos es inferior al equipo generado por el equipo actual. Tiene ventiladores diseñados especialmente para funcionar de manera silenciosa	10
Mantenibilidad	Facil acceso a los elementos de mantenimiento. Posibilidad de adquirir los repuestos por nuestras vías.	8
	Coste estimado de mantenimiento, bajo. Facil acceso para la limpieza	8
Consumo energético	Promedio de 72 kWf/kWe	10
Disipación por metro cuadrado	Promedio de 99 kwf/m ²	9
		55

ILUSTRACIÓN 33: CUADRO DE PUNTOS TIPO VERTEX

Como vemos en los recuadros, de las ilustraciones 30, 31, 32, 33. La tecnología que más se adapta a nuestras necesidades es el condensador con tipo de tecnología Vertex. Hay varias marcas comercializando con esta tecnología, pero la empresa ha decidido apostar por el fabricante Evapco y su modelo de condensador evaporativo llamado PMCQ-687. En la ilustración 34 se muestra la fase del proyecto del condensador ya todo terminado y listo para funcionar.



ILUSTRACIÓN 34: CONDENSADOR VERTEX PMCQ-687

3.2. TORRE DE REFRIGERACIÓN.

En esta parte del proyecto tratamos un problema concreto en el proceso de producción de la fábrica. Lo que buscamos con la instalación de esta torre de refrigeración, es reducir el trabajo y aumentar la eficiencia del sistema de refrigeración de toda la fábrica que funciona con amoníaco. La torre de refrigeración va a tener el uso único y específico de enfriar el agua que utiliza un pasteurizador en el proceso de creación de la crema, más en concreto el pasteurizador de 5000 litros.

Para que entendamos de que trata el problema en los procesos de pasteurización, tenemos que saber que un proceso de pasteurización consiste en, de manera simple, calentar la crema entorno a una temperatura cercana a los 85 °C y reducir su temperatura bruscamente a unos 35 °C. Esto se hace para eliminar cualquier bacteria que se pueda producir en el momento de mezclar y calentar las materias primas.

Entonces si ya sabemos para que sirve el pasteurizador, sabemos que este proceso es crucial y de suma importancia en la fabricación de helados.

La instalación de esta torre de refrigeración nueva es debido a que en función de la demanda que tenga la fábrica, tendremos que producir más rápido y más cantidad de producto en menos tiempo. Aquí es donde se complica la cosa, el agua que se utiliza para

enfriar en los procesos de pasteurización viene de unas balsas la cual tiene un serpentín dentro por el que circula amoníaco para absorber el calor del agua y así enfriar. Estas balsas de agua tienen una limitación de enfriamiento de litros de agua por minuto, y si en el caso de que la fábrica requiera aumentar la producción, no será capaz de enfriar el agua a tiempo.

Una de las soluciones para este problema es la instalación de una torre de refrigeración que enfría el agua de manera independiente, y que no tenga que pasar por las balsas de enfriamiento con amoníaco.

Ya sabiendo el porqué de la instalación de la torre, quiero puntualizar en que este circuito independiente va a forma de tres partes; el pasteurizador de 5000 litros, un intercambiador y la torre de refrigeración.

El uso de un intercambiador entre la torre y el pasteurizador, se debe a que buscamos proteger el producto y el pasteurizador, introduciendo agua descalcificada en vez de agua de red que utilizaremos para la torre. Siempre buscaremos conservar en el mejor estado posible todas nuestras máquinas y que el producto esté en condiciones perfectas para todos los clientes.

Para entender mejor este proceso de refrigeración, vamos a explicar para que sirve, como funciona y que tipos de torres de refrigeración podemos instalar en la fábrica.

En primer lugar, hay que saber que es una torre refrigeración y para qué sirve. La torre de refrigeración es un dispositivo de disipación de calor, generado en los procesos de enfriamiento. Busca enfriar el agua con una corriente de aire a contraflujo, a través de la transferencia de calor por convección.

El funcionamiento de una torre de refrigeración se basa en el principio de enfriamiento evaporativo. El agua caliente viene del proceso de refrigeración y se hace pasar a través de la torre. Entra a la torre por arriba y se distribuye sobre un medio de relleno, como paneles o relleno de malla. A medida que el agua entra en contacto con el aire exterior que fluye a través los ventiladores de la torre de manera ascendente, una parte del agua se evapora, llevándose consigo el calor y el agua restante cae enfriándose. El aire caliente y húmedo generado por la evaporación se expulsa por arriba hacia la atmósfera, mientras que el agua enfriada se recoge en la base de la torre y se devuelve al proceso de

refrigeración para continuar el ciclo. También tener en cuenta que hay que reponer agua en la base de la torre porque se pierde parte del agua en forma de vapor.

En la siguiente ilustración (ilustración 35) se muestran las partes que componen la torre de refrigeración.

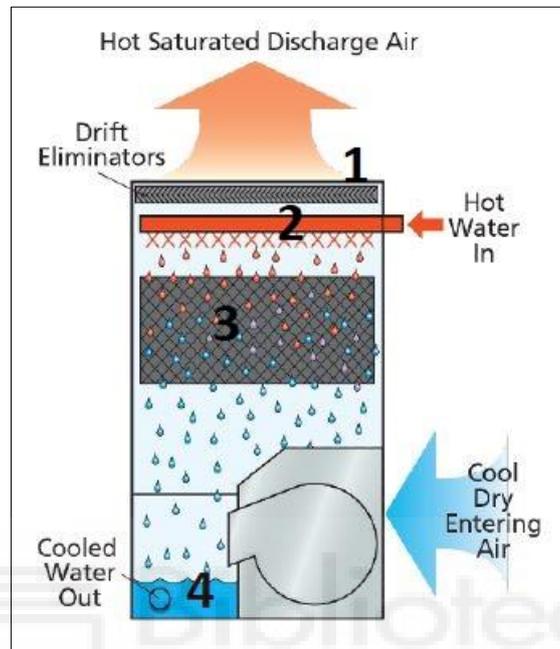


ILUSTRACIÓN 35: PARTES DE TORRE DE REFRIGERACIÓN

Empezando por la parte superior de la torre tenemos el separador de gotas en la ilustración es el número 1, si continuamos bajando está el número 2 donde hay un sistema de distribución de agua. A continuación, viene el número 3 donde tenemos el relleno y ya al final en el número 4 donde está la balsa.

Por último, en este apartado faltaría nombrar los tipos de torres que podemos encontrar:

- Según el flujo de aire.
 - Tiro natural.
 - Tiro mecánico.
 - Forzado.
 - Inducido.
- Según la transferencia.
 - Torres secas.
 - Torres húmedas.
 - Torres híbridas.

- Según el flujo aire-agua.
 - Contracorriente.
 - Flujo cruzado.

3.2.1. ELECCIÓN DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN.

La selección de la torre de refrigeración según los fabricantes, la siguiente:

3.2.1.1. BALTIMORE.

Con este fabricante de torres de refrigeración hemos valorado los siguientes modelos:

- TVFCEC8024-M810. Este modelo de torre utiliza un sistema de refrigeración adiabático. Tiene una potencia térmica de 300 kW. Niveles de ruido en 77 dB(A).
- TVFCEC8026-D810. Este otro modelo de torre también es un sistema de refrigeración adiabático. Tiene una potencia térmica de 492 kW. Niveles de ruido en 68 dB(A).
- VT0 0312-02L. El sistema de refrigeración de esta torre es húmedo de tipo centrifugo. Tiene una potencia térmica de 374 kW. Niveles de ruido en 80 dB(A).
- VXI 70-3. El sistema de refrigeración de esta torre es húmedo de tipo centrifugo. Tiene una potencia térmica de 328 kW. Niveles de ruido en 77 dB(A).
- VXI 144-2. El sistema de refrigeración de esta torre es húmedo de tipo centrifugo. Tiene una potencia térmica de 512 kW. Niveles de ruido en 84 dB(A).

3.2.1.2. EVAPCO.

Con este fabricante de torres de refrigeración hemos valorado los siguientes modelos:

- AT 14-3E9. En este modelo el sistema de refrigeración es húmedo con el tipo de torre axial. Tiene una potencia térmica de 306 kW. Niveles de ruido en 65 dB(A).
- AT 14-3G12. En este otro modelo también es el sistema de refrigeración es húmedo con el tipo de torre axial. Tiene una potencia térmica de 540 kW. Niveles de ruido en 74 dB(A).
- LSTE-4212L. El sistema de refrigeración es húmedo con un tipo de torre centrífugo. Tiene una potencia térmica de 561 kW. Niveles de ruido en 84 dB(A).

3.2.1.3. EWK.

Con este fabricante de torres de refrigeración hemos valorado los siguientes modelos:

- EWK-A 1350-4 C. El modelo tiene un sistema de refrigeración adiabático. Tiene una potencia térmica de 537 kW. Niveles de ruido en 74 dB(A).
- EWK-I 680. En este modelo el sistema de refrigeración es húmedo con el tipo de torre axial, el circuito es cerrado a través de un intercambiador de placas. Tiene una potencia térmica de 582 kW. Niveles de ruido en 70 dB(A).
- EWK 324/09. En este modelo el sistema de refrigeración es húmedo con el tipo de torre axial. Tiene una potencia térmica de 500 kW. Niveles de ruido en 67 dB(A).

3.2.1.4. TECNOLOGIA TORRES REFRIGERACIÓN SEGÚN LOS MODELOS SELECCIONADOS.

- Modelos tipo axial. Como en los condensadores evaporativos, la torre de refrigeración tiene un ventilador en la parte superior y entradas de en la zona inferior. De estos modelos podemos tener dos sistemas de refrigeración: uno de los sistemas son los adiabáticos, donde los procesos de enfriamiento ocurren sin intercambio de calor con el entorno exterior. Y el otro sistema es el húmedo o abierto donde el sistema de refrigeración permite el intercambio de calor con el medio ambiente.
- Modelos tipo centrífugo. En estos modelos de torre de refrigeración en la parte superior solo se encuentra el separador de gotas y un poco más abajo la entrada de agua caliente. En la zona inferior tendremos la balsa de agua fría y los ventiladores.

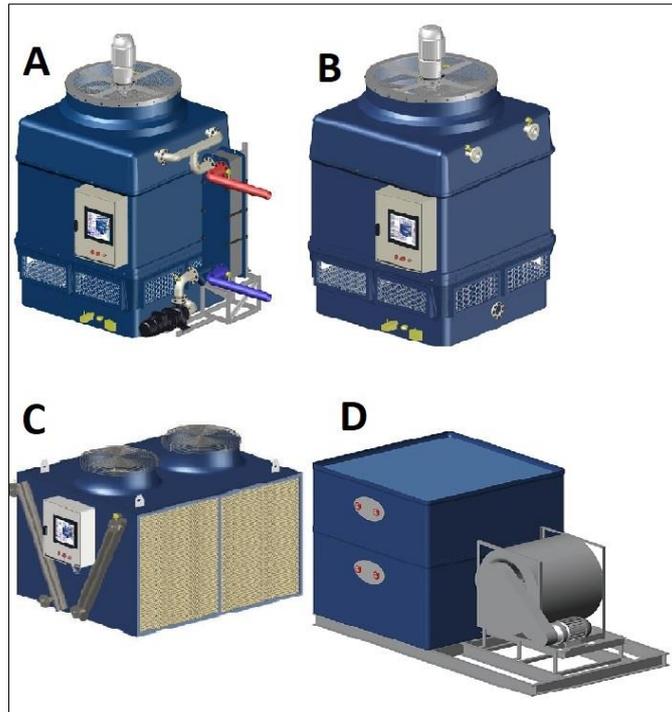


ILUSTRACIÓN 36: MODELOS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN

Estos son los cuatro modelos de torres de refrigeración que se han valorado para el proyecto. En la ilustración 36 se ven los distintos modelos. El modelo A es una torre de refrigeración de tipo axial con un circuito de agua cerrado con un intercambiador de placas. El modelo B es de tipo axial con sistema de agua directo. El modelo C es de tipo axial, pero con sistema de refrigeración adiabático. Y el modelo D es una torre tipo centrífuga.

3.2.2. BANCADA.

El objeto de este apartado es redactar la memoria que va a definir la estructura metálica de soporte para la instalación de una torre de refrigeración, realizando el cálculo, la medición y el plano de detalle de dicha estructura.

Para definir la estructura y realizar el cálculo se parte de los requerimientos de peso y dimensiones.

En la ilustración 37 se enseña el resultado que se busca en la estructura para la torre de refrigeración.



ILUSTRACIÓN 37: BANCADA TORRE REFRIGERACIÓN

3.2.2.1. DATOS OBRA.

La memoria técnica cálculos de estructura del soporte para la torre de refrigeración en A.I.A.D.H.E.S.A. helados Alacant, ha sido realizada por la empresa Arsel Ingeniería S.L.(CYPE). A continuación, expongo los resultados de los cálculos realizados:

3.2.2.1.1. NORMAS CONSIDERADAS.

Cimentación: Código Estructural.

Aceros laminados y armados: Código Estructural.

Categoría de uso: G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento.

3.2.2.1.2. ESTADOS LÍMITES.

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones.	CTE
E.L.U. de rotura. Acero laminado.	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m.
Tensiones sobre el terreno.	Acciones características.
Desplazamientos.	

- Situaciones de proyecto. En este punto vamos a repetir las mismas situaciones que la bancada del condensador y, por tanto, se utilizarán las mismas ecuaciones e hipótesis para resolver los cálculos.

Sismo.

Norma utilizada: NCSE-02.

Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02.

Método de cálculo: Análisis mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2).

3.2.2.2. ESTRUCTURA.

3.2.2.2.1. GEOMETRÍA.

La geometría de la estructura para la realización de los cálculos, según las cargas aplicadas, se muestra en la ilustración 38.

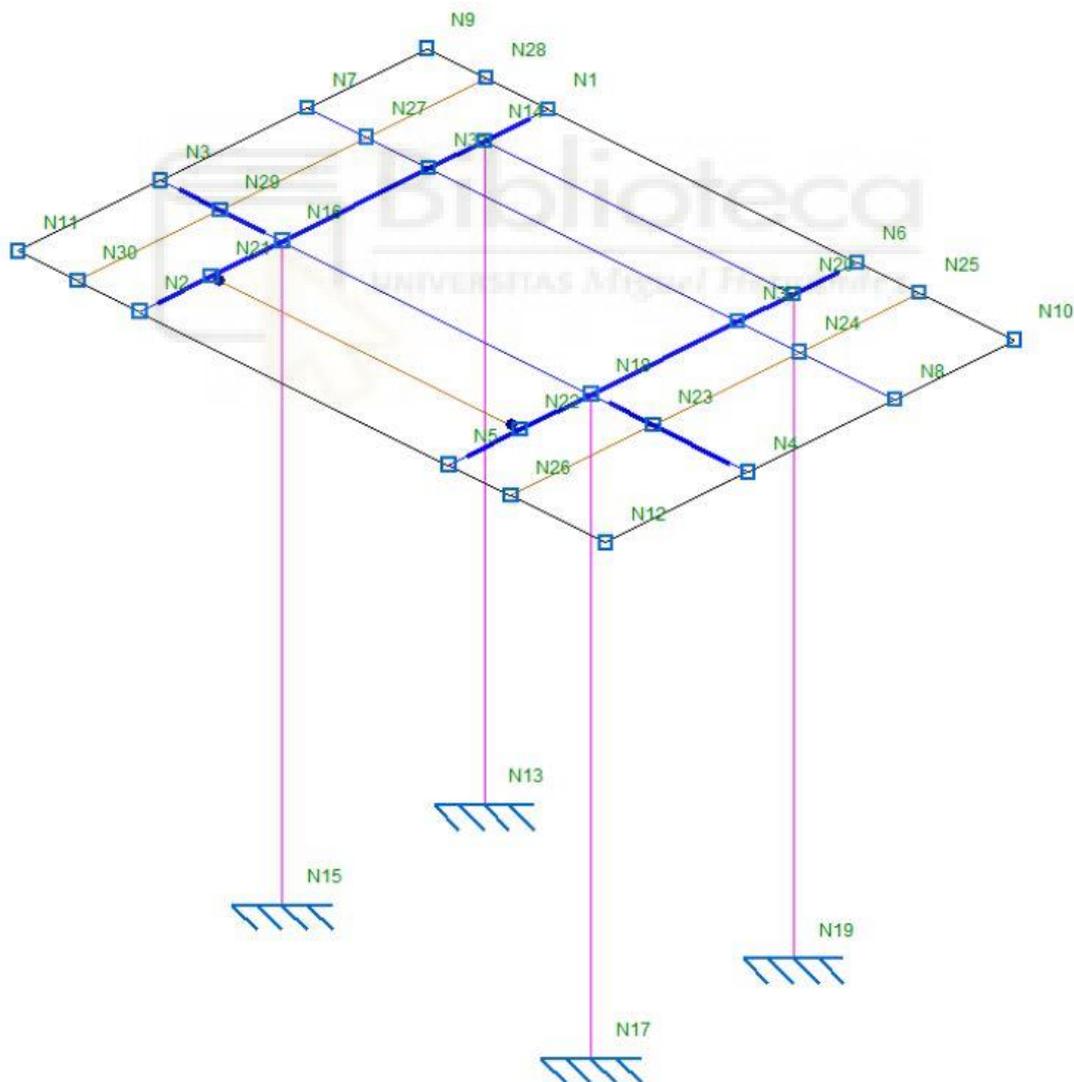


ILUSTRACIÓN 38: GEOMETRÍA BANCADA TORRE DE REFRIGERACIÓN

- Barras

Materiales utilizados.

Materiales utilizados							
Tipo	Material Designación	E (kp/cm ²)	ν	G (kp/cm ²)	f_y (kp/cm ²)	α_t (m/m°C)	γ (t/m ³)
Acero laminado	S275 (UNE-EN 10025-2)	2140672.8	0.300	825688.1	2803.3	0.000012	7.850
Notación: <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i>ν: Módulo de Poisson</i> <i>G: Módulo de cortadura</i> <i>f_y: Límite elástico</i> <i>α_t: Coeficiente de dilatación</i> <i>γ: Peso específico</i>							

Descripción. Esta descrita en el anejo 4: cálculos y datos de la bancada torre de refrigeración.

Características mecánicas.

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N13/N14, N15/N16, N17/N18 y N19/N20
2	N14/N20, N24/N8, N7/N27, N16/N18, N27/N31, N32/N24, N31/N32, N18/N4, N3/N16, N2/N1 y N5/N6
3	N21/N22, N23/N24, N24/N25, N26/N23, N27/N28, N29/N27 y N30/N29
4	N11/N30, N30/N2, N5/N26, N26/N12, N2/N5, N4/N8, N8/N10, N12/N4, N9/N28, N28/N1, N1/N6, N6/N25, N25/N10, N11/N3, N3/N7 y N7/N9

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275 (UNE-EN 10025-2)	1	HEA-200, (HEA)	53.80	30.00	9.95	3692.00	1336.00	19.20
		2	HEA-180, (HEA)	45.30	25.65	8.21	2510.00	925.00	14.70
		3	IPE-120, (IPE)	13.20	6.05	4.25	318.00	27.70	1.77
		4	UPN-220, (UPN)	37.40	15.00	15.80	2690.00	197.00	17.00
Notación: <i>Ref.: Referencia</i> <i>A: Área de la sección transversal</i> <i>A_{vy}: Área de cortante de la sección según el eje local Y'</i> <i>A_{vz}: Área de cortante de la sección según el eje local Z'</i> <i>I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local Y'</i> <i>I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local Z'</i> <i>I_t: Inercia a torsión</i> <i>Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</i>									

Resumen de medición.

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
Acero laminado	S275 (UNE-EN 10025-2)	HEA	HEA-200	18.400			0.099			777.09			
			HEA-180	19.360			0.088			688.45			
		IPE			37.760			0.187			1465.54		
			IPE-120	9.470			0.013			98.13			
		UPN			9.470			0.013			98.13		
			UPN-220	16.760			0.063			492.06			
				16.760			0.063			492.06			
						63.990			0.262			2055.72	

Medición de superficies.

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m²/m)	Longitud (m)	Superficie (m²)
HEA	HEA-200	1.167	18.400	21.473
	HEA-180	1.050	19.360	20.328
IPE	IPE-120	0.487	9.470	4.614
UPN	UPN-220	0.742	16.760	12.436
			Total	58.851

3.2.2.2.2. CÁLCULOS.

- Cargas:

Barras.

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del

incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: t.
- Momentos puntuales: t·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapeciales: t/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Las referencias exactas de todas las barras y sus cargas están explicadas en el anejo 4: cálculos y datos de la bancada torre de refrigeración.

- Resultados.

Nudos:

- Reacciones.

Referencias:

R_x, R_y, R_z: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).

M_x, M_y, M_z: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

Envoltentes:

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
N13	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.157	-0.214	0.508	-0.508	-0.387	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.164	0.193	1.937	0.512	0.396	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.156	-0.208	0.556	-0.515	-0.384	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.167	0.198	1.689	0.497	0.398	0.000
N15	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.199	-0.193	1.203	-0.541	-0.481	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.212	0.216	3.385	0.479	0.500	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.208	-0.201	1.208	-0.536	-0.496	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.210	0.214	2.606	0.483	0.496	0.000
N17	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.210	-0.171	1.384	-0.472	-0.498	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.200	0.186	3.786	0.420	0.482	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.209	-0.177	1.398	-0.456	-0.496	0.000

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
		Valor máximo de la envolvente	0.212	0.179	2.791	0.417	0.499	0.000
N19	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.166	-0.187	0.571	-0.448	-0.400	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.156	0.169	2.155	0.446	0.383	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.170	-0.179	0.626	-0.454	-0.406	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.154	0.174	1.827	0.427	0.379	0.000

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

Barras.

- Resistencia.

Referencias:

N: Esfuerzo axial (t).

V_y : Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra (t).

V_z : Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra (t).

M_t : Momento torsor (t·m).

M_y : Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra) (t·m).

M_z : Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra) (t·m).

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100 \%$.

Los detalles de las comprobaciones se pueden ver en el anejo 4: cálculos y datos de la bancada torre de refrigeración.

Los resultados se han hecho con Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura metálica con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEA, colocado con uniones soldadas en obra.

- o Flechas.

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

- o Comprobación E.L.U.

Todos los resultados están en las tablas del anejo 4: Cálculos y datos de la bancada torre de refrigeración.

- **Uniones.**

Especificaciones para uniones soldadas:

Norma: Código Estructural: Código Estructural (Real Decreto 470/2021). Article 4. Welded connections.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275 (UNE-EN 10025-2).
- Material de aportación (soldaduras): Los valores específicos del límite elástico,

resistencia última a la tracción, alargamiento a rotura y energía mínima de Charpy, del metal de aportación, deberán ser iguales o superiores a los correspondientes del tipo de acero del material base. (Eurocódigo 3, Parte 1-8, artículo 4.2 (2)).

Especificaciones para uniones atornilladas:

Norma: Código Estructural: Código Estructural (Real Decreto 470/2021). Article 3.

Connections made with bolts, rivets or pins.

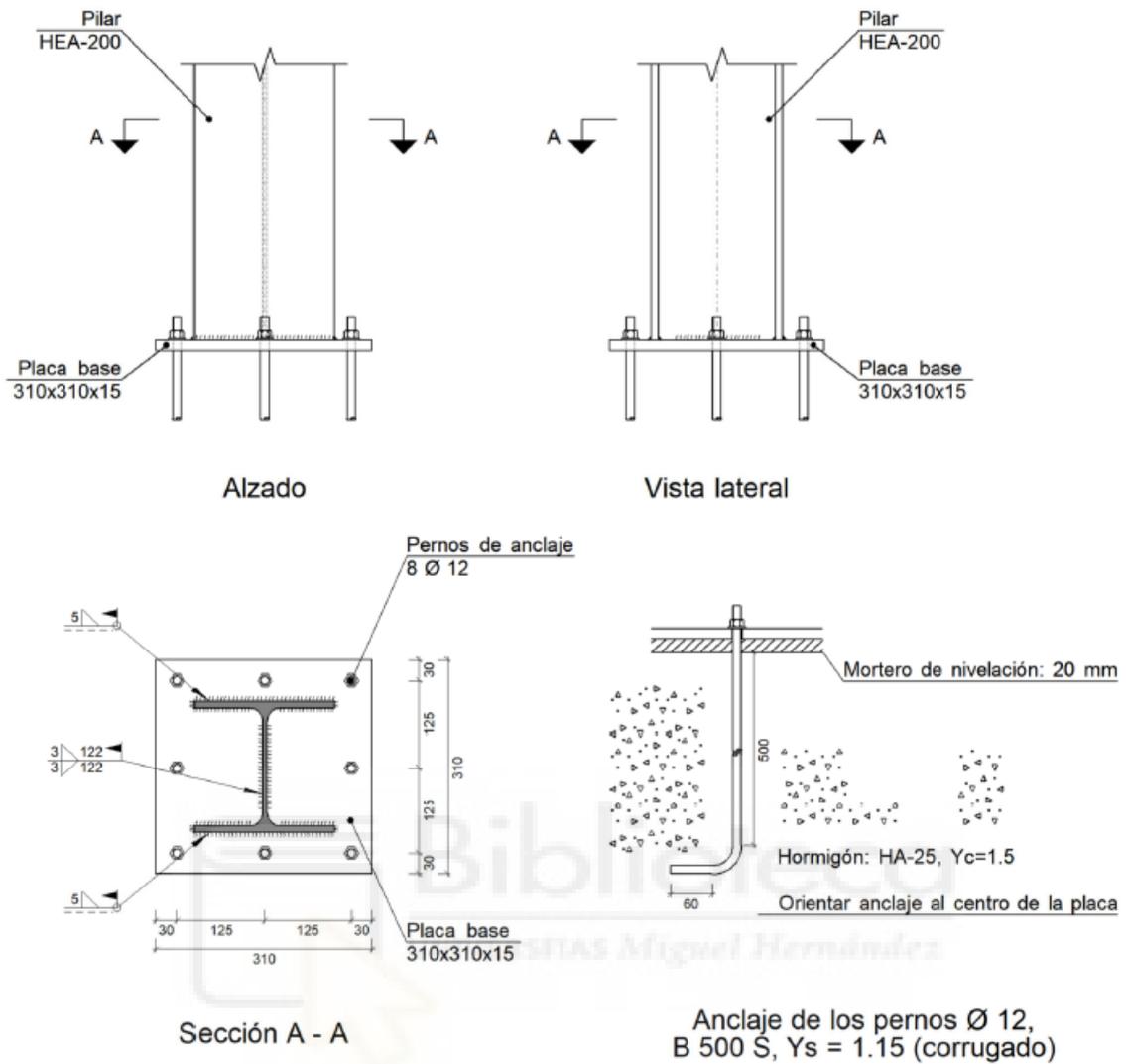
Materiales:

- Perfiles (Material base): S275 (UNE-EN 10025-2).

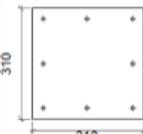
Disposiciones constructivas para tornillos, según artículo 3.5 Eurocódigo 3, Parte 1-8							
Distancias	Al borde de la pieza		Entre agujeros		Entre tornillos		
	e1 ⁽¹⁾	e2 ⁽²⁾	p1 ⁽¹⁾	p2 ⁽²⁾	Compresión	Tracción	
						Filas exteriores	Filas interiores
Mínimas	1.2 do	1.5 do	2.2 do	3 do	p1 y p2	p1, e	p1, i
Máximas ⁽³⁾	40 mm + 4t		14t 200 mm		14t 200 mm	14t 200 mm	14t 200 mm

Notas:
⁽¹⁾ Paralela a la dirección de la fuerza
⁽²⁾ Perpendicular a la dirección de la fuerza
⁽³⁾ Se considera el menor de los valores
do: Diámetro del agujero.
t: Menor espesor de las piezas que se unen.
En el caso de esfuerzos oblicuos, se interpolan los valores de manera que el resultado quede del lado de la seguridad.

- Memoria de cálculo.
Tipo placa anclaje.
a) Detalle.



b) Descripción de los componentes de la unión.

Elementos complementarios									
Pieza	Esquema	Geometría			Taladros		Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		310	310	15	8	12	S275 (UNE-EN 10025-2)	2803.3	4179.4

c) Comprobación.

- Pilar HEA-200. Uniones soldadas.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	200	10.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	3	122	6.5	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	200	10.0	90.00				
<i>a: Espesor de garganta l: Longitud del cordón de soldadura t: Espesor de la pieza</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	46.6	46.6	0.8	93.2	24.15	46.6	15.78	410.0	0.85
Soldadura del alma	14.8	14.8	3.9	30.4	7.88	14.8	5.02	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	46.7	46.7	0.8	93.4	24.21	46.7	15.82	410.0	0.85

- Placa anclaje. Expuesto en el Anejo 4.

d) Medición.

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	3	244
			5	755

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	8	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275 (UNE-EN 10025-2)	Placa base	1	310x310x15	11.32
	Total			11.32
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 12 - L = 547 + 117	4.71
	Total			4.71

Medición.

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	3	976
			5	3020

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 6	32	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	32	ISO 7089-12

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275 (UNE-EN 10025-2)	Placa base	4	310x310x15	45.26
	Total			45.26
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	32	$\varnothing 12 - L = 547 + 117$	18.85
	Total			18.85

3.2.2.3. CIMENTACIÓN.

3.2.2.3.1. DESCRIPCIONES.

Referencias	Geometría	Armado
(N17 - N19) y (N13 - N15)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 40 cm Ancho inicial Y: 110 cm Ancho final X: 40 cm Ancho final Y: 110 cm Ancho zapata X: 80 cm Ancho zapata Y: 220 cm Canto: 60 cm	Sup X: 17 \varnothing 12c/12 Sup Y: 6 \varnothing 12c/12 Inf X: 17 \varnothing 12c/12 Inf Y: 6 \varnothing 12c/12

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero):

	B 500 S, $Y_s=1.15$ (kg)	Hormigón (m ³)	
Elemento	$\varnothing 12$	HA-25, $Y_c=1.5$	Limpieza
Referencias: (N17 - N19) y (N13 - N15)	2x63.14	2x1.06	2x0.18
Totales	126.28	2.11	0.35

3.2.2.3.2. COMPROBACIÓN.

Cada capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/F/20, fabricado en central.

Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y acero, UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 57 kg/m³.

Detalles de los resultados en el anejo 4: cálculos y datos de la bancada torre de refrigeración.

3.2.3. TRATAMIENTO DEL AGUA.

3.2.3.1. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL SUMINISTRO DE AGUA.

La torre de refrigeración está formada por un solo módulo el cual dividimos en tres partes. En la parte superior tenemos los separadores de gotas que se encargan de impedir que el agua salga al exterior y contaminen de legionella el ambiente. En esta zona superior también tenemos la entrada del agua caliente a través de una tubería que tiene una sonda de temperatura, pero situada fuera de la torre. Dentro de la torre la tubería de agua caliente tiene unos aspersores que dejan caer el agua por toda la superficie interna aprovechando al máximo de superficie.

Si continuamos bajando por la torre nos encontramos con la malla o relleno por el cual el agua ira deslizando hacia la parte inferior de la torre de refrigeración y en donde tendrá su mayor contacto con el aire para intercambiar la energía calorífica.

En la zona interior de la torre se encuentran, en nuestro caso, las turbinas de ventilación. Estas se encargan de introducir el aire seco del exterior e impulsarlo hacia arriba para sacar el calor del agua. Por último, está la balsa donde cae el agua fría y que devolvemos al circuito del pasteurizador.

En esta zona donde está el agua fría tenemos varias tuberías y cada una con su propósito. La tubería principal será la que va al sistema de bombeo principal y después al pasteurizador. En esta tubería principal hay situado un caudalímetro que nos ayuda a controlar la cantidad de agua que mandamos al pasteurizador.

En el control y registro para el agua de la torre de refrigeración, se utiliza un caudalímetro, el cual se muestra en la ilustración 39.



ILUSTRACIÓN 39: CAUDALÍMETRO TORRE REFRIGERACIÓN

Las otras tres tuberías tienen otras funciones; una de las tuberías se encarga de reponer el agua de balsa que viene de la red, esta se controla con una boya y se abrirá según el nivel de la balsa. Otra tubería se encarga de recircular el agua de la balsa y hacerla pasar por un tratamiento de cloro y descalcificador, para regular su ph, eliminar la cal y ayudar contra la formación de la legionela. Esta tubería de recirculación estará continuamente abierta. Y la última tubería se encarga de realizar el vaciado de la balsa en caso de mantenimiento anual u otro problema que precise abrir la torre, por lo tanto, esta tubería estará siempre cerrada.

En la ilustración 40 se muestran los puntos de conexión de las tuberías y bombeo para la torre de refrigeración.



ILUSTRACIÓN 40: SISTEMA BOMBEO TORRE REFRIGERACIÓN Y CANALIZACIÓN INFERIOR

3.2.3.2. PROBLEMÁTICA LEGIONELA.

El problema de la legionela es exactamente igual que en los condensadores evaporativos y como ya está explicado anteriormente. Se seguirá la misma normativa y protocolo de actuación que en el condensador.

3.2.4. MODIFICACIÓN ELÉCTRICA.

En el apartado del sistema eléctrico de la torre de refrigeración saber que tanto el cuadro eléctrico, como toda su aparamenta eléctrica, es compartido con el condensador evaporativo el cual ya hemos explicado anteriormente. Lo que no se encuentra en el mismo sitio, es el cuadro de regulación del ph.

En la ilustración 41 enseñamos el cuadro eléctrico con las bombas de regulación del ph, el cual se encuentra situado a los pies de la estructura que aporta la torre de refrigeración junto al sistema de bombeo de agua de la torre.



ILUSTRACIÓN 41: CUADRO ELÉCTRICO PARA EL PH

Hay que mencionar también que todo el cableado de la torre irá por una canalización aérea como en el condensador, así como el sistema de control y actuación sobre la torre de refrigeración con un SCADA similar al condensador, pero con la variante del monitorizar el caudal y la sonda de temperatura.

En la ilustración 42 se muestra el cambio de sección, a través de una tobera, de la tubería por donde circula el agua que proviene del pasteurizador (caliente) y de entrada a la torre. En la que se sitúa la sonda de temperatura que sale en la imagen a continuación.



ILUSTRACIÓN 42: SONDA DE TEMPERATURA

3.2.5. SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO DE LA TORRE.

El protocolo de seguridad en la torre de refrigeración se va a centrar en la seguridad a la hora del mantenimiento para el operario, en vez de un protocolo de actuación en caso de que la torre falle, porque la torre no trabaja con amoníaco sino solo con agua.

Para la seguridad cuando se haga el mantenimiento, tenemos el interruptor general situado al lado de la misma torre para que el operario lo accione antes de entrar y hacer el mantenimiento que vendrá estipulado por el fabricante, tanto el periodo de cuando se tenga que hacer como las operaciones que hará y la manera de hacerlas. Este interruptor inhabilita toda la torre y solo volverá a funcionar cuando se vuelva conectar el interruptor.

El interruptor rojo sirve para controlar toda la alimentación de la torre y los interruptores negros la alimentación del grupo de bombeo, como se muestra en la ilustración 43.

El arnés de seguridad será obligatorio para realizar el mantenimiento debido a que la torre esta sobre una estructura de gran altura, como el uso de casco, botas de seguridad y chaleco reflectante, al igual que lo hacemos para el condensador.



ILUSTRACIÓN 43: INTERRUPTOR GENERAL E INTERRUPTORES BOMBAS

El mantenimiento de la torre se va a centrar en sobre todo en la parte exterior como, por ejemplo: engrasar o cambiar los rodamientos de la turbina, limpiar y verificar el funcionamiento del motor eléctrico, revisar o cambiar la polea y correa que conecta el motor con la turbina y revisar que no haya fugas en el sistema de canalización o en la carcasa de la torre. Este último trabajo se tiene que realizar desde fuera o si es posible una vez al año entrar por dentro a través de unas exclusas que tiene por la parte trasera, a diferencia del condensador que tiene puertas debido a que su tamaño es bastante mayor en comparación con la torre de refrigeración.



ILUSTRACIÓN 44: ELEMENTOS PARA HACER EL MANTENIMIENTO EN LA TORRE

La ilustración 44 son los distintos elementos de la torre que necesitan de mantenimiento, en concreto se muestra el motor eléctrico que mueve las turbinas, puntos de engrase de los rodamientos en los que apoya el eje de las turbinas y la esclusa trasera para entrar dentro la torre.

3.2.6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

Los criterios para decidir qué tipo de tecnología emplear, fueron los siguientes:

Niveles de ruido. Seguirá los criterios como en el condensador, la generación del ruido procurar que sea por la parte superior del equipo. Ya que en las proximidades a la fábrica hay una zona residencial.

El tamaño de la torre y el tipo de tecnología nos dice el fabricante, el ruido de la torre no será un inconveniente.

Sencillez en el mantenimiento. Se buscan los mismos objetivos que en el condensador, como las operaciones de mantenimiento sencillas, material de coste los más bajo posible de marca genérica para autoabastecerse, sencillez en la limpieza.

Disponibilidad por metro cuadrado. Aunque el espacio en la planta es reducido, cumple con todos los requisitos para su correcto funcionamiento, según especifica el fabricante.

El tamaño de la torre es menor que el condensador, por lo tanto, no supuso un gran quebradero situar correctamente la torre.

Potencia de disipación. Este punto es el más importante con respecto a los demás, los cálculos para la elección se han tomado buscando la potencia que se necesita disipar.

La necesidad de cubrir 216 kW está más que suplida con una torre de 300 kW, pero debido a que puede aumentar la demanda se decidió instalar 500 kW.

Estos criterios son los mismos que en la elección del condensador evaporativo y ya están explicados anteriormente. Así que pasamos directamente a seleccionar la torre de refrigeración y se elige la torre LSTE-4212L, con un poder de disipación de 500kW.



ILUSTRACIÓN 45: TORRE DE REFRIGERACIÓN

CÁLCULOS.

1. CONDENSADOR.

En el ciclo de refrigeración tenemos cuatro procesos: evaporación-compresión-condensación-expansión. Lo que vamos a tratar es el proceso de condensación. El refrigerante sale del compresor en estado gaseoso y al atravesar el condensador cambia de estado a líquido.

Para el cambio de estado del refrigerante se utiliza una cortina de agua descendente y una corriente de aire ascendente (contraflujo), entre medio de se encuentra el serpentín por el que pasa el amoniaco. Todo lo anterior ya está explicado así que nos centramos en explicar las ecuaciones a utilizar.

La introducción en el sistema de refrigeración se basa en el ciclo de Carnot simple (Ilustración 46):

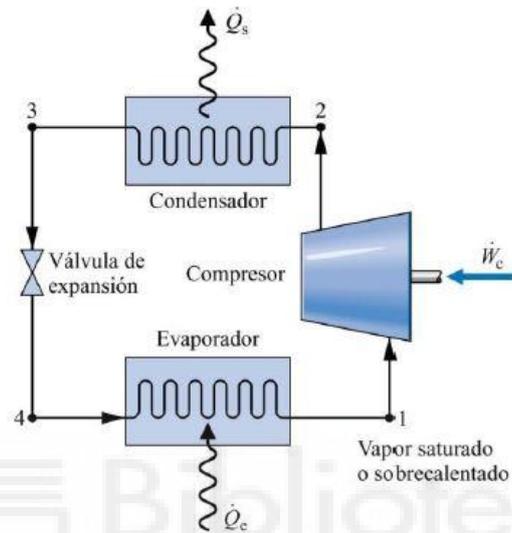


ILUSTRACIÓN 46: ESQUEMA CICLO CARNOT

Este ciclo Carnot de refrigeración simplificado, siguen los siguientes procesos representados en los diagramas: imagen izquierda Temperatura/Entropía y la imagen de la derecha Presión/Entalpía. Todo esto se muestra en la ilustración 47.

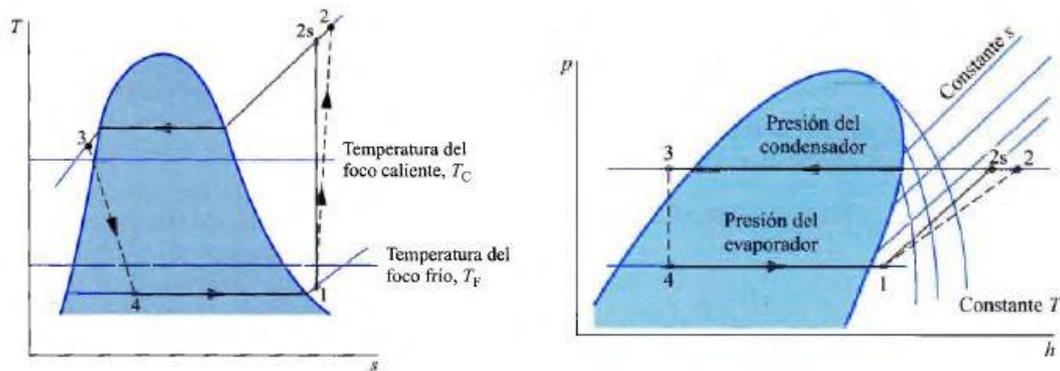


ILUSTRACIÓN 47: DIAGRAMA MOLLIER T-S Y P-H

La ecuación del balance de energía para sistemas cerrados, basada en las leyes de Newton y otros científicos, es:

$$\Delta E_c + \Delta E_p + \Delta U = Q - W$$

ECUACIÓN 1: BALANCE DE ENERGÍA

La variación de la cantidad de energía contenida dentro del sistema durante un cierto intervalo de tiempo este compuesto por: la variación de la energía cinética (ΔE_c), la variación de la energía potencial (ΔE_p) y la variación de la energía interna (ΔU).

$$0 = \dot{Q} - \cancel{\dot{W}} + \dot{m} * [(h_e - h_s) + \left(\frac{c_e^2 - c_s^2}{2}\right) + g * (z_e - z_s)]$$

ECUACIÓN 2: BALANCE DE ENERGÍA DESARROLLADA

Vamos simplificando la ecuación hasta quedarnos con la energía disipada en el condensador, para ello despreciamos el trabajo, las variaciones de energía cinética y potencial. Ya que dentro del condensador no se produce ninguna aceleración, caída desde gran altura y tampoco produce o introduce ningún trabajo al refrigerante. Lo que si vamos a considerar es la variación de la energía interna y el calor que cede al ambiente.

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{m} * (h_2 - h_3)$$

ECUACIÓN 3: BALANCE ENERGÉTICO EN EL CONDENSADOR

Con esta ecuación se calcula la energía que extraemos del sistema. El refrigerante que circula por el serpentín entra en contacto con agua y aire. Por eso también tendremos en consideración como estos dos se llevan el calor al exterior o ambiente. Esta última parte es la más importante para ver si el condensador tiene suficiente capacidad para refrigerar con las condiciones que tenemos en el exterior. A tener en cuenta que la energía de condensación del refrigerante será igual a la energía que se lleva el agua y aire

Para realizar los cálculos del aire húmedo, utilizamos el diagrama psicrométrico. Vamos a calcular el calor sensible y latente. Ya que la suma de los dos nos proporcionan la energía total transferida al entorno.

Calor sensible:

$$\dot{Q}_S = \dot{m}_a * (C_{pa} + C_{pv} * \omega_2) * \Delta T$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

ECUACIÓN 4: CALOR SENSIBLE DEL AIRE

Calor latente:

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_a * (C_{fv} + C_{pv} * T_1) * \Delta\omega$$

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$$

ECUACIÓN 5: CALOR LATENTE DEL AIRE

Calor del aire:

$$\dot{Q}_a = \dot{Q}_S + \dot{Q}_L$$

ECUACIÓN 6: ENERGÍA ABSORBIDA POR EL AIRE

Finalizamos la explicación de la energía sensible y latente mostrando que el refrigerante, en nuestro caso el amoniaco, también sufre los cambios de temperatura y de estado gaseoso-liquido. Por tanto, deducimos que la energía sacada del refrigerante se la lleva el aire-agua.

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{Q}_a = \dot{Q}_S + \dot{Q}_L$$

ECUACIÓN 7: ENERGÍA CEDIDA DEL REFRIGERANTE AL AGUA-AIRE

En la energía de condensación según la ecuación tenemos calor sensible y latente, pero no en iguales proporciones. Tanto en la ilustración A como en la B, se observa que energía latente es más determinante que la energía sensible.

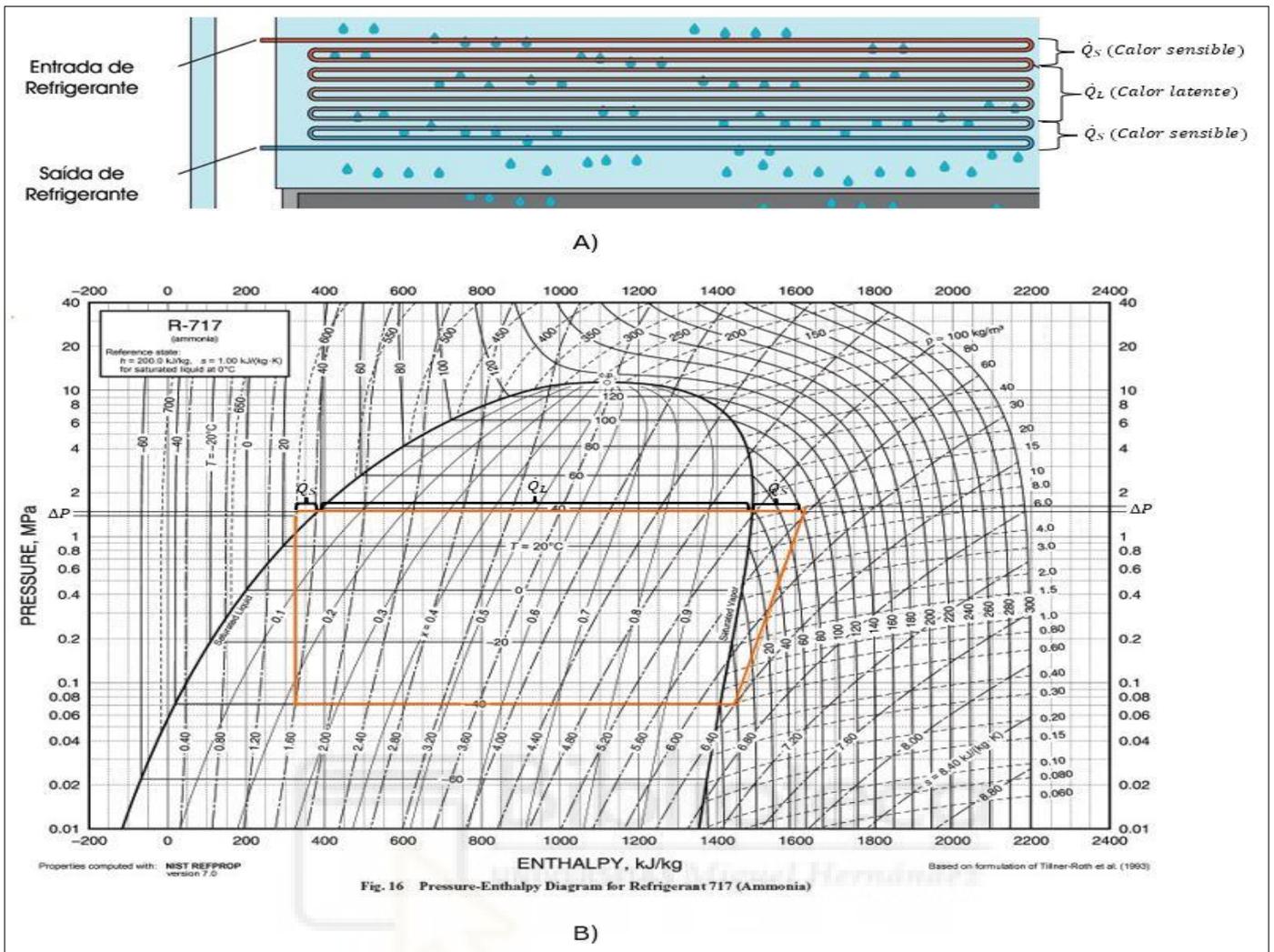


ILUSTRACIÓN 48: SERPENTÍN Y DIAGRAMA MOLLIER MOSTRANDO LAS ZONAS SENSIBLES Y LATENTES

En esta imagen del diagrama de Mollier (ilustración 48) donde vemos que la región del condensador se producen algunas pérdidas de presión y temperatura, es la zona de transferencia de calor sensible. Sin embargo, en la zona donde la transferencia de energía es latente, se mantiene constante la presión y la temperatura. Esto se debe a que el refrigerante en esta zona del proceso utiliza su energía en el cambio de estado de gaseoso a líquido. En la zona latente también podemos observar que tanto para el serpentín de intercambio como en el diagrama su longitud o área es mayor que la zona sensible, por lo tanto, nos indica que la energía latente es un proceso que consume o requiere de mayor cantidad de energía para llevarse a cabo.

A la salida del condensador hay un depósito donde se acumula el refrigerante a la misma presión, y en la entrada van directos a los tanques de los compresores donde se varía el rendimiento de funcionamiento en función de la presión de salida del condensador. Esto

es importante conocerlo para entender que la presión de trabajo de los compresores va a determinar directamente en el consumo energético de los condensadores.

1.1. ESTUDIO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

Debido a que no podemos fiarnos de los datos históricos de la empresa ya que el clima y otros factores, como la demanda o los tipos de productos que fabrican varían con el tiempo, se ha realizado una medición del consumo energético de la planta para una semana. Los primeros cálculos que hemos hecho son la estimación de la cantidad de energía que necesitamos disipar. Antes de todo se compara la temperatura de condensación que debe haber según la consigna establecida por programación respecto a la temperatura de bulbo húmedo (esto es el caso futuro tras la reforma, donde habrá suficiente potencia de condensación disponible para poder seguir esta temperatura de consigna) y la temperatura de condensación real que hay actualmente en la instalación, estas dos temperaturas son con las que trabajaremos.

La medición se ha realizado la semana 30 del año natural, la más calurosa del año. Estos cálculos son los que van a determinar la cantidad de energía llevada por el refrigerante cuando llega a los condensadores. Lo que se ha comprobado que cuando disminuimos la presión a la que trabajan los compresores se obtiene grandes beneficios económicos, ya sea por el ahorro de energía, mantenimiento o consumo de agua.

En la semana del 25 al 30 de julio se cogieron los siguientes datos: Temperatura real de condensación (35°C), temperatura consigna de condensación (30°C).

Día	Tª (°C)	Humedad relativa (%)	Tª bulbo húmedo (°C)	Tª condensación consigna (°C)	Tª condensación instalación real (°C)
25/07	29,4	61	23,44	31,41	32,93
26/07	29	74	25,22	32,81	35,53
27/07	28,3	73	24,41	32,18	35,20
28/07	28,3	70	23,94	31,81	34,71
29/07	28,6	72	24,53	32,27	35,17
30/07	28,6	71	24,38	32,15	32,73

ILUSTRACIÓN 49: TEMPERATURAS SEMANA 30

Tal y como se puede observar en la ilustración 49, la temperatura de condensación según consigna siempre es menor a la temperatura de condensación real de la instalación, por

lo que en cada día de la semana siempre se está condensando más alto que lo que tendría que ser, con la pérdida de eficiencia que esto conlleva.

1.2. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL SISTEMA REFRIGERACIÓN ACTUAL.

De acuerdo con todos los datos anteriormente mostradas, se realiza el estudio energético y económico de la instalación, para determinar el ahorro de energía y económico que habría durante esa semana al poder condensar a una temperatura más baja.

Lo primero que he hecho sobre el sistema de refrigeración de la fábrica es un esquema simplificado pero fiel del funcionamiento completo de los equipos. Con la ayuda del programa EES el esquema se queda de la siguiente manera (Ilustración 50):

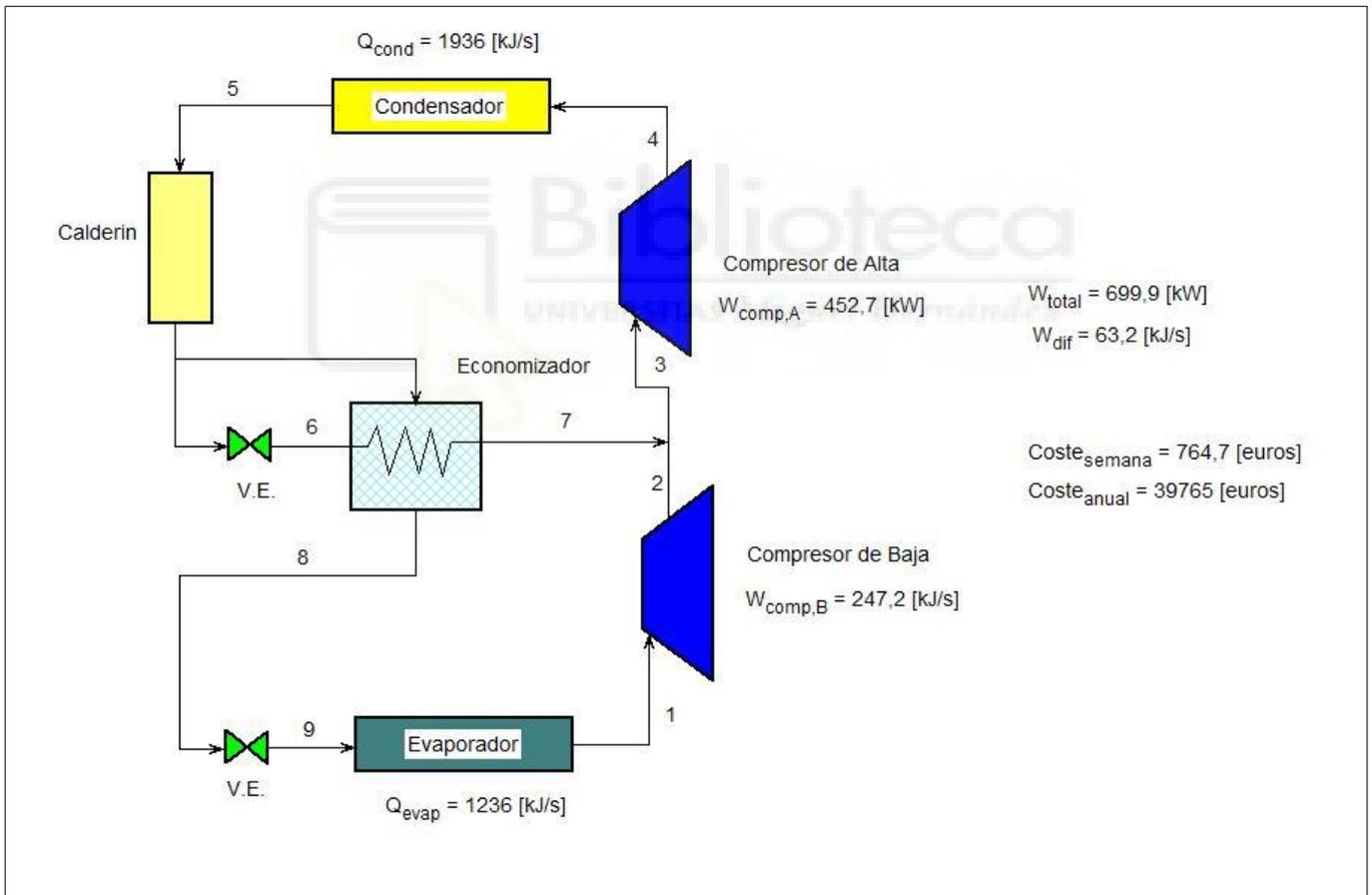


ILUSTRACIÓN 50: ESQUEMA DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN

Para describir todos los sitios por los que circula el refrigerante he nombrado 9 puntos importantes que nos dicen las propiedades del amoniaco en los distintos momentos que está en circulación, dando mayor importancia a las zonas de compresión y condensación ya que son las que nos va a determinar nuestro estudio económico y energético.

La descripción general del circuito de refrigeración nos muestra que la compresión del amoníaco en estado gaseoso se hace en dos fases. La primera fase el gas está a una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la entrada del compresor y a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la salida del compresor, esta es la fase compresión a baja presión. En la segunda fase compresión el gas está a la temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la entrada y a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la salida del compresor, esta fase es la compresión de alta presión.

Entre medias de estas dos fases encontramos el economizador. Este nos ayuda a regular la temperatura de entrada de la compresión de altas, haciendo que el amoníaco entre en estado gas al compresor de alta presión y así mantener la temperatura entorno a los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ como ayuda para asegurar el estado del amoníaco.

Después de la compresión en dos fases, pasamos por los condensadores en los que el refrigerante entrara a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ en estado gas. No olvidemos que nuestro objetivo es reducir esta temperatura de trabajo en los condensadores y que disminuya así la potencia que consumen los compresores. En los condensadores vamos a sacar toda la energía al amoníaco hasta que ha estado líquido o líquido-gas. Por este motivo lo que tenemos a continuación es un calderín o depósito que almacena y registra la presión de trabajo. Esto nos ayuda si en caso de algún accidente o fuga podamos almacenar el amoníaco minimizando los daños y además proporciona un mejor control de la presión de trabajo del sistema tanto aguas arriba como aguas abajo.

Si nos fijamos en el esquema ahora vienen el sistema de válvulas de expansión (V.E). estas regulan la presión de entrada del amoníaco a los evaporadores y al economizador. Estas válvulas son importantes porque se encargan de variar la presión y la temperatura del amoníaco en función de los requerimientos que nos pidan a la entrada, ya sea a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en economizador o a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ en los evaporadores.

Por último, están los evaporadores que serán todas las cámaras, túneles y de más máquinas que requerirán demanda de frío, en los cuales lo que va a hacer el amoníaco es intercambiar o absorber la energía de todas esas zonas y llevársela a través de las propiedades del refrigerante.

Como ya he dicho antes tanto las válvulas de expansión como los evaporadores son importantes en el sistema, pero no determinantes en nuestro estudio. Por lo tanto, en los cálculos a continuación se van a detallar en el condensador y los compresores.

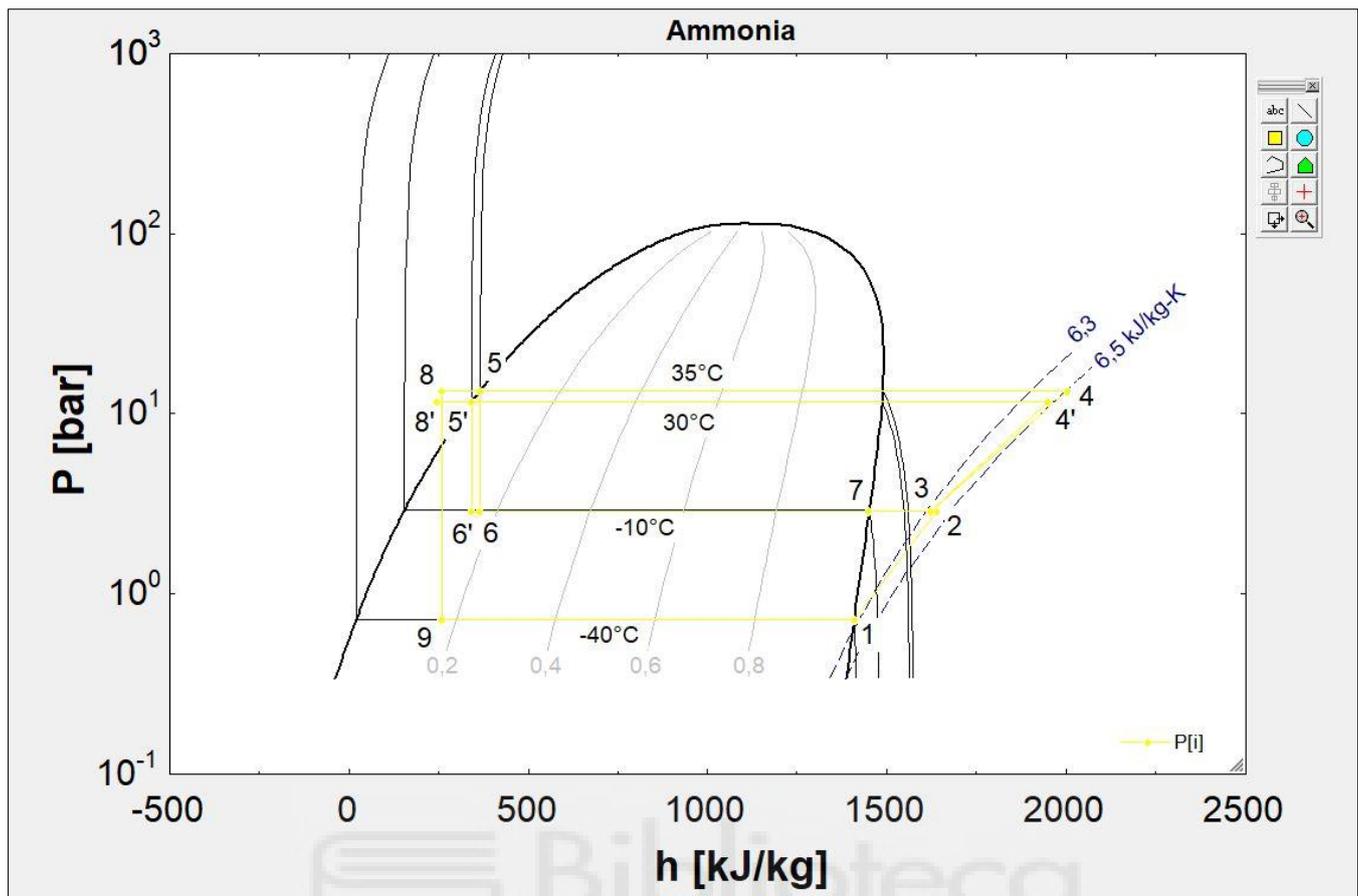


ILUSTRACIÓN 51: DIAGRAMA DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN

En la ilustración 51 se van a detallar los distintos puntos del esquema frigorífico en el diagrama Mollier, el cual muestra los distintos regímenes de trabajo del condensador para distintas presiones y como afecta este cambio a las entalpías en el condensador.

El punto 1 del esquema el amoniaco estará en estado gaseoso, lo más cerca posible del punto de vapor saturado, pero asegurando que está en estado gas con una presión de 0.5 a 0.8 bares y una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En el punto 2 el amoniaco está a una presión de 2 a 3 bares y en un estado sobrecalentado en forma de gas. Interfiere con el punto 7 que también está en estado gas y misma presión, pero con una temperatura inferior a la del punto 2. Este punto nos ayuda a mantener la energía del amoniaco y que no haya un salto de temperatura brusco entre el punto 2 y 3.

El punto 3 estará a la misma presión que el punto 2 y 7, pero con una temperatura inferior. Buscamos un punto cercano al vapor saturado, pero asegurando que este en estado gas. Con la compresión de alta presión obtenemos una presión de unos 11 a 14 bares en el punto 4, el amoniaco aquí esta sobrecalentado. El siguiente punto es el 5, se mantiene a la misma presión que el punto 4, el estado del amoniaco está en líquido saturado y en

líquido subenfriado en el punto 8. Esta fase de cambio de estado gas a líquido la temperatura está en 35 °C.

Los puntos 4', 5', 8' siguen el mismo proceso de cambio de estado de gas a líquido, pero con la diferencia de una bajada de presión de unos 10 a 12 bares y una temperatura a 30 °C. Esto hace que la compresión de altas sea también menor y disminuye el consumo energético eléctrico.

Del punto 5 y 5' pasamos al punto 6 en el que la presión es de 2 a 3 bares y una temperatura de -10 °C, aquí el amoníaco está en estado bifásico entre mezcla de líquido-gas, para terminar esta parte del ciclo acabamos en el punto 7 de mezcla en estado gaseoso.

Por otro lado, está el punto 8 y 8' donde vamos hasta el punto 9 en el que bajamos la temperatura hasta los -40 °C y una presión de 0.5 a 0.8 bares, en este estado bifásico de líquido-gas circula por el evaporador hasta acabar en el punto 1, donde se cierra el ciclo de refrigeración y se vuelve a empezar.

Una vez explicado todo el funcionamiento del sistema de refrigeración y el proceso de como circula el amoníaco en nuestra fábrica, voy a terminar con la exposición de los resultados obtenidos mostrando que se puede ser más eficiente y el ahorro económico que supone para la empresa.

Primero expongo las ecuaciones utilizadas para los cálculos:

Ecuación del flujo másico:

$$\dot{m}_{alt} = \dot{V}_{alt} * \rho_{NH3}$$

ECUACIÓN 8: FLUJO MÁSIKO DE ALTA PRESIÓN

Ecuaciones de los compresores:

$$\dot{W}_{alt30^{\circ}C} = \dot{m}_{alt} * (h_{4'} - h_3) \quad \dot{W}_{alt35^{\circ}C} = \dot{m}_{alt} * (h_4 - h_3)$$

ECUACIÓN 9: BALANCE ENERGÍA EN COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN A 35 °C Y 30 °C

$$\dot{W}_{baj} = \dot{m}_{baj} * (h_2 - h_1)$$

ECUACIÓN 10: BALANCE ENERGÍA EN COMPRESORES DE BAJA PRESIÓN

$$\dot{W}_{tot30^{\circ}C} = (\dot{W}_{alt30^{\circ}C} + \dot{W}_{baj}) * N^{\circ}_{comp}$$

$$\dot{W}_{tot35^{\circ}C} = (\dot{W}_{alt35^{\circ}C} + \dot{W}_{baj}) * N^{\circ}_{comp}$$

ECUACIÓN 11: ENERGÍA TOTAL CONSUMIDA EN COMPRESORES A 35 °C Y 30 °C

$$\dot{W}_{dif} = \dot{W}_{tot35^{\circ}C} - \dot{W}_{tot30^{\circ}C}$$

ECUACIÓN 12: AHORRO DE ENERGÍA EN COMPRESORES

Ecuaciones de los condensadores:

$$\dot{Q}_{cond35^{\circ}C} = \dot{m}_{alt} * (h_4 - h_5) \quad \dot{Q}_{cond30^{\circ}C} = \dot{m}_{alt} * (h_{4'} - h_{5'})$$

ECUACIÓN 13: BALANCE ENERGÍA CONDENSADOR A 35 °C Y 30 °C

Ecuación del evaporador:

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}_{baj} * (h_1 - h_9)$$

ECUACIÓN 14: BALANCE ENERGÍA EVAPORADOR

Balace energético en el economizador:

$$\dot{m}_{alt} = \dot{m}_{baj} + \dot{m}_{int}$$

ECUACIÓN 15: BALANCE DE MASAS

$$\dot{m}_{baj} * (h_5 - h_8) = \dot{m}_{baj} * (h_7 - h_6)$$

ECUACIÓN 16: BALANCE DE ENERGÍA ECONOMIZADOR

Ahorro económico de la energía:

$$Coste_{semana} = \dot{W}_{dif} * Horas * Precio$$

ECUACIÓN 17: AHORRO SEMANA 30

$$Coste_{anual} = Coste_{semana} * Semanas$$

ECUACIÓN 18: AHORRO ANUAL

Los resultados obtenidos directamente del programa EES:

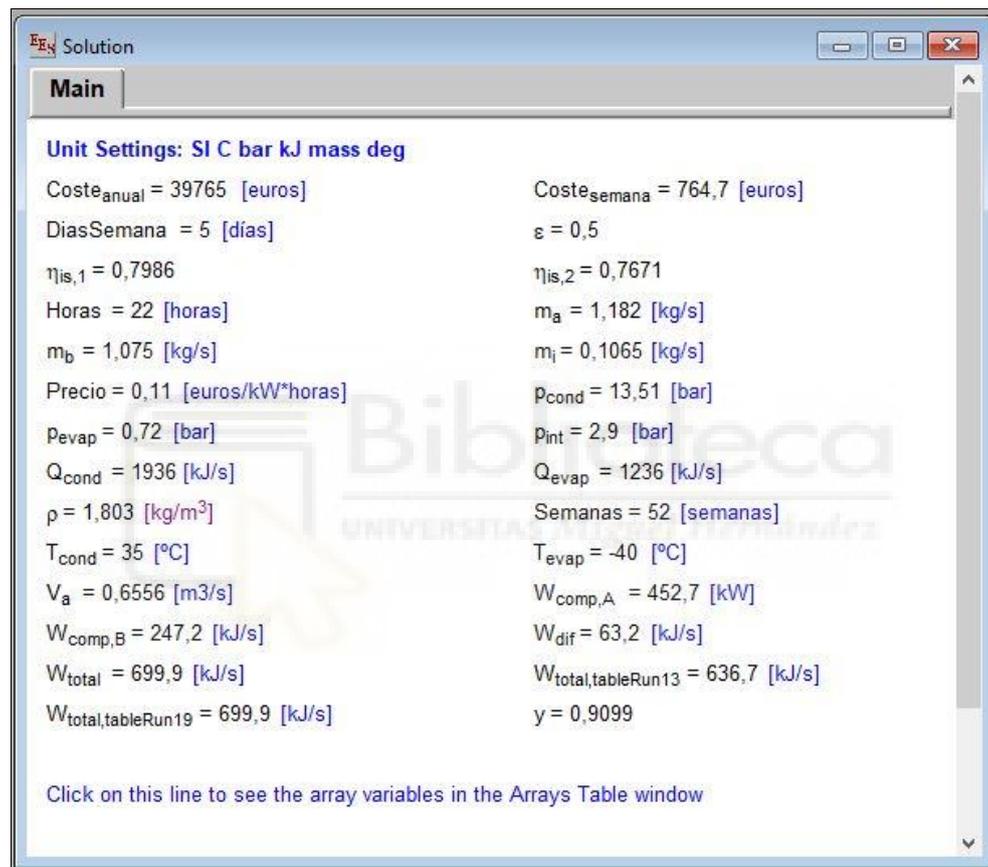


ILUSTRACIÓN 52: RESULTADOS FINALES

En la ilustración anterior se muestra el resumen de la semana 30, donde se puede observar que hay un ahorro energético de 316 kW, que conlleva un ahorro económico de aproximadamente de 764,7 €.

Si extrapolamos este ahorro a todas las semanas del año, se tendría un ahorro económico anual de 39.765 €.

Todas las operaciones realizadas en el programa EES esta detallada en el anejo 1.

1.3. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS CONDENSADORES SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES.

En este análisis comparativo de los condensadores, buscamos ver qué resultados obtenemos sin necesidad de cálculos muy complejos y de forma rápida. Que con distintos modelos cuanto nos ahorramos económicamente.

Cogeremos los datos que nos dan los fabricantes, y según ellos en unas condiciones concretas, calculamos que cantidad de energía eléctrica nos podemos ahorrar en función de la potencia frigorífica y la cantidad de electricidad consume el condensador.

Como se muestra en la tabla comparativa (ilustración 53), el condensador que menor coste nos conlleva según las especificaciones de los fabricantes es el modelo PMCQ-687 del fabricante EVAPCO con tecnología Vertex.

Fabricante	Tecnología	Modelo	Potencia frig. (kW)	h (mm)	L (mm)	a (mm)	kW _f /m ²	kW _f /kW _e	kW _f /€	Coste Elect. Anual (€)	Coste Consumo
											Elect. 15 Años (€)
Baltimore	Axial Superior	CXVE 601-1218-60W	2068	6230	6190	3607	93	39,4	16,5	36.252 €	543.786 €
Baltimore	Centrifugo	VXC 715	1818	4310	5998	3607	84	37,9	17,3	37.703 €	565.545 €
Baltimore	Polaris	LEPLC3 0820E-BDA-KE	995	4499	6204	2397	67	29,7	12,8	48.078 €	721.176 €
Baltimore	Polaris	PLC3 0820E-GPA-MP	1560	4882	6204	2397	104,9	23,8	16,0	59.958 €	899.365 €
Baltimore	Vertex	VRC 0487A-1018E-LA	1737	4955	5998	2997	96,6	45,1	13,9	31.651 €	474.767 €
Baltimore	Vertex	VRC 0495A-1218E-KA	1764	4955	5998	3607	81,5	63,0	10,4	22.667 €	340.000 €
Evapco	Vertex	PMCQ-683	1734	4797	5490	2991	106	61,9	13,0	23.059 €	345.882 €
Evapco	Vertex	PMCQ-687	1745	4582	5490	3616	88	79,3	12,2	18.003 €	270.052 €
Evapco	Axial Superior	ATC-M541E	1589	4032	5486	2388	121	61,1	20,8	23.370 €	350.553 €
Evapco	Centrifugo	LSCE 515	1543	4464	3648	2991	141	37,6	20,0	37.944 €	569.164 €
EWK	Axial Superior	EWK-E 1260/5	1200	4970	4285	3925	71	52,2	17,7	27.370 €	410.550 €
EWK	Axial Superior	EWK-E 1800/6	1700	5225	5066	4300	78	56,7	19,8	25.200 €	378.000 €
EOS Refrigeracion	Vertex	NCX-4V22D10H	1219	4000	5340	2080	110	86,6	15,9	16.494 €	247.411 €
EOS Refrigeracion	Vertex	NCX-5V22D10H	1510	4000	6590	2080	110	86,8	18,7	16.455 €	246.826 €

ILUSTRACIÓN 53: TABLA COMPARATIVA DE LOS CONDENSADORES SEGÚN LOS FABRICANTES

2. TORRE DE REFRIGERACIÓN.

El proceso de selección de la torre de refrigeración es bastante directo en cuanto que nosotros tenemos unos requerimientos de una temperatura elevada que necesitamos reducir para realizar periódicamente el proceso de pasteurización en la creación de helados.

Debido a que la torre no está conectada de manera directa con el pasteurizador, si no que por medio tenemos un intercambiador de calor. Este intercambiador de calor en una batería de placas en las que por los dos lados va a circular el agua; por el lado de la torre circula agua que viene de la red y por la parte del pasteurizador circula agua tratada.

Para entender mejor el funcionamiento y la postulación de las ecuaciones, hay que explicar en qué consiste un intercambiador de calor. Según el libro Cengel, cito textualmente: " los **intercambiadores de calor** son dispositivos donde dos corrientes de fluido en movimiento intercambian calor sin mezclado. Un fluido corre por el tubo interno mientras otro lo hace en el espacio anular entre ambos tubos. El calor se transfiere del fluido caliente al frío a través de la pared que los separa.

Los intercambiadores de calor comúnmente no tienen que ver con interacciones de trabajo ($w = 0$) y los cambios de energía cinética y potencial son insignificantes ($\Delta e_c \cong 0$, $\Delta e_p \cong 0$) para cada corriente de fluido. La tasa de transferencia de calor relacionada con los intercambiadores de calor depende de cómo se selecciona el volumen de control. Los intercambiadores de calor están diseñados para transferencia de calor entre dos fluidos dentro del dispositivo, por lo que normalmente la coraza externa está bien aislada para evitar cualquier pérdida de calor hacia el medio circundante.

Sí únicamente se selecciona un fluido como el volumen de control, entonces el calor cruzará esta frontera y pasa de un fluido a otro, y \dot{Q} no será cero. De hecho, \dot{Q} en este caso será la tasa de transferencia de calor entre los dos fluidos."

La transferencia de calor ira en función del volumen de control, el flujo con el circula y la energía interna del producto que circula.

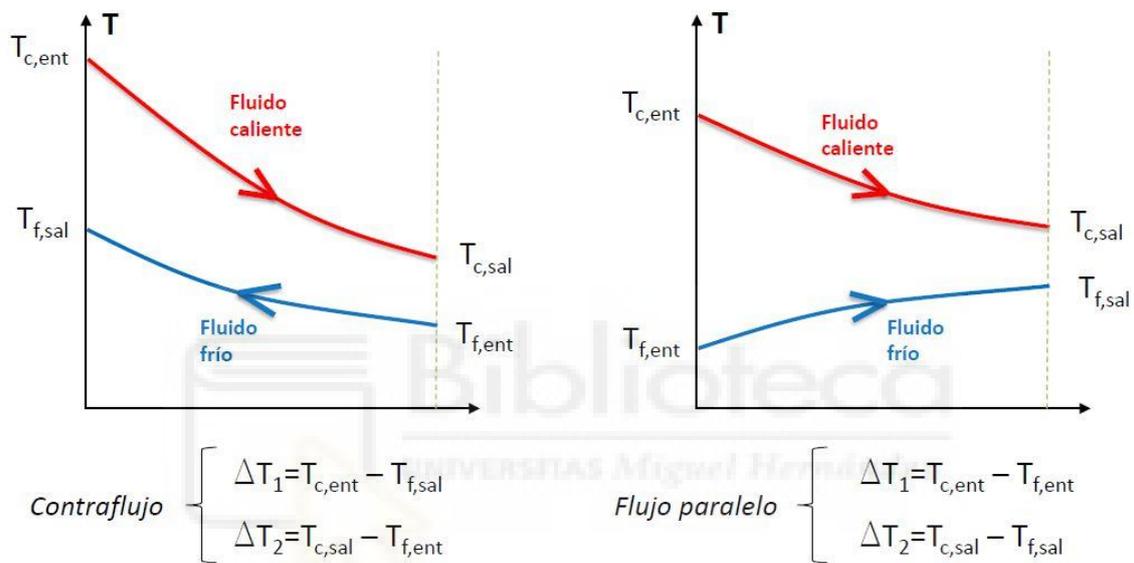
$$\dot{Q} = U * A_S * \Delta T_{ml}$$

ECUACIÓN 19: TRANSMISIÓN DE CALOR MEDIANTE TEMPERATURA LOGARÍTMICA

$$\Delta T_{ml,CF} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

ECUACIÓN 20: DIFERENCIA MEDIA DE TEMPERATURA LOGARÍTMICA

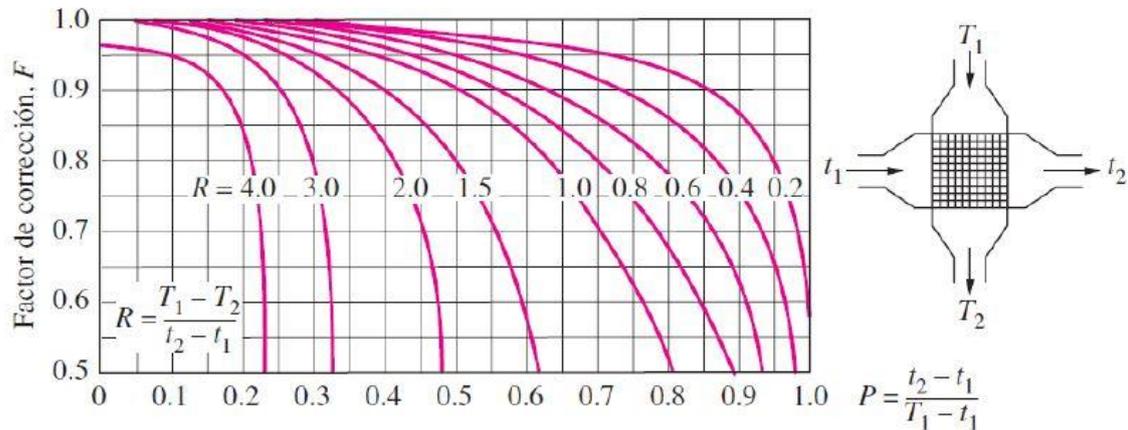
Hay que puntualizar dos cosas importantes a la hora de utilizar las ecuaciones. La primera es que los incrementos de temperatura varían según la dirección y el sentido del flujo en la batería.



ECUACIÓN 21: VARIACIÓN DE TEMPERATURAS SEGÚN SU FLUJO

En nuestro caso vamos a utilizar las ecuaciones de contraflujo, porque el funcionamiento de nuestra batería de placa es así.

Lo segundo que tenemos en consideración es el factor de corrección. Este factor de corrección viene determinado por la siguiente gráfica:



c) Flujo cruzado de un solo paso con los dos fluidos de flujo no *mezclado*

ECUACIÓN 22: CÁLCULO FACTOR DE CORRECCIÓN

Una vez ya tenemos el factor de corrección, simplemente lo tenemos que aplicar a la temperatura media logarítmica para así calcular la transferencia de energía de manera correcta.

$$\Delta T_{ml} = F * \Delta T_{ml,CF}$$

UNIVERSITAS Miguel Hernández

ECUACIÓN 23: TEMPERATURA MEDIA LOGARÍTMICA CORREGIDA

Por otro lado, el flujo de calor de un medio a otro en este caso de agua-agua, también viene dada por la transmisión de energía sensible. En el intercambiador se produce solo una variación de la temperatura por eso solo utilizamos la transmisión de energía sensible, que es igual a el flujo másico (\dot{m}) por el calor específico del agua (C_p) y por la variación de temperatura (ΔT).

$$\dot{Q} = \dot{m} * C_p * \Delta T$$

ECUACIÓN 24: TRANSFERENCIA DE CALOR SENSIBLE

2.1. CALCULOS PARA ELECCION DE LA TORRE DE REFRIGERACION.

En la elección de la torre de refrigeración se ha tenido en consideración las dos formas de transferencia de energía, la ecuación de la energía sensible de agua y la ecuación de la energía mediante la temperatura media logarítmica.

Lo primero que he hecho es un esquema del circuito de agua que entra en la batería y del agua que sale hacia la torre de refrigeración. El esquema se ha realizado con programa EES. La ilustración 54 nos enseña lo hecho en EES para el cálculo de transmisión de energía calorífica.

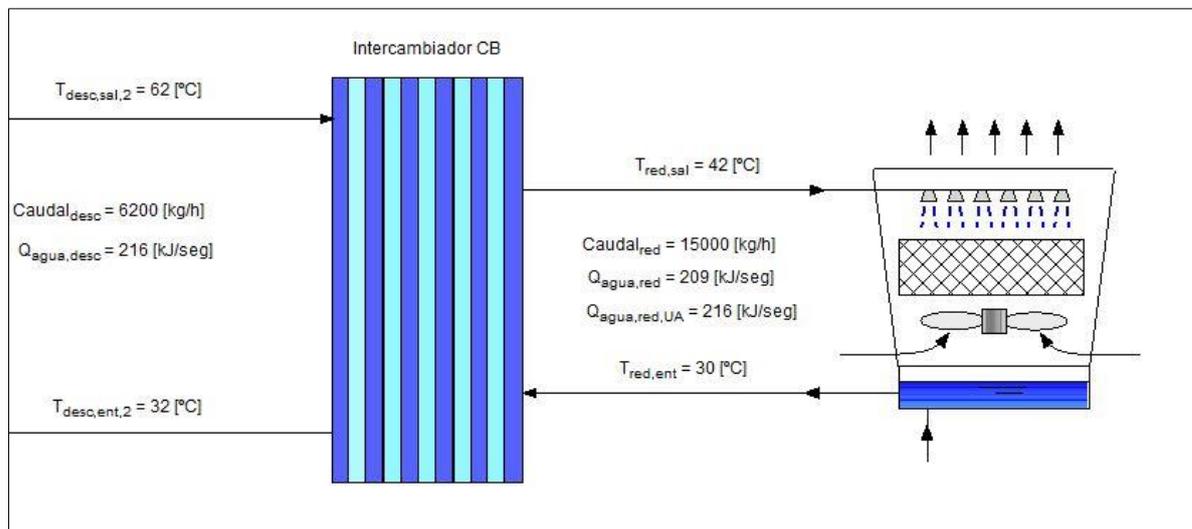


ILUSTRACIÓN 54: CIRCUITO AGUA DE LA TORRE REFRIGERACIÓN (EES)

En este esquema se observa que la temperatura de entrada a la batería es de $62\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la que sale tiene que ser de $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un flujo másico de 6200 kg/h . con estos valores se ha calculado la energía sensible del agua descalcificada, la cual tiene un valor de 216 kW .

Por otro lado, tenemos la temperatura de entrada a la batería del agua que viene de la torre, a la que llamamos temperatura de red, su valor es de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura que entra a la torre y sale de la batería que tiene un valor de $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, el flujo másico de la torre de refrigeración es de 15000 kg/h . Con la ecuación de la energía sensible obtenemos el valor de 209 kW , pero queremos asegurarnos de que se esté transmitiendo correctamente ese valor y calculamos también la energía mediante la temperatura logarítmica y nos da un valor de $216\text{ }^{\circ}\text{C}$. estos resultados de las dos energías no coinciden del todo y por lo tanto debemos asumir que en la batería y las tuberías por donde por donde circula el agua se fuga energía, ya que el circuito no es adiabático. En la ilustración 55 nos muestra los datos y resultados usados en los cálculos.

Unit Settings: SI C bar kJ mass deg						
Alto _{CB} = 0,616 [cm]	Alto _{paste} = 130 [cm]	Ancho _{CB} = 0,191 [cm]	Ancho _{paste} = 37 [cm]	Capacidad _{Torre} = 500 [kW]	Caudal _{crema} = 5000 [kg/h]	
Caudal _{desc} = 6200 [kg/h]	Caudal _{red} = 15000 [kg/h]	C _{p,agua} = 4,18 [kJ/kg°C]	C _{p,crema} = 0,93 [kJ/kg°C]	δ _{T1,1} = 20	δ _{T2,1} = 2	
δ _{T,ml,1} = 6,41	δ _{T,ml,cf,1} = 7,817	F ₁ = 0,82	Largo = 150 [cm]	P ₁ = 0,375	Q _{agua,desc} = 216 [kJ/seg]	
Q _{agua,red} = 209 [kJ/seg]	R ₁ = 2,5	T _{crema,ent} = 78 [°C]	T _{crema,sal} = 37 [°C]	T _{desc,ent,1} = 62 [°C]	T _{desc,ent,2} = 32 [°C]	
T _{desc,sal,1} = 32 [°C]	T _{desc,sal,2} = 62 [°C]	T _{red,ent} = 30 [°C]	T _{red,sal} = 42 [°C]	u _{des} = 33,69 [cm ²]	u _{des} = 286,4	

ILUSTRACIÓN 55: DATOS Y RESULTADOS DE EES EN LA TORRE DE REFRIGERACIÓN

Aunque los resultados no son exactos el todo, nos hace una aproximación bastante buena de la cantidad de energía que debemos evacuar en la torre de refrigeración. Lo que concluye en que, si elegimos la torre con una capacidad de disipación de 500 kW, aseguramos un rendimiento y eficacia mayor que con la torre de 300 kW, ya que la elección de la torre busca cumplir unas condiciones concretas y no un ahorro energético.

Los detalles de los cálculos realizados en EES se exponen en el anejo 3.

3. ESTUDIO DE VIABILIDAD.

3.1. INDICADORES.

Los indicadores son los encargados de ayudarnos a:

- Analizar si o no es conveniente hacer el proyecto.
- Jerarquizar proyectos.
- Optimizar la inversión.

Algunos indicadores son:

3.1.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN).

El VAN mide el aporte económico que hay que invertir en un proyecto. Esto significa que refleja un aumento o disminución de la riqueza. Considera factores de tiempo y riesgo.

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

FC: Flujos de caja
r: Porcentaje de interes
i: Periodos

ECUACIÓN 25: ECUACIÓN VAN

Criterio de decisión:

- VAN > 0: Conviene hacer el proyecto.
- VAN = 0: Indiferente.
- VAN < 0: No conviene.

Si aplicamos esta ecuación y el criterio de decisión obtenemos un valor de VAN, para el proyecto completo, igual 164.106,02 € con un interés al 3%, lo que nos indica que según el criterio del VAN cuando es superior a 0, por tanto, conviene hacer el proyecto.

Haciendo detalle en los cálculos hechos para sacar el valor actual neto, en lo referente a los flujos de caja, he de mencionar que los flujos de la caja se calculan en función del ahorro que obtenemos y los costes generados cada año. Como estos flujos de caja varían cada año, se estima un incremento del 2% por año. Si ponemos que el periodo de tiempo de vida útil con máximo rendimiento será en sus primeros 25 años, obtenemos unos beneficios netos en torno a 164.106,02 €.

En la tabla 1 del anejo 5, se encuentra resumido los resultados del VAN para periodos de entre 5 y 10 años. Y en la tabla 2 del mismo anejo, se encuentran todos los resultados calculados para cada año.

3.1.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

La TIR es una media de rentabilidad que depende del perfil de flujos de cajas particulares del proyecto. Se utiliza para proyectos sin financiación.

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i}$$

FC: Flujos de caja
i: Periodos

ECUACIÓN 26: ECUACIÓN TIR

El criterio es aceptar los proyectos cuya TIR sea mayor que el costo de capital para activos del mismo nivel de riesgo: $TIR > r$.

Como nuestra tasa de interés (r) la tenemos en un 3% y la tasa interna de retorno calculada en el periodo temporal de 25 años, nos da un resultado del 4,87%. Si analizamos el resultado obtenido, $4,87\% > 3\%$, se observa que sí supera el criterio y, por tanto, se considera la aprobación el proyecto.

En el anejo 5 se exponen: en la tabla 1 los resultados resumidos en las distintas TIR en periodos alternados de 5-10 años. Y en la tabla 2 todos los resultados por cada año hasta llegar a los 25 años.

3.1.3. PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL (PRC).

El periodo de recuperación de capital se obtiene contando el número de periodos que toma igualar los flujos de caja acumulados con la inversión inicial.

El criterio de decisión se basa en que, si el período de recuperación de capital es menor que el máximo período definido por la empresa, se aprueba el proyecto.

$$PRC = \frac{\text{Inversión}}{FC}$$

FC: Flujos de caja

ECUACIÓN 27: ECUACIÓN PRC

El periodo máximo definido por la empresa lo ponemos en 25 años. Los cálculos realizados para este periodo nos dicen que: en el período de recuperación de capital para todo el proyecto, se tiene que cumplir 19 años y medio hasta cubrir todo lo invertido para del proyecto. Y en el PRC para todo el proyecto completo, si los flujos de caja son fijos

y la inversión también, se necesitan 17 años y medio para pagar todo lo invertido. El problema es que los flujos de caja son variables, por tanto, no es un dato fiable.

3.1.4. ÍNDICE DE RETORNO (IR).

El método del índice de rentabilidad, también conocido como razón beneficio/costo, mide el valor presente de los beneficios por unidad de inversión.

$$IR = \frac{VA}{Inversión}$$

VA: Valor actual

ECUACIÓN 28: ECUACIÓN IR

Criterio de decisión:

$IR > 1$ aceptamos el proyecto.

- Aceptamos el proyecto en que el valor actual es mayor que la inversión.
- Conduce a la misma decisión que el VAN.
- Alternativamente: $IR = VAB/VAC$.

Teniendo en cuenta la ecuación y el criterio de aceptación, los resultados son: para el proyecto completo en un periodo de 25 años, obtenemos un IR del 1,24%. Según el criterio, al ser mayor que 1, aceptaríamos el proyecto.

Finalmente, expuestos todos los indicadores para garantizar la viabilidad de rentabilidad que se puede sacar al proyecto, se considera positiva y factible, la realización de este análisis que tiene una gran relevancia para la decisión de aceptar el proyecto. Porque lo que buscamos es demostrar que se consigue hacer rentable o cubrir los costes en un periodo de unos 20 años.

En el anejo 5 están las tablas con los datos y cálculos hechos para resolver las ecuaciones.

Esta tabla nos dice que en un período de 20 años comenzará a tener un beneficio de 11.341,12 €, quedando cubierta toda la inversión. A continuación, seguirán aumentando los beneficios hasta llegar a generar 164.106,02 € en el periodo total de 25 años. Lo que supone una gran y rentable inversión para la empresa si se aprueba el proyecto.

PLIEGO DE CONDICIONES



1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.

1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

El proyecto está formado por la construcción de una estructura metálica con zapatas de hormigón armado y de la instalación del condensador evaporativo y la torre de refrigeración por otro lado.

La estructura es de acero, tiene que seguir las normas del CTE y la instalación junto con la puesta en marcha, van marcadas por el BOE-A-2019 instalaciones frigoríficas.

2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS.

2.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES.

Marcado de calidad. Para el sistema de refrigeración extraemos la documentación del IF-10 Marcado y documentación.

En los sistemas de refrigeración y sus componentes principales deberán ser identificados mediante marcado (placa de identificación, etiquetas codificadas, marcado CE cuando proceda etc.) tal y como se establece en esta instrucción. Este marcado deberá estar siempre visible.

El marcado CE de los componentes o de los conjuntos terminados en fábrica tiene por objeto garantizar al usuario que los sistemas que forman parte de la instalación permiten una utilización segura. Se deberá colocar una placa de identificación bien legible cerca de o en el sistema de refrigeración.

La placa de identificación deberá contener al menos los siguientes datos:

- a) Nombre y dirección de la empresa frigorista que haya realizado la instalación.
- b) Modelo y número de serie, o número de fabricación, o número de registro, según corresponda.
- c) Año de construcción.
- d) Fecha (año y mes) de la próxima revisión e inspección periódica.
- e) Denominación simbólica alfanumérica del refrigerante de acuerdo con la IF-02.
- f) Carga aproximada del refrigerante en kg.
- g) Presión máxima admisible, en los sectores de alta y de baja presión, en bar.
- h) Marcado CE cuando proceda.

La placa de identificación también deberá contener, en su caso, detalles de los datos eléctricos tales como los requeridos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

En lo a que respecta a la estructura metálica y hormigón tienen que seguir el reglamento del código estructural, artículo 18 y 21. El artículo 18 nos habla de la garantía de la conformidad de productos y procesos de ejecución, distintivos de calidad.

La conformidad de los productos y de los procesos de ejecución respecto a las exigencias básicas definidas por este Código, requiere que satisfagan con un nivel de garantía suficiente un conjunto de especificaciones.

A los efectos de este Código, dichos niveles de garantía superiores pueden demostrarse por cualquiera de los siguientes procedimientos:

- a) mediante la posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) concedido a un organismo de certificación acreditado conforme al Reglamento (CE) nº 765/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio,
- b) en el caso de productos fabricados en la propia obra o de procesos ejecutados en la misma, mediante un sistema equivalente validado y supervisado bajo la responsabilidad de la dirección facultativa, que asegure que el índice de fiabilidad de la estructura es al menos el mismo.

El control de recepción tendrá en cuenta las garantías asociadas a la posesión de un distintivo, siempre que éste cumpla unas determinadas condiciones. Así, tanto en el caso de los procesos de ejecución, como en el de los productos que no requieran el mercado CE según el Reglamento 305/2011, este Código permite aplicar unas consideraciones especiales en su recepción, cuando ostenten un distintivo de calidad oficialmente reconocido de carácter voluntario que esté oficialmente reconocido por la Subdirección General de Normativa y Estudios Técnicos del Ministerio de Fomento u otro Órgano directivo con competencias en el ámbito de la edificación o de la obra pública y perteneciente a la Administración Pública de cualquier Estado miembro de la Unión Europea o de cualquiera de los Estados firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo.

En el artículo 21 nos dice sobre la documentación del mercado CE.

Para aquellos productos que estén sujetos al marcado CE en aplicación del Reglamento 305/2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2.011, la documentación que el fabricante o suministrador (distribuidor o importador) del producto debe entregar como justificación del correcto marcado CE es:

- a) Copia de la declaración de prestaciones, en la que se incluyan en particular las prestaciones de las características asociadas al uso previsto del producto de la tabla ZA.1 del anexo ZA de la correspondiente norma armonizada de aplicación. La declaración de prestaciones se puede aportar: por vía electrónica (e-mail o fax); a través de la página web del suministrador, siguiendo los criterios del Reglamento Delegado (UE) N° 157/2014 de la Comisión Europea; y siempre en formato papel si así lo requiere el receptor del producto.
- b) El marcado o etiquetado CE del producto, que podrá entregarse: sobre el producto o embalaje; en una etiqueta adherida al producto o embalaje; o en la documentación de acompañamiento (por ejemplo, en el albarán).
- c) En el caso de que se considere necesario para garantizar la correcta instalación del producto se acompañará al mismo sus instrucciones e información de seguridad, como se indica en el artículo 11, punto 6, del Reglamento 305/2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2.011.

Estos documentos deberán facilitarse en idioma español.

2.1.1. MATERIALES EMPLEADOS EN LOS EQUIPOS FRIGORÍFICOS.

Todos los requisitos que se exponen en este apartado vienen en el reglamento de instalaciones frigoríficas, más concretamente en el IF-05 diseño, construcción, materiales y aislamiento empleados en los componentes frigoríficos.

Los materiales de construcción y de soldadura deberán ser los apropiados para soportar las tensiones mecánicas, térmicas y químicas previsibles. Deberán ser resistentes a los refrigerantes utilizados, a las mezclas de aceite y refrigerante con posibles impurezas y contaminantes, así como a los fluidos secundarios.

Requisitos generales.

Todos los materiales que estén en contacto con el refrigerante deberán tener garantizada su compatibilidad mediante pruebas prácticas o por una larga experiencia con el mismo.

De acuerdo con el Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, los materiales utilizados en estos equipos deberán ser alguno de los siguientes:

- a) Materiales que cumplan con normas armonizadas.
- b) Materiales respaldados por un organismo europeo certificador de materiales.
- c) Materiales que posean una calificación específica.

2.1.1.1. MATERIALES FÉRRICOS.

Fundición gris y fundición esferoidal.

El hierro fundido (fundición gris) y el hierro maleable (fundición esferoidal) sólo se deberá utilizar cuando haya sido probada su aptitud para una aplicación particular.

Puesto que algunas calidades de hierro fundido (fundición gris) son frágiles, su aplicación dependerá de la temperatura, presión y diseño.

Deberá tenerse presente que el hierro maleable (fundición esferoidal) tiene dos clasificaciones generales con distintas calidades en cada una. Estas pueden tener propiedades mecánicas muy diferentes.

Acero común, acero fundido y aceros de baja aleación.

El acero común, acero fundido y aceros de baja aleación serán utilizables en todas las piezas por las que circula refrigerante o también fluidos secundarios. En casos donde concurren bajas temperaturas y altas presiones o existan riesgos de corrosión o tensiones térmicas deberán ser utilizados aceros que, considerando el espesor, la temperatura mínima de diseño y el procedimiento de soldadura, tengan suficiente resistencia al impacto (resiliencia).

Acero de alta aleación.

Se requerirán aceros con altas aleaciones en los casos que concurren bajas temperaturas con altas presiones o existan riesgos de corrosión o tensiones térmicas. En cada caso particular deberá seleccionarse un acero con la suficiente resistencia al impacto y adecuado para ser soldado si fuera necesario.

Acero inoxidable.

Cuando se utilice acero inoxidable se tendrá precaución de que la calidad del mismo sea compatible con los fluidos del proceso y con los posibles contaminantes atmosféricos, como por ejemplo cloruro de sodio (NaCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄).

2.1.1.2. METALES NO FÉRRICOS Y SUS ALEACIONES.

Cobre y sus aleaciones.

El cobre en contacto con refrigerantes deberá estar exento de oxígeno o será desoxidado.

El cobre y las aleaciones con un alto porcentaje del mismo no se deberán utilizar para elementos que contengan amoníaco a no ser que su compatibilidad haya sido previamente probada.

Aluminio y sus aleaciones.

El aluminio empleado para juntas que se utilicen con amoníaco tendrá una pureza mínima del 99,5 %. El aluminio y sus aleaciones se podrán utilizar en cualquier parte del circuito de refrigeración siempre y cuando su resistencia sea adecuada y compatible con los refrigerantes y lubricantes utilizados.

Magnesio y sus aleaciones.

El magnesio y sus aleaciones no se deberán utilizar a no ser que haya sido previamente probada su compatibilidad con el refrigerante utilizado.

Zinc y sus aleaciones.

El zinc no se deberá emplear en contacto con los refrigerantes amoníaco y cloruro de metilo (CH_3Cl). Está permitido el galvanizado exterior y el electrozincado de componentes de refrigeración.

Aleaciones para soldadura blanda.

Las aleaciones para soldadura blanda no se deberán emplear excepto en aplicaciones internas.

Aleaciones para soldadura dura.

Las aleaciones para soldadura dura no se deberán emplear a no ser que haya sido previamente probada su compatibilidad con los refrigerantes y lubricantes.

Plomo, estaño y aleaciones de plomo-estaño.

El estaño y las aleaciones de plomo-estaño pueden corroerse en contacto con refrigerantes halogenados por lo que no se deberán utilizar a no ser que haya sido previamente probada

su compatibilidad. Para asientos de válvulas, podrán emplearse plomo-antimonio, exento de cobre, o aleaciones de plomo-estaño. El plomo podrá utilizarse para juntas.

2.1.1.3. MATERIALES NO METÁLICOS.

Materiales para juntas y empaquetaduras.

Los materiales para juntas en uniones y para empaquetaduras de válvulas, etc. deberán ser compatibles con los refrigerantes, aceites y lubricantes utilizados, además deberán ser apropiados para las presiones y temperaturas de trabajo previstas.

Vidrio.

El vidrio podrá utilizarse en circuitos de refrigeración y en aislantes eléctricos, indicadores de nivel, visores mirillas, etc., debiendo en cualquier caso soportar las presiones, temperaturas y ataques químicos previsibles.

Amianto.

Está prohibida la utilización de amianto, de acuerdo con lo establecido en la Orden de Presidencia de Gobierno de 7 de diciembre de 2001 por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.

Plásticos.

Cuando se utilicen plásticos, estos deberán ser adecuados para resistir las tensiones mecánicas, eléctricas, térmicas, químicas y de fluencia a largo plazo, además no provocarán riesgo de incendio.

2.1.1.4. AISLAMIENTO TÉRMICO.

El aislamiento térmico de los circuitos de baja temperatura en una instalación frigorífica juega un papel muy importante en cuanto al rendimiento (consumo energético), hermeticidad, funcionamiento y conservación del sistema. A tal efecto los recipientes, intercambiadores o tuberías y accesorios que trabajen a temperaturas relativamente bajas ($t < 15\text{ °C}$) deberán estar protegidos mediante aislamiento térmico de la absorción de calor y de las condensaciones superficiales no esporádicas. La calidad del aislamiento vendrá dada principalmente por su coeficiente de conductividad térmica, su baja permeabilidad al vapor de agua, y su resistencia al envejecimiento y la eficacia de la barrera de vapor.

Selección y dimensionado. La selección del aislamiento se hará en función de las características del sistema de refrigeración: eficiencia requerida, utilización de la instalación, temperatura de funcionamiento, etc.

El espesor del aislante se determinará teniendo en cuenta:

- a) La temperatura y humedad relativa (punto de rocío) del aire ambiente en el lugar de emplazamiento.
- b) La diferencia de temperatura entre la superficie fría a aislar y la normal del aire ambiente.
- c) La conductividad térmica del material aislante seleccionado.
- d) La forma y características del componente a aislar (pared plana o diámetro de la tubería).

El aislamiento deberá estar protegido mediante una barrera de vapor, aplicada en la cara exterior (caliente) del aislante, excepto cuando la permeabilidad del aislante sea suficientemente baja como para garantizar una protección equivalente.

Con cualquiera de las soluciones adoptadas se garantizará una resistencia a la difusión del vapor eficaz y continua que impida las condensaciones intersticiales.

En ningún caso el espesor del aislante será inferior al necesario para evitar condensaciones superficiales no esporádicas.

Requisitos generales.

Los materiales aislantes deberán cumplir los requisitos siguientes:

- a) Tener un coeficiente de conductividad térmica bajo.
- b) Tener unos factores de resistencia a la absorción y difusión del vapor de agua altos.
- c) Tener buena resistencia a la inflamabilidad, a la descomposición y al envejecimiento.
- d) Tener buena resistencia mecánica, especialmente en los puntos de sujeción de tuberías.
- e) No emitir olores ni ser agresivo con los elementos del entorno.

- f) Mantener sus propiedades a temperaturas establecida para el diseño del aislamiento con una reserva mínima de -10 °C en la temperatura mínima y una temperatura máxima de +120 °C.
- g) En caso de combustión, no producir gases tóxicos durante la misma. h) Cuando el aislamiento vaya instalado a la intemperie, tendrá una buena resistencia a la misma o estará debidamente protegido.

Ejecución y mantenimiento.

Se deberá tener presente que tan importante o más que la selección y dimensionado del aislamiento es una correcta instalación del mismo.

Como regla general se deberán seguir escrupulosamente las instrucciones de montaje y aplicación del fabricante.

2.2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Si hablamos de los materiales de que se tienen que utilizar en la fabricación y montaje de las zapatas y el resto de la estructura. Tenemos que seguir las indicaciones del capítulo 11 “Ejecución de estructuras de hormigón”, artículo 51 “fabricación y suministro de hormigón”. Para el suministro y montaje en la estructura de acero, tenemos que seguir el código estructural de seguridad, capítulo 21 “Fabricación y montaje de las estructuras de acero”, artículos 91 “Preparación y fabricación” y 92 “Transporte y montaje”.

2.2.1. PREPARCIÓN Y FABRICACIÓN.

GENERALIDADES.

Este Capítulo establece los requisitos mínimos de ejecución adecuados al nivel previsto de seguridad, que proporcionan los criterios de proyecto de este Código y dentro del ámbito de aplicación del mismo.

Con carácter general, este capítulo es aplicable a toda estructura sometida a cargas predominantemente estáticas. Para estructuras solicitadas a fatiga se requieren niveles superiores de ejecución acordes así mismo con la clasificación de los correspondientes detalles constructivos.

El pliego de prescripciones técnicas particulares incluirá todos los requisitos de fabricación, montaje y materiales necesarios para garantizar el nivel de seguridad del

proyecto, pudiendo contener indicaciones complementarias sin reducir las exigencias tecnológicas ni invalidando los valores mínimos de calidad establecidos en este Código. A estos efectos se podrá tener en cuenta lo relativo a la información adicional que se define en la tabla A1 del Anexo A de la norma UNE EN 1090-2.

Entre las estructuras que merecen una ejecución más cuidadosa se encuentran las que, de acuerdo con el apartado 14.3, pertenecen a las clases de ejecución 4 y 3.

La fabricación de las piezas de acero estructural que forman parte de las estructuras metálicas requiere disponer de unas instalaciones que permitan desarrollar, de conformidad con lo indicado en este Código, las siguientes actividades:

- recepción y acopio de los productos de acero empleados,
- elaboración de planos de taller, y
- procesos de corte, conformado, enderezado y perforación.

Además, el taller deberá disponer de zonas para poder realizar el ensamblado, armado previo y montaje en blanco de las piezas que fabrica.

Asimismo, deberá tener implantado un sistema de control de la conformidad de la producción conforme a los requisitos del mercado CE.

Al objeto de garantizar la trazabilidad de los productos de acero empleados en los talleres, la dirección facultativa podrá recabar, a través del constructor, evidencias sobre la misma.

2.2.2. TRANSPORTE Y MONTAJE ESTRUCTURA ACERO.

TRANSPORTE Y LLEGADA A OBRA.

a) Salida de taller.

Ninguna pieza podrá salir del taller sin la autorización expresa de la dirección facultativa, una vez demostrada la conformidad de la misma con el proyecto.

b) Transporte obra.

Las manipulaciones necesarias para la carga, descarga, transporte y almacenamiento a pie de obra se realizarán con los necesarios cuidados para evitar sobresolicitaciones o distorsiones en algún elemento y daños en las superficies o tratamientos de protección.

Durante el transporte y acopio a pie de obra, las piezas se fijarán y asegurarán provisionalmente, para lo que se dispondrán los sistemas adecuados para garantizar su estabilidad, rigidez y resistencia.

Se tomarán asimismo medidas para evitar la acumulación del agua de lluvia o suciedad durante la fase de almacenamiento a pie de obra.

c) Ensamblado a pie de obra.

Antes de proceder al montaje se deberán corregir y reparar cualquier abolladura, comba o torcedura, así como los daños o entallas superficiales, o en los bordes o biseles de las chapas, mediante procedimientos previamente aprobados con requisitos análogos a los exigidos para la fabricación en taller.

MONTAJE

Planos de montaje.

Los planos de montaje de la estructura se elaborarán a partir de los planos de taller. En ellos deberá constar las plantas y alzados a una escala tal que puedan apreciarse las marcas de montaje identificadoras de cada elemento.

En los planos de montaje se indicarán los elementos y sus uniones, así como cualquier tolerancia especial. Los planos correspondientes a la cimentación deben detallar la posición y orientación de las placas base y de cualquier otro elemento en contacto directo con el hormigón.

Deberán constar las cotas de cada planta. En las placas base constarán el número, tipo, diámetro y posición de los pernos de anclaje, así como la holgura a rellenar con mortero de nivelación.

Cualquier elemento provisional, como arriostros, escaleras de obra o accesos temporales, deberá estar incluido en los planos de montaje.

Los planos de montaje deben indicar el peso y centro de gravedad de cualquier elemento o subconjunto estructural que supere 50 kN.

Marcado.

Los métodos de marcado cumplirán lo establecido en el apartado 91.3.1. En aquellos casos en los que no se deduzca su orientación o pueda inducir a error, provocando una

inversión de esfuerzos en la pieza o subconjunto estructural, se deberá marcar la orientación en ellos (interior/exterior; arriba/abajo; superior/inferior; etc).

En producciones seriadas, con componentes idénticos en todos los aspectos, se puede repetir la marca de montaje.

Manipulación y almacenamiento en montaje.

La manipulación y almacenamiento en obra debe realizarse de manera que se minimice el riesgo de daño a los elementos. Se deberá prestar especial atención al eslingado en las operaciones de descarga e izado.

Deberán repararse los daños que pueda sufrir cualquier elemento que afecte a sus tolerancias, acabado de protección o a sus uniones.

La tornillería, elementos de fijación, cubrición y auxiliares deberán estar embalados e identificados adecuadamente.

Montaje de prueba.

En estructuras complejas, o bien cuando se desee asegurar un correcto y ajustado montaje en obra, el pliego de prescripciones técnicas particulares puede exigir la realización de montajes en blanco de acuerdo con el apartado 91.5. En el programa de montaje definitivo que se indica en el apartado 92.2.2, el constructor podrá incluir el montaje en blanco para evaluar el tiempo o duración de operaciones de montaje complicadas.

Métodos de montaje.

El montaje de la estructura se realizará de acuerdo con las indicaciones contenidas en el programa de montaje indicado en 92.2.2. A lo largo de todo el proceso deberá estar garantizada la resistencia y estabilidad de la obra.

En edificios es recomendable iniciar el montaje por núcleos rígidos que hagan intraslacional todo el conjunto, confiriendo estabilidad a las piezas que se montan posteriormente.

Los pernos de anclaje en base de pilares no empotrados no deben de considerarse eficaces para evitar el vuelco, a menos que se compruebe mediante cálculo.

Debe preverse el efecto de las cargas de ejecución, incluyendo peso de personal y equipo, durante el montaje, así como la acción del viento sobre la estructura no completa.

Los arriostramientos o rigidización provisional deberán mantenerse hasta que el montaje esté lo suficientemente avanzado, de modo que puedan ser retirados sin comprometer la seguridad.

Cabe la posibilidad en edificios o estructuras de gran altura que sea necesario liberar a los arriostramientos del efecto de las cargas gravitatorias a medida que avanza la construcción. En estos casos, que deben estar explícitamente indicados en el pliego de prescripciones técnicas particulares y considerados en el cálculo de la estructura, podrá procederse liberando cada vez únicamente un recuadro y recurriendo a otro arriostrado provisional alternativo si es necesario.

A las uniones de los elementos provisionales de montaje les es aplicable el pliego de prescripciones técnicas particulares. Dichas uniones deben realizarse de forma que no limiten ni la resistencia ni la capacidad de servicio de la estructura definitiva.

En caso de que el montaje implique la rodadura, u otro tipo de traslación de la estructura o de parte de ella, hasta su posición definitiva, deberán tomarse las medidas pertinentes para conseguir el frenado controlado de la misma y preferiblemente para poder actuar en el sentido de invertir la dirección del desplazamiento si es necesario.

Los anclajes provisionales deberán estar asegurados contra cualquier posible aflojamiento involuntario.

El constructor será responsable de que ninguna parte de la estructura sea sobretensionada o distorsionada por acopio de materiales o cargas de montaje a lo largo de la construcción.

Alineaciones

Cada parte de la estructura debe quedar alineada, nivelada y ajustada tan pronto como sea posible una vez que haya sido montada; la ejecución de sus uniones debe realizarse inmediatamente después.

Si dichas uniones son definitivas, deberá asegurarse que su ejecución no compromete el ajuste, nivelación y aplomado de elementos posteriores.

En la alineación y ajuste de la estructura pueden emplearse tuercas de nivelación, cuñas y forros. Cuando exista riesgo de desplazamiento, las cuñas podrán soldarse, el material de las mismas será acero y el espesor mínimo será de 4 mm cuando se empleen en el exterior.

Cuando no sea posible corregir los errores de montaje o ajuste mediante cuñas en forma de calzos o forros, se deberá modificar adecuadamente la fabricación de los elementos, consignando los cambios introducidos en los planos de montaje.

Debe prestarse especial atención en no forzar el ajuste, si ello implica introducir esfuerzos en las barras no considerados en el cálculo de la estructura.

Para facilitar el montaje debe considerarse la posibilidad de disponer agujeros sobredimensionados o rasgados.

2.2.3. TRANSPORTE Y SUMINISTRO DE HORMIGÓN

TRANSPORTE DEL HORMIGÓN.

Para el transporte del hormigón se utilizarán procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.

El tiempo transcurrido entre la adición de agua del amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media, salvo que se utilicen aditivos retardadores de fraguado. Dicho tiempo límite podrá disminuirse, en su caso, cuando el fabricante del hormigón considere necesario establecer en su hoja de suministro un plazo inferior para su puesta en obra. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor. Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón e impedir que se cumpla lo estipulado en el apartado 51.2.4.

El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

El lavado de los elementos de transporte se efectuará en balsas de lavado específicas que permitan el reciclado del agua.

SUMINISTRO DEL HORMIGÓN

Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro cuyo contenido mínimo se indica en el Anejo 4.

El comienzo de la descarga del hormigón desde el equipo de transporte del suministrador, en el lugar de la entrega, marca el principio del tiempo de entrega y recepción del hormigón, que durará hasta finalizar la descarga de éste.

La dirección de obra, o la persona en quien delegue, es la responsable de que el control de recepción se efectúe tomando las muestras necesarias, realizando los ensayos de control precisos, y siguiendo los procedimientos indicados en el Capítulo 13. Cuando se tomen muestras, por parte de la entidad de control, del hormigón suministrado, el responsable de la recepción del hormigón en la obra entregará una copia del acta de toma de muestras al suministrador del hormigón.

Cualquier rechazo de hormigón basado en los resultados de los ensayos de consistencia (y aire ocluido, en su caso) deberá ser realizado durante la entrega. No se podrá rechazar ningún hormigón por estos conceptos sin la realización de los ensayos oportunos. Queda expresamente prohibida la adición al hormigón de cualquier cantidad de agua u otras sustancias que puedan alterar la composición original de la masa fresca. No obstante, si el asentamiento es menor que el especificado, según el apartado 33.5, el suministrador podrá adicionar aditivo plastificante o superplastificante para aumentarlo hasta alcanzar dicha consistencia, sin que ésta rebase las tolerancias indicadas en el mencionado apartado y siempre que se haga conforme a un procedimiento escrito y específico que previamente haya sido aprobado por el fabricante del hormigón y que cuente con la autorización de la dirección facultativa. Para ello, el elemento de transporte o, en su caso, la central de obra, deberá estar equipado con el correspondiente sistema dosificador de aditivo y reamasar el hormigón hasta dispersar totalmente el aditivo añadido. El tiempo de reamasado será de al menos 1 min/m³, sin ser en ningún caso inferior a 5 minutos.

La actuación del suministrador termina una vez efectuada la entrega del hormigón y siendo satisfactorios los ensayos de recepción del mismo.

En los acuerdos entre el peticionario y el suministrador deberá tenerse en cuenta el tiempo que, en cada caso, pueda transcurrir entre la fabricación y la puesta en obra del hormigón.

2.2. COMPONENTES DE LAS INTALACIONES

Para este apartado hemos recurrido al uso del reglamento IF-06.

2.2.1. EQUIPOS A PRESIÓN.

Este apartado no es aplicable a los sistemas compactos y semicompactos que funcionan con cargas de refrigerante de hasta:

- 10,0 kg de refrigerante del grupo L1,
- 2,5 kg de refrigerante del grupo L2 y
- 1,0 kg de refrigerante del grupo L3.

Requisitos generales.

Los equipos a presión nuevos deberán cumplir, en cuanto a diseño, con el Real Decreto 709/2015, de 24 de julio.

Soportes.

Los soportes y apoyos para equipos a presión deberán diseñarse y situarse para soportar las cargas estáticas y dinámicas que se produzcan.

Tales cargas podrán ser consecuencia de la masa de los equipos, masa del contenido y equipamientos, acumulación de nieve, acción del viento, masa de los tirantes, brazos y tuberías de interconexión y variaciones dimensionales de origen térmico de la tubería y componentes.

Deberá tenerse en cuenta la masa de líquido durante una posible prueba hidrostática in situ.

2.2.1. TUBERÍAS Y CONEXIONES.

Este apartado no es aplicable a los sistemas compactos y semicompactos que funcionan con cargas de refrigerante de hasta:

- 10,0 kg de refrigerante del grupo L1,
- 2,5 kg de refrigerante del grupo L2 y
- 1,0 kg de refrigerante del grupo L3.

2.2.2. REQUISITOS GENERALES.

Circuito del refrigerante.

Todas las tuberías del circuito del refrigerante deberán cumplir con las normas aplicables especificadas en la solicitud de evaluación de conformidad cuando sea preceptivo y se diseñarán, construirán e instalarán para mantener la estanquidad y resistir las presiones y temperaturas que puedan producirse durante el funcionamiento, las paradas y el transporte, teniendo en cuenta los esfuerzos térmicos, físicos y químicos que se prevean.

Los materiales, espesor de la pared, resistencia a la tracción, ductilidad, resistencia a la corrosión, procedimientos de conformado y pruebas serán adecuados para el refrigerante utilizado y resistirán las presiones y esfuerzos que puedan producirse.

Golpe de ariete en los sistemas.

Las tuberías en los sistemas de refrigeración se deberán diseñar e instalar de tal forma que el golpe de ariete (choque hidráulico) no pueda dañar al sistema.

Dispositivo de protección, tuberías y accesorios.

Los dispositivos de protección, tuberías y accesorios se deberán proteger lo máximo posible contra los efectos adversos medioambientales. Se considerarán efectos adversos medioambientales, por ejemplo, el peligro de acumulación de agua y la congelación de las tuberías de descarga o la acumulación de suciedad o sedimentos.

Trazados de tubería largos.

Se deberá prever la dilatación y contracción de tuberías en trazados largos.

Accesorios flexibles para tuberías.

Los accesorios flexibles para tuberías deberán cumplir con la norma UNE-EN 1736. Estarán protegidos contra daños mecánicos, torsión y otros esfuerzos y deberán comprobarse regularmente, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Uso inadecuado.

Se deberá evitar el uso inadecuado de las tuberías, por ejemplo: encaramarse, almacenar mercancías sobre ellas, etc.

2.2.3. UNIONES DE TUBERÍAS.

Requisitos generales.

Las uniones deberán diseñarse de forma que no sean dañadas por la congelación de agua en su exterior. Serán las adecuadas para la tubería, su material, presión, temperatura y fluido.

Las tuberías con diferentes diámetros sólo se conectarán utilizando accesorios de reducción de diámetro normalizados.

Los acoplamientos de cierre rápido se utilizarán solamente para la interconexión de las partes en sistemas semicompactos.

Si no hay razones técnicas que lo justifiquen, las uniones deberán ser soldadas.

Si fuera preciso evitar la soldadura, serán preferibles uniones embridadas a uniones abocardadas, roscadas o de compresión, especialmente cuando se puedan producir vibraciones.

Se evitarán los acoplamientos de cierre rápido.

En las tuberías aisladas la posición de las uniones desmontables estará permanentemente marcada.

2.2.4. UNIONES NO DESMONTABLES

En uniones no desmontables se deberán utilizar soldaduras fuertes o blandas.

Durante la ejecución de cualquier soldadura fuerte o blanda se evitarán las impurezas causadas por la formación de óxido, por ejemplo, utilizando gas inerte o eliminándolas.

Podrán usarse otras uniones no desmontables, siempre que su idoneidad haya sido probada.

Soldadura.

La soldadura deberá cumplir con la norma europea correspondiente. Cuando se seleccione el procedimiento de soldadura se considerarán las temperaturas de operación del sistema, materiales a unir y composición del material de aporte.

Los accesorios, para soldadura a tope, serán compatibles con el material de la tubería.

Las tuberías revestidas (por ejemplo: galvanizadas) no se soldarán hasta que todo el recubrimiento haya sido eliminado completamente del área de unión. Las uniones soldadas deberán estar convenientemente protegidas.

Los soldadores estarán acreditados para la realización del trabajo, dependiendo del material a soldar, de acuerdo con las normas UNE-EN ISO 9606-1 o UNE-EN ISO 9606-3.

Soldadura blanda.

La soldadura blanda no será utilizada en las uniones de tuberías, en su ensamblaje o donde se incorporen accesorios a las mismas. Para estos casos será preferible la soldadura fuerte.

Soldadura fuerte.

La compatibilidad de todos los materiales, incluidos el material de aporte y el fundente, con el refrigerante será determinada minuciosamente mediante ensayo. Deberá tenerse en cuenta la posibilidad de corrosión.

No se utilizará la soldadura fuerte en el caso de tuberías de amoníaco, a menos que haya sido probado que el material es compatible.

La soldadura fuerte sólo se efectuará por soldador acreditado en este campo.

2.2.3. UNIONES DESMONTABLES.

Para refrigerantes de los grupos A2, A3, B2 y B3, no se permitirá el uso de uniones desmontables en espacios ocupados, excepto en la unión con la unidad interior.

Uniones embridadas.

Las uniones embridadas se deberán disponer de tal forma que las partes conectadas puedan desmontarse con una mínima deformación de la tubería.

Se utilizarán bridas normalizadas para las tuberías de acero y bridas locas normalizadas con cuello prolongado para soldar en el caso de tuberías de cobre.

Las uniones deberán ser sólidas y suficientemente resistentes para evitar cualquier daño a la junta que se inserte. Serán preferibles las bridas acanaladas (diente / ranura) o las bridas con cajeadado (macho / hembra). El desmontaje deberá ser posible sin forzar a los componentes unidos. Se deberá tomar la precaución de no sobre tensar los tornillos que trabajan en frío, cuando se aplique un par de apriete predefinido.

Uniones abocardadas.

Se evitarán las uniones abocardadas en las válvulas de expansión, siempre que sea posible, utilizando válvulas provistas de conexiones o adaptador para soldar.

Se deberá limitar el uso de uniones abocardadas a tuberías recocidas cuyo diámetro exterior sea inferior o igual a 19 mm y no se utilizará con tuberías de cobre y aluminio de diámetro exterior menor de 9 mm.

Cuando se realicen uniones abocardadas, deberán tomarse precauciones para asegurar que el abocardado es del tamaño correcto y que el par utilizado para apretar la tuerca no es excesivo. Es importante que las superficies roscadas y de deslizamiento sean lubricadas antes de su unión con aceite compatible con el refrigerante. No deberán ser abocardadas las tuberías cuyo material haya sido endurecido por manipulación en frío.

Las uniones a compresión roscadas serán una alternativa preferible a las uniones abocardadas.

Uniones cónicas roscadas.

Las uniones cónicas roscadas sólo se deberán utilizar para conectar dispositivos de medida y control. Las uniones cónicas roscadas serán de construcción sólida y suficientemente probada.

No deberán utilizarse materiales de relleno y sellos en las roscas que no estén debidamente probados.

Uniones por compresión roscadas y juntas de anillo (bicono).

Se deberá restringir el uso de estas uniones a:

- a) líneas de líquido de diámetro interior máximo: 32 mm.
- b) líneas de vapor de diámetro interior máximo: 40 mm.

Las uniones por compresión roscadas con un anillo metálico deformable (bicono) se podrán utilizar en tuberías de hasta 88 mm de diámetro exterior.

2.2.4. TRAZADO DE TUBERÍAS

Requisitos generales.

El trazado y soporte de las tuberías tienen un importante efecto en la fiabilidad del funcionamiento y mantenimiento del sistema de refrigeración, por consiguiente, deberá tenerse en cuenta la disposición física, en particular la posición de cada tubería, las condiciones de flujo (flujo en dos fases, retorno de aceite funcionando a carga parcial), condensaciones, dilatación térmica, vibraciones y buena accesibilidad.

Las tuberías se soportarán adecuadamente de acuerdo con su tamaño y peso en servicio. La separación máxima entre soportes de las tuberías se muestra en las tablas 3 y 4.

Tabla 3
Separación máxima entre soportes para tuberías de cobre

Diámetro exterior mm (nota)	Separación m
15 a 22 recocido	2
22 a <54 semiendurecido	3
54 a 67 semiendurecido	4

Nota: los términos recocido, semiendurecido y duro se definen de acuerdo con las normas UNE- EN 12735-1 y UNE- EN 12735-2.

Tabla 4
Separación máxima entre soportes para tubería de acero

Diámetro nominal DN	Separación m
15 a 25	2
32 a 50	3
65 a 80	4,5
100 a 175	5
200 a 350	6
400 a 450	7

Se deberán tomar precauciones para evitar pulsaciones o vibraciones excesivas. Se pondrá especial atención en prevenir la transmisión directa de ruidos y vibraciones a través de la estructura soporte.

2.2.5. GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS

Las tuberías de los sistemas de refrigeración se deberán diseñar e instalar de tal forma que el sistema no sufra daños si se produce un golpe de ariete (choque hidráulico).

Los golpes de ariete originados por una repentina desaceleración del líquido refrigerante en la tubería con la consiguiente onda de choque se pueden prevenir, por ejemplo, mediante:

- a) Montaje de la válvula solenoide tan próxima como sea posible a la válvula de expansión.
- b) Montaje de la válvula solenoide en la línea de vapor recalentado (gas caliente) para desescarche, tan próxima como sea posible al evaporador.

- c) Presurización o despresurización de la tubería entre electroválvula y válvula de expansión mediante una línea de derivación (by-pass) sobre la válvula solenoide principal de la línea de líquido y/o vaciado previo del evaporador después del desescarche con una línea de derivación (by-pass) sobre la válvula solenoide principal de la línea de aspiración.
- d) Instalación de una válvula motorizada de acción lenta o electroválvula de dos etapas.

2.2.6. LOCALIZACIÓN

El espacio libre alrededor de la tubería deberá ser suficiente para permitir los trabajos rutinarios de mantenimiento de los componentes, verificación de uniones de las tuberías y reparación de fugas.

Las tuberías situadas en el exterior de cerramientos o salas de máquinas específicas deberán estar protegidas de posibles daños accidentales.

2.2.7. PROTECCION CONTRA CORROSIÓN.

Una vez realizadas las pruebas de presión, las tuberías y componentes de acero se protegerán adecuadamente contra la corrosión con un recubrimiento resistente a la misma. Dicha protección se aplicará antes de colocar el aislamiento.

2.3. RECORRIDO DE LAS TUBERÍAS

Atendiendo a criterios de seguridad y protección medioambiental, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) No representarán un peligro para las personas, es decir, no se obstruirán los pasos libres de las vías de acceso y salidas de emergencia donde se utilicen refrigerantes del grupo L2 o L3.
- b) Las uniones y válvulas no deberán estar en lugares accesibles para el personal no autorizado.
- c) Las tuberías se protegerán contra calentamientos externos mediante una separación adecuada respecto de las tuberías calientes o fuentes de calor.
- d) Los recorridos de las tuberías se diseñarán de tal forma que se minimice la carga de refrigerante y las pérdidas de presión.

2.3.1. CANALIZACIONES PARA PASO DE TUBERÍAS

Donde las tuberías de refrigerante compartan una canalización con otros servicios, se deberán adoptar medidas para evitar daños debidos a la interacción entre ellas.

No habrá tuberías de refrigerante en galerías de ventilación o de aire acondicionado cuando estos se utilicen, también, como salidas de emergencia.

Las tuberías no estarán localizadas en huecos de ascensores, montacargas u otros huecos que contengan objetos en movimiento.

Las galerías o falsos techos deberán ser desmontables o tener una altura mínima de 1 m, en el punto de paso de tubos, y una amplitud suficiente para permitir el montaje, verificación o reparación de los tubos con las debidas condiciones de eficacia y seguridad.

2.3.2. UBICACIÓN

Las tuberías con uniones desmontables no deberán situarse en vestíbulos, pasillos, escaleras, rellanos, entradas, salidas o en cualquier conducto o hueco que tengan aperturas no protegidas a estos locales.

Una excepción serán las tuberías que no tengan uniones desmontables, sin válvulas o controles y que estén protegidas contra daños accidentales. Estas tuberías, en vestíbulos, escaleras o pasillos, se instalarán a no menos de 2,2 m por encima del suelo.

Como regla general, las tuberías se deberán instalar de forma que estén protegidas contra daños derivados de cualquier actividad.

2.3.3. REFRIGERANTES INFLAMABLES O TÓXICOS

Las galerías que contengan tuberías para refrigerantes inflamables o tóxicos se deberán ventilar hacia un lugar seguro para prevenir, en caso de fuga, concentraciones peligrosas de gases.

2.3.4. ACCESO A LAS UNIONES DESMONTABLES

Todas las uniones desmontables deberán ser fácilmente accesibles para su comprobación. En el caso de uniones desmontables bajo aislamiento, se deberá indicar su presencia mediante identificación adecuada.

2.3.5. PROPAGACIÓN DE FUEGO

Las tuberías que pasen a través de paredes y techos resistentes al fuego se deberán sellar conforme con la clasificación de los paramentos correspondientes en la normativa contra incendios.

2.4. TUBERÍAS ESPECIALES

2.4.1. TUBERÍAS PARA LA CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS DE MEDIDA, CONTROL Y VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Las tuberías, incluidas tuberías flexibles (véase también la norma UNE-EN 1736), para la conexión de dispositivos de medida, control y seguridad deberán ser suficientemente

resistentes a la presión máxima admisible e instalarse de forma que se minimicen las vibraciones y corrosiones.

Para evitar obstrucciones por suciedad en tubos de conexión con diámetros pequeños la unión de la tubería principal deberá realizarse, en lo posible, por la parte superior y no por la zona inferior, más expuesta a la suciedad.

No se utilizarán tubos rígidos de cobre para conectar dispositivos de medida, control y seguridad.

Para las válvulas de seguridad, el cálculo de las pérdidas de presión en las líneas de entrada y descarga, incluidos todos sus accesorios, se realizará según la norma UNE-EN 13136.

2.4.2. DRENAJES Y LÍNEAS DE DRENAJE

Requisitos generales.

Los dispositivos de cierre en drenajes y líneas de drenaje que no deban manipularse en funcionamiento normal del sistema, se deberán proteger contra su manipulación por personas no autorizadas.

Requisitos especiales.

Este apartado no es aplicable a los sistemas “ejecutados in situ” con carga de refrigerante de hasta:

- 2,5 kg de refrigerante del grupo L1,
- 1,5 kg de refrigerante del grupo L2 y
- 1,0 kg de refrigerante del grupo L3.

Líneas de drenaje de aceite.

En las líneas de drenaje de aceite se instalará una válvula de cierre con el vástago en posición horizontal por delante de la válvula de cierre rápido o una válvula combinando ambas funciones.

Trasvase de aceite y refrigerante.

Los sistemas de refrigeración tendrán necesariamente un dispositivo de cierre o accesorios de conexión que permitan, con el compresor del sistema o con dispositivos

externos de evacuación, trasvasar refrigerante y aceite desde el sistema a recipientes de líquido internos o externos.

Se dispondrán válvulas de vaciado para trasvasar fácilmente el refrigerante desde el sistema sin emisión del mismo a la atmósfera.

Instalación de líneas de descarga.

Las líneas de descarga a la atmósfera de los dispositivos de alivio de presión, válvulas de seguridad y tapones fusibles, se deberán instalar de forma que las personas y bienes no sean dañadas por el refrigerante descargado (véase también el apartado 3.4.1).

El refrigerante podrá difundirse en el aire ambiente por medios adecuados, pero alejado de cualquier entrada de aire a un edificio (mínimo 6 m), o conducido y diluido en una cantidad suficiente de sustancia absorbente apropiada (p.e. NH₃ en agua).

Si la carga de refrigerante del grupo L1 es menor que los límites expuestos en el apéndice 1, tabla A de la IF-02, para locales de categoría A, B y C, ésta se podrá difundir dentro del recinto evitando que las personas sean dañadas por el refrigerante líquido.

Se aconseja prever líneas de descarga separadas para las válvulas seguridad de los sectores de alta y baja presión. Si se utiliza una línea de descarga común para ambos sectores, la pérdida de carga admisible se deberá calcular considerando la presión de tarado del sector de baja y la simultaneidad de descarga de todos los dispositivos conectados a dicha línea.

Las tuberías de descarga de válvulas de seguridad deberán diseñarse siguiendo los mismos criterios que las líneas de refrigerante, considerando la selección de materiales de acuerdo con lo indicado en la Directiva de equipos a presión (DEP).

2.5. VÁLVULAS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Las tuberías y válvulas de los diferentes fluidos montadas e instaladas in situ deberán ser identificadas mediante marcado con etiquetas codificadas conforme con la IF-18.

2.5.1. REQUISITOS GENERALES.

Las válvulas utilizadas en los sistemas de refrigeración deberán cumplir los requisitos de la norma UNE- EN 12284 o bien haber sido declaradas conformes con las directivas correspondientes mediante el uso de un método alternativo. Cuando las normas empleadas no estén armonizadas con las disposiciones de la CE en relación con la presión

o si no se cubren los requisitos esenciales de dichas disposiciones y los requisitos pertinentes de la presión, deben ser confirmadas por la evaluación de riesgos.

2.5.2. VÁLVULAS DE CORTE.

Los sistemas de refrigeración se deberán equipar con suficientes válvulas de corte a fin de minimizar riesgos y pérdidas de refrigerante, particularmente durante la reparación y/o mantenimiento.

2.5.3. VÁLVULAS DE ACCIONAMIENTO MANUAL.

Las válvulas manuales que deban accionarse frecuentemente durante condiciones normales de funcionamiento deberán estar provistas de un volante o palanca de maniobra.

Las válvulas de aislamiento de los equipos a presión y automatismos deberán ser accesibles en todo momento.

Todos los recipientes que contengan, en funcionamiento normal, refrigerante en estado líquido, deberán disponer de válvulas de cierre en todas las conexiones que partan o lleguen a los mismos, de forma que puedan independizarse del resto del sistema.

En las instalaciones con refrigerantes halogenados o con CO₂ se utilizarán siempre válvulas con caperuza, salvo operación manual frecuente.

En instalaciones con amoníaco, poner volante o caperuza será decisión opcional del instalador.

2.5.4. ACCIONAMIENTO POR PERSONAS NO AUTORIZADAS.

Las válvulas que no deban manipularse mientras el sistema se encuentre funcionando deberán diseñarse de forma que se evite su accionamiento por personas no autorizadas; esto podrá conseguirse, por ejemplo, mediante caperuzas, manguitos, cerraduras, que puedan manipularse por personas autorizadas y solo con las herramientas apropiadas. En el caso de válvulas de emergencia, la herramienta se encontrará situada cerca y protegida contra usos indebidos.

2.5.5. BLOQUEO DE PARTES DE LA VÁLVULA.

Las válvulas se construirán de acuerdo con los requisitos para bloqueo según se especifica en la norma UNE-EN 12284.

2.5.6. CAMBIO DEL PRENSAESTOPA O JUNTA DE ESTANQUEIDAD

Si no es posible apretar o cambiar la(s) empaquetadura(s) o junta(s) mientras la válvula está sometida a presión, deberá ser factible independizar la válvula del sistema.

2.5.7. CORTES DE FLUJO

Las válvulas que se utilizan para el corte deberán evitar, cuando se cierren, la circulación de fluido en cualquier dirección.

2.5.8. VÁLVULAS CON CAPERUZA

Las válvulas con caperuza se deberán diseñar de forma tal que cualquier presión de refrigerante que pudiera estar presente bajo la caperuza sea ventilada rápidamente tan pronto se comience a desmontar ésta.

2.5.9. VÁLVULAS AUTOMÁTICAS DE CIERRE RÁPIDO

Las válvulas automáticas de cierre rápido se deberán instalar donde quiera que exista riesgo de escape de refrigerante como, por ejemplo, en los puntos de drenaje del aceite y niveles de líquido con cristal.

2.5.10. EMPLAZAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE CORTE

Los dispositivos de corte no deberán montarse en lugares angostos. En los sistemas que utilizan refrigerantes del grupo L2 y L3, únicamente se podrán montar en galerías para tuberías (patinillos), y estas tienen que tener más de una salida de emergencia.

Las válvulas de protección (seguridad y alivio) se tratan en la IF-08.

2.5.11. SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTES FLUORADOS

Las instalaciones que empleen refrigerantes fluorados deberán contar con sistemas de detección de fugas en cada sistema frigorífico que contenga fluorados de efecto invernadero en cantidades de 500 toneladas equivalentes de CO₂ o más que deberán alertar al titular de la instalación y, en su caso, a la empresa mantenedora en el momento que se detecte una fuga. Dichas alarmas y la acción adoptada deberán consignarse en el cuadro de controles periódicos de fugas del libro de registro de la instalación frigorífica.

3. ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN.

3.1. INSTRUMENTOS DE INDICACIÓN Y MEDIDA.

Este capítulo no es aplicable a los sistemas compactos y semicompactos que funcionan con cargas de refrigerante de hasta:

10,0 kg de refrigerante del grupo L1,

2,5 kg de refrigerante del grupo L2 y

1,0 kg de refrigerante del grupo L3.

3.1.1. REQUISITOS GENERALES.

Los sistemas de refrigeración deberán estar equipados con los instrumentos de indicación y medida necesarios para los ensayos, funcionamiento y mantenimiento.

3.1.2. INDICADORES DE PRESIÓN PARA REFRIGERANTE.

3.1.3. CALIBRACIÓN Y MARCADO.

Las especificaciones en este apartado afectan sólo a instrumentos instalados de forma permanente en los equipos. Los indicadores de presión en el sector de alta deberán estar calibrados, como mínimo, hasta la presión máxima admisible. Cuando el indicador tenga doble escala presión / temperatura de saturación, en la esfera del mismo deberá estar indicado el refrigerante correspondiente, para el cual el indicador es compatible. Siempre que sea posible deberá marcarse, con un trazo rojo en la escala del indicador, la presión máxima admisible del componente correspondiente.

El término "indicador", utilizado en este apartado, incluye instrumentos con indicación tanto analógica como digital.

3.1.4. INSTALACIÓN.

En el caso de nuestro proyecto, la parte de la instalación del condensador y la torre de refrigeración es una modificación del sistema actual de refrigeración en la planta.

Se tiene que hacer uso del artículo 24. *Modificación de instalaciones.*

1. La transformación de una instalación por ampliación o sustitución de equipos por otros de características diferentes requerirá el cumplimiento de los mismos requisitos exigidos para las nuevas instalaciones.

A los efectos de determinar la necesidad de elaboración de un proyecto en relación con la modificación de la instalación, se tendrá en cuenta el conjunto de la misma tras la modificación.

2. La modificación de una instalación por reducción o sustitución de equipos por otros de características similares solamente requerirá comunicación al órgano competente de la Comunidad Autónoma y la correspondiente anotación en el libro de registro de la instalación, siempre que los indicadores de seguridad y de funcionamiento (presiones de trabajo, carga de refrigerante, potencia instalada) de la instalación no excedan en más de un 5 % los valores nominales.

La instalación de un nuevo equipo a presión, y o sustitución de uno existente por otro de mayor volumen (superior en el 5%), debe considerarse como una modificación importante.

3. Cuando se produzca un cambio de refrigerante en la instalación frigorífica, deberá comprobarse si la presión máxima de servicio del nuevo refrigerante es igual o inferior a la presión máxima admisible (PS) del sistema y si el fluido pertenece al mismo grupo de riesgo; en ese caso, el cambio de refrigerante no se consideraría modificación y será suficiente presentar, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, el certificado de instalación junto con un escrito en el que se notifica el cambio de refrigerante. No será preciso someter al sistema a una prueba de estanqueidad.

4. Si la presión máxima de servicio del nuevo refrigerante supera la PS de la instalación, se considerará una modificación de la instalación y se requerirá antes de la puesta en servicio una memoria o proyecto, según corresponda, en el que se analicen las consecuencias y medidas adoptadas para garantizar el funcionamiento seguro de la instalación (basados en el estudio exigido en la IF-17). También se acompañará el certificado de instalación y el de dirección técnica si se requiere, así como el certificado de pruebas a presión y los documentos detallados en el artículo 21 del presente Reglamento.

REQUISITOS GENERALES.

Cada sector o etapa de presión de un sistema de refrigeración deberá estar provisto de indicadores de presión cuando la carga de refrigerante supere:

100 kg para los refrigerantes del grupo L1,

25 kg para los refrigerantes del grupo L2 y

2,5 kg para los refrigerantes del grupo L3.

Los sistemas cuya carga de refrigerante sea superior a 10,0 kg si es del grupo L1, 2,5 kg si es del grupo L2 ó 1,0 kg si es del grupo L3, deberán disponer de conexiones para indicadores de presión (la instalación de indicadores permanentes será opcional).

EQUIPOS A PRESIÓN

Los equipos a presión con un volumen interior neto de 100 dm³ o más, provistos de válvulas de cierre en entrada y salida y que puedan contener refrigerante líquido, deberán estar provistos de una conexión para un indicador de presión.

DESESCARCHE O LIMPIEZA DE COMPONENTES QUE CONTENGAN REFRIGERANTE.

Los componentes que contengan refrigerante y puedan ser sometidos a procesos de desescarche o limpieza por medio de calor controlado de forma manual (mediante accionamiento manual de válvulas), deberán estar provistos de uno o más indicadores de presión.

3.1.5. INDICADORES DE NIVEL DE LÍQUIDO.

REQUISITOS GENERALES.

Los indicadores de nivel de líquido deberán cumplir con la norma UNE-EN 12178.

RECIPIENTES DE LÍQUIDO.

Los recipientes acumuladores de refrigerante en sistemas que contengan más de:

100 kg de refrigerante del grupo L1,

25 kg de refrigerante del grupo L2 y

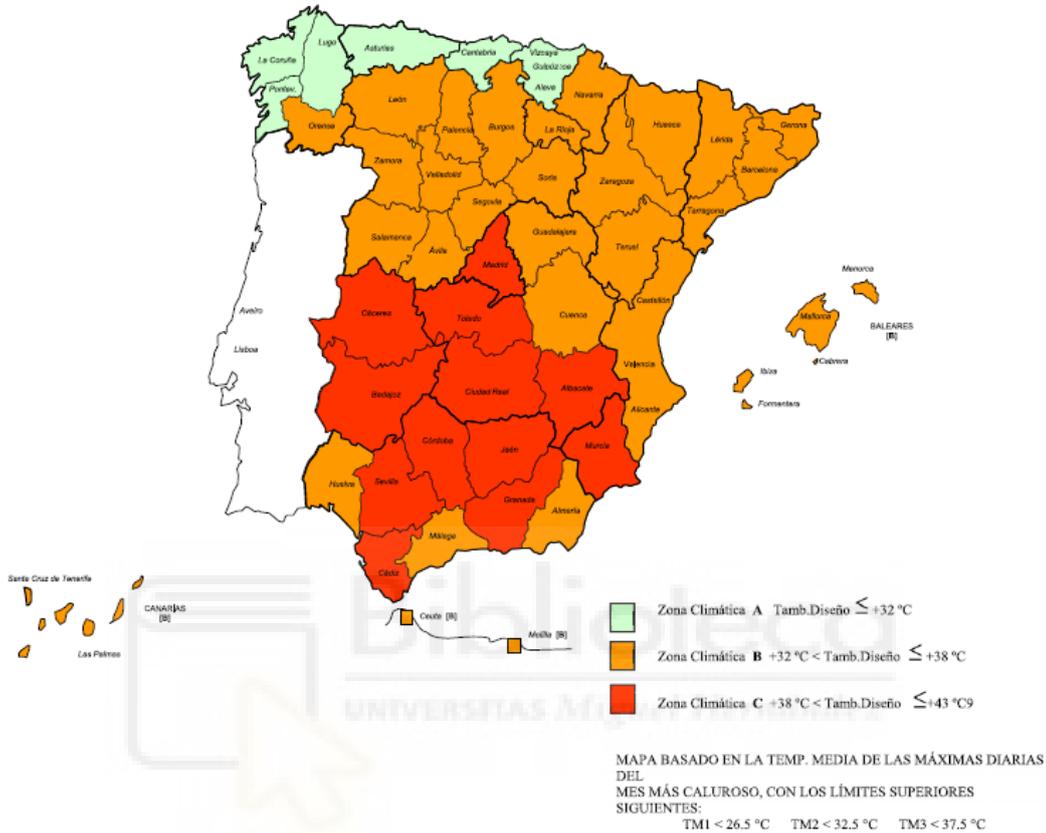
2,5 kg de refrigerante del grupo L3.

y que puedan ser aislados del sistema deberán estar provistos de un indicador de nivel que, como mínimo, permita verificar el nivel máximo admisible.

TUBOS DE VIDRIO.

No están permitidos indicadores de nivel de líquido contruidos con tubo de vidrio (véase norma UNE- EN 12178).

APÉNDICE 1 Mapa de zonas climáticas



3.2. MATERIAL DE PRODUCCIÓN DE FRÍO

POTENCIA FRIGORÍFICA A INSTALAR.

La potencia frigorífica efectiva de la instalación, se indica para nuestro caso en los compresores, condensador y torre de refrigeración.

COMPRESORES.

Todo lo que los compresores necesitan ya está explicado y definido anteriormente.

CONDENSADOR.

El tipo de condensador, el número y la potencia total están indicadas en la memoria.

Están provistos de todo lo necesario como las válvulas de seguridad, colector de pozo, purgadores de aire y de aceite.

3.2.1. MATERIAL DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSIMSIÓN DE FRÍO REFRIGERANTE UTILIZADO PARA LA GENERACIÓN DE FRIO.

El fluido refrigerante a utilizar es el Amoniac (R717) y el agua (H₂O) siendo alimentados los condensadores con amoniaco y la torre por agua

3.3. ESPECIFICACIONES Y GARANTÍAS.

Tenemos que ir a la instrucción IF-10 marcado y documentación. Consultamos y marcamos las características de los componentes frigoristas como indica el reglamento.

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.

Se deberá colocar una placa de identificación bien legible cerca de o en el sistema de refrigeración.

La placa de identificación deberá contener al menos los siguientes datos:

- a) Nombre y dirección de la empresa frigorista que haya realizado la instalación.
- b) Modelo y número de serie, o número de fabricación, o número de registro, según corresponda.
- c) Año de construcción.
- d) Fecha (año y mes) de la próxima revisión e inspección periódica.
- e) Denominación simbólica alfanumérica del refrigerante de acuerdo con la IF-02.
- f) Carga aproximada del refrigerante en kg.
- g) Presión máxima admisible, en los sectores de alta y de baja presión, en bar.
- h) Marcado CE cuando proceda.

En los sistemas compactos y semicompactos que funcionan con carga de hasta:

10,0 kg de refrigerante del grupo L1,

2,5 kg de refrigerante del grupo L2, y

1,0 kg de refrigerante del grupo L3.

el año de construcción puede formar parte del número de serie, y toda la información podrá incluirse en la placa de identificación del equipo y codificarse.

La placa de identificación también deberá contener, en su caso, detalles de los datos eléctricos tales como los requeridos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

En los casos en los que el refrigerante sea un gas fluorado de efecto invernadero se deberá identificar la denominación química de dicho fluido mediante la etiqueta establecida a nivel europeo, utilizándose la nomenclatura industrial aceptada. Dicha etiqueta indicará claramente que el sistema contiene un gas fluorado de efecto invernadero de los regulados por el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, así como su cantidad y el valor de PCA y ton CO₂ equivalente según el Reglamento (UE) 517/2014 indicación que figurará de manera clara e indeleble sobre el sistema, junto a los puntos de servicio para recarga o recuperación de los refrigerantes fluorados de efecto invernadero, o en la parte del sistema que contenga el gas fluorado de efecto invernadero. Los sistemas sellados herméticamente se etiquetarán como tales.

En el caso de instalaciones con refrigerantes de los grupos A2L, A2, A3, B2L, B2 y B3 se incluirá el símbolo de inflamabilidad según UNE-EN ISO 7010, con un tamaño mínimo de 30 mm.

COMPRESORES DE REFRIGERACIÓN.

Los compresores de refrigeración se deberán marcar de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

BOMBAS DE REFRIGERANTE LÍQUIDO.

Las bombas de refrigerante líquido deberán estar provistas como mínimo de la siguiente información sobre soporte fijo y con escritura indeleble:

- a) Fabricante.
- b) Designación de tipo.
- c) Número de serie.
- d) Año de fabricación.
- e) Presión de diseño o presión máxima admisible.

TUBERÍA Y VÁLVULAS.

Las tuberías de los diferentes fluidos montadas e instaladas in situ deberán ser identificadas mediante marcado con etiquetas codificadas conforme con la IF-18. Las tuberías y demás componentes de línea como accesorios de tuberías, válvulas, etc. que no vayan aisladas se limpiarán y protegerán con una capa de imprimación a base de zinc y con dos capas de pintura tipo epoxilico, o cualquier combinación que garantice una protección adecuada para las condiciones ambientales y de trabajo. La coloración puede ser gris máquina, no precisándose ningún color identificativo del contenido al estar este identificado según la IF-18.

Cuando la seguridad de personas o bienes pueda verse afectada por el escape del contenido de las tuberías, se pondrán etiquetas que identifiquen este contenido cerca de las válvulas de corte del sector y allí donde las tuberías atraviesen paredes.

Los principales dispositivos de corte, mando y control del circuito del refrigerante y fluidos auxiliares (gas, aire, agua, electricidad) se deberán marcar claramente de acuerdo con su función. Se podrán utilizar símbolos para identificar estos dispositivos, siempre que se sitúe una clave de símbolos cerca de los mismos. Se marcarán, de forma indeleble (mediante etiquetas, marcas metálicas, adhesivos, etc.) los dispositivos que únicamente deban ser manipulados por personas acreditadas.

EQUIPOS A PRESIÓN.

Los equipos a presión se deberán marcar de acuerdo con el Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión.

3.3.1. CERTIFICADOS.

Se deberán registrar en soporte papel o informático los resultados de los ensayos y pruebas.

El fabricante de los componentes entregará con la mercancía los certificados del material de los productos adquiridos por la empresa frigorista, de manera que esta última pueda comprobar que los materiales empleados cumplen con las especificaciones requeridas por el Reglamento aplicable en cada caso, y su trazabilidad en todo el proceso productivo. Normalmente se proporcionarán certificados del material, por ejemplo, tipo 3.1. según la norma UNE-EN 10204. No se aceptará ningún material sin el certificado correspondiente.

Cualquier certificado que se requiera, se deberá preparar y suscribir por la persona competente que llevó a cabo la inspección, ensayo o comprobación.

La empresa frigorista deberá proporcionar al titular el certificado de la instalación (modelo incluido en el libro de registro de la instalación) confirmando que el sistema ha sido instalado de acuerdo con los requisitos de diseño e indicando el valor de ajuste de los dispositivos de seguridad y control establecidos en la puesta en marcha.

3.3.2. MANUAL DE INSTRUCCIONES.

Las instrucciones de manejo deberán proporcionarse por la empresa frigorista, facilitando las indicaciones de funcionamiento del sistema de refrigeración e incluyendo las precauciones a adoptar en caso de avería o de fugas. Estas instrucciones e indicaciones se redactarán en todo caso en español y podrán estar repetidas en otros idiomas acordados entre la empresa frigorista y el titular de la instalación.

El manual de instrucciones incluirá, como mínimo y si procede, la siguiente información:

- a) Finalidad del sistema.
- b) Descripción general de la instalación, de las máquinas y equipos, indicando el nombre de la empresa frigorista responsable de la instalación, dirección y teléfono, así como el año de su puesta en marcha.
- c) Descripción y detalles de funcionamiento del sistema completo (incluyendo componentes), con un diagrama esquemático del sistema de refrigeración y un esquema del circuito eléctrico.
- d) Instrucciones concernientes a la puesta en marcha, parada y situación de reposo del sistema y de las partes que lo componen.
- e) Programa de mantenimiento y revisión, así como control de fugas de refrigerantes que debe realizarse, especificando el personal competente y procedimiento a seguir.
- f) Causas de los defectos más comunes y medidas a adoptar y la necesidad de recurrir a técnicos de mantenimiento competentes en el caso de fugas o averías.
- g) Indicación sobre la incidencia ambiental del sistema y su consumo energético, así como buenas prácticas para minimizar y controlar dicho consumo, mediante el análisis de los parámetros COP1, capacidad frigorífica y rendimiento del compresor/compresores.

- h) En el caso de los refrigerantes fluorados se incluirá información sobre los mismos incluido su potencial de calentamiento atmosférico, especificándose la obligatoriedad de su recuperación por profesional competente e incluyéndose instrucciones de recuperación y tratamiento ambiental.
- i) Precauciones a adoptar para evitar la congelación del agua en los condensadores, enfriadores, etc. en caso de bajas temperaturas ambientales o como consecuencia de la reducción normal de la presión / temperatura del sistema.
- j) Precauciones a adoptar cuando se trasladen sistemas o partes de los mismos.
- k) Instrucciones detalladas relativas a la eliminación de los fluidos de trabajo y componentes, así como sobre gestión de residuos y desmantelamiento de la instalación al final de su vida útil.
- l) La información expuesta en el cartel de seguridad del sistema (véase el apartado 2.3.), si es necesario, en su totalidad.
- m) Referencia a las medidas de protección, primeros auxilios y procedimientos a seguir en caso de emergencia, por ejemplo, fugas, incendio, explosión. En el caso de instalaciones con potencia en compresores mayor de 10 kW deberá, además, contener:
- n) Instrucciones de mantenimiento del sistema completo, con el programa adecuado para el mantenimiento preventivo y las revisiones del control de fugas y anomalías a realizar.
- o) Instrucciones relativas a la carga, vaciado y sustitución del refrigerante.
- p) Instrucciones relativas a la manipulación del refrigerante y a los riesgos asociados con dicha operación.
- q) Necesidad de la comprobación periódica del alumbrado de emergencia, incluyendo la iluminación portátil.
- r) Instrucciones relativas a la función y mantenimiento de los equipos de seguridad, protección y primeros auxilios, dispositivos de alarma e indicadores luminosos.
- s) Indicadores para la configuración del libro de registro (véase el apartado 2.5.).
- t) Los certificados requeridos

Las partes interesadas deberán describir los procedimientos de emergencia a seguir en caso de perturbaciones y accidentes de cualquier naturaleza.

3.3.3. CARTEL DE SEGURIDAD.

En la proximidad del lugar de operación del sistema de refrigeración se colocará un cartel bien legible y adecuadamente protegido.

En caso de sistemas partidos o multipartidos, el lugar de operación podrá considerarse aquel donde esté instalada la unidad exterior.

Si en la misma sala de máquinas o planta existen varios sistemas de refrigeración independientes, se colocará un cartel por sistema, o bien un cartel que refleje los datos de cada sistema.

Este cartel contendrá como mínimo la siguiente información:

- a) Nombre, dirección y teléfono de la empresa instaladora, el de la empresa de mantenimiento y, en cualquier caso, de la persona responsable del sistema de refrigeración, así como las direcciones y números de teléfono de los bomberos, policía, hospitales y centros de quemados más cercanos y teléfono de emergencias (112).
- b) Carga en kg y tipo de refrigerante utilizado en el sistema de refrigeración, con indicación de su fórmula química y su número de designación (véase IF-02).
- c) Instrucciones para desconectar el sistema de refrigeración en caso de emergencia.
- d) Presiones máximas admisibles.
- e) Detalles de inflamabilidad del refrigerante utilizado, cuando éste sea inflamable.

3.3.4. SALAS DE MÁQUINAS ESPECIALES PARA REFRIGERANTES DEL GRUPO L2.

Salidas de emergencia.

Al menos una salida de emergencia deberá comunicar directamente con el exterior o, de lo contrario, conducir a un pasillo de salida de emergencia.

Las puertas que den a este pasillo de emergencia deberán poder abrirse manualmente desde el interior de la sala de máquinas (sistema antipánico).

Absorción de amoníaco.

Suministro de agua.

Debido a la alta capacidad del agua para absorber los vapores de amoníaco, en cada sala de máquinas específica se deberá prever una toma de suministro de agua para que, de

acuerdo con las circunstancias, sea posible la utilización de la misma sobre la zona afectada, debidamente pulverizada. Solamente se podrá pulverizar el agua sobre vapores de amoníaco, nunca sobre amoníaco líquido (fuerte reacción exotérmica) o recipientes que contengan amónico líquido (aumenta la vaporización). La conexión de este suministro de agua se hará de tal modo que el agua contaminada no retorne a la red (dispositivo de retención o similar).

Agua contaminada.

Se deberán adoptar medidas para asegurarse que el agua contaminada se recupera en recipientes adecuados y se elimina de forma segura.

Sala de máquinas de instalaciones con carga total superior a 2.000 kg de NH₃.

Las salas de máquinas para instalaciones con más de 2.000 kg de NH₃ se ejecutarán como salas de recogida de líquidos, con materiales o revestimientos estancos al NH₃ líquido, con zócalo periférico de al menos 8 cm en todo su alrededor incluidas las puertas, para evitar la salida, a través de las mismas del líquido hacia otras dependencias y con pendiente para canalizar por gravedad los eventuales derrames de NH₃ líquido hacia un depósito preferiblemente en el exterior, comunicado con la atmósfera, en el que se pueda neutralizar el fluido fugado para su posterior bombeo y/o recogida. La capacidad del depósito de bombeo, será un 20% superior al volumen máximo de NH₃ líquido para el cual se ha diseñado el mayor de los recipientes (p.e. hasta la alarma por máximo nivel) que ante una eventual fuga pueda verter en dicha sala.

Cualquier fuga de amoníaco impedirá el funcionamiento de la bomba automática de achique del depósito de bombeo.

También será aceptable cualquier sistema automático que impida enviar, incluso sin tensión eléctrica, líquidos contaminantes a la red de saneamiento.

Las salas que contengan únicamente recipientes también serán diseñadas como salas de recogida y cumplirán los mismos requisitos de seguridad que las salas de máquinas (salas de compresores).

En las instalaciones existentes con anterioridad al 8 de septiembre de 2011, si durante el transcurso de una ampliación se supera la carga de 2000 kg de R-717 pero no aumenta el volumen de NH₃ líquido en sala de máquinas, no será necesario transformarla.

Si se amplía un sistema frigorífico existente antes del 8 de septiembre de 2011, de forma que se superen los 2000 kg, pero los nuevos equipos y recipientes se sitúan en una nueva sala independiente de la existente, la nueva sala deberá construirse como sala de recogida, pero la anterior ya que no se afecta a su contenido de refrigerante no será preciso transformarla.

3.4. PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN.

En la ejecución de toda la estructura usamos el capítulo 11 “Ejecución de estructuras de hormigón”, artículo 52 “Puesta en obra y curado hormigón”. El cual nos indica los siguientes procesos:

Salvo en el caso de que las armaduras elaboradas estén en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido y que el control de ejecución sea intenso, no podrá procederse a la puesta en obra del hormigón hasta disponer de los resultados de los correspondientes ensayos para comprobar su conformidad.

VERTIDO Y COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN.

En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas que acusen un principio de fraguado.

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa.

No se efectuará el hormigonado en tanto no se obtenga la conformidad de la dirección facultativa, una vez que se hayan revisado las armaduras ya colocadas en su posición definitiva.

El hormigonado de cada elemento se realizará de acuerdo con un plan previamente establecido en el que deberán tenerse en cuenta las deformaciones previsibles de encofrados y cimbras.

COMPACTACIÓN DE HORMIGÓN

La compactación de los hormigones en obra se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas y de manera tal que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa, sin que llegue a producirse segregación. El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie y deje de salir aire.

Cuando se utilicen vibradores de superficie el espesor de la capa después de compactada no será mayor de 20 centímetros.

La utilización de vibradores de molde o encofrado deberá ser objeto de estudio, de forma que la vibración que se transmita a través del encofrado sea la adecuada para producir una correcta compactación, evitando la formación de huecos y capas de menor resistencia.

El revibrado del hormigón deberá ser objeto de aprobación por parte de la dirección de obra.

PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN EN CONDICIONES CLIMÁTICAS ESPECIALES.

Hormigonado en tiempo caluroso.

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua de amasado, en particular durante el transporte del hormigón y para reducir la temperatura de la masa. Estas medidas deberán acentuarse para hormigones de resistencias altas

Para ello los materiales constituyentes del hormigón y los encofrados o moldes destinados a recibirlo deberán estar protegidos del soleamiento.

Una vez efectuada la colocación del hormigón se protegerá éste del sol y especialmente del viento, para evitar que se deseque.

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la dirección facultativa, se adopten medidas especiales.

JUNTAS DE HORMIGÓN.

Las juntas de hormigonado, que deberán, en general, estar previstas en el proyecto, se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión, y allí

donde su efecto sea menos perjudicial, alejándolas, con dicho fin, de las zonas en las que la armadura esté sometida a fuertes tracciones. Se les dará la forma apropiada que asegure una unión lo más íntima posible entre el antiguo y el nuevo hormigón.

Cuando haya necesidad de disponer juntas de hormigonado no previstas en el proyecto se dispondrán en los lugares que apruebe la dirección facultativa, y preferentemente sobre los puntales de la cimbra. No se reanuda el hormigonado de las mismas sin que hayan sido previamente examinadas y aprobadas, si procede, por la dirección facultativa.

Si el plano de una junta resulta mal orientado, se demolerá la parte de hormigón necesaria para proporcionar a la superficie la dirección apropiada.

Antes de reanudar el hormigonado, se retirará la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto y se limpiará la junta de toda suciedad o árido que haya quedado suelto. En cualquier caso, el procedimiento de limpieza utilizado no deberá producir alteraciones apreciables en la adherencia entre la pasta y el árido grueso. Expresamente se prohíbe el empleo de productos corrosivos en la limpieza de juntas.

Se prohíbe hormigonar directamente sobre o contra superficies de hormigón que hayan sufrido los efectos de las heladas. En este caso deberán eliminarse previamente las partes dañadas por el hielo.

El pliego de prescripciones técnicas particulares podrá autorizar el empleo de otras técnicas para la ejecución de juntas (por ejemplo, impregnación con productos adecuados), siempre que se haya justificado previamente, mediante ensayos de suficiente garantía, que tales técnicas son capaces de proporcionar resultados tan eficaces, al menos, como los obtenidos cuando se utilizan los métodos tradicionales.

CURADO DEL HORMIGÓN.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado. Éste se prolongará durante el plazo necesario en función del tipo y clase del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc. El curado podrá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado. El agua empleada en estas operaciones deberá poseer las cualidades exigidas en el Artículo 29 de este Código.

El curado por aportación de humedad podrá sustituirse por la protección de las superficies mediante recubrimientos plásticos, agentes filmógenos u otros tratamientos adecuados, siempre que tales métodos, especialmente en el caso de masas secas, ofrezcan las garantías que se estimen necesarias para lograr, durante el primer período de endurecimiento, la retención de la humedad inicial de la masa, y no contengan sustancias nocivas para el hormigón.

Si el curado se realiza empleando técnicas especiales (curado al vapor, por ejemplo) se procederá con arreglo a las normas de buena práctica propias de dichas técnicas, previa autorización de la dirección facultativa.

3.5. PUESTA EN OBRA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

Como la estructura es de acero cogemos el código estructural por el capítulo 21 “Fabricación y montaje de las estructuras de acero”, artículo 91 “Preparación y fabricación”, artículo 93 “fijación con elementos mecánicos”, artículo 94 “Soldadura” y artículo 95 “Tratamiento de protección”.

4. ESPECIFICACIONES SOBRE VERIFICACIONES EN LA INSTALACIÓN.

4.1. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

En este apartado consultamos la instrucción IF-09 ensayos, pruebas y revisiones previas a la puesta en servicio.

4.1.1. VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD

Durante la ejecución de todos los trabajos se quedarán bajo la supervisión del contratista el cual deberá tener un oficial de obra y estar presente en todas las operaciones.

En el caso de que se hiciera evidente la necesidad de sustituir materiales, máquinas o aparatos, el contratista tendría que cargar con los gastos que esta operación llevará consigo.

4.1.2. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD

El sistema de refrigeración deberá ser sometido a una prueba de estanquidad bien como conjunto o por sectores. La presión de la prueba será la indicada en la tabla 2 de la IF-06

y podrá realizarse antes de salir el equipo de fábrica, si el montaje se realiza en ésta, o bien *in situ*, si el montaje o la carga de refrigerante se hace en el lugar de emplazamiento.

Para los sistemas compactos, semicompactos y de absorción herméticos, esta prueba de estanqueidad se efectuará en fábrica.

Para la prueba de estanquidad se utilizarán varias técnicas dependiendo de las condiciones de producción, por ejemplo, gas inerte a presión, vacío, gases trazadores, etc. El método utilizado será supervisado por el instalador frigorista.

Sustancias trazadoras.

Cuando se añaden sustancias trazadoras al gas inerte, éstas no deberán ser ni peligrosas ni perjudiciales para el medio ambiente. En ningún caso podrán ser empleadas sustancias organohalogenadas.

4.1.3. PUESTA EN MARCHA.

Terminadas todas las operaciones de montaje, se pondrá en marcha por el jefe montador del contratista. Es el encargado y responsable de que funcione todo correctamente.

Documentación a presentar para la puesta en servicio de las instalaciones frigoríficas.

El titular de la instalación presentará, antes de la puesta en servicio, ante el organismo competente de la Comunidad Autónoma en cuya demarcación se ubique aquella, la documentación indicada en el artículo 21 del presente Reglamento.

Cuando se trate de una ampliación, modificación o traslado del sistema frigorífico, se deberá presentar en el órgano competente de la Comunidad Autónoma el libro de registro de la instalación frigorífica en el que figurarán todas las intervenciones realizadas en el mismo. En tales casos, la necesidad de la dirección de obra o del proyecto seguirán las mismas pautas que se han indicado anteriormente, contemplando la potencia de compresión del conjunto de la instalación tras la modificación.

En las instalaciones con refrigerantes A2L, se deberá presentar la documentación indicada en el artículo 21 del presente Reglamento en lo relativo a estos refrigerantes.

4.1.4. LOCALES HÚMEDOS, MOJADOS Y CON RIESGO DE EXPLOSIÓN O INCENDIO.

A los efectos de lo dispuesto por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y sus Instrucciones técnicas complementarias MIE-BT 029 y MIE-BT 030, se considerarán:

- a) Locales húmedos: Las cámaras y antecámaras frigoríficas.
- b) Locales mojados: La fabricación de hielo en tanques de salmuera y sus cámaras y antecámaras frigoríficas, salas de condensadores (excepto los condensadores enfriados por aire o por agua en circuitos cerrados) y torres de refrigeración.
- c) Locales con riesgo de explosión o incendio: locales con instalaciones que utilicen refrigerantes inflamables pertenecientes a los grupos L2 o L3, salvo con el refrigerante amoníaco según lo dispuesto en el apartado 3.4 de esta instrucción y exceptuando los refrigerantes pertenecientes a los grupos L2 o L3 en recintos en los que la carga de refrigerante no supere los valores calculados de acuerdo con los apéndices 2, 3 y 4 de IF-04.

4.1.5. CRITERIOS GENERALES EN HORMIGÓN Y ACERO.

Por otro lado, en las verificaciones en la instalación tenemos la estructura de hormigón y acero, los cuales se ven sujetos al siguiente código estructural de seguridad.

Capítulo 3 Bases generales para el proyecto y criterios de seguridad.

Este capítulo nos engloba un total de cuatro artículos esenciales para la construcción de la estructura metálica. Lo forman los siguientes apartados:

- a) Artículo 8 - Criterios de seguridad.
 - Bases generales para el proyecto y criterios de seguridad.
 - Comprobación estructural mediante cálculo.
 - Comprobación estructural mediante ensayos.
- b) Artículo 9 Situaciones de proyecto.
- c) Artículo 10 Método de los Estados Límite.
 - Estados Límite últimos y Estados Límite de servicio.
 - Cumplimiento de los Estados Límite durante la vida útil.
- d) Artículo 11 Bases para la comprobación de los Estados Límite asociados a la durabilidad.

4.2. GESTIÓN DE CALIDADES EN ESTRUCTURA DE ACERO.

Para la verificación en todos los procesos del proyecto hacemos uso del reglamento del código técnico estructural de seguridad para estructuras de acero, capítulo 24 “Gestión de la calidad de fabricación y ejecución de estructuras de acero”, en los que damos más importancia a los artículos 101 “Programación del control de las estructuras de acero”,

102 “Comprobaciones previas al comienzo de la fabricación y ejecución” y 103 “Control de fabricación en taller y del montaje en obra”

4.2.1. PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

La organización del control de la fabricación y ejecución de las estructuras de acero deberá seguir los criterios establecidos en el Capítulo 5 y, en particular, la programación del control de la fabricación y ejecución deberá respetar los criterios establecidos en el Artículo 22.

El control de la fabricación y ejecución estará ligado al nivel de control de la ejecución (acorde con lo definido en el apartado 22.4) y a la clase de ejecución (acorde con lo definido en el apartado 14.3).

El control de la fabricación y ejecución deberá adaptarse a las características de la obra y a los medios disponibles en la misma, por lo que la dirección facultativa, por iniciativa propia o a propuesta del constructor, podrá autorizar valores diferentes a los recogidos en este artículo.

- Lotes de ejecución.
- Unidades de inspección.

4.2.2. COMPROBACIONES PREVIAS AL COMIENZO DE LA FABRICACIÓN Y EJECUCIÓN.

Antes del inicio de la ejecución de cada parte de la obra, la dirección facultativa deberá constatar que existe un programa de control, desarrollando el plan de control definido en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, tanto para los productos como para la fabricación y ejecución, que haya sido redactado específicamente para la obra, conforme a lo indicado por el proyecto y lo establecido en este Código.

Cualquier incumplimiento de los requisitos previos establecidos, provocará el aplazamiento del inicio de la obra hasta que la dirección facultativa constate documentalmente que se ha subsanado la causa que dio origen al citado incumplimiento.

- Programa de puntos de inspección.

4.2.3. CONTROL DE LA FABRICACIÓN EN TALLER Y DEL MONTAJE EN OBRA.

En el caso de productos que deban disponer del marcado CE según el Reglamento (UE) 305/2011, sus prestaciones en relación a las características esenciales deberán realizarse

de conformidad con la norma armonizada UNE-EN 1090-1. Tal y como se recoge en el citado Reglamento, el fabricante del producto será el responsable de la conformidad del producto con las prestaciones declaradas. El fabricante deberá estar en condiciones de aportar garantía de la adecuación de su producto al uso previsto y de ponerlas a disposición de quien las solicite con el fin de que, a su vez, pueda transmitir estas garantías al usuario final de la obra o del producto en que se incorporen, facilitando para ello la documentación que incluya la información que avale dichas garantías. El responsable de la recepción será el encargado de verificar, del modo que considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas. La dirección facultativa, conforme a las obligaciones recogidas en el apartado 17.2.1 de este Código y una vez validado el control de recepción, será el responsable de velar porque el producto incorporado en la obra es adecuado a su uso y cumple con las especificaciones requeridas. En el caso de efectuarse ensayos para comprobar la conformidad del producto, se seguirán los criterios que estuvieran definidos en el programa de control o en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra o, en su caso, el plan de control.

En el caso de productos que no deban disponer de marcado CE, la conformidad de los procesos de fabricación en taller y de la ejecución y el montaje en obra incluirá las características mecánicas de los productos empleados, las características geométricas de los elementos, así como cualquier otra característica incluida en el proyecto o decidida por la dirección facultativa. Las consideraciones de este artículo son de aplicación independientemente de que el taller pertenezca o no a las instalaciones propias de la obra.

- Comprobaciones previas al inicio del suministro
- Control de la fabricación en taller
- Control del montaje en obra

4.3. GESTIÓN DE CALIDADES EN ESTRUCTURA DE HORMIGÓN.

En las verificaciones de todos los procesos del proyecto hacemos uso del reglamento del código técnico estructural de seguridad para estructuras de acero, capítulo 14 “Gestión de la calidad de la ejecución de estructuras de hormigón”, el cual está formado por los siguientes artículos: art. 63 “Programación del control de ejecución en las estructuras de hormigón”, art. 64 “Comprobaciones previas al comienzo de la ejecución” y art. 65

“Control de los procesos de ejecución previos a la colocación de la armadura”, art. 66 “Control del proceso de montaje de las armaduras pasivas”, art. 68 “Control de procesos hormigonado”, art. 69 “Control de procesos posteriores al hormigonado”, art. 71 “Control del elemento construido”, art. 72 “Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria” y art. 73 “Control de aspectos medioambientales”.

4.3.1. PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE EJECUCIÓN EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

La organización del control de la ejecución de las estructuras de hormigón deberá seguir los criterios establecidos en el Capítulo 5 y, en particular, la programación del control de la ejecución deberá respetar los criterios establecidos en el Artículo 22.

El control de la ejecución estará ligado al nivel de control de la ejecución (acorde con lo definido en el apartado 22.4.1 y a la clase de ejecución (acorde con lo definido en el apartado 22.4.2). El control de ejecución deberá adaptarse a las características de la obra y a los medios disponibles en la misma, por lo que la dirección facultativa, por iniciativa propia o a propuesta del constructor, podrá autorizar valores diferentes a los recogidos en este artículo.

- Lotes de ejecución
- Unidades de inspección

4.3.2. COMPROBACIONES PREVIAS AL COMIENZO DE LA EJECUCIÓN.

Antes del inicio de la ejecución de cada parte de la obra, la dirección facultativa deberá constatar que existe un programa de control para los productos y para la ejecución, que haya sido redactado específicamente para la obra, conforme a lo indicado en el proyecto y en este Código.

Cualquier incumplimiento de los requisitos previos establecidos, provocará el aplazamiento del inicio de la obra hasta que la dirección facultativa constate documentalmente que se ha subsanado la causa que dio origen al citado incumplimiento.

4.3.3. CONTROL DE LOS PROCESOS DE EJECUCIÓN PREVIOS A LA COLOCACIÓN DE LA ARMADURA

Control del replanteo de la estructura.

Se comprobará que los ejes de los elementos, las cotas y la geometría de las secciones presentan unas posiciones y magnitudes dimensionales cuyas desviaciones respecto al

proyecto son conformes con las tolerancias indicadas en el Anejo 14, para los coeficientes parciales de los materiales adoptados en el cálculo de la estructura.

Control de las cimentaciones.

En el caso de cimentaciones superficiales, deberán efectuarse al menos las siguientes comprobaciones:

- comprobar que, en el caso de zapatas colindantes a medianerías, se han adoptado las precauciones adecuadas para evitar daños a las estructuras existentes,
- comprobar que la compactación del terreno sobre el que apoyará la zapata, es conforme con lo establecido en el proyecto,
- comprobar, en su caso, que se han adoptado las medidas oportunas para la eliminación del agua, y
- comprobar, en su caso, que se ha vertido el hormigón de limpieza para que su espesor sea el definido en el proyecto.

Control de las cimbras y apuntalamientos

Durante la ejecución de la cimbra, deberá comprobarse la correspondencia de la misma con los planos de su proyecto, con especial atención a los elementos de arriostramiento y a los sistemas de apoyo. Se efectuará también sendas revisiones del montaje y desmontaje, comprobando que se cumple lo establecido en el correspondiente procedimiento escrito.

En general, se comprobará que la totalidad de los procesos de montaje y desmontaje, y en su caso el de recimbrado o reapuntalamiento, se efectúan conforme a lo establecido en el correspondiente proyecto.

La dirección facultativa solicitará, comprobará y adjuntará a la documentación de la obra el certificado indicado en el apartado 48.2, que debe facilitarle el constructor.

En el caso de que se utilice, en conformidad con el apartado 48.2, un sistema de elementos sustentantes que esté en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, conforme al Artículo 18, se seguirán las indicaciones contenidas en el expediente técnico de aplicación, en lo referente a instrucciones para el montaje y, en su caso, de manipulación o manejo en la obra de los elementos sustentantes correspondientes, así como de los planos de montaje de los mismos. En este caso la dirección facultativa podrá eximir al constructor de las comprobaciones y revisiones anteriormente indicadas, siempre que éste

presente la documentación del distintivo oficialmente reconocido que posee el sistema de elementos sustentantes empleado y acredite que el mismo está vigente durante todo el periodo de su utilización en la obra.

Control de los encofrados y moldes

Previamente al vertido del hormigón, se comprobará que la geometría de las secciones es conforme con lo establecido en el proyecto, aceptando la misma siempre que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas en el proyecto o, en su defecto, por el Anejo 14. Además, se comprobarán los aspectos indicados en el apartado 48.3.

En el caso de encofrados o moldes en los que se dispongan elementos de vibración exterior, se comprobará previamente su ubicación y funcionamiento, aceptándose cuando no sea previsible la aparición de problemas una vez vertido el hormigón.

Previamente al hormigonado, deberá comprobarse que las superficies interiores de los moldes y encofrados están limpias y que se ha aplicado, en su caso, el correspondiente producto desencofrante.

En el caso de que se utilice, en conformidad con el artículo 48.3, un sistema de encofrados (superficie encofrante y estructura resistente de la misma) que esté en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, conforme al Artículo 18, se seguirán las indicaciones contenidas en el expediente técnico de aplicación, en lo referente a instrucciones para el montaje y, en su caso, de manipulación o manejo en la obra de los encofrados correspondientes, así como de los planos de montaje de los mismos. En este caso la dirección facultativa podrá eximir al constructor de las comprobaciones y revisiones anteriormente indicadas, siempre que éste presente la documentación del distintivo oficialmente reconocido que posee el sistema de encofrados empleado y acredite que el mismo está vigente durante todo el periodo de su utilización en la obra.

4.3.4. CONTROL DEL PROCESO DE MONTAJE DE LAS ARMADURAS PASIVAS

El proceso de ferralla no comenzará hasta que la dirección facultativa haya aceptado:

- los planos de despiece previamente aprobados por el constructor
- la totalidad de la documentación aprobada por el constructor en relación con los procesos de fabricación de las armaduras, los productos empleados para su fabricación y el suministrador

En el caso de que se vayan a emplear procesos de soldadura, tanto en instalaciones como en obra, el control del constructor deberá comprobar:

- la cualificación del coordinador de soldeo, según la norma UNE-EN ISO 14731, tanto para soldadura no resistente como resistente
- la cualificación de los soldadores, según la norma UNE-EN 287-1, para soldadura resistente
- la cualificación del procedimiento de soldeo, tanto para soldadura no resistente como resistente, de acuerdo con los apartados 49.4.3.2 y 49.5.2.5, respectivamente

En el caso de empleo de dispositivos para el empalme mecánico, se recabará del constructor el correspondiente certificado, firmado por persona física, en el que se garantice su comportamiento mecánico.

Sobre el proceso de elaboración, armado y montaje de las armaduras pasivas el control del constructor efectuará, al menos, las verificaciones siguientes acordes con el Artículo 49:

- inexistencia de defectos superficiales o grietas
- diámetros de armaduras
- despieces
- atado y posicionamiento
- longitudes de anclaje y de empalme (solapo, soldadura resistente, empalmes mecánicos, ...)
- distancias libres entre barras

Antes del inicio del suministro a la obra de las armaduras desde la instalación de ferralla, se establecerá un punto de parada hasta que, una vez efectuado el control de contraste, la dirección facultativa haya aceptado la conformidad de:

- la armadura elaborada y la ferralla armada
- la cimbra, en su caso, a partir de la documentación aportada por el constructor de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 65.3.

Para verificar la conformidad del montaje, el control del constructor efectuará al menos las comprobaciones siguientes, de las cuales dejará constancia documental:

- separadores (material, tamaño, cantidad y distribución)
- recubrimientos (mínimos y máximos)
- tolerancias de acuerdo con lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto o el Anejo 14
- estado de oxidación de la armadura pasiva, con el límite establecido en el apartado 49.8.1.
- estado de limpieza y eliminación de suciedades

En el caso de que para el facilitar el armado de la ferralla, por ejemplo, para garantizar la separación entre estribos (pre-armado), se hubieran empleado cualquier tipo de elemento auxiliar de acero, se comprobará que éstos presentan también un recubrimiento no inferior al mínimo

En ningún caso se aceptará la colocación de armaduras que presenten menos sección de acero que las previstas en el proyecto, ni aun cuando ello sea como consecuencia de la acumulación de tolerancias con el mismo signo.

Antes de proceder al hormigonado, se establecerá un punto de parada hasta que la dirección facultativa haya aceptado el montaje de las armaduras pasivas.

En caso de emplearse soldaduras en la elaboración de armaduras pasivas, los criterios aplicables para su control, tanto en lo relativo a ensayos de producción como a las tareas de inspección, serán los recogidos en los capítulos 12 y 13 de la norma UNE-EN ISO 17660, partes 1 y 2, para soldaduras resistentes y no resistentes respectivamente. También será de aplicación el artículo 59 de este Código.

El control del constructor inspeccionará el 100% de las soldaduras resistentes realizadas, comprobando las longitudes y gargantas de los cordones, así como la distancia longitudinal entre cordones y la distancia a los codos, y el 50% de las soldaduras no resistentes. Deberán cumplirse las distancias definidas para cada soldadura en función de cada diámetro. El criterio de aceptación será el establecido por la norma UNE-EN ISO 17660, en la parte que corresponda según se trate de soldadura resistente o no resistente.

Como criterio general, puede establecerse como valor indicativo que el control de contraste de la dirección facultativa comprobará un 20% de las soldaduras resistentes y un 10% de las no resistentes, de forma aleatoria y representativa.

4.3.5. CONTROL DE LOS PROCESOS DE HORMIGONADO

El constructor comprobará, antes del inicio del suministro del hormigón, dejando constancia documental de ello, que:

- se dan las circunstancias para efectuar correctamente su vertido de acuerdo con lo indicado en este Código. Asimismo, comprobará que se dispone de los medios adecuados para la puesta en obra, compactación y curado del hormigón.
- en el caso de temperaturas extremas, según el apartado 52.3, comprobará que se han tomado las precauciones allí recogidas.

La dirección facultativa verificará que el constructor realiza dichas comprobaciones.

Durante el hormigonado, el constructor y la dirección facultativa comprobarán que no se forman juntas frías entre diferentes tongadas y que se evita la segregación durante la colocación del hormigón.

El constructor y la dirección facultativa comprobarán que el curado se desarrolla adecuadamente durante, al menos el período de tiempo indicado en el proyecto o, en su defecto, el indicado en este Código.

4.3.6. CONTROL DE PROCESOS POSTERIORES AL HORMIGONADO

Una vez desencofrado el hormigón, se comprobará la ausencia de defectos significativos en la superficie del hormigón. Si se detectaran coqueras, nidos de grava u otros defectos que, por sus características pudieran considerarse inadmisibles en relación con lo exigido, en su caso, por el proyecto, la dirección facultativa valorará la conveniencia de proceder a la reparación de los defectos y, en su caso, el revestimiento de las superficies.

En el caso de que el proyecto hubiera establecido alguna prescripción específica sobre el aspecto del hormigón y sus acabados (color, textura, etc.), estas características deberán ser sometidas al control, una vez desencofrado o desmoldado el elemento y en las condiciones que establezca el correspondiente pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto.

Además, el constructor y la dirección facultativa comprobarán que el descimbrado se efectúa de acuerdo con el plan previsto en el proyecto y verificando que se han alcanzado, en su caso, las condiciones mecánicas que pudieran haberse establecido para el hormigón.

Control de los trabajos de protección, reparación y refuerzo

En los trabajos de protección, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón se deberá controlar que estas tareas se realicen conforme a las especificaciones del plan de control del proyecto. Para ello, el programa de control de la ejecución definirá los parámetros a controlar, los ensayos pertinentes, la frecuencia de realización y los criterios de aceptación.

4.3.7. CONTROL DEL MONTAJE Y UNIONES DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Antes del inicio del montaje de los elementos prefabricados, el constructor efectuará las siguientes comprobaciones, dejando constancia documental de ello:

- a) los elementos prefabricados son conformes con las especificaciones del proyecto y se encuentran, en su caso, adecuadamente acopiados, sin presentar daños aparentes,
- b) se dispone de unos planos que definen suficientemente el proceso de montaje de los elementos prefabricados, así como las posibles medidas adicionales (arriostramientos provisionales, etc.)
- c) se dispone de un programa de ejecución que define con claridad la secuencia de montaje de los elementos prefabricados, y
- d) se dispone, en su caso, de los medios humanos y materiales requeridos para el montaje.

La dirección facultativa verificará que el constructor realice dichas verificaciones y revisará la documentación aportada.

Durante el montaje, el constructor y la dirección facultativa comprobarán que se cumple la totalidad de las indicaciones del proyecto. Se prestará especial atención al mantenimiento de las dimensiones y condiciones de ejecución de los apoyos, enlaces y uniones.

4.3.8. CONTROL DEL ELEMENTO CONSTRUIDO

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, el constructor efectuará una inspección del mismo, dejando constancia documental, al objeto de comprobar que se cumplen las especificaciones dimensionales del proyecto.

La dirección facultativa verificará la documentación aportada por el constructor.

4.3.9. CONTROLES DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE ENSAYOS DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Generalidades

De las estructuras proyectadas y construidas con arreglo al presente Código, en las que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista, comprobada mediante los controles preceptivos, sólo necesitan someterse a ensayos de información y en particular a pruebas de carga, las incluidas en los supuestos que se relacionan a continuación:

- a) cuando así lo dispongan las instrucciones, reglamentos específicos de un tipo de estructura o el pliego de prescripciones técnicas particulares;
- b) cuando debido al carácter particular de la estructura convenga comprobar que la misma reúne ciertas condiciones específicas. En este caso el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá los ensayos oportunos que deben realizar, indicando con toda precisión la forma de realizarlos y el modo de interpretar los resultados;
- c) cuando a juicio de la dirección facultativa existan dudas razonables sobre la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura.

Pruebas de carga

Además de las pruebas de carga que puedan ser preceptivas en aplicación de la reglamentación vigente que sea de aplicación, la dirección facultativa podrá disponer la realización de pruebas de carga adicionales, según lo indicado en el apartado 23.2, siempre que se hayan presentado no conformidades en las operaciones normales de control de la conformidad de la estructura y, en particular, cuando se hayan presentado no conformidades relativas a los productos o a los procesos de ejecución en obra que puedan ser relevantes para la seguridad de la estructura durante su vida de servicio.

Otros ensayos no destructivos

Este tipo de ensayos se empleará para estimar en la estructura otras características del hormigón diferentes de su resistencia, o de las armaduras que pueden afectar a su seguridad o durabilidad.

4.3.10. CONTROL DE ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

La dirección facultativa velará para que se observen las condiciones específicas de carácter medioambiental que, en su caso, haya definido el proyecto para la ejecución de la estructura.

En el caso de que la propiedad hubiera establecido exigencias relativas a la contribución de la estructura a la sostenibilidad, de conformidad con el Capítulo 2, la dirección facultativa deberá comprobar durante la fase de ejecución que, con los medios y procedimientos reales empleados en la misma, se satisfacen las condiciones indicadas en el proyecto.

5. ESPECIFICACIONES CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

5.1 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.

Toda la instalación modificada será revisada por la empresa frigorista con la conformidad de la instrucción técnica complementaria IF-17 manipulación de refrigerantes y reducción de fugas en las instalaciones frigoríficas.

En el mantenimiento se utiliza la instrucción técnica complementaria IF-14 mantenimiento, revisiones e inspecciones periódicas de las instalaciones frigoríficas. Esta norma nos dice que:

De conformidad con lo establecido en el artículo 22 del presente Reglamento, el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones frigoríficas, incluida cualquier reparación, modificación o sustitución de componentes, así como las revisiones periódicas obligatorias, se realizarán por una empresa frigorista habilitada de nivel correspondiente a la de instalación a mantener.

Las operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo que requieran la asistencia de personal acreditado de otras profesiones (como soldadores y electricistas) deberán ser realizadas bajo la supervisión de una empresa frigorista.

La manipulación de refrigerantes y la prevención y control de fugas de los mismos en las instalaciones frigoríficas se realizará atendiendo a lo establecido en la IF-17, debiéndose subsanar lo antes posible las fugas detectadas.

Cada sistema de refrigeración deberá ser sometido a un mantenimiento preventivo de acuerdo con el manual de instrucciones al que se refiere el apartado 2.2 de la IF-10.

La frecuencia del mantenimiento dependerá del tipo, dimensiones, antigüedad, aplicación, etc., de la instalación.

El mantenimiento deberá llevarse a cabo utilizando los equipos de protección individual contra los refrigerantes descritos en el apartado 2 de la IF-16.

El titular de la instalación será responsable de contratar el mantenimiento de la instalación con una empresa frigorista de acuerdo con el artículo 17 del presente Reglamento y de que la instalación se revise e inspeccione según se establece en la presente IF-14 y en la IF-17.

La empresa frigorista contratada para el mantenimiento por el titular de la instalación garantizará que la instalación se supervisa regularmente y se mantiene de manera satisfactoria.

Asimismo, cuando en una instalación sea necesario sustituir equipos, componentes o piezas de los mismos, la empresa frigorista será responsable de que los nuevos elementos que suministra cumplen la reglamentación vigente.

5.1.1. BOLETINES DE RECONOCIMIENTO

El certificado boletín de revisión citado en el apartado 2.5 de esta instrucción, cuyo modelo se establece en el apéndice de la misma, contiene los mismos datos que los indicados en el certificado de la instalación, pero la declaración de la empresa frigorista se limitará, en este caso, a señalar si la instalación revisada sigue reuniendo las condiciones reglamentarias, dando cuenta de las deficiencias que se hubiesen detectado, así como de las actuaciones o modificaciones que deberán realizarse cuando, a su juicio, no ofrezcan las debidas garantías de seguridad. Análogas indicaciones se harán constar en el libro de registro de la instalación frigorífica.

Los certificados de revisión se extenderán por duplicado, permaneciendo la copia en poder de la empresa frigorista. El original quedará en el libro de registro de la instalación frigorífica. Los citados certificados se podrán realizar por medios electrónicos.

5.1.2. REVISIONES A EFECTUAR POR LAS DELEGACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA.

Inspecciones periódicas de las instalaciones.

Se inspeccionarán cada diez años las instalaciones frigoríficas de nivel 2. Independiente del nivel de las instalaciones, aquellas que empleen refrigerantes fluorados se inspeccionarán cada año si su carga de refrigerante es igual o superior a 5000 toneladas equivalentes de CO₂, cada dos años si es inferior a 5000 toneladas equivalentes de CO₂, pero igual o superior a 500 toneladas equivalentes de CO₂, y cada cinco años si es inferior a 500 toneladas equivalentes de CO₂ pero igual o superior a 50 toneladas equivalentes de CO₂.

Las instalaciones de nivel 2, que de acuerdo con el artículo 11 del presente Reglamento puedan ser realizadas por empresas de nivel 1 se consideran, a efectos de inspecciones, como si fueran de nivel 1.

La inspección detallada en el punto 6 de este apartado es independiente del refrigerante utilizado y se realizará por lo tanto cada diez años.

Estas inspecciones podrán hacerse coincidir con alguna de las revisiones detalladas en el apartado 2 de esta IF-14 y consistirán, como mínimo, en las siguientes actuaciones:

1. Comprobación de que se hayan realizado las revisiones obligatorias y los controles de fugas de refrigerante que determina el presente Reglamento.
2. Inspección de la gestión de residuos.
3. Inspección de la documentación que, en virtud de lo previsto en el presente Reglamento, sea obligatoria y deba encontrarse en poder del titular.
4. Comprobación de que se está llevando a cabo lo prescrito en el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

5. En el caso de recipientes frigoríficos que hayan sufrido daños estructurales, hayan estado fuera de servicio por un tiempo superior a dos años, o se haya cambiado el refrigerante a uno de mayor riesgo pasando de uno del grupo 2 a otro del grupo 1, según el artículo 13 del Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, o hayan sufrido alguna reparación según se detalla en el punto 2.2 apartado 4 de esta instrucción de acuerdo con lo indicado en la 2ª nota del punto 1 del Anexo III del Reglamento de equipos a presión, se someterán a una inspección de nivel C.

6. Inspección de los equipos a presión de las instalaciones frigoríficas que correspondan al menos a la categoría I del Reglamento de equipos a presión, aprobado por el Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, realizando un control visual de las zonas sometidas a mayores esfuerzos y a fuertes corrosiones. En estas últimas zonas se hará una comprobación de espesores por muestreo.

En estos equipos o tuberías que dispongan de aislamiento térmico se seguirá lo indicado en el segundo párrafo del punto 2.3 de esta instrucción.

Esta inspección se realizará cada diez años independientemente del nivel de la instalación y del refrigerante empleado.

7. Comprobación del marcado y documentación de la instalación frigorífica.

- a) Comprobación de la existencia, contenido, correcta ubicación y puesta al día de la placa de características de la instalación.
- b) Comprobación de la existencia, contenido, correcta ubicación y puesta al día del cartel de seguridad.
- c) Comprobación de los recipientes a presión.
- d) Comprobar que las tuberías de los diferentes fluidos están identificadas mediante marcado con etiquetas codificadas.

8. Comprobación de los elementos de seguridad más importantes.

- a) Alarmas de hombre encerrado.
- b) Estado de las puertas frigoríficas (correcta apertura y cierre).
- c) Correcto funcionamiento del calefactor de marcos de puertas cuando sea necesario.
- d) Estado de los recipientes de líquido de la instalación y adecuación de la válvula de seguridad a la presión de timbre del recipiente.

- e) Comprobación de la instalación eléctrica: alumbrado de emergencias, iluminación, cuadros, etc.
- f) Comprobación de los registradores de temperatura en caso de ser exigidos por la normativa.
- g) Comprobación del estado de los detectores de fugas.
- h) Comprobación del estado de los equipos de protección individual reglamentarios.

De acuerdo con el artículo 26 del presente Reglamento, las inspecciones serán realizadas por organismos de control habilitado.

Del resultado de la inspección se levantará un acta que deberá ser suscrita por el inspector y por el titular de la instalación o representante autorizado por éstos para firmar. Este acta se podrá realizar mediante medios electrónicos.

En caso de que el titular de la instalación no esté conforme con el resultado de la inspección podrá hacerlo constar en el acta.

Un ejemplar del acta quedará en poder del titular, en el libro registro del usuario, otro en poder del organismo de control y el tercero será remitido al organismo competente de la Comunidad Autónoma.

5.1.3. OTRAS REVISIONES.

Independientemente de las revisiones periódicas reglamentarias, se examinarán las instalaciones siempre que se efectúen reparaciones en las mismas por la empresa frigorista que las realice, haciéndose constar dichas reparaciones en el libro de registro de la instalación frigorífica.

5.2 MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y DE PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS

Véanse las instrucciones técnicas complementarias del IF-16 medidas de prevención y protección personal.

5.2.1. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

En el proyecto y ejecución de instalaciones frigoríficas se cumplirán, además de las prescripciones establecidas en el presente Reglamento, las disposiciones específicas de prevención, protección y lucha contra incendios de ámbito nacional o local que les sean de aplicación.

Los agentes extintores utilizados no deberán congelarse a la temperatura de funcionamiento de las instalaciones, serán compatibles con los refrigerantes empleados en las mismas y adecuados para su uso sobre fuegos de elementos eléctricos y de aceite, si se usan interruptores sumergidos en baño de aceite.

Los sistemas de extinción se revisarán periódicamente, encontrándose en todo momento en condiciones de servicio adecuadas. En las salas de máquinas de sistemas de refrigerante R-717 no están permitidos los dispositivos rociadores (de agua.), para la prevención de incendios excepto si se cumplen las siguientes condiciones:

Los rociadores se actúan individualmente a una temperatura superior a 141°C.

No hay sistema de accionamiento manual.

La instalación cumple con los requisitos de la norma UNE-EN 12845.

5.2.2. INDICACIONES DE EMERGENCIA E INSTRUCCIONES DE SERVICIO.

De acuerdo con el artículo 28 del presente Reglamento, en la proximidad del lugar de operación del sistema de refrigeración figurará un cartel de seguridad (véase IF-10).

5.3. CONDICIONES EN LA CARGA Y ALMACENAMIENTO DE REFRIGERANTES.

Todo lo que se necesita saber sobre este apartado está en la instrucción IF-17 manipulación de refrigerantes y reducción de fugas en las instalaciones frigoríficas.

5.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Todo lo que se necesita saber para este otro apartado está en la instrucción IF-16 medidas de prevención y de protección personal.

5.5. INSTALACIONES ELÉCTRICAS. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL.

Tendremos que buscar en el IF-12 instalaciones eléctricas. Y nos dice lo siguientes:

El proyecto, construcción, montaje, verificación y utilización de las instalaciones eléctricas se ajustarán a lo dispuesto en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones técnicas complementarias.

Los circuitos eléctricos de alimentación de los sistemas frigoríficos se instalarán de forma que la corriente se establezca o interrumpa independientemente de la alimentación de otras partes de la instalación, en especial, de la red de alumbrado (normal y de emergencia), dispositivos de ventilación y sistemas de alarma.

Deberán incorporar protección diferencial y magnetotérmica por cada elemento principal (compresores, ventiladores de los condensadores, evaporadores, etc.) y por circuito de maniobra.

Con independencia de lo prescrito en el vigente REBT y las instrucciones técnicas complementarias correspondientes, las instalaciones frigoríficas deberán estar protegidas contra contactos indirectos de la siguiente manera:

- a) En caso de instalaciones centralizadas, cada elemento principal deberá estar debidamente protegido: compresor, condensador, evaporador y bomba de circulación de fluido.
- b) En caso de circuitos independientes constituidos por un único conjunto compresor, condensador y evaporador, será suficiente una única protección para el conjunto.
- c) Las resistencias eléctricas de desescarche de todos los evaporadores podrán estar protegidas por un único dispositivo, al igual que las de desagües.

Con estas disposiciones se pretende, además de la protección de las personas, añadir otras medidas que reduzcan al mínimo el deterioro de los productos almacenados y aseguren el funcionamiento permanente de una parte razonable de la instalación.

5.6. DEMOLICIÓN Y DECONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN Y ACERO.

Este punto tomamos en consideración los artículos 77 y 78 del código estructural de seguridad en edificación.

DEMOLICIÓN DE LA ESTRUCTURA. GENERALIDADES.

A los efectos de este Código se entiende por demolición de una estructura de hormigón el conjunto de procesos de desmontaje o desmantelamiento de la estructura, en su totalidad o de una parte de misma, por decisión de la propiedad y como consecuencia de la finalización de su vida de servicio.

La propiedad será responsable de disponer de un proyecto específico para las actividades de demolición incluidas en este artículo, siempre que se den cualquiera de las siguientes circunstancias:

- se trate de la demolición de una estructura como consecuencia de un accidente, incendio o sismo;
- se trate de la demolición de una estructura que incluya elementos a flexión con luces de más de 10 m, o con elementos verticales a compresión con alturas entre niveles superiores a 10 m;
- en cualquier caso, cuando se trate de estructura de hormigón pretensado; y, en cualquier caso, cuando se vaya a emplear explosivos.

Sin perjuicio de lo establecido en la legislación vigente que sea de aplicación, la demolición deberá ser objeto de un proyecto específico por parte de técnicos competentes con suficientes conocimientos estructurales, de forma que se garantice la seguridad durante los procesos de ejecución de la misma.

Se deberá cuidar especialmente la seguridad del personal involucrado en las tareas de demolición, especialmente en el caso de elementos estructurales que puedan ser especialmente frágiles (como por ejemplo, puede ser el caso de algunas cubiertas), o cuando la intervención sobre la estructura sea consecuencia de una circunstancia que haya podido disminuir especialmente su nivel de seguridad (como por ejemplo, un incendio, un sismo, etc.).

El manual de mantenimiento de la estructura entregado por el autor del proyecto a la propiedad deberá recoger aquellos criterios relacionados con la tipología y solución estructural adoptada que requieran, en su caso, de consideraciones especiales en el momento de su demolición.

DECONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA. GENERALIDADES.

Se entiende por deconstrucción de la estructura de hormigón al proceso ordenado de demolición de la estructura, de acuerdo con el correspondiente proyecto y con la finalidad de optimizar la reutilización de los propios elementos estructurales, en su caso, así como la separación, recogida selectiva y reciclado de los residuos generados.

Con carácter general serán de aplicación en estos casos, las prescripciones establecidas en el Artículo 77 para la demolición de las estructuras, si bien en este caso será necesario adoptar algunas medidas adicionales encaminadas a posibilitar la reutilización de los

elementos y el reciclado de los materiales, según el caso, de acuerdo con lo indicado en el apartado 78.2.

En el capítulo 26 deconstrucción de estructuras de acero. Artículos 107 “Demolición de estructuras de acero” y 108 “Deconstrucción de estructuras de acero”.

DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO.

A los efectos de este Código, se entiende por demolición de una estructura de acero el conjunto de procesos de desmontaje o desmantelamiento de la estructura, en su totalidad o de una parte de misma, por decisión de la propiedad y como consecuencia de la finalización de su vida de servicio.

La propiedad será responsable de disponer de un proyecto específico para las actividades de demolición incluidas en este artículo, siempre que se den cualquiera de las siguientes circunstancias:

- a) se trate de la demolición de una estructura como consecuencia de un accidente, incendio o sismo,
- b) se trate de la demolición de una cubierta con estructura de acero, o cuando incluya elementos a flexión con luces de más de 10 m, o elementos verticales a compresión con alturas entre niveles superiores a 10 m.

Sin perjuicio de lo anterior, será de aplicación lo indicado en el apartado 80.1 para las estructuras de hormigón.

DECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO.

Se entiende por deconstrucción de la estructura de acero al proceso ordenado de demolición de la estructura, de acuerdo con el correspondiente proyecto y con la finalidad de optimizar la reutilización de los propios elementos estructurales, en su caso, así como la separación, recogida selectiva y reciclado de los residuos generados.

Con carácter general serán de aplicación en estos casos, las prescripciones establecidas en el Artículo 107 para la demolición, si bien en este caso será necesario adoptar algunas medidas adicionales encaminadas a posibilitar la reutilización de los elementos y el reciclado de los materiales, según el caso.

Dadas las características de las estructuras de acero y la potencialidad de reciclado de sus elementos, a los efectos de este Código, se entiende que cualquier desmantelamiento de la estructura debe consistir en su deconstrucción, salvo que existan razones justificadas que no lo aconsejen, de acuerdo con lo contemplado en el correspondiente proyecto.

La ejecución de la deconstrucción de la estructura deberá llevarse a cabo por un constructor que esté en posesión de una certificación medioambiental de conformidad con la norma UNE EN ISO 14001.

5.7. CONTRIBUCIÓN DE LA ESTRUCTURA A LA SOSTENIBILIDAD

Para ayudarnos con este punto del proyecto usaremos: el capítulo 2 “Bases generales para la contribución de la estructura a la sostenibilidad” del código técnico estructural y los artículos 6 “Contribución a la sostenibilidad” y 7 “Distintivo de sostenibilidad oficialmente reconocido (DSOR)”.

Introducción

Siguiendo el espíritu de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible, a los efectos de este Código se entiende por sostenibilidad en su triple vertiente, satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender a sus propias necesidades, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.

Este Código Estructural proporciona un método objetivo para evaluar la contribución a la sostenibilidad de las estructuras considerando las características prestacionales, ambientales, sociales y económicas que aportan los agentes que participan en su proyecto y ejecución.

Los criterios de sostenibilidad definidos en este Código se refieren exclusivamente a actividades relacionadas con la estructura. El autor del proyecto y la dirección facultativa deberán velar por la coordinación con el resto de los criterios de sostenibilidad que pudieran adoptarse, en su caso, para el resto de la obra.

Esta metodología no permite la comparación de distintas tipologías estructurales ni de las puntuaciones de agentes que realicen diferentes procesos. Los indicadores del Anejo 2 no consideran el uso, mantenimiento ni la reciclabilidad de la estructura. La evaluación basada en los indicadores del Anejo 2 es complementaria a las consideraciones de sostenibilidad del edificio u obra de ingeniería civil completa, que deberán evaluarse mediante otra metodología.

Criterios generales

La propiedad, cuando así lo considere, podrá definir el nivel de contribución a la sostenibilidad de una estructura. La contribución a la sostenibilidad de una estructura se evaluará conforme al Anejo 2 de este Código. Cuando así se indique en el pliego de condiciones a requerimiento de la propiedad, las estructuras se proyectarán y construirán

de acuerdo con una estrategia para la sostenibilidad planteada según lo indicado en este artículo.

La determinación objetiva del nivel de contribución de la estructura a la sostenibilidad se realiza mediante el cálculo del índice de contribución a la sostenibilidad estructura ICES), definido en el Anejo 2. En el ámbito de este Código, se clasificará la contribución a la sostenibilidad de una estructura en función del valor obtenido por el ICES, de acuerdo con los criterios establecidos en este artículo, considerando los compromisos voluntarios adquiridos por parte de cada uno de los agentes (organizaciones) que contribuyen a la sostenibilidad de la estructura en relación con principios ambientales, económicos, sociales y prestacionales.

Para que una estructura pueda considerarse sostenible, los agentes que contribuyen a la sostenibilidad de la estructura deben cumplir la legalidad vigente. El cumplimiento de la legalidad vigente se constata mediante una Declaración Responsable de cada uno de los agentes implicados. El incumplimiento de este precepto le inhabilitará para considerar su contribución a la sostenibilidad de la estructura, siendo nula la puntuación en el ICES de las aportaciones (proyecto, productos o procesos, construcción en obra) realizadas por dicho agente a la estructura.

Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

El Anejo 2 recoge el procedimiento para evaluar el índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad, ICES que se clasificará dentro de la siguiente escala:

Calificación	ICES
Muy alta	más de 85 hasta 100
Alta	más de 70 hasta 85
Baja	más de 50 hasta 70

En el proyecto, el autor del mismo deberá, cuando la propiedad así lo requiera:

- estimar el valor del índice ICES, asegurándose en su caso de que no sea inferior al valor indicado en el párrafo anterior; y
- definir, a partir del índice ICES, la correspondiente estrategia para la sostenibilidad de acuerdo con lo indicado en 6.4.

Una estructura podrá ser calificada según el nivel de contribución a la sostenibilidad proyectado solamente cuando su construcción haya finalizado y su ICES sea al menos igual que el de proyecto.

La dirección facultativa, bajo su propia responsabilidad, será la encargada de verificar que el cálculo de los índices de contribución a la sostenibilidad de cada uno de los procesos o productos (ICPS) se corresponde con la metodología seguida para cálculo en el Anejo 2 y que los datos proporcionados por los agentes (organizaciones) son veraces y se encuentran debidamente documentados. Quedará garantizado que los datos son veraces y se encuentran debidamente documentados con la existencia y uso efectivo de un distintivo de sostenibilidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el Artículo 7 de este Código.

La estimación inicial del ICES realizada por el autor del proyecto debe ser recalculada por parte de la dirección facultativa al término de la obra con los datos que los agentes intervinientes aporten durante el proceso de construcción.

El recálculo debe basarse en los suministros reales de procesos o productos que los distintos agentes han realizado, según se recoge en la documentación final de la obra, indicada en el apartado 4.2.3 de este Código.

A estos efectos se consideran como procesos o productos que intervienen en la estructura los indicados en la Tabla A2.2 del Anejo 2. De igual modo se entenderá como organización lo contemplado en el Anejo 2.

La dirección facultativa deberá informar a la propiedad del resultado del ICES con el objetivo de valorar su sostenibilidad, y de comprobar que la estructura ha alcanzado el valor indicado en proyecto, así como documentar la comprobación y conservar durante la vida útil de la estructura los documentos pertinentes que justifiquen el cálculo del ICES de la estructura construida, incorporándolo a la documentación final de obra.

Los agentes contemplados en el Anejo 2 serán responsables de transmitir la información necesaria para la obtención del índice de contribución de cada producto o proceso a la sostenibilidad, ICPS. Con carácter general, el agente que aporte los productos o procesos declarará la participación en los mismos de aquellos otros productos o procesos, básicos y/o transformados, identificados en el Anejo 2, cuantificando dicha participación e indicando los agentes que actúan como proveedores de estos últimos.

Estrategia para la sostenibilidad

El autor del proyecto deberá definir una estrategia para la sostenibilidad que consistirá en la estimación del valor del ICES requerido por la propiedad, el resumen del modo en el que se ha obtenido dicho valor y las medidas o criterios a aplicar durante la fase de construcción de la estructura.

5.7.1. DISTINTIVO DE SOSTENIBILIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO (DSOR)

De forma voluntaria, los productos y los procesos contemplados en el Anejo 2 podrán demostrar el valor de su contribución a la sostenibilidad de la estructura mediante un distintivo de sostenibilidad oficialmente reconocido. El distintivo de sostenibilidad oficialmente reconocido consiste en el ICPS del agente, certificado por tercera parte, y reconocido oficialmente de acuerdo al procedimiento descrito en el apartado 7.1. Un DSOR garantiza que la metodología seguida para el cálculo es la indicada en el Anejo 2 y que los datos proporcionados por los agentes (organizaciones) son veraces y se encuentran debidamente documentados.

A efectos de lo indicado en este Código, se entenderá que un distintivo de sostenibilidad está oficialmente reconocido cuando el reconocimiento se realice por un Órgano Directivo con competencias en normativa técnica en el ámbito de la edificación o de la obra pública y perteneciente a la Administración Pública de cualquier Estado miembro de la Unión Europea o de cualquiera de los Estados firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo.

Lo dispuesto en el párrafo anterior será también de aplicación a los procesos o productos de construcción fabricados o comercializados legalmente en un Estado que tenga un acuerdo de asociación aduanera con la Unión Europea, cuando ese acuerdo reconozca a esos procesos o productos el mismo tratamiento que a los de un Estado miembro de la Unión Europea.

Procedimiento de reconocimiento oficial de distintivos de sostenibilidad

Estarán legitimados para presentar la solicitud de reconocimiento oficial de un distintivo de sostenibilidad, los organismos de certificación acreditados conforme a los apartados de este Código que le sean de aplicación y a la norma UNE-EN ISO/IEC 17065 según el Reglamento (CE) nº 765/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de julio.

La solicitud deberá acompañarse de al menos la siguiente documentación:

- a) Memoria explicativa y justificativa de la solicitud.
- b) Reglamento regulador del distintivo en donde se definan las garantías particulares, procedimiento de concesión, régimen de funcionamiento, requisitos técnicos y reglas para la toma de decisiones. En cualquier caso, dicho reglamento incluirá la declaración explícita de su conformidad con el contenido de este Capítulo.

- c) Cualquier otra documentación que la Administración reconocedora establezca o considere necesaria en relación al ámbito de certificación en el que se desarrolle el distintivo.

La Administración reconocedora podrá recabar los informes o dictámenes de los expertos por ella designados, en función de las características de la certificación cuyo reconocimiento se solicita.

Para mayor difusión y comodidad en el acceso de la información por parte de los usuarios, cualquier autoridad competente de las contempladas en los párrafos anteriores para el reconocimiento oficial de un distintivo de sostenibilidad, podrá solicitar la publicación de los distintivos por ellas reconocidos en las páginas web de las Comisiones Permanentes que proponen este Código, creadas a tal efecto.

Si la resolución de la Administración reconocedora fuese desfavorable al reconocimiento, la finalización del procedimiento se produciría con la comunicación al solicitante.

La enmienda o retirada del reconocimiento oficial del distintivo podrá ser realizada a instancia o de parte, para lo cual se iniciará el procedimiento mediante la oportuna solicitud y se regirá conforme a los mismos trámites que para su reconocimiento.

La Administración reconocedora vigilará la correcta aplicación de los distintivos, por lo que podrá participar en todas aquellas actividades que se consideren relevantes para el correcto funcionamiento del distintivo. De igual modo, para verificar la correcta actuación de los servicios de inspección correspondientes, podrá asistir a las inspecciones que se realicen a las instalaciones que ostenten la certificación en cuestión.

Si se detectase alguna anomalía en estos procedimientos, la Administración reconocedora podrá incoar un expediente y podrá suspender el reconocimiento, comunicando previamente la propuesta de retirada al solicitante con el objeto de que pueda formular alegaciones. La validez del reconocimiento quedará condicionada al mantenimiento de las condiciones que lo motivan.

PRESUPUESTO



ÍNDICE

1. Mediciones.
2. Justificación de precios.
 - 2.1. Precios elementales.
 - 2.1.1. Mano de obra.
 - 2.1.2. Maquinaria.
 - 2.1.3. Materiales.
 - 2.2. Precios descompuestos.
3. Resumen presupuesto.

1 - MEDICIONES.

CAPÍTULO 1

Referencia		Descripción	Unidades
E01	Capítulo	CÁLCULO BANCADA CONDENSADOR	1,00
		<p>Cálculo cimentación nueva bancada. Cálculo estructural perfiles metálicos, apoyo condensador y elementos estructura secundaria. Comprobación estructura existente condensador sobre depósito hormigón. Se excluye: Solicitud D.R. para licencia de obra en Ayuntamiento de San Vicente del Raspeig y C.F.O. Redacción de Estudio Seguridad y Salud. Coordinación de Seguridad y Salud. IVA.</p>	

CAPÍTULO 2

E02	Capítulo	BANCADA CONDENSADOR Y PASARELAS	1,00
		<p>Desmontaje de bancada existente del condensador. Suministro y montaje de bancada conformada por perfiles metálicos según planos aportados. Solados a placas de anclaje previamente hormigonadas (no incluido). Totalmente terminado y acabado en grado de imprimación antióxido. Reparación y modificación de pasarela existente (separarla del condensador, ya que está soldada a él, y reforzarla en ese tramo; y estrecharla en la zona que une la torre de refrigeración y el condensador).</p>	
E03	Partida	Desmontaje bancada condensador	1,00
E04	Partida	Suministro y montaje de bancada condensador	1,00
E05	Partida	Reparación y modificación pasarela existente	1,00
E06	Partida	Camión MAN autocargante 12 T brazo 13 m	1,00
E07	Partida	Camión Mitsubishi autocar 3.5 T brazo 6 m	1,00
E08	Partida	Elevador eléctrico 10 m	2,00
E09	Partida	Camión Nissan cesta 14 m	1,00

CAPÍTULO 3

E10	Capítulo		PURGA DE INCONDENSABLES	1,00
			<p>Suministro de la valvulería y material de montaje. Mano de obra para la reforma del sistema de purga.</p> <p>Reforma del cuadro eléctrico. Se reforma el cuadro eléctrico correspondiente para incluir los solenoides de purga y se deja preparado para añadir el futuro purgador de incondensables.</p> <p>Instalación eléctrica para el conexionado de las nuevas válvulas solenoides. Programación PLC / SCADA necesaria para el control de la purga desde el PLC de la planta.</p> <p>Andamio para la instalación de las válvulas.</p> <p>Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha.</p>	
E11	Partida		Valvulería	1,00
E12	Partida		Cuadro eléctrico e instalación eléctrica	1,00
E13	Partida		Mano de obra subcontratada	1,00
E14	Partida		Mano de obra R&M	1,00
E15	Partida		Materiales de montaje	1,00
E16	Partida		Medios de elevación	1,00

CAPÍTULO 4

E17	Capítulo		AMPLACIÓN CONDENSADOR EVAPORATIVO	1,00
			<p>Primero se realizará un vaciado parcial de la actual instalación para hacer un picaje en la tubería de descarga y en la línea de líquido, para conectar el nuevo condensador al circuito existente. Una vez conectado se valora la puesta en marcha con frigorista.</p> <p>Según el estudio, se valora la instalación de un condensador nuevo con ventiladores de tipo axial en el módulo inferior, alta eficiencia y bajo nivel de ruido.</p>	
E18	Partida		Vacío y Picaje	1,00
E19	Partida		Equipo	1,00
E20	Partida		Valvulería (paso y seguridad)	1,00
E21	Partida		Tubería (suministro, montaje y pintura)	1,00
E22	Partida		Carga NH3	1,00
E23	Partida		Puesta en marcha y pruebas de estanqueidad	1,00
E24	Partida		Medios de elevación y grúas	1,00
E25	Partida		Estudio de ruido ampliación frío	1,00

CAPÍTULO 5

E26	Capítulo		APARAMENTA ELÉCTRICA	1,00
			<p>Reforma del cuadro eléctrico. Se reforma el cuadro eléctrico correspondiente para incluir las bombas, motores y el resto de las seguridades.</p> <p>Instalación eléctrica para el conexionado de las nuevas válvulas. Programación PLC / SCADA necesaria para el control del condensador desde el PLC de la planta.</p>	
E27	Partida		Instalación eléctrica.	1,00
E28	Partida		Instalación de nuevo cuadro eléctrico para el nuevo condensador.	1,00

CAPÍTULO 6

E29	Capítulo		CÁLCULO BANCADA TORRE REFRIGERACIÓN	1,00
			<p>Cálculo cimentación nueva bancada.</p> <p>Cálculo estructural perfiles metálicos, apoyo torre de refrigeración y elementos estructura secundaria.</p> <p>Comprobación estructura existente torre de refrigeración sobre depósito hormigón. Se excluye: Solicitud D.R. para licencia de obra en Ayuntamiento de San Vicente del Raspeig y C.F.O.</p> <p>Redacción de Estudio Seguridad y Salud.</p> <p>Coordinación de Seguridad y Salud.</p> <p>IVA.</p>	

CAPÍTULO 7

E30	Capítulo		BANCADA TORRE REFRIGERACIÓN Y PASARELAS	1,00
			<p>Desmontaje de bancada existente de torre de refrigeración. Suministro y montaje de bancada para torre de refrigeración según plano recibido. Reparación y modificación de pasarela existente (separarla del condensador, ya que está soldada a él, y reforzarla en ese tramo; y estrecharla en la zona que une la torre de refrigeración y el condensador). Suministro y montaje de estructura para soporte de torre de refrigeración conformada por perfiles de la serie HEA/UPN IPE para conformar base de apoyo sobre pilares HEA 200 soldados a placas de anclaje previamente hormigonadas. Totalmente montado y acabado en imprimación antióxido. Incluye pasarela con base de rejilla tramex galvanizada.</p>	
E31	Partida		Desmontaje bancada condensador	1,00
E32	Partida		Suministro y montaje de bancada torre refrigeración	1,00
E33	Partida		Reparación y modificación pasarela existente	1,00
E34	Partida		Materiales según las especificaciones de plano	1,00
E35	Partida		Camión Mitsubishi autocar 3.5 T brazo 6 m	1,00
E36	Partida		Alquiler brazo plataforma	1,00
E37	Partida		Camión Nissan cesta 14 m	1,00

CAPÍTULO 8

E38	Capítulo		INSTALACIÓN TORRE DE REFRIGERACIÓN	1,00
			<p>Primero se realizará la implantación de la nueva torre de refrigeración a la actual instalación, para conectar la nueva torre refrigeración al circuito existente. Una vez conectado se valora la puesta en marcha con frigorista.</p> <p>Según el estudio, se valora la instalación de una torre refrigeración nueva con ventiladores de tipo centrífugo en el módulo inferior, alta eficiencia y bajo nivel de ruido.</p>	
E39	Partida		Suministro de equipo	1,00
E40	Partida		Valvulería (paso y seguridad)	1,00
E41	Partida		Tubería (suministro, montaje y pintura)	1,00
E42	Partida		Puesta en marcha y pruebas de estanqueidad	1,00
E43	Partida		Medios de elevación y grúas	1,00
E44	Partida		Transporte sobre camión	1,00
E45	Partida		Alquiler maquinaria articulada de 12 m	1,00
E46	Partida		Mano de obra R&M	1,00

CAPÍTULO 9

E47	Capítulo		INSTALACIÓN INTERCAMBIADOR DE PLACAS	1,00
			<p>Modificación de tubería existente de bomba vertical Grundfos para retranquearla hacia atrás sobre 1 m y así dejar espacio para la nueva bomba y el intercambiador.</p> <p>Suministro y montaje de circuito para intercambiador de placas en tubería inox DN65- 316 para agua descalcificada según diagrama de flujos recibido.</p> <p>Fabricación de bancada común para bomba e intercambiador. Montaje de estos elementos en dicha bancada.</p> <p>Incluye picajes para sondas. No incluye válvulas en este circuito DN65.</p> <p>Suministro y montaje de tubería en DN20-304 con picaje en línea existente de agua descalcificada para alimentar el circuito secundario.</p> <p>Incluye vaso de expansión igual al existente en equipo adyacente, regulador manual de presión de 1/2", manómetro analógico de presión 0-10 bar con glicerina, válvula de seguridad regulable 1/2", y purgador de latón.</p>	
E48	Partida		Material complementario	1,00
E49	Partida		Equipo INTERCAMBIADOR PHE Brazed, CB1 10-90H B23	1,00

E50	Partida	Transporte material	1,00
E51	Partida	Comprobación y purgado del sistema	1,00
E52	Partida	Mano de obra subcontratada	1,00
E53	Partida	Circuito secundario enfriamiento sector 3 P2	1,00

2 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS CONDENSADOR

2.1 – PRECIOS ELEMENTALES

2.1.1 – MANO DE OBRA

Referencia	Ud	Descripción	Precio
E13	HT	Mano de obra subcontratada	4.339,79 €
E14	HT	Mano de obra R&M	3.735,47 €
MHO	HT	Mano de obra estructura	1.835,00 €
MOC	HT	Mano de obra de montaje y frigoristas	30.931,04 €
E27	HT	Instalación eléctrica.	15.368,00 €
E28	HT	Instalación de nuevo cuadro eléctrico para el nuevo condensador.	2.674,00 €

2.1.2 – MAQUINÁRIA

Referencia	Ud	Descripción	Precio
E16		Medios de elevación	1.098,67 €
E24		Medios de elevación y grúas	8.352,88 €
E06		Camión MAN autocargante 12 T brazo 13 m	1.000,63 €
E07		Camión Mitsubishi autocar 3.5 T brazo 6 m	780,35 €
E08		Elevador eléctrico 10 m	1.500,00 €
E09		Camión Nissan cesta 14 m	860,00 €

2.1.3 – MATERIALES

Referencia	Ud	Descripción	Precio
E04	UD	Suministro y montaje de bancada condensador	12.894,24 €
HO	KG	Hormigón HL-150/F/20	932,58 €
HA	KG	Hormigón armado HA-25/F/20/XC2	1.558,43 €
HEA	UD	S275JR Perfil laminado HEA	6.135,03 €
IPE	UD	S275JR Perfil laminado IPE	2.500,70 €
PLA	UD	Placa anclaje acero S275JR	1.767,50 €
TRX	UD	Tramex	2.643,12 €
E11	UD	Valvuleria	12.692,71 €
E12	UD	Cuadro eléctrico e instalación eléctrica	14.296,40 €
E15	UD	Materiales de montaje	428,92 €
E19	UD	Equipo (Condensador PMCQ-687)	143.917,81 €
E20	UD	Valvuleria (paso y seguridad)	5.291,10 €
E21	MT	Tubería (suministro, montaje y pintura)	24.580,00 €
E22	UD	Carga NH3	2.340,00 €
VAL	UD	Válvulas ICF	846,18 €
TUB	M	Tuberías acero DN 15	763,12 €
PIT	L	Pintura	70,43 €
DIF	UD	Diferencial	80,50 €
MAG	UD	Magnetotérmico	25,12 €
PLC	UD	PLC-Siemens 1212 FC	373,90 €
REL	UD	Relé	7,67 €
GUA	UD	Guardamotor MM509N	15,92 €
CON	UD	Contactador Serie NC1	50,74 €
TEP	UD	Temporizador VEMER VE762300 MICRO AST	50,40 €
FA	UD	Fuente de alimentación CCTV 220VAC-DC60V 1,2kW	66,99 €
VF	UD	Variador de frecuencia G120C	725,76 €
CBE	M	Cableado exterior TOXFREE ZH ROZ1-K (AS) VFD EMC 0,6/1 kV DN10	85,20 €
CBC	M	Cableado cuadro TOPFLEX MS TRI-RATED DN3	37,16 €
CUA	UD	Cuadro eléctrico	93,10 €
CAN	UD	Canalización eléctrica	1.864,60 €
SCA	UD	Programa SCADA industria	2.731,20 €

2.2 – PRECIOS DESCOMPUESTOS

CAPÍTULO 1

Ref.	Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E01		CÁLCULO BANCADA CONDENSADOR	1,00		3.250,00 €
		Cálculo cimentación nueva bancada. Cálculo estructural perfiles metálicos, apoyo condensador y elementos estructura secundaria. Comprobación estructura existente condensador sobre depósito hormigón. Se excluye: Solicitud D.R. para licencia de obra en Ayuntamiento de San Vicente del Raspeig y C.F.O. Redacción de Estudio Seguridad y Salud. Coordinación de Seguridad y Salud. IVA.			



CAPÍTULO 2

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E02	Capítulo		BANCADA CONDENSADOR Y PASARELAS	1,00		165.523,33 €
			<p>Desmontaje de bancada existente del condensador. Suministro y montaje de bancada conformada por perfiles metálicos según planos aportados. Solados a placas de anclaje previamente hormigonadas (no incluido). Totalmente terminado y acabado en grado de imprimación antióxido.</p> <p>Reparación y modificación de pasarela existente (separarla del condensador, ya que está soldada a él, y reforzarla en ese tramo; y estrecharla en la zona que une la torre de refrigeración y el condensador).</p>			
E03	Partida		Desmontaje bancada condensador	1,00	5.642,31 €	5.642,31 €
E04	Partida	UD	Suministro y montaje de bancada condensador	1,00	12.894,24 €	12.894,24 €
HO		KG	Hormigón HL-150/F/20	1,00	932,58 €	932,58 €
HA		KG	Hormigón armado HA-25/F/20/XC2	1,00	1.558,43 €	1.558,43 €
HEA		UD	S275JR Perfil laminado HEA	55,00	1.263,03 €	69.466,65 €
IPE		UD	S275JR Perfil laminado IPE	25,00	1.130,70 €	28.267,50 €
PLA		UD	Placa anclaje acero S275JR	8,00	1.767,50 €	14.140,00 €
E05	Partida		Reparación y modificación pasarela existente	1,00	3.781,92 €	3.781,92 €
TRX		UD	Tramex	6,00	2.643,12 €	15.858,72 €
E06	Partida		Camión MAN autocargante 12 T brazo 13 m	1,00	1.000,63 €	1.000,63 €
E07	Partida		Camión Mitsubishi autoca 3.5 T brazo 6 m	1,00	780,35 €	780,35 €
E08	Partida		Elevador eléctrico 10 m	2,00	1.500,00 €	3.000,00 €
E09	Partida		Camión Nissan cesta 14 m	1,00	860,00 €	860,00 €
MHO		HT	Mano de obra estructura	4,00	1.835,00 €	7.340,00 €

CAPÍTULO 3

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E10	Capítulo		PURGA DE INCONDENSABLES	1,00		36.591,96 €
			<p>Suministro de la valvulería y material de montaje. Mano de obra para la reforma del sistema de purga. Reforma del cuadro eléctrico. Se reforma el cuadro eléctrico correspondiente para incluir los solenoides de purga y se deja preparado para añadir el futuro purgador de incondensables. Instalación eléctrica para el conexionado de las nuevas válvulas solenoides. Programación PLC / SCADA necesaria para el control de la purga desde el PLC de la planta. Andamio para la instalación de las válvulas. Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha.</p>			
E11	Partida	UD	Valvuleria	1,00	12.692,71 €	12.692,71 €
E12	Partida	UD	Cuadro eléctrico e instalación eléctrica	1,00	14.296,40 €	14.296,40 €
E13	Partida	HT	Mano de obra subcontratada	1,00	4.339,79 €	4.339,79 €
E14	Partida	HT	Mano de obra R&M	1,00	3.735,47 €	3.735,47 €
E15	Partida	UD	Materiales de montaje	1,00	428,92 €	428,92 €
E16	Partida		Medios de elevación	1,00	1.098,67 €	1.098,67 €

CAPÍTULO 4

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E17	Capítulo		AMPLACIÓN CONDENSADOR EVAPORATIVO	1,00		244.877,29 €
			<p>Primero se realizará un vaciado parcial de la actual instalación para hacer un picaje en la tubería de descarga y en la línea de líquido, para conectar el nuevo condensador al circuito existente. Una vez conectado se valora la puesta en marcha con frigorista.</p> <p>Según el estudio, se valora la instalación de un condensador nuevo con ventiladores de tipo axial en el módulo inferior, alta eficiencia y bajo nivel de ruido.</p>			
E18	Partida		Vacío y Picaje	1,00	6.610,00 €	6.610,00 €
E19	Partida	UD	Equipo	1,00	143.917,81 €	143.917,81 €
E20	Partida	UD	Valvuleria (paso y seguridad)	1,00	5.291,10 €	5.291,10 €
VAL		UD	Válvulas ICF	15,00	846,18 €	12.692,70 €
E21	Partida	MT	Tubería (suministro, montaje y pintura)	1,00	24.580,00 €	24.580,00 €
TUB		M	Tuberías acero DN 15	5,00	763,12 €	3.815,60 €
PIT		L	Pintura	7,00	70,43 €	493,01 €
E22	Partida	KG	Carga NH3	1,00	2.340,00 €	2.340,00 €
E23	Partida		Puesta en marcha y pruebas de estanqueidad	1,00	4.020,00 €	4.020,00 €
E24	Partida		Medios de elevación y grúas	1,00	8.352,88 €	8.352,88 €
E25	Partida		Estudio de ruido ampliación frío	1,00	1.833,15 €	1.833,15 €
MOC		HT	Mano de obra de montaje y frigoristas	1,00	30.931,04 €	30.931,04 €

CAPÍTULO 5

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E26	Capítulo		APARAMENTA ELÉCTRICA	1,00		53.729,90 €
			<p>Reforma del cuadro eléctrico. Se reforma el cuadro eléctrico correspondiente para incluir las bombas, motores y el resto de las seguridades.</p> <p>Instalación eléctrica para el conexionado de las nuevas válvulas. Programación PLC / SCADA necesaria para el control del condensador desde el PLC de la planta.</p>			
E27	Partida	HT	Instalación eléctrica.	1,00	15.368,00 €	15.368,00 €
E28	Partida	HT	Instalación de nuevo cuadro eléctrico para el nuevo condensador.	1,00	2.674,00 €	2.674,00 €
DIF		UD	Diferencial	6,00	80,50 €	483,00 €
MAG		UD	Magnetotérmico	10,00	25,12 €	251,20 €
PLC		UD	PLC-Siemens 1212 FC	3,00	373,90 €	1.121,70 €
REL		UD	Relé	43,00	7,67 €	329,81 €
GUA		UD	Guardamotor MM509N	10,00	15,92 €	159,20 €
CON		UD	Contactador Serie NC1	11,00	50,74 €	558,14 €
TEP		UD	Temporizador VEMER VE762300 MICRO AST	1,00	50,40 €	50,40 €
FA		UD	Fuente de alimentación CCTV 220VAC-DC60V 1,2kW	1,00	66,99 €	66,99 €
VF		UD	Variador de frecuencia G120C	6,00	725,76 €	4.354,56 €
CBE		M	Cableado exterior TOXFREE ZH ROZ1-K (AS) VFD EMC 0,6/1 kV DN10	30,00	85,20 €	2.556,00 €
CBC		M	Cableado cuadro TOPFLEX MS TRI-RATED DN3	15,00	37,16 €	557,40 €
CUA		UD	Cuadro eléctrico	1,00	93,10 €	93,10 €
CAN		M	Canalización eléctrica	12,00	1.864,60 €	22.375,20 €
SCA		UD	Programa SCADA industria	1,00	2.731,20 €	2.731,20 €

2 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS TORRE REFRIGERACIÓN

2.1 – PRECIOS ELEMENTALES

2.1.1 – MANO DE OBRA

Referencia	Ud	Descripción	Precio
E13	HT	Mano de obra subcontratada	3.760,23 €
E14	HT	Mano de obra R&M	2.548,61 €
MHO	H	Mano de obra estructura (160H)	32,40 €
MOC	H	Mano de obra de montaje y frigoristas(191H)	35,60 €
MOP	H	Mano de obra ampliación pasarela(102H)	32,40 €
MOB	H	Mano de obra bancada grupo bombeo(30h)	32,40 €

2.1.2 – MAQUINÁRIA

Referencia	Ud	Descripción	Precio
E16		Medios de elevación	1.380,72 €
E43		Medios de elevación y grúas	8.643,67 €
E44		Transporte camión	887,24 €
E45		Alquiler maquinaria articulada de 12 m	700,00 €
E36		Alquiler brazo plataforma	1.460,30 €
E37		Camión Nissan cesta 14 m	860,00 €
E35		Camión Mitsubishi autoca 3.5 T brazo 6 m	780,34 €
E50		Transporte material	1.240,33 €

2.1.3 – MATERIALES

Referencia	Ud	Descripción	Precio
E32	UD	Suministro y montaje de bancada torre refrigeración	8.631,38 €
E34	UD	Materiales según las especificaciones de plano	4.476,50 €
MH	UD	Materiales hierros (tubos, tramex, chapa, soldadura y gas)	150,80 €
AA	M	Acero ángulo 80 mm (18m)	28,40 €
AI	UD	Acero IPN 120 mm	90,40 €
AH	UD	Acero HEB 120 X 6000 mm	170,00 €
TC	M	Tubo cuadrado 40 X 1,5 mm (24m)	7,20 €
TX	UD	Tramex (2X1) (10)	108,10 €
CH	UD	Chapa 2000 X 1000 X 1,5 mm (2)	47,73 €
CR	UD	Cartabones 300 X 60 mm (16)	29,80 €
IM	UD	Imprimación y pintura epóxica	730,99 €
HG	UD	Hilo y gas	133,75 €
ACT1	M	Tubo acero S/S de 4" (24m)	38,20 €
ACT2	M	Tubo acero S/S de 3" (6m)	32,59 €
ACC1	UD	Codos 4" A-234 (12)	8,80 €
ACC2	UD	Codos 3" A-234 (3)	5,00 €
ACB1	UD	Bridas DN 80 2" 1/2 (15)	25,40 €
ACB2	UD	Bridas DN 100 3" (15)	29,70 €
ACB3	UD	Bridas DN 114 4" (16)	32,80 €
ACV1	UD	Válvula mariposa EPDM 2" 1/2 (3)	43,10 €
ACV2	UD	Válvula mariposa EPDM 3" (3)	54,80 €
ACV3	UD	Válvula mariposa EPDM 4" (4)	75,60 €
ACV4	UD	Válvula retención doble plato DN65(3)	61,00 €
ACR	UD	Reducciones (2)	15,44 €
ACT	UD	"T"s 4" (2)	17,06 €
ACTZ	UD	Tornillo 16M X 70 Zincado (150)	3,38 €
ACT8	UD	Tuercas M16 zinc clase 8 (150)	0,52 €
ACA	UD	Arandelas M-16 zinc (150)	0,08 €
ACH	UD	Hilo, gas	137,00 €
E39	UD	Suministro equipo	49.794,68 €
AIC	UD	Chapa 2000 X 1000 X 3 mm	180,00 €
AIB1	UD	Brida DIN 2576 DN 100 (2)	46,95 €
AIB2	UD	Brida DIN 2576 DN 65 (2)	38,90 €
AIR	UD	Reducción 114 X 65 A-304 (2)	17,10 €
AIG	UD	Gas y soldadura	90,10 €
E49	UD	Equipo INTERCAMBIADOR PHE Brazed, CB1 10-90H B23	2.393,31 €
INT	UD	Aislamiento para intercambiador Insulation CB76 61-90	12,96 €
B1	UD	Bomba LKH-10/150-SSS-3.00KW-EPDM IS	3.850,12 €
E53	UD	Circuito secundario enfriamiento sector 3 P2	4.868,58 €

2.2 – PRECIOS DESCOMPUESTOS

CAPÍTULO 6

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E29	Capítulo		CÁLCULO BANCADA TORRE REFRIGERACIÓN	1,00		3.250,00 €
			<p>Cálculo cimentación nueva bancada. Cálculo estructural perfiles metálicos, apoyo torre de refrigeración y elementos estructura secundaria. Comprobación estructura existente torre de refrigeración sobre depósito hormigón. Se excluye: Solicitud D.R. para licencia de obra en Ayuntamiento de San Vicente del Raspeig y C.F.O. Redacción de Estudio Seguridad y Salud. Coordinación de Seguridad y Salud. IVA.</p>			

CAPÍTULO 7

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E30	Capítulo		BANCADA TORRE REFRIGERACIÓN Y PASARELAS	1,00		25.516,86 €
			Desmontaje de bancada existente de torre de refrigeración. Suministro y montaje de bancada para torre de refrigeración según plano recibido. Reparación y modificación de pasarela existente (separarla del condensador, ya que está soldada a él, y reforzarla en ese tramo; y estrecharla en la zona que une la torre de refrigeración y el condensador). Suministro y montaje de estructura para soporte de torre de refrigeración conformada por perfiles de la serie HEA/UPN IPE para conformar base de apoyo sobre pilares HEA 200 soldados a placas de anclaje previamente hormigonadas. Totalmente montado y acabado en imprimación antióxido. Incluye pasarela con base de rejilla tramex galvanizada.			
E31	Partida		Desmontaje bancada condensador	1,00	1.437,50 €	1.437,50 €
E32	Partida	UD	Suministro y montaje de bancada torre refrigeración	1,00	8.631,38 €	8.631,38 €
E33	Partida		Reparación y modificación pasarela existente	1,00	4.408,44 €	4.408,44 €
E34	Partida	UD	Materiales según las especificaciones de plano	1,00	4.476,50 €	4.476,50 €
E35	Partida		Camión Mitsubishi autoca 3.5 T brazo 6 m	1,00	780,34 €	780,34 €
E36	Partida		Alquiler brazo plataforma	1,00	1.460,30 €	1.460,30 €
E37	Partida		Camión Nissan cesta 14 m	1,00	860,00 €	860,00 €
AA		M	Acero ángulo 80 mm (18m)	18,00	28,40 €	511,20 €
AI		UD	Acero IPN 120 mm	1,00	90,40 €	90,40 €
AH		UD	Acero HEB 120 X 6000 mm	1,00	170,00 €	170,00 €
TC		M	Tubo cuadrado 40 X 1,5 mm (24m)	24,00	7,20 €	172,80 €
TX		UD	Tramex (2X1) (10)	10,00	108,10 €	1.081,00 €
CH		UD	Chapa 2000 X 1000 X 1,5 mm (2)	2,00	47,73 €	95,46 €
CR		UD	Cartabones 300 X 60 mm (16)	16,00	29,80 €	476,80 €
IM		UD	Imprimación y pintura epóxica	1,00	730,99 €	730,99 €
HG		UD	Hilo y gas	1,00	133,75 €	133,75 €

CAPÍTULO 8

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E38	Capítulo		INSTALACIÓN TORRE DE REFRIGERACIÓN	1,00		70.582,85 €
			Primero se realizará la implantación de la nueva torre de refrigeración a la actual instalación, para conectar la nueva torre refrigeración al circuito existente. Una vez conectado se valora la puesta en marcha con frigorista. Según el estudio, se valora la instalación de una torre refrigeración nueva con ventiladores de tipo centrífugo en el módulo inferior, alta eficiencia y bajo nivel de ruido.			
E39	Partida		Suministro equipo	1,00	49.794,68 €	49.794,68 €
E40	Partida		Valvulería (paso y seguridad)	1,00	-	-
E41	Partida		Tubería (suministro, montaje y pintura)	1,00	-	-
E42	Partida		Puesta en marcha y pruebas de estanqueidad	1,00	3.846,31 €	3.846,31 €
E43	Partida		Medios de elevación y grúas	1,00	8.643,67 €	8.643,67 €
E44	Partida		Transporte sobre camión	1,00	887,24 €	887,24 €
E45	Partida		Alquiler maquinaria articulada de 12 m	1,00	700,00 €	700,00 €
E46	Partida		Mano de obra R&M	1,00	2.548,61 €	2.548,61 €
ACT1	E41	M	Tubo acero S/S de 4" (24m)	24,00	38,20 €	916,80 €
ACT2	E41	M	Tubo acero S/S de 3" (6m)	6,00	32,59 €	195,54 €
ACC1	E41	UD	Codos 4" A-234 (12)	12,00	8,80 €	105,60 €
ACC2	E41	UD	Codos 3" A-234 (3)	3,00	5,00 €	15,00 €
ACB1	E41	UD	Bridas DN 80 2" 1/2 (15)	15,00	25,40 €	381,00 €
ACB2	E41	UD	Bridas DN 100 3" (15)	15,00	29,70 €	445,50 €
ACB3	E41	UD	Bridas DN 114 4" (16)	16,00	32,80 €	524,80 €
ACV1	E40	UD	Válvula mariposa EPDM 2" 1/2 (3)	3,00	43,10 €	129,30 €
ACV2	E40	UD	Válvula mariposa EPDM 3" (3)	3,00	54,80 €	164,40 €
ACV3	E40	UD	Válvula mariposa EPDM 4" (4)	4,00	75,60 €	302,40 €
ACV4	E40	UD	Válvula retención doble plato DN65(3)	3,00	61,00 €	183,00 €
ACR		UD	Reducciones (2)	2,00	15,44 €	30,88 €
ACT		UD	"T"s 4" (2)	2,00	17,06 €	34,12 €
ACTZ		UD	Tornillo 16M X 70 Zincado (150)	150,00	3,38 €	507,00 €
ACT8		UD	Tuercas M16 zinc clase 8 (150)	150,00	0,52 €	78,00 €
ACA		UD	Arandelas M-16 zinc (150)	150,00	0,08 €	12,00 €
ACH		UD	Hilo, gas	1,00	137,00 €	137,00 €

CAPÍTULO 9

Ref.		Ud	Descripción	Cant.	PrecioUd	Precio
E47	Capítulo		INSTALACIÓN INTERCAMBIADOR DE PLACAS	1,00		19.906,59 €
			<p>Modificación de tubería existente de bomba vertical Grundfos para retranquearla hacia atrás sobre 1 m y así dejar espacio para la nueva bomba y el intercambiador. Suministro y montaje de circuito para intercambiador de placas en tubería inox DN65- 316 para agua descalcificada según diagrama de flujos recibido. Fabricación de bancada común para bomba e intercambiador. Montaje de estos elementos en dicha bancada.</p> <p>Incluye picajes para sondas. No incluye válvulas en este circuito DN65.</p> <p>Suministro y montaje de tubería en DN20-304 con picaje en línea existente de agua descalcificada para alimentar el circuito secundario.</p> <p>Incluye vaso de expansión igual al existente en equipo adyacente, regulador manual de presión de 1/2", manómetro analógico de presión 0-10 bar con glicerina, válvula de seguridad regulable 1/2", y purgador de latón</p>			
E48	Partida		Material complementario	1,00	-	-
E49	Partida		Equipo INTERCAMBIADOR PHE Brazed, CB1 10-90H B23	1,00	2.393,31 €	2.393,31 €
E50	Partida		Transporte material	1,00	1.240,33 €	1.240,33 €
E51	Partida		Comprobación y purgado del sistema	1,00	3.305,06 €	3.305,06 €
E52	Partida		Mano de obra subcontratada	1,00	3.760,23 €	3.760,23 €
E53	Partida		Circuito secundario enfriamiento sector 3 P2	1,00	4.868,58 €	4.868,58 €
AIC	E48	UD	Chapa 2000 X 1000 X 3 mm	1,00	180,00 €	180,00 €
AIB1	E48	UD	Brida DIN 2576 DN 100 (2)	2,00	46,95 €	93,90 €
AIB2	E48	UD	Brida DIN 2576 DN 65 (2)	2,00	38,90 €	77,80 €
AIR	E48	UD	Reducción 114 X 65 A-304 (2)	2,00	17,10 €	34,20 €
AIG	E48	UD	Gas y soldadura	1,00	90,10 €	90,10 €
INT		UD	Aislamiento para intercambiador Insulation CB76 61-90	1,00	12,96 €	12,96 €
B1		UD	Bomba LKH-10/150-SSS-3.00kW-EPDM IS	1,00	3.850,12 €	3.850,12 €

3 – RESUMEN PRESUPUESTO

<u>CAPÍTULO 1 - CÁLCULO BANCADA CONDENSADOR</u>	<u>3.250,00 €</u>
<u>CAPÍTULO 2 - BANCADA CONDENSADOR Y PASARELAS</u>	<u>165.523,33 €</u>
<u>CAPÍTULO 3 - PURGA INCONDENSABLES</u>	<u>36.591,96 €</u>
<u>CAPÍTULO 4 - AMPLIACIÓN CONDENSADOR EVAPORATIVO</u>	<u>244.877,29 €</u>
<u>CAPÍTULO 5 - APARAMENTA ELÉCTRICA</u>	<u>53.729,90 €</u>
<u>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL CONDENSADOR</u>	<u>503.972,48 €</u>
<u>GASTOS GENERALES 3%</u>	<u>15.119,17 €</u>
<u>BENEFICIO INDUSTRIAL 6%</u>	<u>30.238,35 €</u>
<u>TOTAL PRESUPUESTO CONDENSADOR</u>	<u>549.330,00 €</u>
<u>CAPÍTULO 6 - CÁLCULO TORRE REFRIGERACIÓN</u>	<u>3.250,00 €</u>
<u>CAPÍTULO 7 - BANCADA TORRE REFRIGERACIÓN Y PASARELAS</u>	<u>25.516,86 €</u>
<u>CAPÍTULO 8 - INSTALACIÓN TORRE REFRIGERACIÓN</u>	<u>70.582,85 €</u>
<u>CAPÍTULO 9 - INSTALACIÓN INTERCAMBIADOR DE PLACAS</u>	<u>19.906,59 €</u>
<u>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL TORRE REFRIGERACIÓN</u>	<u>119.256,30 €</u>
<u>GASTOS GENERALES 3%</u>	<u>3.577,69 €</u>
<u>BENEFICIO INDUSTRIAL 6%</u>	<u>7.155,38 €</u>
<u>TOTAL PRESUPUESTO TORRE REFRIGERACIÓN</u>	<u>129.989,37 €</u>
<u>TOTAL PRESUPUESTO CONDENSADOR Y TORRE DE REFRIGERACIÓN</u>	<u>679.319,37 €</u>

PLANOS.



ÍNDICE

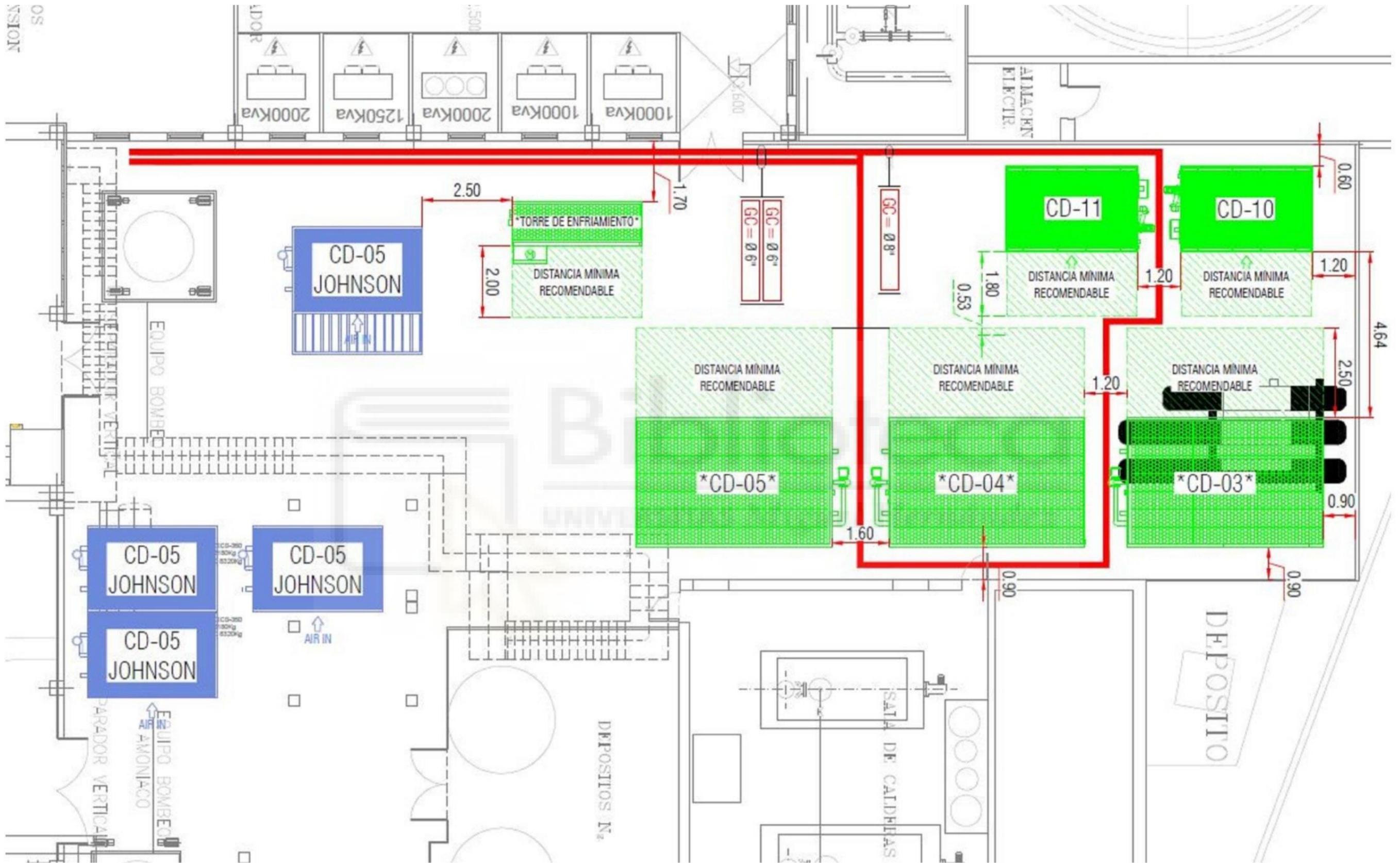
1. PLANO LOCALIZACIÓN.
2. PLANO SITUACIÓN.
3. PLANO EMPLAZAMIENTO.
4. PLANO SALA MÁQUINAS 1 (COMPRESORES).
5. PLANO SALA MÁQUINAS 2 (CONDENSADORES).
6. PLANO CONDENSADOR.
7. PLANO TORRE REFRIGERACIÓN.
8. PLANO ESTRUCTURA CONDENSADOR.
9. PLANO ESTRUCTURA TORRE REFRIGERACIÓN.



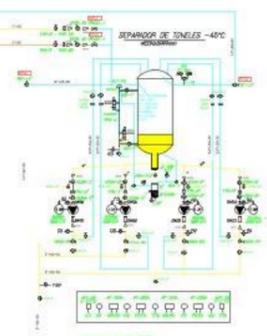
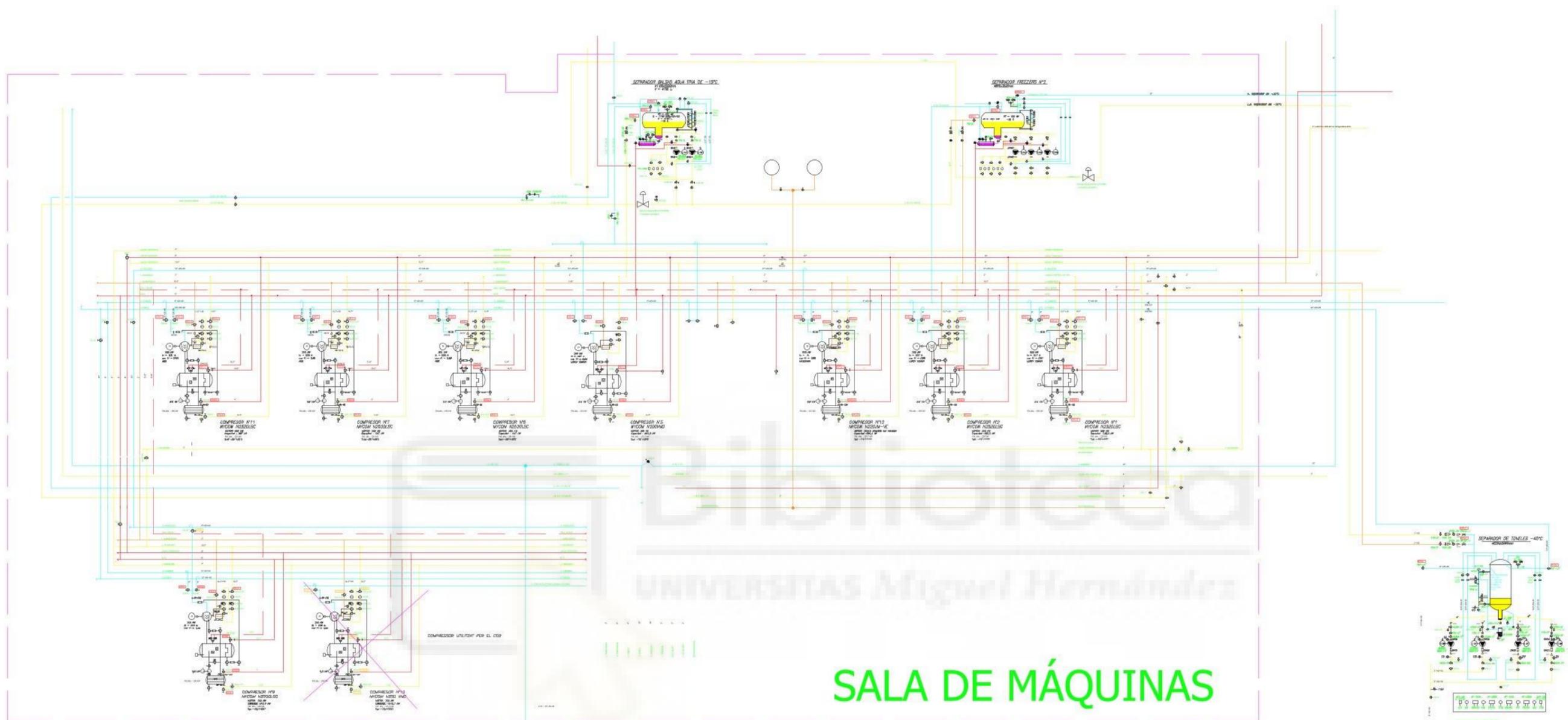
Leyenda

- Zona Residencial
- Zona Empresarial

Diseño de Pedro Gaona Cárceles	Revisado por	Fecha	Formato A3	Fecha 22/08/2022	
U.M.H.		Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración			Escala 1:1000
Nº Plano 2. Plano Situación				Edición 1	Hoja 1 / 1



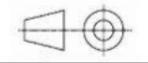
Nombre Pedro Gaona Cárceles	Revisado por	Fecha 22/08/2022	Formato A3	Fecha 22/08/2022	
U.M.H.		Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración	Escala 1:100		
		Nº Plano 3. Plano Emplazamiento	Edición 1	Hoja 1 / 1	

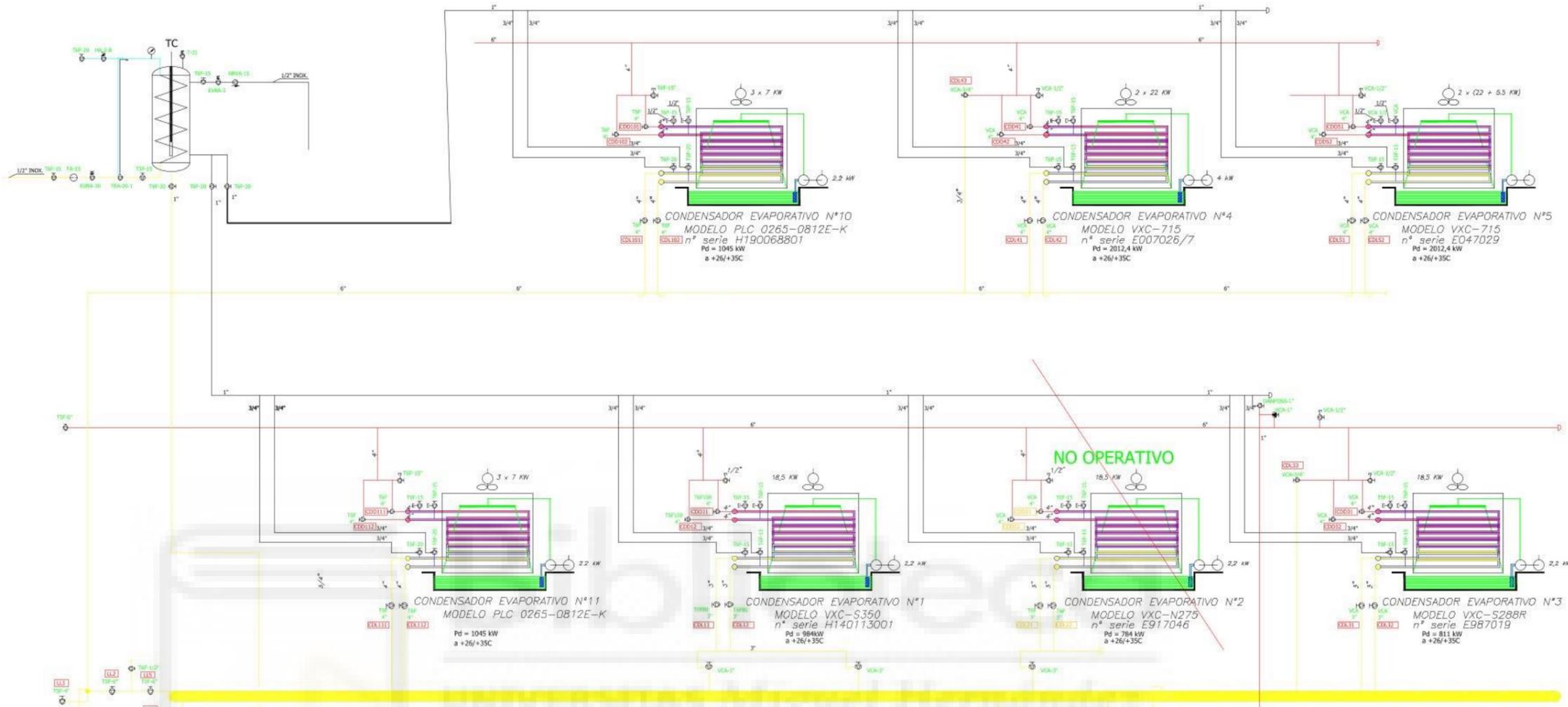


NOMENCLATURA ETIQUETAS VÁLVULAS

DESCRIPCIÓN	MATRÍCULA
Compresores aspiración	CPA
Compresores descarga	CPD
Compresores líquido	CPL
Condensador descarga	CDD
Condensador líquido	CDL
Depósito	DP
Separador balsas agua fría aspiración	SPBA
Separador balsas agua fría líquido	SPBL
Separador Freezers aspiración	SPFA
Separador Freezers líquido	SPFL
Separador túneles aspiración	SPTA
Separador túneles líquido	SPTL
Separador cámaras aspiración	SPCA
Separador cámaras líquido	SPCL
Recipiente termosifón descarga	RTD
Recipiente termosifón líquido	RTL
Rectificador de agua aspiración	RAA
Rectificador de agua descarga	RAD
Rectificador de agua líquido	RAL
Líneas de tubería aspiración	LA
Líneas de tubería descarga	LD
Líneas de tubería líquido	LL

SALA DE MÁQUINAS

Nombre Pedro Gaona Cárceles	Material N/D	Fecha 22/08/2024	Formato A3	Fecha 22/08/2024	
U.M.H.				Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración	
		Nº Plano 4. Plano Sala de máquinas		Edición 1	Hoja 1 / 2



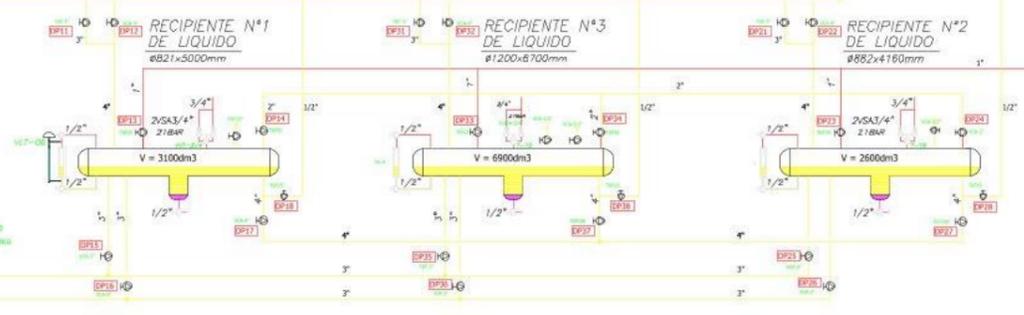
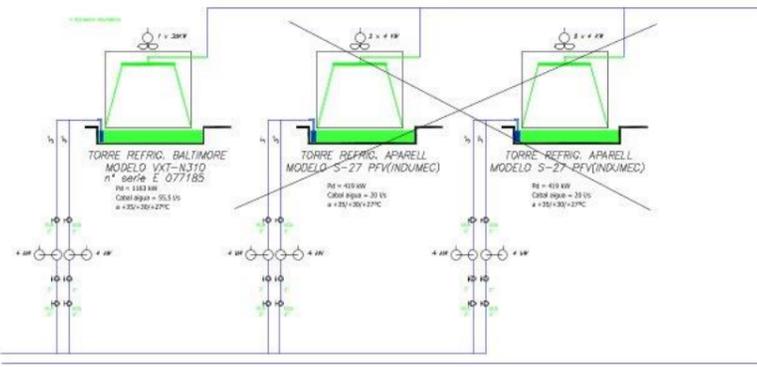
NO OPERATIVO

ETAPES CONDENSACIO

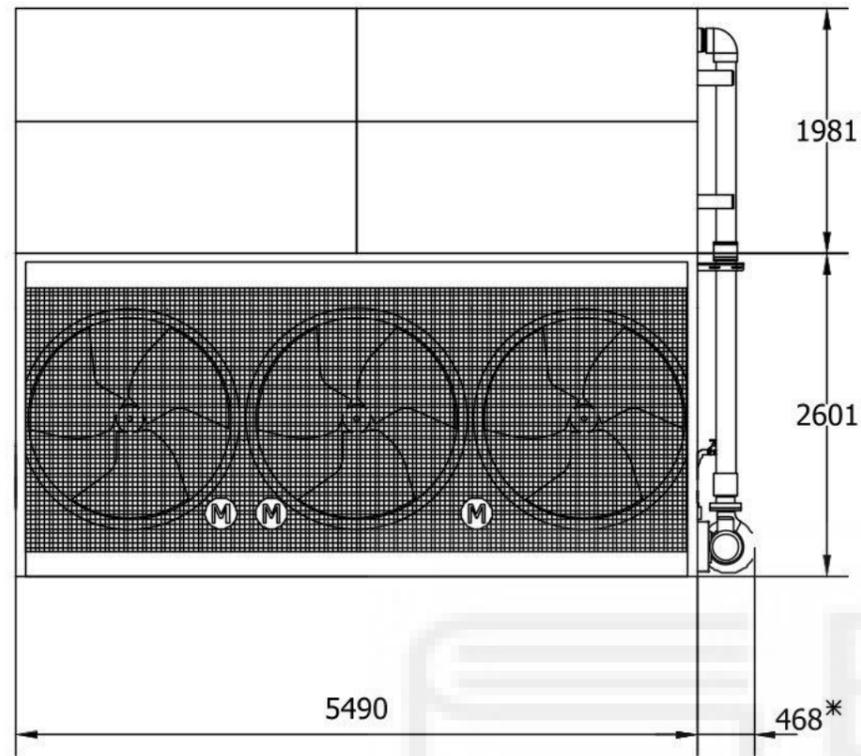
- 1- B4
- 2- B4+B1
- 3- B4+B1+B2
- 4- B4+B5
- 5- B4+B5+B1
- 6- B4+B5+B1+B2
- 7- B4+B5+B1+B2+B3
- 8- B4+B5+B1+B2+B3+V5.1
- 9- B4+B5+B1+B2+B3+V4
- 10- B4+B5+B1+B2+B3+V4+V5.1
- 11- B4+B5+B1+B2+B3+V4+V5.2
- 12- B4+B5+B1+B2+B3+V4+V5.2+V1
- 13- B4+B5+B1+B2+B3+V4+V5.2+V1+V2
- 14- B4+B5+B1+B2+B3+V4+V5.2+V1+V2+V3

NOMENCLATURA ETIQUETAS VÁLVULAS

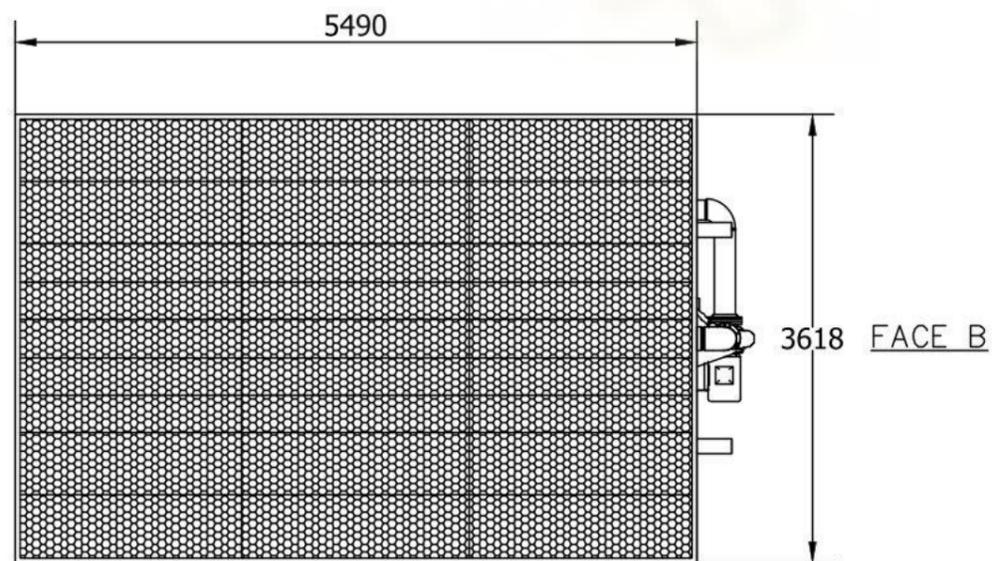
DESCRIPCIÓN	MATRÍCULA
Compresores aspiración	CPA
Compresores descarga	CPD
Compresores líquido	CPV
Condensador descarga	CDD
Condensador líquido	CDL
Depósito	DP
Separador balsas agua fría aspiración	SPBA
Separador balsas agua fría líquido	SPBL
Separador Freezers aspiración	SPFA
Separador Freezers líquido	SPFL
Separador túneles aspiración	SPTA
Separador túneles líquido	SPTL
Separador cámaras aspiración	SPCA
Separador cámaras líquido	SPCL
Recipiente termosifón descarga	RTD
Recipiente termosifón líquido	RTL
Rectificador de agua aspiración	RAA
Rectificador de agua descarga	RAD
Rectificador de agua líquido	RAL
Líneas de tubería aspiración	LA
Líneas de tubería descarga	LD
Líneas de tubería líquido	LL



Nombre Pedro Gaona Cárceles	Material N/D	Fecha 22/08/2024	Formato A3	Fecha 22/08/2024	Escala
U.M.H.		Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración		Escala	
U.M.H.		Nº Plano 5. Plano Sala de máquinas		Edición 1	Hoja 2 / 2

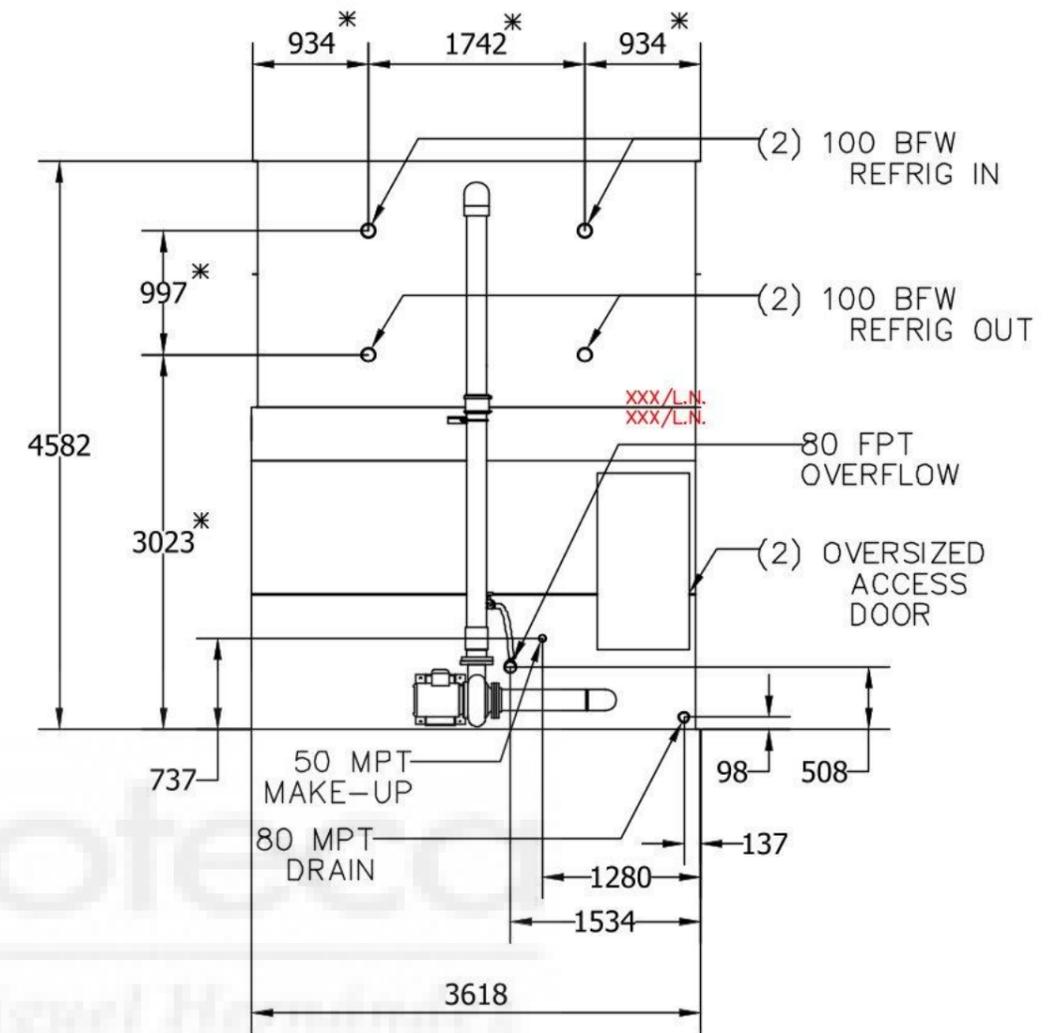


FACE A



FACE A

PLAN VIEW

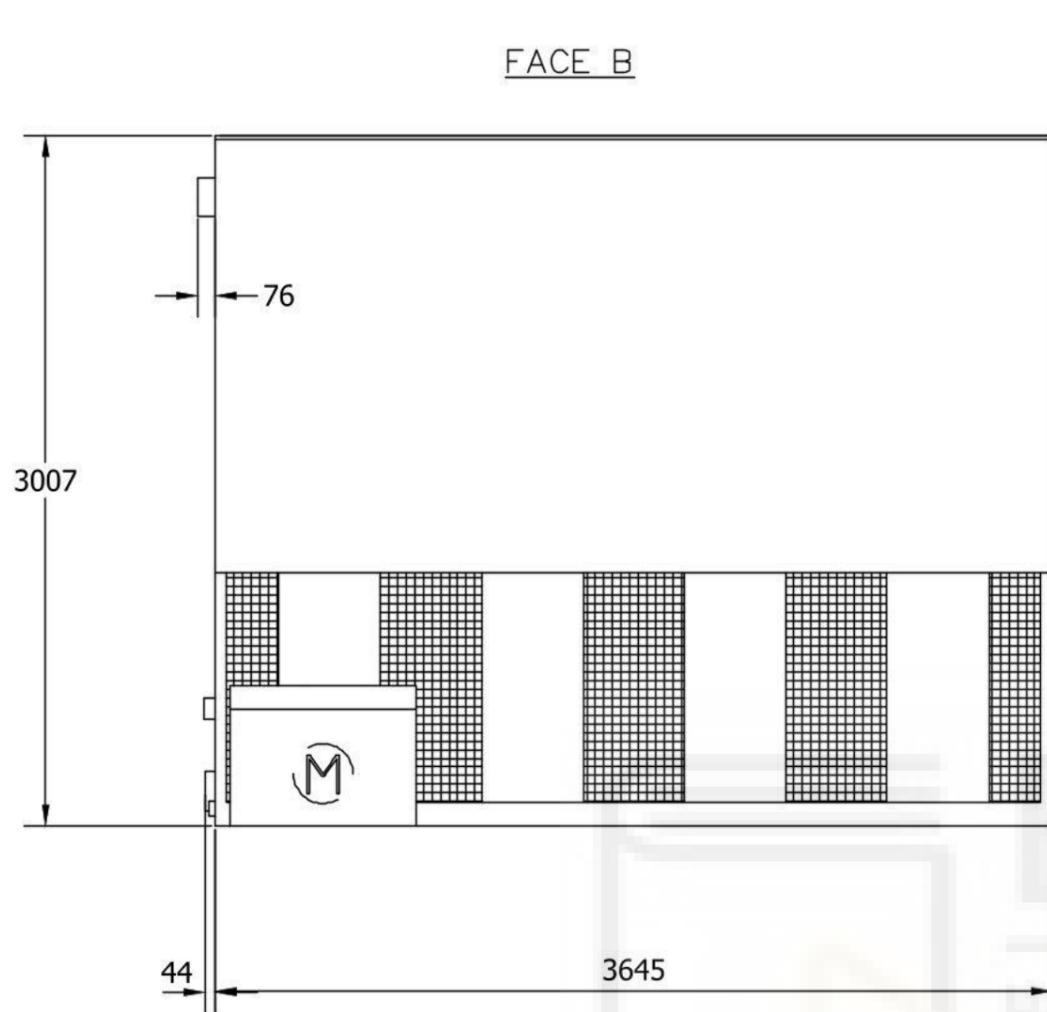


FACE B

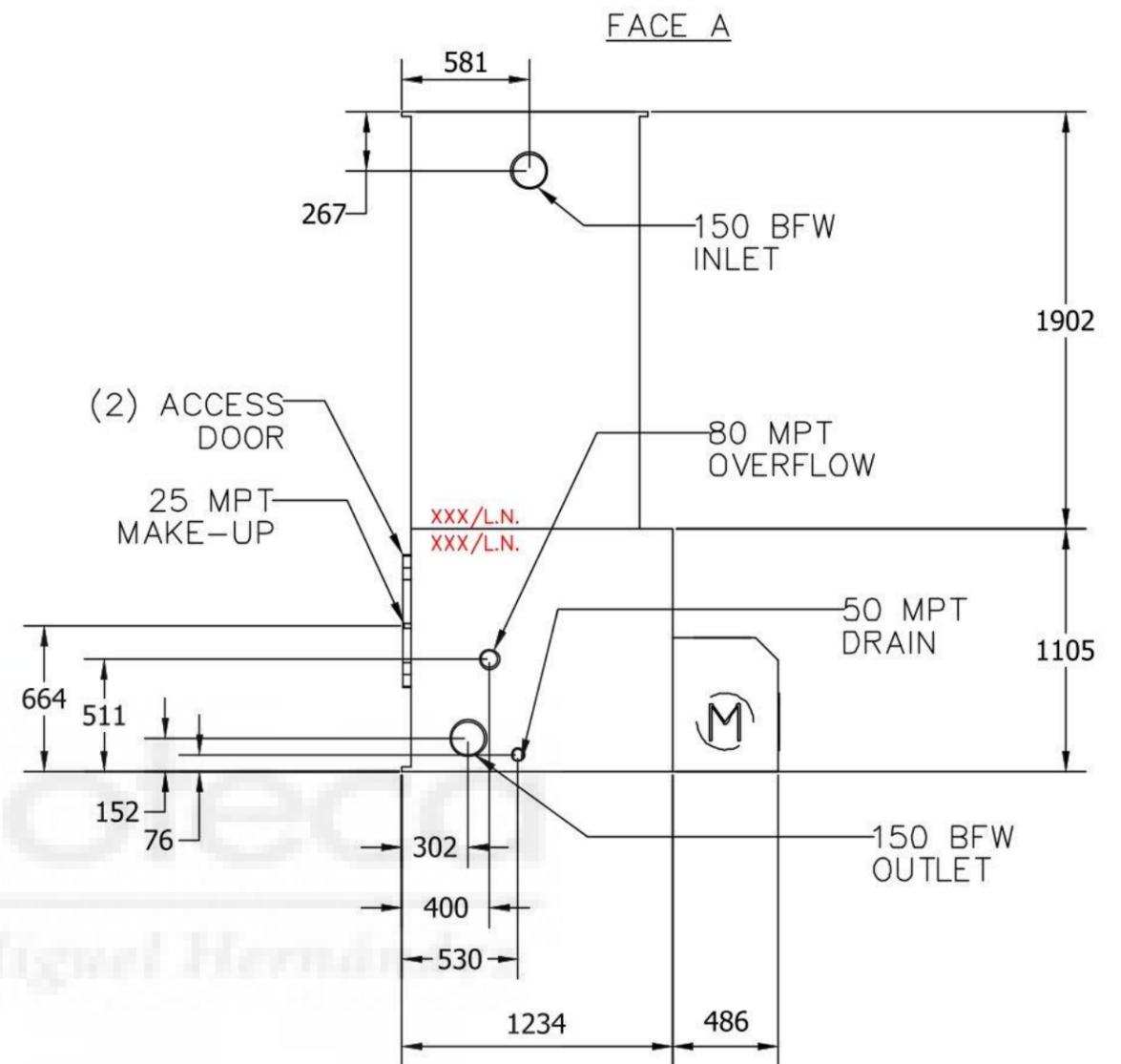
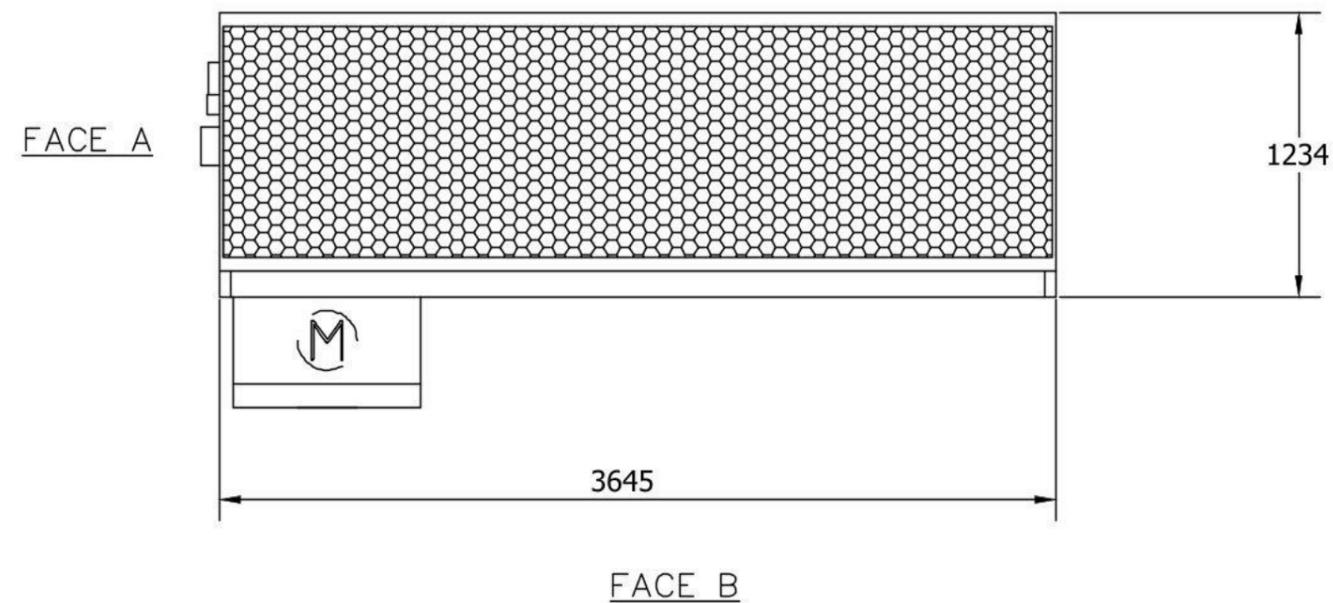
NOTES:

1. (M) - FAN MOTOR LOCATION
2. HEAVIEST SECTION IS THE UPPER SECTION
3. MPT DENOTES MALE PIPE THREAD
FPT DENOTES FEMALE PIPE THREAD
BFW DENOTES BEVELED FOR WELDING
4. + UNIT WEIGHT DOES NOT INCLUDE ACCESSORIES
5. 19mm DIA. MOUNTING HOLES. REFER TO RECOMMENDED STEEL SUPPORT DRAWING
6. MAKE-UP WATER PRESSURE : 137 kPa MIN, 344 kPa MAX
8. * - APPROXIMATE DIMENSIONS DO NOT USE FOR PRE-FABRICATION OF CONNECTION PIPING.
7. XXX = LAST 3 DIGITS OF SERIAL NUMBER
=L LETTER = ID. OF THE CELL
=N NUMBER = ID OF THE JOINT
JOIN LOWER AND UPPER SECTIONS WHICH HAVE STICKERS WITH THE SAME COUPLE OF SERIAL #/LETTER/NUMBER.
EXAMPLE: TO THE UPPER SECTION (COIL) XXX/A1
THE LOWER SECTION (BASIN/FAN) XXX/A1

Nombre Pedro Gaona Cárceles	Material N/D	Fecha 22/08/2022	Formato A3	Fecha 22/08/2022	
U.M.H.				Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración	
Nº Plano 6. Plano Condensador evaporativo			Edición 1	Hoja 1 / 1	



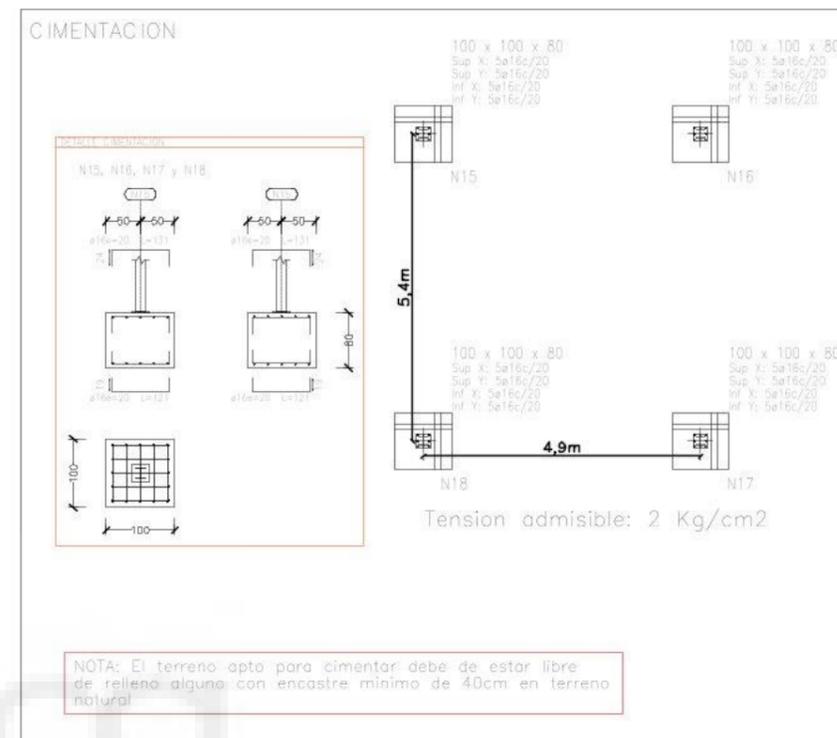
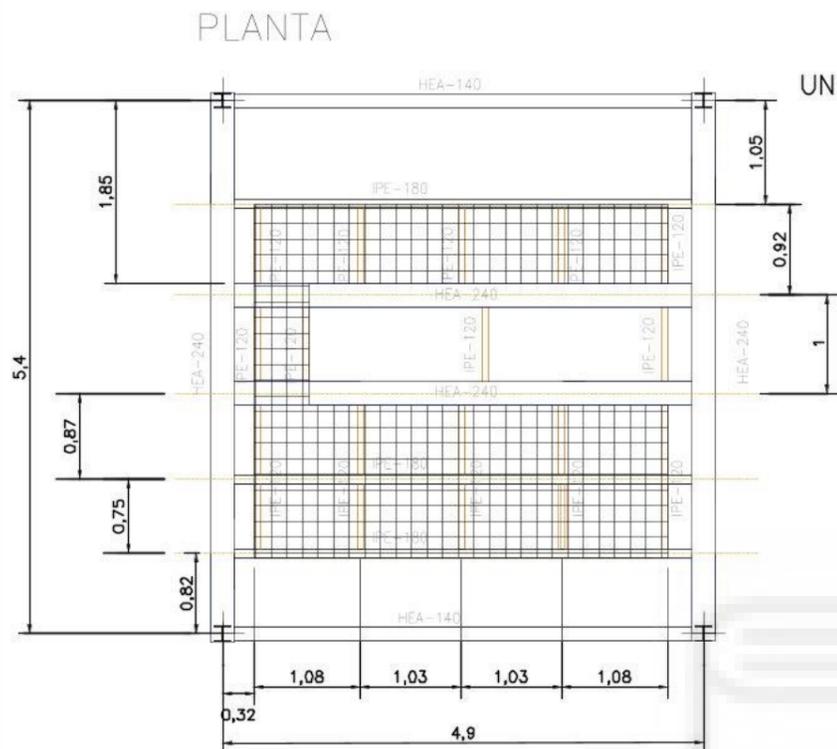
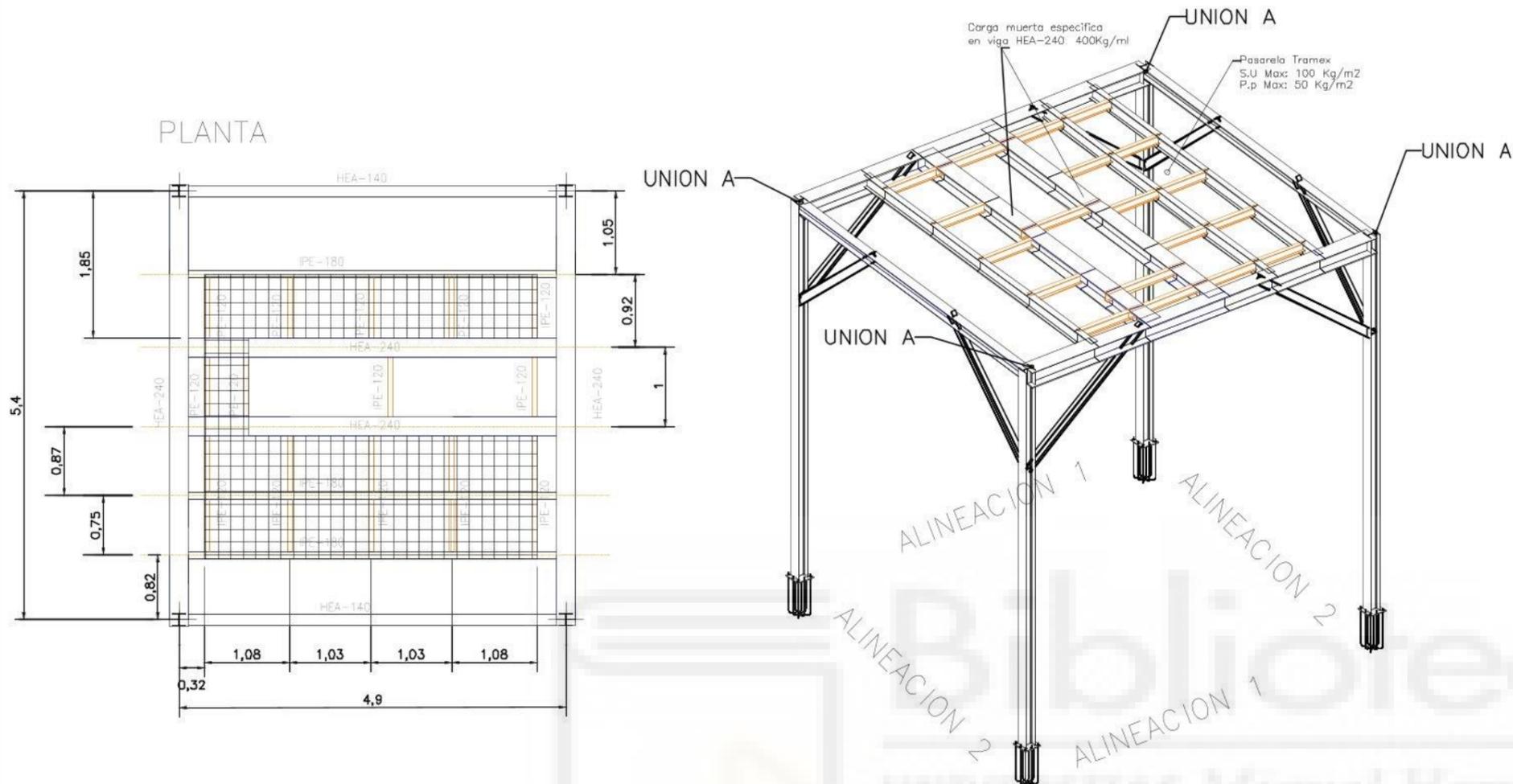
PLAN VIEW



NOTES:

1. (M) -FAN MOTOR LOCATION
2. HEAVIEST SECTION IS THE LOWER SECTION
3. MPT DENOTES MALE PIPE THREAD
FPT DENOTES FEMALE PIPE THREAD
BFW DENOTES BEVELED FOR WELDING
GVD DENOTES GROOVED FOR VICTAULIC
4. + UNIT WEIGHT DOES NOT INCLUDE ACCESSORIES
5. 19mm DIA. MOUNTING HOLES. REFER TO RECOMMENDED STEEL SUPPORT DRAWING
6. MAKE-UP WATER PRESSURE : 137 kPa MIN, 344 kPa MAX
7. MAKE-UP CONENCTION LOCATED 193mm FROM CONNECTION END OF UNIT
7. XXX= LAST 3 DIGITS OF SERIAL NUMBER
=L LETTER = ID. OF THE CELL
=N NUMBER = ID OF THE JOINT
JOIN UPPER AND LOWER SECTIONS WHICH HAVE STICKERS WITH THE SAME COUPLE OF SERIAL #/LETTER/NUMBER.
EXAMPLE: JOIN THE UPPER SECTION (FILL CASING) XXX/A1 TO THE LOWER SECTION (FAN / BASIN SECTION) XXX/A1

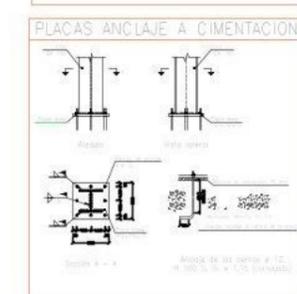
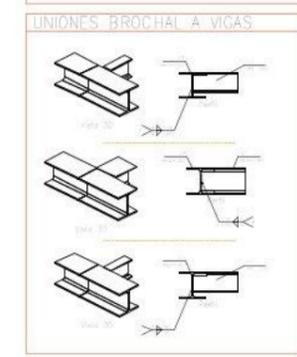
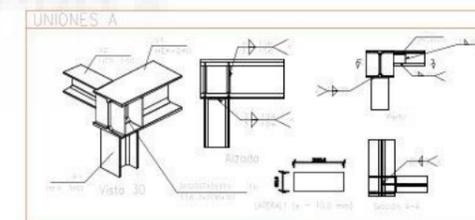
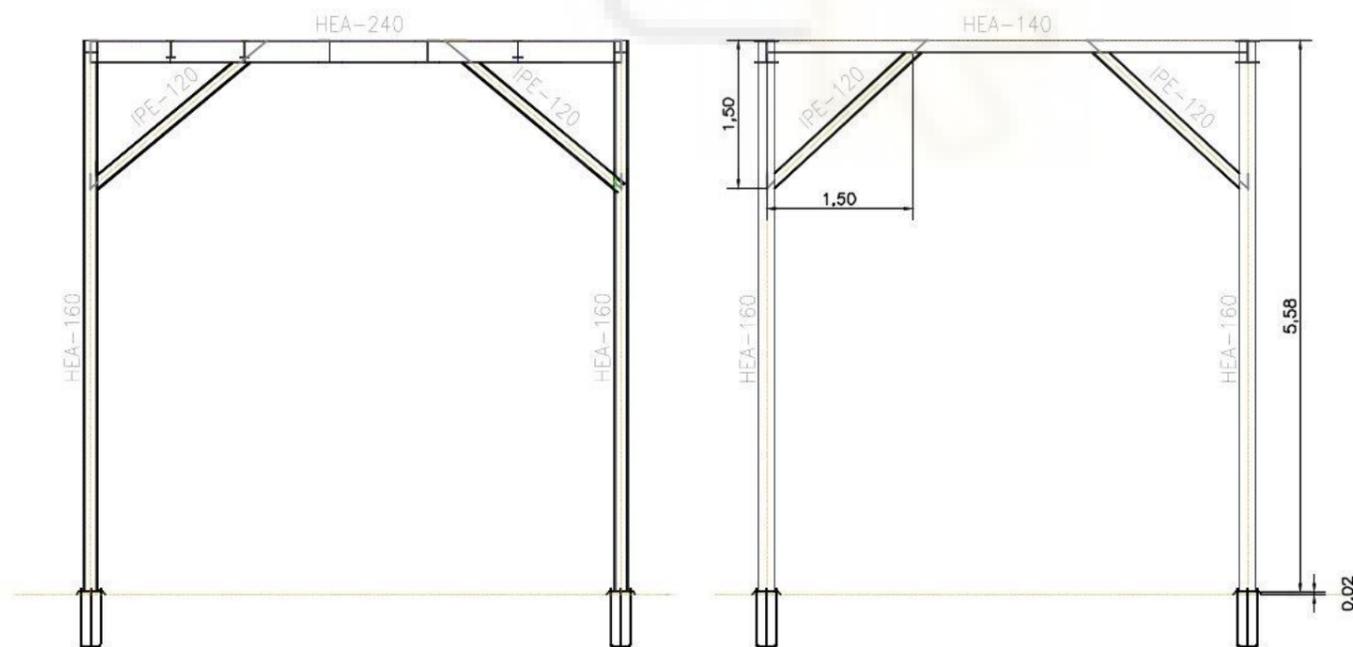
Nombre Pedro Gaona Cárceles	Material N/D	Fecha 22/08/2022	Formato A3	Fecha 22/08/2022	 Escala 1:1
U.M.H.		Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración		Nº Plano 7. Plano Torre refrigeración	
				Hoja 1 / 1	



MEDICIONES CIMENTACION:
HORMIGÓN HA-25 (XC2/B30): 3,2 m ³ ; LIMPIEZA: 0,4m ³
ACERO PASIVO B500SD : 178 Kg
MEDICIONES ACERO ESTRUCTURAL:
PLACAS: ACERO: 30 Kg; PERNOS: 18 Kg
PERFILES: 2825 Kg; Superficie: 85,2m ²
TRAMEX: 10,7m ²

ALINEACION 1

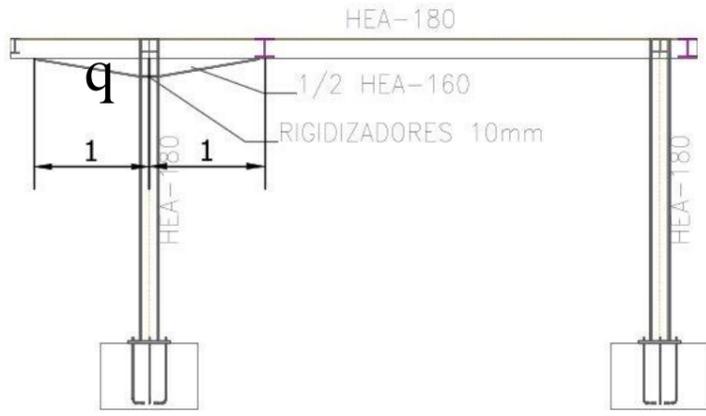
ALINEACION 2



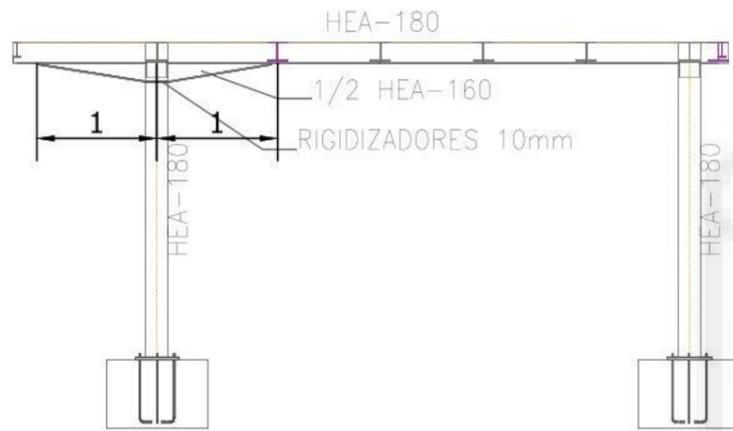
Cotas en metros [m]

Nombre Pedro Gaona Cárceles	Material N/D	Fecha Formato A3	Fecha 22/08/2022	Escala 1:1
UMH	Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración	Edición 1		
Nº Plano 8. Plano Estructura torre refrigeración				

PORTICO TIPO A (2UDS)

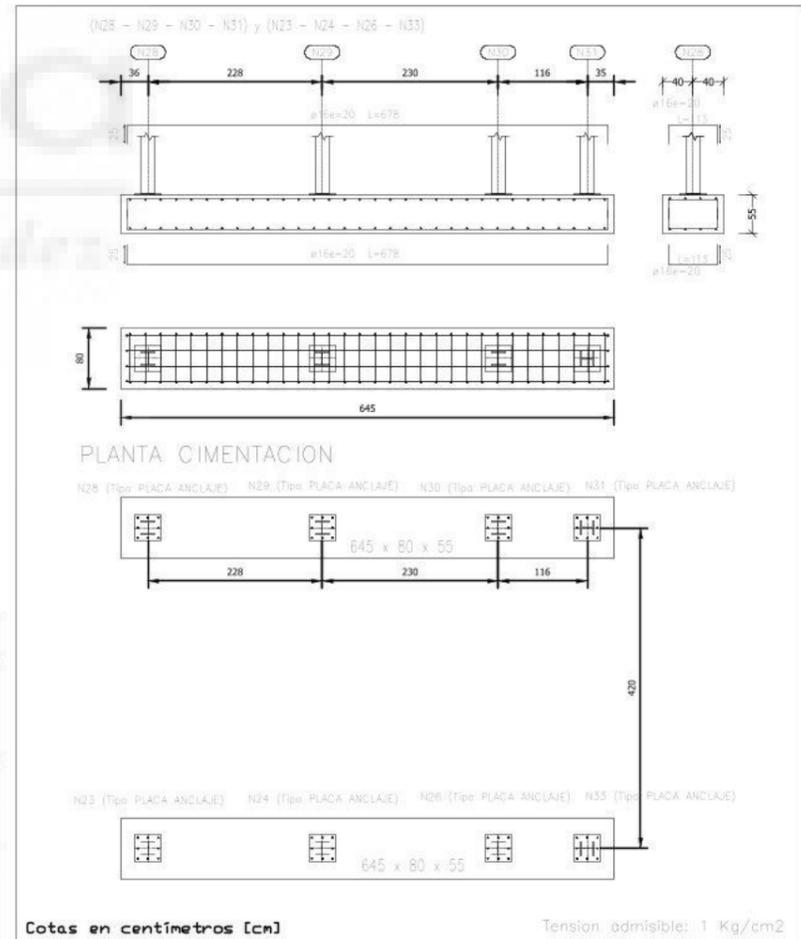
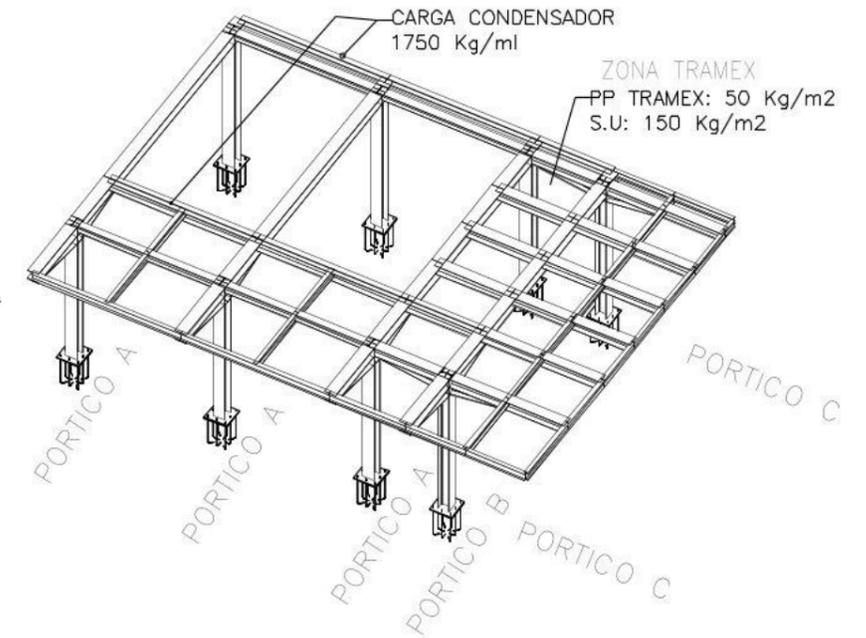
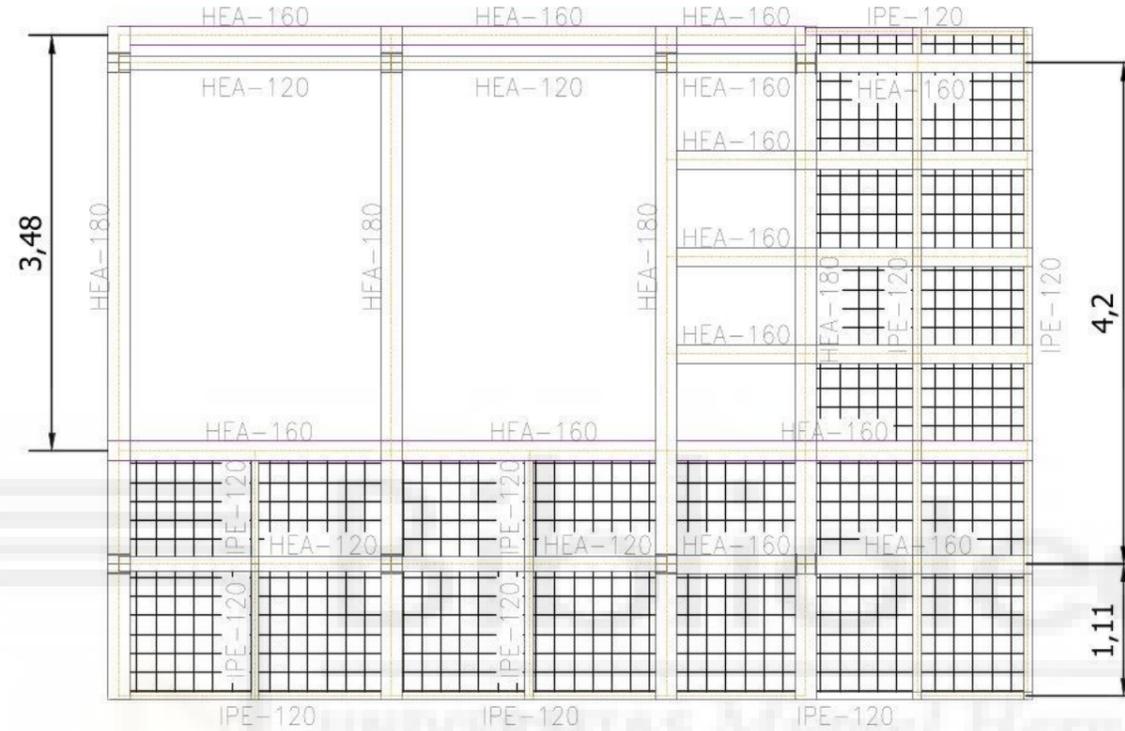
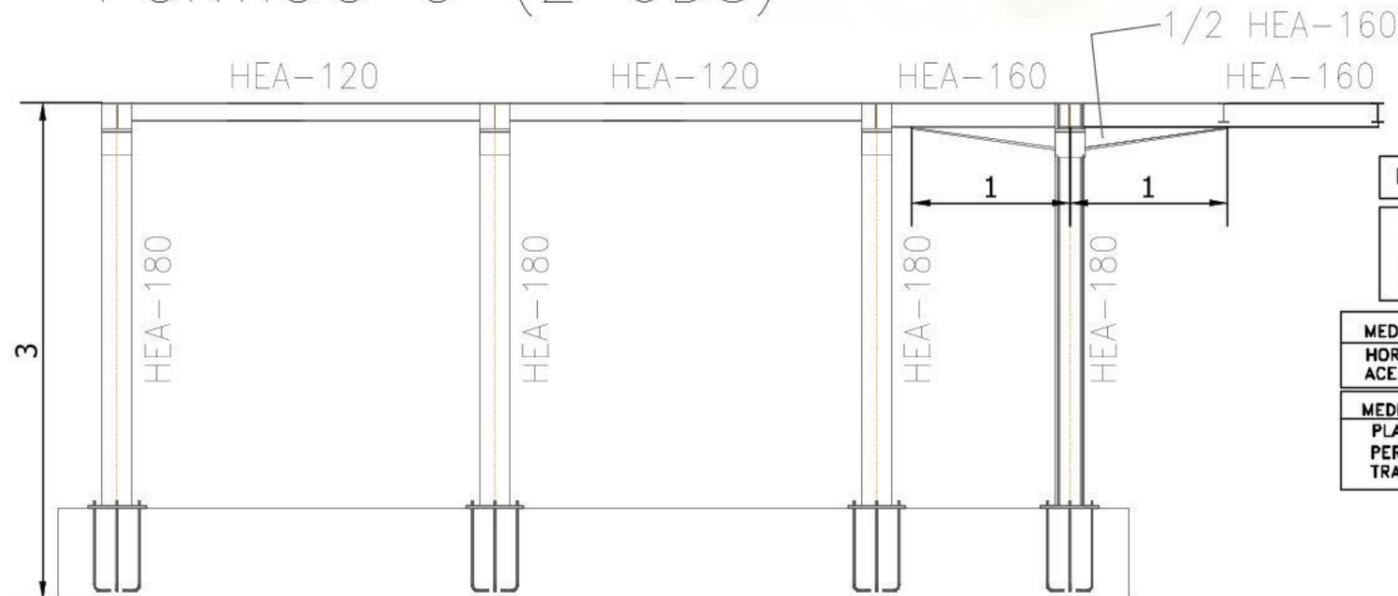


PORTICO TIPO B (2UDS)



PLANTA

PORTICO C (2 UDS)



El acero estructural utilizado será S275-JR
TODAS LAS SOLDADURAS DE PERFILES Y CHAPAS SE REALIZARAN PERIMETRALMENTE A TOPE ,SECCION COMPLETA Y PREPARACION BORDES SALVO QUE SE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.

MEDICIONES CIMENTACION:
 HORMIGON HA-25 (XC2/B20): 2,2 m3; LIMPIEZA: 0,35m3
 ACERO PASIVO B500SD : 125 Kg

MEDICIONES ACERO ESTRUCTURAL:
 PLACAS: ACERO: 45,5 Kg; PERNOS: 19 Kg
 PERFILES: 2100 Kg; Superficie 60m2
 TRAMEX: 12,5m2

Cotas en metros [m]

Nombre Pedro Gaona Cárceles	Material N/D	Fecha 22/08/2022	Formato A3	Fecha 22/08/2022	Escala 1:1
Proyecto Mejoras condensación y torre refrigeración			Nº Plano 9. Plano Estructura condensador		
UMH			Edición 1		Hoja 1 / 1



ANEJOS

ANEJO 1: DESARROLLO DE LOS CALCULOS DEL CONDENSADOR.

Lo que se expone en las siguientes imágenes son todos los datos de partida, las ecuaciones, el orden y estados que se han introducido en el programa EES para simular el sistema frigorífico en condiciones para la semana 30 y en la línea de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.



```

Equations Window

"Estados de funcionamiento para la temperatura de 35°C"

T_evap=-40
T_cond=35

p_evap=0,72
p_int=2,9
p_cond=p_sat(R717;T=T_cond)

"eta_is_1=1"
"Rendimiento compresor de baja"
eta_is_1=1-0,05*p_int/p_evap
"Rendimiento compresor de alta"
eta_is_2=1-0,05*p_cond/p_int

"Estado 1"
P[1]=p_evap
T[1]=T_evap
x[1]=1

"h[1]=1408"

h[1]=enthalpy(R717;P=p[1];x=x[1])
s[1]=entropy(R717;P=p[1];x=x[1])

"Estado 2"
P[2]=p_int
s[2]=s[1]

"Entalpia 2 isentrópica"
hs[2]=enthalpy(R717;P=p[2];s=s[2])

"Entalpia 2 real"
eta_is_1=(hs[2]-h[1])/(h[2]-h[1])
T[2]=temperature(R717;P=p[2];h=h[2])

"Estado 3"
P[3]=p_int
"Balance energético en el punto entre compresión de alta-baja y salida economizador"
y*h[2]+(1-y)*h[7]=h[3]

s[3]=entropy(R717;P=p[3];h=h[3])
T[3]=temperature(R717;P=p[3];h=h[3])

"Estado 4"
P[4]=p_cond
s[4]=s[3]

"Entalpia 4 isentrópica"
hs[4]=enthalpy(R717;P=p[4];s=s[4])

"Entalpia 4 real"

```

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

X Line: 3 Char: 11 Wrap: On Insert Caps Lock: Off SI C bar kJ mass deg Warnings: On Unit Chk: Auto Complex: Off

```
Equations Window

"Entalpia 4 real"
eta_is_2=(hs[4]-h[3])/(h[4]-h[3])
T[4]=temperature(R717;P=p[4];h=h[4])

"Estado 5"
P[5]=p_cond
x[5]=0

h[5]=enthalpy(R717;P=p[5];x=x[5])
T[5]=temperature(R717;P=p[5];x=x[5])

"Estado 6"
P[6]=p_int
"T[6]=-10"
h[6]=h[5]

x[6]=quality(R717;P=p[6];h=h[6])
T[6]=temperature(R717;P=p[6];h=h[6])

"Estado 7"
P[7]=p_int
x[7]=1

h[7]=enthalpy(R717;P=p[7];x=x[7])
T[7]=temperature(R717;P=p[7];x=x[7])

"Punto 7-3"
P[8]=p_int
h[8]=h[3]
T[8]=Temperature(Ammonia;P=P[8];h=h[8])

"Punto 3-6"
P[9]=P[6]
h[9]=h[6]
T[9]=Temperature(Ammonia;P=P[9];h=h[9])

"Punto 6-5"
P[10]=P[5]
h[10]=h[5]
T[10]=Temperature(Ammonia;P=P[10];h=h[10])

"Estado 8"
P[11]=p_cond
"Rendimiento economizador"
epsilon=0,5

epsilon=(T[5]-T[11])/(T[5]-T[6])
h[11]=enthalpy(R717;P=p[11];T=T[11])

X Line: 15 Char: 2 Wrap: On Insert Caps Lock: Off SI C bar kJ mass deg Warnings: On Unit Chk: Auto Complex: Off
```

```

Equations Window

"Estado 9"
P[12]=p_evap

h[12]=h[11]
T[12]=Temperature(Ammonia;P=P[12];h=h[12])

"Punto 9-1"
T[13]=-40
P[13]=p_evap
h[13]=h[1]

"Punto 1-2"
P[14]=p_int
h[14]=h[2]
T[14]=Temperature(Ammonia;P=P[14];h=h[14])

"Punto 2-3"
P[15]=p_int
h[15]=h[3]
T[15]=Temperature(Ammonia;P=P[15];h=h[15])

"Punto 3-4 "
T_cond_r=30
p_cond_r=p_sat(R717;T=T_cond_r)
P[16]=p_cond_r

s[16]=s[3]
hs[16]=enthalpy(R717;P=p[16];s=s[16])
eta_is_2_r=1-0,05*p_cond_r/p_int
eta_is_2_r=(hs[16]-h[15])/(h[16]-h[15])
T[16]=temperature(R717;P=p_cond_r;h=h[16])

"Punto 4-5' "
P[17]=p_cond_r
x[17]=0

h[17]=enthalpy(R717;P=p[17];x=x[17])
T[17]=temperature(R717;P=p[17];x=x[17])

"Punto 5-6' "
P[18]=p_int
h[18]=h[17]
x[18]=quality(R717;P=p[18];h=h[18])
T[18]=temperature(R717;P=p[18];h=h[18])

"Punto 6-5' "
P[19]=p_cond_r
h[19]=h[18]
T[19]=Temperature(Ammonia;P=P[19];h=h[19])

"Punto 5-8' "
P[20]=p_cond_r
oscilon_r=0,5

```

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

X Line: 157 Char: 15 Wrap: On Insert Caps Lock: Off SI C bar kJ mass deg Warnings: On Unit Chk: Auto Complex: Off

```

Equations Window
" Punto 6'-5' "
P[19]=p_cond_r
h[19]=h[18]
T[19]=Temperature(Ammonia,P=P[19];h=h[19])

" Punto 5'-8' "
P[20]=p_cond_r
epsilon_r=0,5

epsilon_r=(T[17]-T[20])/(T[17]-T[18])
h[20]=enthalpy(R717,P=p[20];T=T[20])

V_a=2360/3600
rho=density(R717,P=p[3];h=h[3])
m_a=V_a*rho

" Ecuaciones "
Q_cond=m_a*(h[4]-h[5])
W_comp_A=m_a*(h[4]-h[3])
W_comp_B=m_b*(h[2]-h[1])
Q_evap=m_b*(h[1]-h[12])

" Balance energético en el economizador "
m_a=m_b+m_i
y=m_b/m_a
y*(h[5]-h[11])=(1-y)*(h[7]-h[6])

W_total=(W_comp_A+W_comp_B)

W_total_tableRun13=636,7
W_total_tableRun19=699,9

W_dif=W_total_tableRun19-W_total_tableRun13

" Coste económico "
" Horas de funcionamiento medio de los compresores en la semana 30 "
Horas=22 "(horas)"
" Días de la semana de funcionamiento de los compresores "
DiasSemana=5 "(días)"
" Precio en euros del kW*hora "
Precio=0,11 "(euros/kW*horas)"
" N° de semanas en un año "
Semanas=52
" Coste económico de energía en una semana (semana 30) "
Coste_semana=(W_dif*Horas*DiasSemana)*Precio
" Coste económico de energía en un año "
Coste_anual=Coste_semana*Semanas

```

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

X Line: 191 Char: 67 | Wrap: On | Insert | Caps Lock: Off | SI C bar kJ mass deg | Warnings: On | Unit Chk: Auto | Complex: Off

Parametric Table

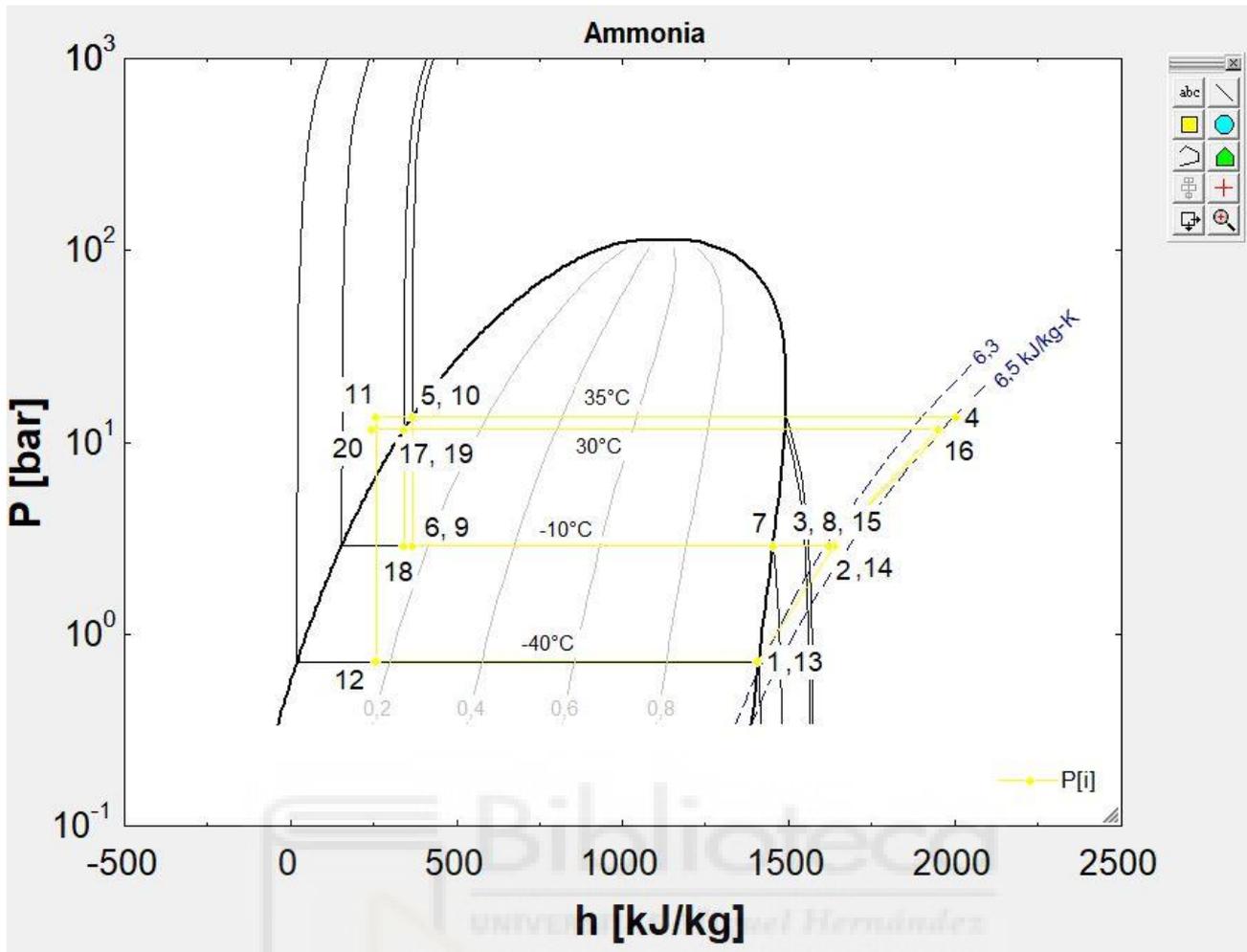
Table 2

	T_{cond} [°C]	W_{total} [kW]
Run 1	20	527
Run 2	20,83	535,5
Run 3	21,67	544,1
Run 4	22,5	552,8
Run 5	23,33	561,6
Run 6	24,17	570,5
Run 7	25	579,5
Run 8	25,83	588,7
Run 9	26,67	598
Run 10	27,5	607,5
Run 11	28,33	617,1
Run 12	29,17	626,8
Run 13	30	636,7
Run 14	30,83	646,8
Run 15	31,67	657
Run 16	32,5	667,4
Run 17	33,33	678
Run 18	34,17	688,9
Run 19	35	699,9
Run 20	35,83	711,1
Run 21	36,67	722,6
Run 22	37,5	734,2
Run 23	38,33	746,2
Run 24	39,17	758,4
Run 25	40	770,9

Se trata de una tabla paramétrica que te calcula la distintas potencias que consume el amoniaco en los compresores para en régimen de temperaturas desde los 20 °C a los 40 °C.

Sort	h_i [kJ/kg]	h_{s_i} [kJ/kg]	P_i [bar]	s_i [kJ/kg·K]	T_i [°C]	x_i
[1]	1408		0,72	6,241	-40	1
[2]	1638	1592	2,9	6,241	70,23	
[3]	1621		2,9	6,33	62,78	
[4]	2004	1915	13,51	6,33	231,3	
[5]	366		13,51		35	0
[6]	366		2,9		-10,07	0,1637
[7]	1451		2,9		-10,07	1
[8]	1621		2,9		62,78	
[9]	366		2,9		-10,07	
[10]	366		13,51		35	
[11]	258,5		13,51		12,47	
[12]	258,5		0,72		-39,91	
[13]	1408		0,72		-40	
[14]	1638		2,9		70,23	
[15]	1621		2,9		62,78	
[16]	1949	1883	11,67	6,33	208,6	
[17]	341,6		11,67		30	0
[18]	341,6		2,9		-10,07	0,1449
[19]	341,6		11,67		30	
[20]	246,7		11,67		9,967	

La última tabla son todos los estados (20 puntos) que se han puesto en el diagrama de Mollier para dibujar el ciclo de doble etapa con economizador intermedio, mostrando la entalpía, presión y temperatura que hay en cada uno de los puntos.



Disposición de los 20 puntos en el diagrama de Mollier.

ANEJO 2: CÁLCULOS Y DATOS DE LA BANCADA CONDENSADOR.

- Nudos.

Referencias:

- $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$: Desplazamientos prescritos en los ejes globales.
- $\Theta_x, \Theta_y, \Theta_z$: Giros prescritos en ejes globales.

(Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.)

Las tablas de datos para los nudos en el anejo ...

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	6.920	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N2	14.517	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N3	14.517	11.373	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N4	6.920	11.145	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	6.920	11.373	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado



Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N6	9.197	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N7	9.197	11.145	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	9.197	11.373	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N9	11.497	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N10	11.497	11.145	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N11	11.497	11.373	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	12.661	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	12.661	11.373	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N14	14.517	11.145	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N15	6.920	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N16	14.517	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N17	12.661	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N18	13.589	11.373	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N19	13.589	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N20	14.517	10.332	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N21	14.517	9.519	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N22	14.517	8.706	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N23	6.920	6.943	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N24	9.197	6.943	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N25	9.197	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N26	11.497	6.943	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N27	11.497	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N28	6.920	11.145	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N29	9.197	11.145	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N30	11.497	11.145	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N31	12.661	11.145	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N32	12.661	11.145	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N33	12.661	6.943	0.500	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N34	6.920	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N35	12.661	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N36	14.517	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N37	9.197	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N38	11.497	10.332	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N39	11.497	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N40	11.497	8.706	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N41	11.497	9.519	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N42	13.589	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N43	13.589	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N44	13.589	8.706	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N45	13.589	10.332	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N46	13.589	11.145	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N47	12.661	8.706	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N48	13.589	9.519	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N49	12.661	9.519	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N50	12.661	10.332	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N51	8.058	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N52	10.347	6.943	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N53	8.058	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N54	10.347	5.838	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N55	8.058	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N56	10.347	7.893	3.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado

- Barras.

Descripciones:

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb ^{sup} (m)	Lb ^{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275 (UNE-EN 10025-2)	N4/N5	N4/N5	HEA-180 (HEA)	0.086	0.142	-	1.00	1.00	-	-
		N7/N8	N7/N8	HEA-180 (HEA)	0.086	0.142	-	1.00	1.00	-	-
		N10/N11	N10/N11	HEA-180 (HEA)	0.086	0.142	-	1.00	1.00	-	-
		N17/N12	N17/N12	HEA-180 (HEA)	-	1.015	0.090	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup} (m)	Lb _{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N23/N15	N23/N15	HEA-180 (HEA)	-	2.165	0.335	1.00	1.00	-	-
		N24/N25	N24/N25	HEA-180 (HEA)	-	2.165	0.335	1.00	1.00	-	-
		N26/N27	N26/N27	HEA-180 (HEA)	-	2.165	0.335	1.00	1.00	-	-
		N28/N4	N28/N4	HEA-180 (HEA)	-	2.329	0.171	1.00	1.00	-	-
		N29/N7	N29/N7	HEA-180 (HEA)	-	2.329	0.171	1.00	1.00	-	-
		N30/N10	N30/N10	HEA-180 (HEA)	-	2.329	0.171	1.00	1.00	-	-
		N31/N32	N31/N32	HEA-180 (HEA)	-	2.203	0.297	1.00	1.00	-	-
		N33/N12	N33/N12	HEA-180 (HEA)	-	2.165	0.335	1.00	1.00	-	-
		N1/N15	N1/N15	HEA-180 (HEA)	-	1.019	0.086	1.00	1.00	-	-
		N15/N34	N15/N34	HEA-180 (HEA)	-	0.949	-	1.00	1.00	-	-
		N6/N25	N6/N25	HEA-180 (HEA)	-	1.019	0.086	1.00	1.00	-	-
		N25/N37	N25/N37	HEA-180 (HEA)	-	0.949	-	1.00	1.00	-	-
		N34/N55	N34/N37	HEA-160 (HEA)	-	1.138	-	1.00	1.00	-	-
		N55/N37	N34/N37	HEA-160 (HEA)	-	1.138	-	1.00	1.00	-	-
		N39/N35	N39/N35	HEA-160 (HEA)	-	1.165	-	1.00	1.00	-	-
		N37/N56	N37/N39	HEA-160 (HEA)	-	1.150	-	1.00	1.00	-	-
		N56/N39	N37/N39	HEA-160 (HEA)	-	1.150	-	1.00	1.00	-	-
		N15/N51	N15/N25	HEA-120 (HEA)	0.090	1.048	-	1.00	1.00	-	-
		N51/N25	N15/N25	HEA-120 (HEA)	-	1.048	0.090	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{cy}	β_{cz}	L _{0sup} (m)	L _{0inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N27/N12	N27/N12	HEA-160 (HEA)	0.090	0.989	0.086	1.00	1.00	-	-
		N25/N52	N25/N27	HEA-120 (HEA)	0.090	1.060	-	1.00	1.00	-	-
		N52/N27	N25/N27	HEA-120 (HEA)	-	1.060	0.090	1.00	1.00	-	-
		N9/N27	N9/N27	HEA-180 (HEA)	-	1.019	0.086	1.00	1.00	-	-
		N27/N39	N27/N39	HEA-180 (HEA)	-	0.949	-	1.00	1.00	-	-
		N40/N41	N40/N41	HEA-180 (HEA)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N41/N38	N41/N38	HEA-180 (HEA)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N38/N10	N38/N10	HEA-180 (HEA)	-	0.727	0.086	1.00	1.00	-	-
		N39/N40	N39/N40	HEA-180 (HEA)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N45/N20	N45/N20	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N44/N22	N44/N22	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N7/N10	N7/N10	HEA-120 (HEA)	0.090	2.120	0.090	1.00	1.00	-	-
		N10/N32	N10/N32	HEA-160 (HEA)	0.090	0.989	0.086	1.00	1.00	-	-
		N4/N7	N4/N7	HEA-120 (HEA)	0.090	2.097	0.090	1.00	1.00	-	-
		N5/N8	N5/N8	HEA-160 (HEA)	-	2.277	-	1.00	1.00	-	-
		N8/N11	N8/N11	HEA-160 (HEA)	-	2.300	-	1.00	1.00	-	-
		N11/N13	N11/N13	HEA-160 (HEA)	-	1.165	-	1.00	1.00	-	-
		N13/N18	N13/N18	IPE-120 (IPE)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N18/N3	N18/N3	IPE-120 (IPE)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	L _{sup} (m)	L _{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N43/N36	N43/N36	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N35/N43	N35/N43	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N46/N18	N46/N18	IPE-120 (IPE)	-	0.228	-	1.00	1.00	-	-
		N45/N46	N45/N46	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N43/N44	N43/N44	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N19/N42	N19/N42	IPE-120 (IPE)	-	1.105	-	1.00	1.00	-	-
		N42/N43	N42/N43	IPE-120 (IPE)	-	0.949	-	1.00	1.00	-	-
		N2/N16	N2/N16	IPE-120 (IPE)	-	1.105	-	1.00	1.00	-	-
		N36/N22	N36/N22	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N22/N21	N22/N21	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N21/N20	N21/N20	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N20/N14	N20/N14	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N14/N3	N14/N3	IPE-120 (IPE)	-	0.228	-	1.00	1.00	-	-
		N16/N36	N16/N36	IPE-120 (IPE)	-	0.949	-	1.00	1.00	-	-
		N17/N19	N17/N19	IPE-120 (IPE)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N19/N2	N19/N2	IPE-120 (IPE)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N1/N53	N1/N6	IPE-120 (IPE)	-	1.138	-	1.00	1.00	-	-
		N53/N6	N1/N6	IPE-120 (IPE)	-	1.138	-	1.00	1.00	-	-
		N6/N54	N6/N9	IPE-120 (IPE)	-	1.150	-	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{yz}	L _{sup} (m)	L _{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N54/N9	N6/N9	IPE-120 (IPE)	-	1.150	-	1.00	1.00	-	-
		N9/N17	N9/N17	IPE-120 (IPE)	-	1.165	-	1.00	1.00	-	-
		N32/N13	N32/N13	HEA-180 (HEA)	0.090	0.138	-	1.00	1.00	-	-
		N12/N35	N12/N35	HEA-180 (HEA)	-	0.949	-	1.00	1.00	-	-
		N50/N45	N50/N45	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N38/N50	N38/N50	HEA-160 (HEA)	-	1.165	-	1.00	1.00	-	-
		N49/N48	N49/N48	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N41/N49	N41/N49	HEA-160 (HEA)	-	1.165	-	1.00	1.00	-	-
		N47/N44	N47/N44	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N40/N47	N40/N47	HEA-160 (HEA)	-	1.165	-	1.00	1.00	-	-
		N50/N32	N50/N32	HEA-180 (HEA)	-	0.723	0.090	1.00	1.00	-	-
		N47/N49	N47/N49	HEA-180 (HEA)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N35/N47	N35/N47	HEA-180 (HEA)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N49/N50	N49/N50	HEA-180 (HEA)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N44/N48	N44/N48	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N48/N45	N48/N45	IPE-120 (IPE)	-	0.813	-	1.00	1.00	-	-
		N48/N21	N48/N21	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N34/N4	N34/N4	HEA-180 (HEA)	-	3.166	0.086	1.00	1.00	-	-
		N37/N7	N37/N7	HEA-180 (HEA)	-	3.166	0.086	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup} (m)	Lb _{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N32/N46	N32/N14	HEA-160 (HEA)	0.086	0.842	-	1.00	1.00	-	-
		N46/N14	N32/N14	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N12/N42	N12/N16	HEA-160 (HEA)	0.086	0.842	-	1.00	1.00	-	-
		N42/N16	N12/N16	HEA-160 (HEA)	-	0.928	-	1.00	1.00	-	-
		N53/N51	N53/N51	IPE-120 (IPE)	0.032	1.013	0.060	1.00	1.00	-	-
		N54/N52	N54/N52	IPE-120 (IPE)	0.032	1.013	0.060	1.00	1.00	-	-
		N51/N55	N51/N55	IPE-120 (IPE)	0.060	0.809	0.080	1.00	1.00	-	-
		N52/N56	N52/N56	IPE-120 (IPE)	0.060	0.809	0.080	1.00	1.00	-	-

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano XY
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano XZ
 Lb_{sup}: Separación entre arriostramientos del ala superior
 Lb_{inf}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

Tablas cargas en las barras:

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N4/N5	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N8	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N11	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N12	Peso propio	Faja	0.036	-	0.000	0.155	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N12	Peso propio	Trapezoidal	0.049	0.056	0.156	1.105	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N12	CM 1	Uniforme	0.052	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N12	Q 1	Uniforme	0.157	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N15	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N25	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N27	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N4	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N29/N7	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N10	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N32	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N33/N12	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N15	Peso propio	Faja	0.036	-	0.000	0.155	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N15	Peso propio	Trapezial	0.049	0.056	0.156	1.105	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N15	CM 1	Uniforme	0.028	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N15	Q 1	Uniforme	0.085	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N34	Peso propio	Trapezial	0.056	0.049	0.000	0.900	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N34	Peso propio	Faja	0.036	-	0.900	0.949	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N34	CM 1	Uniforme	0.028	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N34	Q 1	Uniforme	0.085	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N25	Peso propio	Faja	0.036	-	0.000	0.155	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N25	Peso propio	Trapezial	0.049	0.056	0.156	1.105	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N25	CM 1	Uniforme	0.057	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N25	Q 1	Uniforme	0.172	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N37	Peso propio	Trapezial	0.056	0.049	0.000	0.900	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N37	Peso propio	Faja	0.036	-	0.900	0.949	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N37	CM 1	Uniforme	0.057	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N37	Q 1	Uniforme	0.172	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N34/N55	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N34/N55	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N55/N37	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N55/N37	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N39/N35	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N39/N35	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N37/N56	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N37/N56	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N39	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N56/N39	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N15/N51	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N51/N25	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N12	Peso propio	Faja	0.030	-	0.000	0.214	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N12	Peso propio	Trapezial	0.042	0.048	0.215	1.165	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N52	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N27	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N27	Peso propio	Faja	0.036	-	0.000	0.155	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N27	Peso propio	Trapezial	0.049	0.056	0.156	1.105	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N27	CM 1	Uniforme	0.058	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N27	Q 1	Uniforme	0.174	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N39	Peso propio	Trapezial	0.056	0.049	0.000	0.900	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N39	Peso propio	Faja	0.036	-	0.900	0.949	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N39	CM 1	Uniforme	0.058	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N39	Q 1	Uniforme	0.174	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N40/N41	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N41/N38	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N10	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N39/N40	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N45/N20	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N45/N20	CM 1	Uniforme	0.041	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N45/N20	Q 1	Uniforme	0.122	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N44/N22	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N44/N22	CM 1	Uniforme	0.041	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N44/N22	Q 1	Uniforme	0.122	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N10	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N32	Peso propio	Faja	0.030	-	0.000	0.214	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N32	Peso propio	Trapezial	0.042	0.048	0.215	1.165	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N8	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N8	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N8/N11	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N11	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N13	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N13	CONDENSAD	Uniforme	1.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N18	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N18	CM 1	Uniforme	0.006	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N18	Q 1	Uniforme	0.017	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N3	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N3	CM 1	Uniforme	0.006	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N3	Q 1	Uniforme	0.017	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N43/N36	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N43/N36	CM 1	Uniforme	0.044	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N43/N36	Q 1	Uniforme	0.132	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N35/N43	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N35/N43	CM 1	Uniforme	0.044	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N35/N43	Q 1	Uniforme	0.132	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N18	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N45/N46	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N43/N44	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N42	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N42	CM 1	Uniforme	0.046	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N42	Q 1	Uniforme	0.139	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N42/N43	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N16	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N16	CM 1	Uniforme	0.023	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N16	Q 1	Uniforme	0.070	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N36/N22	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N21	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N20	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N20/N14	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N14/N3	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N36	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N19	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N2	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N53	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N6	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N54	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N54/N9	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N17	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N13	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N35	Peso propio	Trapezoidal	0.056	0.049	0.000	0.900	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N35	Peso propio	Faja	0.036	-	0.900	0.949	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N35	CM 1	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N35	Q 1	Uniforme	0.087	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N50/N45	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N50/N45	CM 1	Uniforme	0.041	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N50/N45	Q 1	Uniforme	0.122	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N50	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N49/N48	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N49/N48	CM 1	Uniforme	0.041	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N49/N48	Q 1	Uniforme	0.122	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N41/N49	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N44	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N44	CM 1	Uniforme	0.041	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N44	Q 1	Uniforme	0.122	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N40/N47	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N50/N32	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N49	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N35/N47	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N49/N50	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N44/N48	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N48/N45	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N48/N21	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N48/N21	CM 1	Uniforme	0.041	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N48/N21	Q 1	Uniforme	0.122	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N34/N4	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N37/N7	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N46	Peso propio	Trapezoidal	0.048	0.042	0.000	0.928	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N46	CM 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N46	Q 1	Uniforme	0.078	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N14	Peso propio	Trapezoidal	0.042	0.042	0.000	0.021	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N14	Peso propio	Faja	0.030	-	0.021	0.928	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N14	CM 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N14	Q 1	Uniforme	0.078	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N42	Peso propio	Trapezoidal	0.048	0.042	0.000	0.928	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N42	CM 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N42	Q 1	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N42/N16	Peso propio	Trapezoidal	0.042	0.042	0.000	0.021	Globales	0.000	0.000	-1.000
N42/N16	Peso propio	Faja	0.030	-	0.021	0.928	Globales	0.000	0.000	-1.000
N42/N16	CM 1	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N42/N16	Q 1	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N51	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N51	CM 1	Uniforme	0.057	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N51	Q 1	Uniforme	0.171	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N54/N52	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N54/N52	CM 1	Uniforme	0.058	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N54/N52	Q 1	Uniforme	0.173	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N51/N55	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N51/N55	CM 1	Uniforme	0.057	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N51/N55	Q 1	Uniforme	0.171	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N52/N56	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	CM 1	Uniforme	0.058	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N56	Q 1	Uniforme	0.173	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

▪ Resultados.

Nudos:

- Reacciones.

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).

Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

Envolventes:

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
N23	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.163	-0.216	1.350	-0.404	-0.242	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.248	0.510	3.095	0.557	0.306	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.125	-0.166	1.397	-0.345	-0.193	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.221	0.462	2.158	0.492	0.256	0.000
N24	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.271	0.192	3.872	-0.947	-0.327	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.254	1.233	7.752	0.447	0.310	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.247	0.203	3.905	-0.874	-0.297	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.205	1.179	5.061	0.393	0.252	0.000
N26	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.376	-0.100	1.558	-0.875	-0.413	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.324	1.033	4.343	0.622	0.369	0.000

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (t)	Ry (t)	Rz (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.351	-0.054	1.749	-0.780	-0.380	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.256	0.961	3.650	0.541	0.293	0.000
N28	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.251	-0.630	2.008	-0.033	-0.362	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.262	0.004	3.571	0.859	0.360	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.249	-0.587	2.027	0.015	-0.358	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.249	-0.031	2.418	0.798	0.342	0.000
N29	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.329	-0.888	5.663	-0.058	-0.422	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.311	0.026	9.525	1.226	0.398	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.320	-0.840	5.695	-0.021	-0.411	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.290	0.004	6.208	1.159	0.372	0.000
N30	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.418	-0.820	2.556	-0.229	-0.493	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.367	0.149	6.349	1.146	0.443	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.409	-0.758	2.248	-0.182	-0.482	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.341	0.135	5.144	1.058	0.412	0.000
N31	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.939	-0.733	0.644	-0.108	-1.131	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.915	0.037	4.753	0.761	1.086	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.877	-0.775	0.754	-0.056	-1.057	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.887	-0.005	4.146	0.815	1.019	0.000
N33	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.652	-0.308	0.664	-0.439	-0.791	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.721	0.459	5.412	0.468	0.830	0.000
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.527	-0.259	0.825	-0.478	-0.643	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.656	0.532	4.286	0.411	0.698	0.000

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

Barras.

- Resistencia.

Referencias:

N: Esfuerzo axial (t).

V_y : Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra (t).

V_z : Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra (t).

M_t : Momento torsor (t·m).

M_y : Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra) (t·m).

M_z : Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra) (t·m).

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100 \%$.

Comprobación de resistencia



Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N4/N5	9.96	0.086	0.059	-0.118	-2.165	0.017	-0.308	0.043	G	Cumple
N7/N8	28.70	0.086	-0.091	-0.102	-6.400	-0.002	-0.909	0.001	G	Cumple
N10/N11	19.82	0.086	0.015	0.145	-4.399	-0.005	-0.625	-0.030	G	Cumple
N17/N12	2.27	1.015	-0.037	-0.007	0.589	0.000	-0.404	0.007	G	Cumple
N23/N15	11.98	2.165	-1.814	-0.163	-0.472	0.000	0.670	0.163	GS	Cumple
N24/N25	25.24	2.165	-6.545	0.048	-0.897	0.000	1.634	-0.050	G	Cumple
N26/N27	23.05	2.165	-3.733	-0.296	-0.944	0.000	1.288	0.303	GS	Cumple
N28/N4	15.11	0.000	-2.090	0.250	0.474	0.000	0.638	0.359	GS	Cumple
N29/N7	21.42	0.000	-6.242	0.107	0.870	0.000	1.202	0.139	GS	Cumple
N30/N10	22.37	0.000	-5.271	-0.367	0.661	0.000	0.919	-0.443	GS	Cumple
N31/N32	24.03	0.000	-0.787	0.584	0.915	0.000	1.086	0.647	GS	Cumple
N33/N12	17.23	0.000	-2.537	0.234	-0.622	0.000	-0.755	0.383	GS	Cumple
N1/N15	1.57	1.019	-0.015	-0.098	0.053	0.001	-0.011	0.095	GS	Cumple
N15/N34	13.58	0.949	0.000	-0.182	-1.073	-0.005	1.004	0.082	GS	Cumple
N6/N25	2.31	1.019	-0.031	0.006	0.610	0.000	-0.413	-0.007	G	Cumple
N25/N37	29.48	0.949	-0.892	-0.026	-4.697	-0.001	2.472	0.012	G	Cumple
N34/N55	16.26	0.949	-0.033	0.046	0.009	-0.002	1.066	0.000	G	Cumple
N55/N37	18.65	1.138	0.007	0.087	3.174	0.001	-1.042	-0.087	G	Cumple
N39/N35	13.76	0.000	0.112	-0.024	-1.754	0.000	-0.878	-0.009	G	Cumple
N37/N56	17.94	0.000	0.003	-0.065	-2.889	-0.002	-1.042	-0.065	G	Cumple
N56/N39	14.65	1.150	0.044	-0.035	2.703	0.002	-0.882	0.037	G	Cumple
N15/N51	7.94	0.090	0.117	0.009	-0.320	-0.001	-0.244	0.002	GS	Cumple
N51/N25	10.48	1.048	-0.179	0.067	0.332	0.000	-0.244	-0.058	GS	Cumple
N27/N12	8.26	0.090	0.283	-0.218	-0.846	-0.008	-0.313	-0.101	GS	Cumple
N25/N52	9.87	0.090	0.229	-0.063	-0.260	0.000	-0.199	-0.052	GS	Cumple
N52/N27	6.59	0.000	-0.061	-0.041	0.310	0.001	0.186	-0.015	G	Cumple
N9/N27	1.11	1.019	-0.024	0.049	0.320	0.000	-0.114	-0.044	G	Cumple
N27/N39	22.10	0.949	-0.581	0.011	-3.266	-0.001	1.867	0.003	G	Cumple
N40/N41	12.06	0.000	-0.597	0.047	0.972	0.001	0.972	0.020	G	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	V _y (t)	V _z (t)	M _t (t·m)	M _y (t·m)	M _z (t·m)		
N41/N38	9.69	0.813	-0.462	0.036	1.029	0.000	-0.786	-0.013	GS	Cumple
N38/N10	18.58	0.727	-0.350	0.084	1.021	0.000	-1.527	-0.039	GS	Cumple
N39/N40	22.89	0.000	-0.592	0.080	1.191	0.002	1.869	0.048	G	Cumple
N45/N20	0.81	0.000	0.002	0.000	-0.166	0.001	-0.034	-0.001	G	Cumple
N44/N22	1.23	0.000	-0.003	0.017	-0.196	0.000	-0.062	0.013	G	Cumple
N7/N10	6.79	0.090	0.242	-0.033	-0.124	0.000	-0.132	-0.036	GS	Cumple
N10/N32	8.85	1.079	-0.889	-0.028	1.438	0.001	-1.105	0.031	GS	Cumple
N4/N7	9.57	0.090	-0.230	0.042	0.190	0.000	0.235	0.042	GS	Cumple
N5/N8	22.76	2.277	0.118	0.059	3.313	0.000	-1.330	-0.075	G	Cumple
N8/N11	22.15	0.000	0.214	-0.039	-3.075	0.000	-1.336	-0.050	G	Cumple
N11/N13	10.45	0.000	0.087	-0.025	-1.916	0.001	-0.660	-0.010	G	Cumple
N13/N18	6.80	0.000	0.116	-0.004	-0.101	0.000	-0.097	-0.002	GS	Cumple
N18/N3	4.30	0.000	0.069	-0.011	-0.072	0.000	-0.047	-0.004	G	Cumple
N43/N36	2.92	0.000	0.007	0.025	-0.293	0.000	-0.144	0.023	G	Cumple
N35/N43	8.31	0.000	0.013	-0.068	-0.490	0.000	-0.470	-0.036	G	Cumple
N46/N18	2.97	0.000	-0.007	0.058	0.066	0.000	0.017	0.009	GS	Cumple
N45/N46	7.24	0.000	-0.207	-0.009	0.152	0.000	0.099	-0.003	G	Cumple
N43/N44	10.20	0.813	-0.180	0.001	-0.096	0.000	0.157	0.000	G	Cumple
N19/N42	6.89	1.105	-0.003	-0.003	0.255	0.000	-0.107	0.002	G	Cumple
N42/N43	7.71	0.000	-0.097	0.006	-0.207	0.000	-0.112	0.003	G	Cumple
N2/N16	5.90	1.105	0.004	-0.005	0.157	0.000	-0.082	0.003	G	Cumple
N36/N22	11.14	0.813	0.057	-0.004	-0.128	0.000	0.171	0.002	G	Cumple
N22/N21	13.34	0.813	0.072	-0.002	-0.041	0.000	0.209	0.001	G	Cumple
N21/N20	13.13	0.000	0.077	-0.001	0.068	0.000	0.209	0.000	G	Cumple
N20/N14	10.02	0.000	0.076	-0.003	0.174	0.000	0.153	-0.001	G	Cumple
N14/N3	3.89	0.000	0.011	0.069	0.025	0.000	0.007	0.012	G	Cumple
N16/N36	5.56	0.000	0.028	0.002	-0.138	0.000	-0.083	0.001	G	Cumple
N17/N19	6.04	0.000	0.008	0.001	-0.095	0.000	-0.096	0.000	G	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	V _y (t)	V _z (t)	M _t (t·m)	M _y (t·m)	M _z (t·m)		
N19/N2	1.54	0.000	0.017	0.007	-0.015	0.000	-0.010	0.003	GS	Cumple
N1/N53	4.72	1.138	-0.046	0.010	0.055	0.000	-0.057	-0.006	G	Cumple
N53/N6	5.72	1.138	-0.060	0.007	0.067	0.000	-0.076	-0.005	G	Cumple
N6/N54	5.38	0.000	-0.054	-0.004	-0.092	0.000	-0.076	-0.003	G	Cumple
N54/N9	3.69	0.000	-0.051	-0.008	-0.046	0.000	-0.045	-0.004	G	Cumple
N9/N17	6.29	1.165	0.006	-0.002	0.113	0.000	-0.096	0.001	G	Cumple
N32/N13	4.56	0.090	0.038	0.089	-1.011	-0.006	-0.143	-0.026	G	Cumple
N12/N35	12.65	0.949	0.178	-0.285	-0.771	-0.014	0.814	0.129	GS	Cumple
N50/N45	4.40	0.000	0.011	0.027	-0.359	0.001	-0.247	0.020	G	Cumple
N38/N50	4.99	1.165	0.095	-0.080	0.221	0.001	-0.229	0.044	G	Cumple
N49/N48	3.13	0.000	0.000	-0.002	-0.328	0.000	-0.204	0.001	G	Cumple
N41/N49	3.90	1.165	-0.001	-0.066	0.194	0.000	-0.199	0.039	G	Cumple
N47/N44	4.65	0.000	-0.002	-0.029	-0.371	0.000	-0.286	-0.013	G	Cumple
N40/N47	4.99	1.165	-0.040	-0.050	0.268	-0.001	-0.286	0.027	G	Cumple
N50/N32	12.54	0.723	-0.428	-0.024	1.554	-0.002	-1.031	0.016	G	Cumple
N47/N49	13.69	0.000	-0.262	0.059	0.342	0.001	1.122	0.030	G	Cumple
N35/N47	13.33	0.813	-0.241	0.022	-0.298	0.001	1.122	-0.010	G	Cumple
N49/N50	10.20	0.000	-0.323	0.059	0.903	0.000	0.829	0.022	G	Cumple
N44/N48	10.75	0.813	-0.227	0.000	-0.006	0.000	0.163	0.000	G	Cumple
N48/N45	10.75	0.000	-0.234	-0.001	0.075	0.000	0.163	0.000	G	Cumple
N48/N21	0.74	0.000	-0.001	0.005	-0.150	0.000	-0.019	0.003	G	Cumple
N34/N4	13.65	0.000	-0.333	-0.043	0.540	-0.001	1.049	-0.074	G	Cumple
N37/N7	29.45	0.000	-0.739	-0.007	1.320	0.000	2.473	-0.012	G	Cumple
N32/N46	6.64	0.086	-0.171	0.136	-0.749	0.003	-0.783	0.065	G	Cumple
N46/N14	4.00	0.106	-0.087	-0.066	-0.316	0.001	-0.195	-0.043	G	Cumple
N12/N42	9.24	0.086	-0.073	-0.064	-1.111	-0.001	-1.236	-0.027	G	Cumple
N42/N16	5.40	0.106	-0.028	0.030	-0.464	0.000	-0.321	0.022	G	Cumple
N53/N51	12.20	1.045	0.004	-0.018	0.327	0.000	-0.152	0.010	G	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N54/N52	9.36	1.045	0.003	0.011	0.302	0.000	-0.124	-0.006	G	Cumple
N51/N55	14.39	0.060	0.041	-0.043	-0.331	0.000	-0.153	-0.018	G	Cumple
N52/N56	11.92	0.060	0.016	0.055	-0.138	0.000	-0.093	0.022	GS	Cumple

- o Flechas.

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Grupo	Flechas									
	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz			
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N2/N3	1.105	0.06	3.274	4.05	1.105	0.06	3.274	4.05		
	5.306	L/(>1000)	3.274	L/(>1000)	5.306	L/(>1000)	3.274	L/(>1000)		
N4/N5	0.071	0.00	0.071	0.00	0.071	0.00	0.071	0.00		
	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)		
N7/N8	0.071	0.00	0.071	0.00	0.071	0.00	0.071	0.00		
	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)		
N9/N10	2.004	0.03	2.461	2.82	2.004	0.03	2.461	2.82		
	2.006	L/(>1000)	2.461	L/(>1000)	2.006	L/(>1000)	2.461	L/(>1000)		
N10/N11	0.071	0.00	0.071	0.00	0.071	0.00	0.071	0.00		
	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)	0.071	L/(>1000)		
N4/N14	2.095	0.44	5.474	0.66	2.095	0.44	5.474	0.66		
	2.095	L/(>1000)	5.474	L/(>1000)	2.095	L/(>1000)	5.474	L/(>1000)		
N15/N16	2.187	0.48	5.356	1.05	2.187	0.48	5.356	1.05		
	2.187	L/(>1000)	5.356	L/(>1000)	2.187	L/(>1000)	5.356	L/(>1000)		
N17/N12	0.066	0.01	0.066	0.05	0.066	0.01	0.066	0.05		
	0.064	L/(>1000)	0.066	L/(>1000)	0.064	L/(>1000)	0.066	L/(>1000)		
N19/N18	1.105	0.06	3.274	3.61	1.105	0.06	3.274	3.61		
	1.105	L/(>1000)	3.274	L/(>1000)	1.105	L/(>1000)	3.274	L/(>1000)		
N23/N15	1.299	0.09	1.299	0.26	1.299	0.09	1.299	0.26		
	1.299	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)		
N24/N25	0.433	0.02	1.299	0.60	0.433	0.02	1.299	0.60		
	0.433	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)	0.433	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)		
N26/N27	1.515	0.05	1.299	0.43	1.515	0.05	1.299	0.43		
	1.515	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)	1.515	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)		

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N28/N4	0.970	0.03	0.582	0.10	0.970	0.03	0.582	0.10
	0.970	L/(>1000)	0.582	L/(>1000)	0.970	L/(>1000)	0.582	L/(>1000)
N29/N7	0.582	0.02	0.582	0.16	0.582	0.02	0.582	0.16
	0.582	L/(>1000)	0.582	L/(>1000)	0.582	L/(>1000)	0.582	L/(>1000)
N30/N10	1.747	0.03	0.776	0.13	1.747	0.03	0.776	0.13
	1.747	L/(>1000)	0.582	L/(>1000)	1.747	L/(>1000)	0.582	L/(>1000)
N31/N32	1.652	0.36	1.285	0.04	1.652	0.36	1.285	0.04
	1.652	L/(>1000)	1.285	L/(>1000)	1.652	L/(>1000)	1.285	L/(>1000)
N33/N12	1.299	0.41	1.299	0.08	1.299	0.41	1.299	0.08
	1.299	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)	1.299	L/(>1000)
N5/N13	2.276	0.43	1.138	1.17	2.276	0.43	1.138	1.17
	2.276	L/(>1000)	1.138	L/(>1000)	2.276	L/(>1000)	1.138	L/(>1000)
N13/N3	0.696	0.02	0.696	0.19	0.696	0.02	0.696	0.19
	0.696	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)
N34/N35	2.276	0.44	1.328	1.90	2.276	0.44	1.328	1.90
	2.276	L/(>1000)	1.328	L/(>1000)	2.276	L/(>1000)	1.328	L/(>1000)
N35/N36	0.928	0.03	0.696	0.13	0.928	0.03	0.696	0.13
	0.928	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)	0.928	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)
N1/N6	0.949	0.05	1.138	0.27	0.949	0.05	1.138	0.27
	0.949	L/(>1000)	1.138	L/(>1000)	0.949	L/(>1000)	1.138	L/(>1000)
N6/N9	1.342	0.03	1.150	0.18	1.342	0.03	1.150	0.22
	2.108	L/(>1000)	1.150	L/(>1000)	2.108	L/(>1000)	1.150	L/(>1000)
N17/N19	0.696	0.00	0.464	0.06	0.696	0.00	0.464	0.06
	0.696	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)
N19/N2	0.696	0.00	0.464	0.01	0.696	0.00	0.464	0.01
	0.696	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)
N9/N17	0.388	0.01	0.776	0.06	0.388	0.01	0.776	0.06
	0.388	L/(>1000)	0.776	L/(>1000)	0.388	L/(>1000)	0.776	L/(>1000)
N32/N13	0.069	0.00	0.069	0.00	0.069	0.00	0.069	0.00
	0.069	L/(>1000)	0.069	L/(>1000)	0.069	L/(>1000)	0.069	L/(>1000)
N12/N35	0.899	0.01	0.899	0.06	0.899	0.01	0.899	0.06
	0.901	L/(>1000)	0.899	L/(>1000)	0.901	L/(>1000)	0.899	L/(>1000)
N45/N20	0.464	0.00	0.464	0.01	0.464	0.00	0.464	0.01
	0.464	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)
N44/N22	0.464	0.00	0.696	0.00	0.464	0.00	0.464	0.00
	0.464	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)	0.464	L/(>1000)	0.696	L/(>1000)
N35/N32	1.016	0.01	1.219	1.23	1.016	0.01	1.219	1.23
	1.016	L/(>1000)	1.219	L/(>1000)	1.016	L/(>1000)	1.219	L/(>1000)
N40/N44	0.970	0.02	1.165	0.23	0.970	0.02	1.165	0.23
	0.970	L/(>1000)	1.165	L/(>1000)	0.970	L/(>1000)	1.165	L/(>1000)
N41/N48	0.970	0.03	1.165	0.15	0.970	0.03	1.165	0.15
	0.970	L/(>1000)	1.165	L/(>1000)	0.970	L/(>1000)	1.165	L/(>1000)

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
	0.970	L/(>1000)	1.165	L/(>1000)	0.970	L/(>1000)	1.165	L/(>1000)
N38/N45	1.165 1.165	0.04 L/(>1000)	1.165 1.165	0.18 L/(>1000)	1.165 1.165	0.04 L/(>1000)	1.165 1.165	0.18 L/(>1000)
N48/N21	0.464 0.464	0.00 L/(>1000)	0.464 0.464	0.01 L/(>1000)	0.464 0.464	0.00 L/(>1000)	0.464 0.464	0.01 L/(>1000)
N1/N15	0.070 0.068	0.02 L/(>1000)	0.070 0.068	0.05 L/(>1000)	0.070 0.068	0.02 L/(>1000)	0.070 0.068	0.05 L/(>1000)
N15/N34	0.899 0.901	0.04 L/(>1000)	0.787 0.787	0.06 L/(>1000)	0.899 0.901	0.04 L/(>1000)	0.787 0.787	0.06 L/(>1000)
N6/N25	0.070 0.068	0.00 L/(>1000)	0.070 0.068	0.07 L/(>1000)	0.070 0.068	0.00 L/(>1000)	0.070 0.068	0.07 L/(>1000)
N25/N37	0.676 0.676	0.00 L/(>1000)	0.787 0.787	0.09 L/(>1000)	0.676 0.676	0.00 L/(>1000)	0.787 0.787	0.09 L/(>1000)
N34/N4	0.791 0.791	0.06 L/(>1000)	0.791 0.791	0.37 L/(>1000)	0.791 0.791	0.06 L/(>1000)	0.791 0.791	0.37 L/(>1000)
N37/N7	0.791 0.791	0.01 L/(>1000)	0.791 0.791	0.88 L/(>1000)	0.791 0.791	0.01 L/(>1000)	0.791 0.791	0.88 L/(>1000)
N53/N51	0.676 0.676	0.03 L/(>1000)	0.676 0.676	0.08 L/(>1000)	0.676 0.676	0.03 L/(>1000)	0.676 0.676	0.08 L/(>1000)
N54/N52	0.676 0.676	0.02 L/(>1000)	0.676 0.676	0.06 L/(>1000)	0.676 0.676	0.02 L/(>1000)	0.676 0.676	0.06 L/(>1000)
N51/N55	0.607 0.607	0.02 L/(>1000)	0.405 0.405	0.05 L/(>1000)	0.607 0.607	0.02 L/(>1000)	0.405 0.405	0.05 L/(>1000)
N52/N56	0.607 0.607	0.02 L/(>1000)	0.405 0.405	0.04 L/(>1000)	0.607 0.607	0.02 L/(>1000)	0.405 0.405	0.04 L/(>1000)

○ Comprobación E.L.U.(Resumido).

Barra	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado	
	λ_w	N_x	N_y	M_x	M_z	V_x	V_y	$M_V V_x$	$M_V V_y$	$N_M V_M z$	$N_M V_M z V_V V_x$	M_x	$M_V V_x$		$M_V V_y$
N4/N5	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.2$	$x: 0.086$ $\eta = 3.6$	$x: 0.228$ $\eta = 2.4$	$x: 0.086$ $\eta = 9.7$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.086$ $\eta = 4.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 7.7$	$x: 0.086$ $\eta = 10.0$	$\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 10.0$
N7/N8	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.228$ $\eta = 0.3$	$x: 0.228$ $\eta = 0.5$	$x: 0.086$ $\eta = 10.5$	$x: 0.228$ $\eta = 1.9$	$x: 0.086$ $\eta = 28.6$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.086$ $\eta = 10.7$	$\eta < 0.1$	$x: 0.228$ $\eta = 2.3$	$x: 0.086$ $\eta = 28.7$	$x: 0.228$ $\eta = 1.1$	CUMPLE $\eta = 28.7$
N10/N11	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.086$ $\eta = 0.4$	$x: 0.086$ $\eta = 0.4$	$x: 0.086$ $\eta = 7.2$	$x: 0.228$ $\eta = 2.1$	$x: 0.086$ $\eta = 19.7$	$\eta = 1.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.086$ $\eta = 8.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.4$	$x: 0.086$ $\eta = 19.8$	$x: 0.228$ $\eta = 1.5$	CUMPLE $\eta = 19.8$
N17/N12	$x: 1.015$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0$ $\eta < 0.1$	$x: 0.066$ $\eta < 0.1$	$x: 1.015$ $\eta = 2.2$	$x: 1.015$ $\eta = 0.6$	$x: 1.015$ $\eta = 1.9$	$x: 0$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.015$ $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.6$	$x: 1.015$ $\eta = 1.9$	$x: 0$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 2.3$
N23/N15	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./ η	$x: 0$ $\eta = 2.2$	$x: 2.165$ $\eta = 8.1$	$x: 0$ $\eta = 7.3$	$x: 1.083$ $\eta = 2.3$	$x: 1.299$ $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 2.165$ $\eta = 12.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.083$ $\eta = 2.3$	$x: 1.299$ $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 12.0$
N24/N25	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./ η	$x: 0$ $\eta = 5.5$	$x: 2.165$ $\eta = 20.3$	$x: 0$ $\eta = 7.8$	$\eta = 5.5$	$x: 1.299$ $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 2.165$ $\eta = 25.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 5.5$	$x: 1.299$ $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 25.2$
N26/N27	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./ η	$x: 0$ $\eta = 3.2$	$x: 2.165$ $\eta = 15.7$	$x: 0$ $\eta = 9.9$	$x: 1.299$ $\eta = 4.6$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 2.165$ $\eta = 23.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.299$ $\eta = 4.6$	$\eta = 0.7$	CUMPLE $\eta = 23.1$
N28/N4	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./ η	$x: 0$ $\eta = 2.5$	$x: 0$ $\eta = 9.9$	$x: 0$ $\eta = 8.7$	$x: 1.747$ $\eta = 2.8$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 15.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.747$ $\eta = 2.8$	$\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 15.1$
N29/N7	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./ η	$x: 0$ $\eta = 6.6$	$x: 0$ $\eta = 14.2$	$x: 0$ $\eta = 10.1$	$x: 1.389$ $\eta = 4.0$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 21.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.389$ $\eta = 4.0$	$\eta = 0.6$	CUMPLE $\eta = 21.4$
N30/N10	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./ η	$x: 0$ $\eta = 4.4$	$x: 0$ $\eta = 13.2$	$x: 0$ $\eta = 11.8$	$x: 1.583$ $\eta = 3.7$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 22.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.583$ $\eta = 3.7$	$\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 22.4$

Barra	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado		
	λ_{cr}	N_x	N_y	M_x	M_y	V_x	V_y	$M_x V_x$	$M_y V_y$	$N M_x$	$N M_y$	$M_x V_y$	$M_y V_x$			
N31/N32	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$x: 0$ $\eta = 3.4$	$x: 0$ $\eta = 13.1$	$x: 2.203$ $\eta = 19.3$	$\eta = 4.2$	$x: 1.102$ $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 24.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 4.2$	$x: 1.102$ $\eta = 1.2$	CUMPLE $\eta = 24.0$	
N33/N12	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$x: 0$ $\eta = 4.0$	$x: 0$ $\eta = 9.6$	$x: 2.165$ $\eta = 13.3$	$\eta = 3.2$	$x: 1.083$ $\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 17.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 3.2$	$x: 1.083$ $\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 17.2$	
N1/N15	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 1.019$ $\eta < 0.1$	$x: 0.07$ $\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.8$	$x: 1.019$ $\eta = 1.5$	$x: 1.019$ $\eta = 0.9$	$x: 0$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.019$ $\eta = 1.6$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 1.2$	$\eta = 0.9$	$x: 0$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 1.6$	
N15/N34	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0$ $\eta < 0.1$	$x: 0.949$ $\eta = 0.4$	$x: 0.899$ $\eta = 12.1$	$x: 0.949$ $\eta = 3.4$	$x: 0.787$ $\eta = 9.5$	$x: 0.899$ $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.949$ $\eta = 13.6$	$\eta < 0.1$	$x: 0.901$ $\eta = 7.2$	$x: 0.787$ $\eta = 9.6$	$x: 0.901$ $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 13.6$	
N6/N25	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 1.019$ $\eta < 0.1$	$x: 0.07$ $\eta < 0.1$	$x: 0.07$ $\eta = 2.2$	$x: 1.019$ $\eta = 0.9$	$x: 1.019$ $\eta = 2.0$	$x: 0$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.019$ $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.7$	$\eta = 2.0$	$x: 0$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 2.3$	
N25/N37	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0$ $\eta < 0.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$x: 0.899$ $\eta = 1.0$	$x: 0.949$ $\eta = 28.6$	$x: 0.949$ $\eta = 3.6$	$x: 0.787$ $\eta = 25.7$	$x: 0.899$ $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.949$ $\eta = 29.5$	$\eta < 0.1$	$x: 0.901$ $\eta = 6.2$	$x: 0.787$ $\eta = 25.7$	$x: 0.899$ $\eta = 0.6$	CUMPLE $\eta = 29.5$
N34/N55	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	$x: 0.949$ $\eta = 16.2$	$x: 0$ $\eta = 4.9$	$x: 0$ $\eta = 11.1$	$x: 1.138$ $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.949$ $\eta = 16.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	$x: 0$ $\eta = 11.2$	$x: 1.138$ $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 16.3$	
N55/N37	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.138$ $\eta = 15.9$	$x: 1.138$ $\eta = 3.5$	$x: 1.138$ $\eta = 15.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.138$ $\eta = 18.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	$x: 1.138$ $\eta = 15.6$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 18.7$	
N39/N35	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0.194$ $\eta = 0.2$	$x: 0.194$ $\eta = 0.2$	$x: 0$ $\eta = 13.4$	$x: 0$ $\eta = 2.3$	$x: 0$ $\eta = 8.6$	$x: 0.97$ $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 13.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0$ $\eta = 8.6$	$x: 0.97$ $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 13.8$	
N37/N56	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 0$ $\eta = 15.9$	$x: 0$ $\eta = 3.4$	$x: 0$ $\eta = 14.2$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 17.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	$x: 0$ $\eta = 14.2$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 17.9$	
N56/N39	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	$x: 1.15$ $\eta = 13.4$	$x: 1.15$ $\eta = 3.6$	$x: 1.15$ $\eta = 13.2$	$x: 0.767$ $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.15$ $\eta = 14.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	$x: 1.15$ $\eta = 13.3$	$x: 0.767$ $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 14.6$	
N15/N51	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0.09$ $\eta = 0.2$	$x: 0.09$ $\eta = 0.2$	$x: 0.09$ $\eta = 7.7$	$x: 0.09$ $\eta = 6.5$	$x: 0.09$ $\eta = 2.5$	$x: 0.964$ $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09$ $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	$x: 0.09$ $\eta = 2.5$	$x: 0.964$ $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 7.9$	
N51/N25	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0.874$ $\eta = 0.2$	$x: 0.874$ $\eta = 0.3$	$x: 1.048$ $\eta = 7.7$	$x: 1.048$ $\eta = 3.7$	$x: 1.048$ $\eta = 3.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.048$ $\eta = 10.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$x: 1.048$ $\eta = 3.4$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 10.5$	
N27/N12	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 1.079$ $\eta = 0.3$	$x: 0.13$ $\eta = 0.3$	$x: 0.13$ $\eta = 6.9$	$x: 0.09$ $\eta = 3.2$	$x: 0.247$ $\eta = 7.0$	$x: 0.128$ $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09$ $\eta = 8.3$	$\eta < 0.1$	$x: 0.128$ $\eta = 4.2$	$x: 0.247$ $\eta = 7.1$	$x: 0.128$ $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 8.3$	
N25/N52	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.4$	$x: 0.09$ $\eta = 6.3$	$x: 0.09$ $\eta = 3.3$	$x: 0.09$ $\eta = 2.8$	$x: 0.267$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09$ $\eta = 9.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$x: 0.09$ $\eta = 2.8$	$x: 0.267$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 9.9$	
N52/N27	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0.353$ $\eta = 0.4$	$x: 0.353$ $\eta = 0.5$	$x: 0$ $\eta = 5.8$	$x: 1.06$ $\eta = 4.5$	$x: 1.06$ $\eta = 2.6$	$x: 0$ $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 6.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$x: 1.06$ $\eta = 2.6$	$x: 0$ $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 6.6$	
N9/N27	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 1.019$ $\eta < 0.1$	$x: 0.07$ $\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.7$	$x: 1.019$ $\eta = 0.9$	$x: 1.019$ $\eta = 1.1$	$x: 0$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.019$ $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.07$ $\eta = 0.6$	$x: 1.019$ $\eta = 1.1$	$x: 0$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 1.1$	
N27/N39	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0$ $\eta < 0.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$x: 0.899$ $\eta = 0.8$	$x: 0.949$ $\eta = 21.6$	$x: 0.949$ $\eta = 3.4$	$x: 0.787$ $\eta = 17.8$	$x: 0.899$ $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.949$ $\eta = 22.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.901$ $\eta = 6.3$	$x: 0.787$ $\eta = 17.9$	$x: 0.901$ $\eta = 0.6$	CUMPLE $\eta = 22.1$
N40/N41	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$x: 0.406$ $\eta = 0.6$	$x: 0$ $\eta = 11.2$	$x: 0$ $\eta = 1.1$	$x: 0.813$ $\eta = 4.7$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 12.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0.813$ $\eta = 4.7$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 12.1$	
N41/N38	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$\eta = 0.4$	$x: 0.813$ $\eta = 9.1$	$x: 0$ $\eta = 1.1$	$x: 0.813$ $\eta = 4.6$	$x: 0.61$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.813$ $\eta = 9.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0.813$ $\eta = 4.6$	$x: 0.61$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 9.7$	
N38/N10	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$\eta = 0.4$	$x: 0.727$ $\eta = 17.7$	$x: 0.727$ $\eta = 2.8$	$x: 0.727$ $\eta = 4.7$	$x: 0$ $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.727$ $\eta = 18.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	$x: 0.727$ $\eta = 4.7$	$x: 0$ $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 18.6$	
N39/N40	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$x: 0.813$ $\eta = 0.7$	$x: 0$ $\eta = 21.6$	$x: 0$ $\eta = 2.4$	$x: 0.813$ $\eta = 5.5$	$x: 0.813$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 22.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.9$	$x: 0.813$ $\eta = 5.5$	$x: 0.813$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 22.9$	
N45/N20	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 0.464$ $\eta < 0.1$	$x: 0.464$ $\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.5$	$x: 0.928$ $\eta = 0.3$	$x: 0$ $\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$x: 0$ $\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 0.8$	
N44/N22	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.9$	$x: 0$ $\eta = 0.4$	$x: 0$ $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 1.2$	
N7/N10	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.8$	$x: 0.09$ $\eta = 4.2$	$x: 0.09$ $\eta = 2.3$	$x: 2.21$ $\eta = 1.0$	$x: 1.574$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09$ $\eta = 6.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 2.21$ $\eta = 1.0$	$x: 1.574$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 6.8$	
N10/N32	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$x: 1.079$ $\eta = 0.8$	$x: 0.13$ $\eta = 0.9$	$x: 0.13$ $\eta = 7.8$	$x: 1.079$ $\eta = 1.1$	$x: 0.247$ $\eta = 8.6$	$x: 0.09$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.079$ $\eta = 8.8$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09$ $\eta = 1.3$	$x: 0.247$ $\eta = 8.6$	$x: 0.09$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 8.8$	
N4/N7	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.3$	$x: 0.09$ $\eta = 7.4$	$x: 2.187$ $\eta = 3.5$	$x: 2.187$ $\eta = 1.8$	$x: 1.348$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09$ $\eta = 9.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 2.187$ $\eta = 1.8$	$x: 1.348$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 9.6$	
N5/N8	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$x: 2.277$ $\eta = 20.4$	$x: 2.277$ $\eta = 3.6$	$x: 2.277$ $\eta = 16.3$	$x: 1.138$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 2.277$ $\eta = 22.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 2.277$ $\eta = 12.1$	$x: 1.138$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 22.8$	
N8/N11	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹¹	$x: 0$ $\eta = 20.3$	$x: 0$ $\eta = 2.5$	$x: 0$ $\eta = 15.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 22.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 0$ $\eta = 11.3$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.1$	
N11/N13	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$x: 0$ $\eta = 10.1$	$x: 1.165$ $\eta = 1.1$	$x: 0$ $\eta = 9.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 10.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$x: 0$ $\eta = 9.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 10.5$	
N13/N18	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$x: 0.232$ $\eta = 6.0$	$x: 0.928$ $\eta = 0.9$	$x: 0$ $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 6.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$x: 0$ $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 6.8$	
N18/N3	$\lambda_{cr} < \lambda_{limite}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 2.9$	$x: 0.928$ $\eta = 1.5$	$x: 0$ $\eta = 0.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0$ $\eta = 4.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 0$ 			

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado	
	λ_w	N_x	N_y	M_x	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_xM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_x	M_yV_z		M_zV_y
N42/N43	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.712 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$x: 0.712 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 6.9$	$x: 0.949 \text{ m}$ $\eta = 3.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.1$	$x: 0.475 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 7.7$	$\eta < 0.1$	$x: 0.475 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.7$	$x: 0.475 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 7.7$
N2/N16	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.105 \text{ m}$ $\eta = 5.2$	$x: 1.105 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 1.105 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.105 \text{ m}$ $\eta = 5.9$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 1.105 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 5.9$
N36/N22	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 10.6$	$x: 0 \text{ m}$	$x: 0 \text{ m}$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 11.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 11.1$
N22/N21	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 12.9$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 13.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.3$
N21/N20	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 12.9$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 0.8$	$x: 0.406 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 13.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0.406 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.1$
N20/N14	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 9.4$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 1.2$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 1.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 0.7$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 10.0$
N14/N3	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.5$	$x: 0.228 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$x: 0.228 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 3.9$
N16/N36	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$x: 0.949 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 5.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.8$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 5.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 5.6$
N17/N19	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.928 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0.928 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 5.9$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.0$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 6.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.0$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 6.0$
N19/N2	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.8$	$x: 0.928 \text{ m}$ $\eta = 1.0$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 1.5$
N1/NS3	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 3.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.4$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.3$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 4.7$
NS3/N6	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$\eta = 0.3$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 4.7$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 1.9$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 0.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.138 \text{ m}$ $\eta = 5.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 0.759 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 5.7$
N6/NS4	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.7$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.2$	$x: 0.958 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 5.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.15 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$x: 0.958 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 5.4$
NS4/N9	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.8$	$x: 1.15 \text{ m}$ $\eta = 2.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.5$	$x: 0.383 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.5$	$x: 0.383 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 3.7$
N9/N17	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.2$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 5.9$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 0.9$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 6.3$
N32/N13	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0.228 \text{ m}$ $\eta = 0.9$	$x: 0.09 \text{ m}$ $\eta = 4.5$	$x: 0.159 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.09 \text{ m}$ $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.7$	$x: 0.09 \text{ m}$ $\eta = 4.6$	$x: 0.159 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 4.6$
N12/N35	$x: 0 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.901 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$x: 0.899 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$x: 0.949 \text{ m}$ $\eta = 10.0$	$x: 0.949 \text{ m}$ $\eta = 3.6$	$x: 0.787 \text{ m}$ $\eta = 10.2$	$x: 0.899 \text{ m}$ $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.949 \text{ m}$ $\eta = 12.6$	$\eta < 0.1$	$x: 0.901 \text{ m}$ $\eta = 6.3$	$x: 0.787 \text{ m}$ $\eta = 10.2$	$x: 0.901 \text{ m}$ $\eta = 0.7$	CUMPLE $\eta = 12.6$
NS0/N45	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.8$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.8$	$x: 0.464 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.8$	$x: 0.464 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 4.4$
N38/NS0	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 3.7$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.6$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.1$	$x: 0.776 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 5.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.1$	$x: 0.776 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 5.0$
N49/N48	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.464 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.464 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0.464 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0.464 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 3.1$
N41/N49	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.194 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.194 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 3.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.4$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.0$	$x: 0.194 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.0$	$x: 0.194 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 3.9$
N47/N44	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.8$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 4.7$
N40/N47	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 4.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.7$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0.776 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 5.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 1.165 \text{ m}$ $\eta = 1.3$	$x: 0.776 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 5.0$
NS0/N32	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$\eta = 0.4$	$x: 0.723 \text{ m}$ $\eta = 11.9$	$x: 0.723 \text{ m}$ $\eta = 1.2$	$x: 0.723 \text{ m}$ $\eta = 6.9$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.723 \text{ m}$ $\eta = 12.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	$x: 0.723 \text{ m}$ $\eta = 7.0$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 12.5$
N47/N49	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$\eta = 0.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 13.0$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 2.3$	$x: 0.406 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 13.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 2.3$	$x: 0.406 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 13.7$
N35/N47	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$\eta = 0.2$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 13.0$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.2$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 13.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.2$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 13.3$
N49/NS0	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 9.6$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 1.7$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 4.2$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 4.2$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 10.2$
N44/N48	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$x: 0.406 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 10.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.6$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 0.406 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 10.7$	$\eta < 0.1$	$x: 0.61 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 0.406 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 10.7$
N48/N45	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$\eta = 0.7$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 1.8$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 0.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 0.813 \text{ m}$ $\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 10.7$
N48/N21	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0.464 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 0.928 \text{ m}$ $\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 0.7$
N34/N4	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P./Ø	$\eta = 0.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 12.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.7$	$x: 3.166 \text{ m}$ $\eta = 3.1$	$x: 1.385 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 13.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	$x: 3.166 \text{ m}$ $\eta = 3.1$	$x: 1.385 \text{ m}$ $\eta = 0.1</$	

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)														Estado
	λ_m	N_t	N_c	M_Y	M_z	V_z	V_Y	$M_Y V_z$	$M_z V_Y$	$N M_Y M_z$	$N M_Y M_z V_Y V_z$	M_t	$M V_z$	$M V_Y$	
NS2/NS6	$\lambda_m \leq \lambda_{m,lim}$ Cumple	x: 0.667 m $\eta = 0.3$	x: 0.667 m $\eta = 0.2$	x: 0.06 m $\eta = 7.7$	x: 0.869 m $\eta = 6.2$	x: 0.06 m $\eta = 3.1$	x: 0.262 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 11.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.06 m $\eta = 1.7$	x: 0.262 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 11.9$
<p>Notación:</p> <p>A_{pl}: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</p> <p>N: Resistencia a tracción</p> <p>N: Resistencia a compresión</p> <p>M_Y: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M_z: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V_z: Resistencia a corte Z</p> <p>V_Y: Resistencia a corte Y</p> <p>$M_Y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>$M_z V_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>$N M_Y M_z$: Resistencia a flexión y axial combinados</p> <p>$N M_Y M_z V_Y V_z$: Resistencia a flexión, axial y cortante combinados</p> <p>M_t: Resistencia a torsión</p> <p>$M V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>$M V_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axial de tracción.</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay axial de compresión.</p>															

Cimentación:

Comprobaciones.

Referencia: (N28 - N29 - N30 - N31)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: $X_t: \emptyset 16c/20$ $Y_t: \emptyset 16c/20$ $X_s: \emptyset 16c/20$ $Y_s: \emptyset 16c/20$		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
Criterio de CYPE		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 1 kp/cm ² Calculado: 0.411 kp/cm ²	Cumple
- Tensión media en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 1.5 kp/cm ² Calculado: 0.672 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 1.25 kp/cm ² Calculado: 0.862 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 2.25 kp/cm ² Calculado: 1.508 kp/cm ²	Cumple

Referencia: (N28 - N29 - N30 - N31)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 770.6 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 61.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 3.12 t·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 2.10 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 3.19 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 17.62 t/m ²	Cumple
-Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 11.56 t/m ²	Cumple
Canto mínimo:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
	Mínimo: 15 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N28:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
-N29:	Calculado: 43 cm	Cumple
-N30:	Calculado: 43 cm	Cumple
-N31:	Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>		
	Mínimo: 0.0012	

Referencia: (N28 - N29 - N30 - N31)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 142 cm	Cumple

Referencia: (N28 - N29 - N30 - N31)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 253 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 168 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 99 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 25 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		

Referencia: (N28 - N29 - N30 - N31)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Zapata de tipo rígido (Criterio de CYPE)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.24		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.02		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 13.69 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 0.00 t		
Referencia: (N23 - N24 - N26 - N33)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 1 kp/cm ² Calculado: 0.374 kp/cm ²	Cumple
-Tensión media en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 1.5 kp/cm ² Calculado: 0.496 kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 1.25 kp/cm ² Calculado: 0.639 kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 2.25 kp/cm ² Calculado: 1.106 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 649.0 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 73.6 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: -2.94 t·m	Cumple

Referencia: (N23 - N24 - N26 - N33)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
-En dirección Y:	Momento: 1.74 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 2.81 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
<i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 509.68 t/m ²	
-Situaciones persistentes:	Calculado: 14.34 t/m ²	Cumple
-Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 8.06 t/m ²	Cumple
Canto mínimo:		
<i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm	
	Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N23:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
-N24:	Calculado: 43 cm	Cumple
-N26:	Calculado: 43 cm	Cumple
-N33:	Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.0012	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple

Referencia: (N23 - N24 - N26 - N33)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
-Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 142 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 253 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 221 cm	Cumple

Referencia: (N23 - N24 - N26 - N33)		
Dimensiones: 645 x 80 x 50		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 290 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 25 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Criterio de CYPE)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.26		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.02		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 13.69 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 0.00 t		

ANEJO 3: CÁLCULOS Y DATOS DE LA TORRE DE REFRIGERACIÓN.

En este anejo se exponen todos los datos y ecuaciones utilizadas para el cálculo de transmisión de energía en el intercambiador.

```

Equations Window

"Datos"
Capacidad_Torre=500
Caudal_crema=5000"kg/h"
T_crema_ent=78
T_crema_sal=37
C_p_crema=0,93"kJ/kg°C"
Caudal_desc=6200
Caudal_red=15000
T_desc_ent_2=32
T_desc_sal_2=62
T_desc_ent_1=62
T_desc_sal_1=32
T_red_ent=30
T_red_sal=42
C_p_agua=4,18
Alto_paste=130 "cm"
Ancho_paste=37
Largo=150
Alto_CB=0,616
Ancho_CB=0,191

"Cálculos intercambio de calor sensible"
Q_agua_desc=C_p_agua*(Caudal_desc/3600)*(T_desc_ent_1-T_desc_sal_1)
Q_agua_red=C_p_agua*(Caudal_red/3600)*(T_red_sal-T_red_ent)

"Cálculos CB, intercambiador agua descalcificada-agua torre/red"

Delta_T_ml_cf_1=(Delta_T1_1-Delta_T2_1)/ln(Delta_T1_1/Delta_T2_1)
Delta_T1_1=T_desc_ent_1-T_red_sal
Delta_T2_1=T_desc_sal_1-T_red_ent

ua_des=u_des*(Ancho_CB*Alto_CB)
Q_agua_desc=ua_des*Delta_T_ml_1

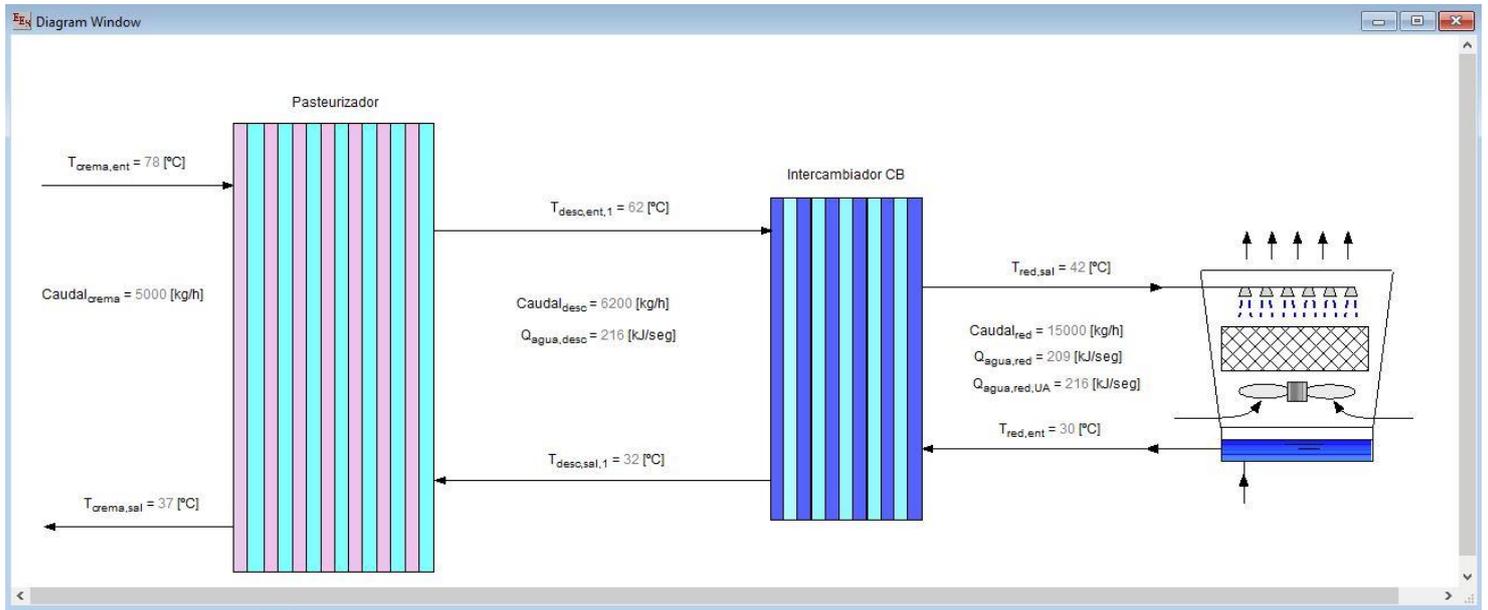
"Cálculo factor de corrección para el CB"
R_1=(T_desc_ent_1-T_desc_sal_1)/(T_red_sal-T_red_ent)
P_1=(T_red_sal-T_red_ent)/(T_desc_ent_1-T_red_ent)
F_1=0,82"Valor sacado de la tabla: flujo cruzado con un solo paso con los dos fluidos de flujo no mezclado"
Delta_T_ml_1=F_1*Delta_T_ml_cf_1

```

Con estas ecuaciones calculamos y obtenemos los resultados siguientes:

Unit Settings: SI C bar kJ mass deg					
Alto _{CB} = 0,616 [cm]	Alto _{paste} = 130 [cm]	Ancho _{CB} = 0,191 [cm]	Ancho _{paste} = 37 [cm]	Capacidad _{Torre} = 500 [kW]	Caudal _{crema} = 5000 [kg/h]
Caudal _{desc} = 6200 [kg/h]	Caudal _{red} = 15000 [kg/h]	C _{p,agua} = 4,18 [kJ/kg°C]	C _{p,crema} = 0,93 [kJ/kg°C]	δ _{T1,1} = 20	δ _{T2,1} = 2
δ _{T,ml,1} = 6,41	δ _{T,ml,cf,1} = 7,817	F ₁ = 0,82	Largo = 150 [cm]	P ₁ = 0,375	Q _{agua,desc} = 216 [kJ/seg]
Q _{agua,red} = 209 [kJ/seg]	R ₁ = 2,5	T _{crema,ent} = 78 [°C]	T _{crema,sal} = 37 [°C]	T _{desc,ent,1} = 62 [°C]	T _{desc,ent,2} = 32 [°C]
T _{desc,sal,1} = 32 [°C]	T _{desc,sal,2} = 62 [°C]	T _{red,ent} = 30 [°C]	T _{red,sal} = 42 [°C]	ua _{des} = 33,69 [cm ²]	u _{des} = 286,4

Por último, mostrar un esquema completo de la disposición completa de la torre de refrigeración, el intercambiador CB y el pasteurizador.



ANEJO 4: CÁLCULOS Y DATOS DE LA BANCADA TORRE DE REFRIGERACIÓN.

- Nudos.

Referencias:

- $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$: Desplazamientos prescritos en los ejes globales.
- $\Theta_x, \Theta_y, \Theta_z$: Giros prescritos en ejes globales.

(Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.)

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	2.237	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N2	0.000	-1.197	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N3	-1.023	0.000	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N4	3.922	0.000	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	2.600	-1.197	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N6	2.600	2.237	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N7	-1.023	1.234	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	3.922	1.234	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N9	-1.023	2.237	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N10	3.922	2.237	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N11	-1.023	-1.197	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	3.922	-1.197	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	0.000	1.700	1.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N14	0.000	1.700	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N15	0.000	0.000	1.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N16	0.000	0.000	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N17	2.600	0.000	1.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N18	2.600	0.000	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N19	2.600	1.700	1.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N20	2.600	1.700	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N21	0.000	-0.599	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N22	2.600	-0.599	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N23	3.122	0.000	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N24	3.122	1.234	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N25	3.122	2.237	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N26	3.122	-1.197	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N27	-0.523	1.234	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N28	-0.523	2.237	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N29	-0.523	0.000	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N30	-0.523	-1.197	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N31	0.000	1.234	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N32	2.600	1.234	5.600	-	-	-	-	-	-	Empotrado

- Barras
Descripción.

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup.} (m)	Lb _{inf.} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275 (UNE- EN 10025- 2)	N13/N14	N13/N14	HEA-200 (HEA)	-	4.600	-	0.70	1.02	-	-
		N15/N16	N15/N16	HEA-200 (HEA)	-	4.600	-	0.52	1.04	-	-
		N17/N18	N17/N18	HEA-200 (HEA)	-	4.600	-	1.00	1.00	-	-
		N19/N20	N19/N20	HEA-200 (HEA)	-	4.600	-	0.70	1.02	-	-
		N14/N20	N14/N20	HEA-180 (HEA)	-	2.600	-	1.00	1.00	-	-
		N21/N22	N21/N22	IPE-120 (IPE)	-	2.600	-	1.00	1.00	-	-
		N23/N24	N23/N24	IPE-120 (IPE)	0.090	1.144	-	1.00	1.00	-	-
		N24/N25	N24/N25	IPE-120 (IPE)	-	1.004	-	1.00	1.00	-	-



Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{yz}	Lb _{sup} (m)	Lb _{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N26/N23	N26/N23	IPE-120 (IPE)	-	1.108	0.090	1.00	1.00	-	-
		N27/N28	N27/N28	IPE-120 (IPE)	-	1.004	-	1.00	1.00	-	-
		N29/N27	N29/N27	IPE-120 (IPE)	0.090	1.144	-	1.00	1.00	-	-
		N30/N29	N30/N29	IPE-120 (IPE)	-	1.108	0.090	1.00	1.00	-	-
		N24/N8	N24/N8	HEA-180 (HEA)	-	0.800	-	1.00	1.00	-	-
		N7/N27	N7/N27	HEA-180 (HEA)	-	0.500	-	1.00	1.00	-	-
		N16/N18	N16/N18	HEA-180 (HEA)	-	2.600	-	1.00	1.00	-	-
		N11/N30	N11/N30	UPN-220 (UPN)	-	0.500	-	1.00	1.00	-	-
		N30/N2	N30/N2	UPN-220 (UPN)	-	0.523	-	1.00	1.00	-	-
		N5/N26	N5/N26	UPN-220 (UPN)	-	0.523	-	1.00	1.00	-	-
		N26/N12	N26/N12	UPN-220 (UPN)	-	0.800	-	1.00	1.00	-	-
		N2/N5	N2/N5	UPN-220 (UPN)	-	2.600	-	1.00	1.00	-	-
		N4/N8	N4/N8	UPN-220 (UPN)	-	1.234	-	1.00	1.00	-	-
		N8/N10	N8/N10	UPN-220 (UPN)	-	1.004	-	1.00	1.00	-	-
		N12/N4	N12/N4	UPN-220 (UPN)	-	1.198	-	1.00	1.00	-	-
		N9/N28	N9/N28	UPN-220 (UPN)	-	0.500	-	1.00	1.00	-	-
		N28/N1	N28/N1	UPN-220 (UPN)	-	0.523	-	1.00	1.00	-	-
		N1/N6	N1/N6	UPN-220 (UPN)	-	2.600	-	1.00	1.00	-	-
		N6/N25	N6/N25	UPN-220 (UPN)	-	0.523	-	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{yz}	L _{sup} (m)	L _{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N25/N10	N25/N10	UPN-220 (UPN)	-	0.800	-	1.00	1.00	-	-
		N11/N3	N11/N3	UPN-220 (UPN)	-	1.198	-	1.00	1.00	-	-
		N3/N7	N3/N7	UPN-220 (UPN)	-	1.234	-	1.00	1.00	-	-
		N7/N9	N7/N9	UPN-220 (UPN)	-	1.004	-	1.00	1.00	-	-
		N27/N31	N27/N31	HEA-180 (HEA)	-	0.433	0.090	1.00	1.00	-	-
		N32/N24	N32/N24	HEA-180 (HEA)	0.090	0.433	-	1.00	1.00	-	-
		N31/N32	N31/N32	HEA-180 (HEA)	0.090	2.420	0.090	1.00	1.00	-	-
		N18/N23	N18/N4	HEA-180 (HEA)	-	0.523	-	1.00	1.00	-	-
		N23/N4	N18/N4	HEA-180 (HEA)	-	0.800	-	1.00	1.00	-	-
		N3/N29	N3/N16	HEA-180 (HEA)	-	0.500	-	1.00	1.00	-	-
		N29/N16	N3/N16	HEA-180 (HEA)	-	0.523	-	1.00	1.00	-	-
		N2/N21	N2/N1	HEA-180 (HEA)	-	0.599	-	1.00	1.00	-	-
		N21/N16	N2/N1	HEA-180 (HEA)	-	0.504	0.095	1.00	1.00	-	-
		N16/N31	N2/N1	HEA-180 (HEA)	0.095	1.139	-	1.00	1.00	-	-
		N31/N14	N2/N1	HEA-180 (HEA)	-	0.371	0.095	1.00	1.00	-	-
		N14/N1	N2/N1	HEA-180 (HEA)	0.095	0.443	-	1.00	1.00	-	-
		N5/N22	N5/N6	HEA-180 (HEA)	-	0.599	-	1.00	1.00	-	-
		N22/N18	N5/N6	HEA-180 (HEA)	-	0.504	0.095	1.00	1.00	-	-
		N18/N32	N5/N6	HEA-180 (HEA)	0.095	1.139	-	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb ^{sup} (m)	Lb ^{inf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N32/N20	N5/N6	HEA-180 (HEA)	-	0.371	0.095	1.00	1.00	-	-
		N20/N6	N5/N6	HEA-180 (HEA)	0.095	0.443	-	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano XY
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano XZ
Lb^{sup}: Separación entre arriostramientos del ala superior
Lb^{inf}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

- Cargas:

Barras.

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapeciales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: t.
- Momentos puntuales: t·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapeciales: t/m.

- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Ejes	Dirección		
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)		X	Y	Z
N13/N14	Peso propio	Uniforme	0.042	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N16	Peso propio	Uniforme	0.042	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N18	Peso propio	Uniforme	0.042	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N20	Peso propio	Uniforme	0.042	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N20	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N20	Peso propio	Uniforme	0.025	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N20	Q 1	Uniforme	0.050	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Q 1	Uniforme	0.060	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N24	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N24	Peso propio	Uniforme	0.033	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N24	Q 1	Uniforme	0.066	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N25	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N25	Peso propio	Uniforme	0.033	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N25	Q 1	Uniforme	0.066	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N23	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N23	Peso propio	Uniforme	0.033	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N23	Q 1	Uniforme	0.066	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N28	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N28	Peso propio	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N27/N28	Q 1	Uniforme	0.051	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N27	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N27	Peso propio	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N27	Q 1	Uniforme	0.051	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N29	Peso propio	Uniforme	0.010	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N29	Peso propio	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N29	Q 1	Uniforme	0.051	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N8	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N27	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N18	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N18	Peso propio	Uniforme	0.015	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N18	CM 1	Uniforme	0.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N18	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N30	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N2	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N26	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N12	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Peso propio	Uniforme	0.015	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N5	Q 1	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N8	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N8	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N8	Q 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N10	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N10	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N10	Q 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N4	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N4	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Ejes	Dirección		
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)		X	Y	Z
N12/N4	Q 1	Uniforme	0.040	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N28	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N1	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N6	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N6	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N6	Q 1	Uniforme	0.027	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N25	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N10	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N3	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N3	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N3	Q 1	Uniforme	0.025	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N7	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N7	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N7	Q 1	Uniforme	0.025	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N9	Peso propio	Uniforme	0.029	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N9	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N9	Q 1	Uniforme	0.025	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N31	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N31	CM 1	Uniforme	0.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N24	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N24	CM 1	Uniforme	0.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N32	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N32	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N32	CM 1	Uniforme	0.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N32	Q 1	Uniforme	0.023	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N23	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N23	CM 1	Uniforme	0.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N4	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Ejes	Dirección		
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)		X	Y	Z
N3/N29	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N16	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N16	CM 1	Uniforme	0.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N21	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N21	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N21	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N16	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N16	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N16	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N31	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N31	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N31	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N14	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N14	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N14	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N1	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N1	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N1	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N22	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N22	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N22	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N18	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N18	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N18	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N32	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N32	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N32	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N20	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Ejes	Dirección		
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)		X	Y	Z
N32/N20	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N20	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N20/N6	Peso propio	Uniforme	0.036	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N20/N6	Peso propio	Uniforme	0.013	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N20/N6	Q 1	Uniforme	0.026	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Barras.

- Resistencia.

Referencias:

N: Esfuerzo axial (t).

V_y : Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra (t).

V_z : Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra (t).

M_t : Momento torsor (t·m).

M_y : Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra) (t·m).

M_z : Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra) (t·m).

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100 \%$.

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N13/N14	9.00	0.000	-1.561	-0.152	0.113	0.000	0.257	-0.367	GS	Cumple
N15/N16	11.45	0.000	-1.772	-0.212	0.098	0.000	0.232	-0.500	GS	Cumple
N17/N18	11.74	0.000	-1.888	0.210	0.104	0.000	0.245	0.498	GS	Cumple
N19/N20	9.18	0.000	-1.638	0.154	0.114	0.000	0.262	0.372	GS	Cumple
N14/N20	4.93	2.600	0.000	-0.019	0.357	0.000	-0.375	0.025	GS	Cumple
N21/N22	7.55	1.300	0.016	0.000	0.000	0.000	0.122	0.000	G	Cumple
N23/N24	3.70	0.090	0.027	0.000	-0.141	0.000	-0.059	0.000	G	Cumple
N24/N25	1.29	0.000	-0.010	0.002	-0.003	0.000	0.018	0.001	GS	Cumple
N26/N23	3.74	1.108	0.015	0.000	0.141	0.000	-0.059	0.000	G	Cumple
N27/N28	1.19	0.000	-0.013	-0.002	0.000	0.000	0.017	-0.001	GS	Cumple
N29/N27	2.68	0.090	0.023	0.000	-0.109	0.000	-0.042	0.000	G	Cumple
N30/N29	2.68	1.108	0.013	0.000	0.108	0.000	-0.043	0.000	G	Cumple
N24/N8	1.98	0.000	0.000	0.009	-0.219	0.000	-0.160	0.005	G	Cumple
N7/N27	1.04	0.500	0.009	-0.013	0.178	0.000	-0.084	0.002	GS	Cumple
N16/N18	7.15	2.600	-0.002	-0.026	0.851	0.000	-0.571	0.033	GS	Cumple
N11/N30	0.42	0.500	0.001	0.005	0.072	0.000	-0.032	0.000	GS	Cumple
N30/N2	1.22	0.523	0.007	0.009	0.100	0.000	-0.079	-0.004	GS	Cumple
N5/N26	1.88	0.000	-0.002	0.010	-0.150	-0.001	-0.137	0.002	G	Cumple
N26/N12	0.96	0.000	-0.002	-0.005	-0.095	0.000	-0.064	-0.003	G	Cumple
N2/N5	1.79	2.600	-0.004	0.000	0.161	0.000	-0.137	0.001	G	Cumple
N4/N8	1.06	0.000	0.004	0.003	-0.071	0.000	-0.073	0.002	GS	Cumple
N8/N10	0.68	0.000	-0.002	-0.007	-0.062	0.000	-0.037	-0.004	GS	Cumple
N12/N4	1.05	1.198	0.001	-0.002	0.091	0.000	-0.073	0.002	GS	Cumple
N9/N28	0.28	0.500	-0.001	-0.001	-0.047	0.000	0.019	0.001	G	Cumple
N28/N1	1.06	0.523	-0.001	0.003	-0.126	0.000	0.079	-0.001	G	Cumple
N1/N6	1.74	2.600	-0.006	0.000	-0.149	0.000	0.136	0.000	G	Cumple
N6/N25	1.80	0.000	-0.002	-0.002	0.173	0.000	0.136	-0.001	G	Cumple
N25/N10	0.67	0.000	-0.002	0.000	0.080	0.000	0.051	0.000	G	Cumple

Comprobación de resistencia										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (t)	Vy (t)	Vz (t)	Mt (t·m)	My (t·m)	Mz (t·m)		
N11/N3	1.29	1.198	0.001	-0.004	-0.099	0.000	0.088	0.003	GS	Cumple
N3/N7	1.20	0.000	0.007	0.002	0.084	0.000	0.088	0.001	GS	Cumple
N7/N9	0.75	0.000	-0.003	-0.005	0.067	0.000	0.046	-0.003	GS	Cumple
N27/N31	2.90	0.433	-0.001	0.018	0.518	0.000	-0.246	-0.003	G	Cumple
N32/N24	4.28	0.090	0.001	-0.023	-0.593	0.000	-0.362	-0.004	G	Cumple
N31/N32	3.95	2.510	-0.007	-0.001	0.820	0.000	-0.341	0.000	G	Cumple
N18/N23	5.86	0.000	0.002	0.009	-0.825	0.000	-0.501	0.003	G	Cumple
N23/N4	1.78	0.000	0.003	-0.004	-0.207	0.000	-0.150	-0.002	G	Cumple
N3/N29	1.13	0.500	-0.015	-0.003	0.201	0.000	-0.097	0.000	GS	Cumple
N29/N16	4.35	0.523	0.002	-0.006	0.716	0.000	-0.372	0.002	G	Cumple
N2/N21	1.77	0.599	-0.006	-0.003	0.280	0.000	-0.148	0.003	G	Cumple
N21/N16	4.66	0.504	-0.006	0.013	0.520	0.000	-0.397	-0.004	G	Cumple
N16/N31	6.15	0.095	-0.038	-0.008	-0.815	0.000	-0.523	-0.004	GS	Cumple
N31/N14	5.19	0.371	-0.155	0.020	1.162	0.000	-0.422	0.002	GS	Cumple
N14/N1	1.33	0.095	0.003	0.005	-0.278	-0.001	-0.112	0.001	G	Cumple
N5/N22	2.43	0.599	-0.010	0.002	0.374	0.000	-0.205	-0.003	G	Cumple
N22/N18	5.86	0.504	-0.010	-0.014	0.614	0.000	-0.501	0.004	G	Cumple
N18/N32	6.16	0.095	-0.032	0.017	-0.802	0.000	-0.517	0.009	GS	Cumple
N32/N20	5.03	0.371	-0.137	-0.017	1.124	0.000	-0.386	-0.002	GS	Cumple
N20/N6	1.79	0.095	0.002	-0.004	-0.369	0.001	-0.152	-0.001	G	Cumple

- Flechas.

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N2/N1	0.599	0.00	1.102	0.20	0.599	0.00	1.102	0.20
	0.599	L/(>1000)	1.102	L/(>1000)	0.599	L/(>1000)	1.102	L/(>1000)
N3/N4	3.406	0.00	3.623	0.39	3.406	0.00	3.623	0.39
	3.406	L/(>1000)	3.623	L/(>1000)	3.406	L/(>1000)	3.623	L/(>1000)
N5/N6	1.957	0.00	1.102	0.27	1.957	0.00	1.102	0.27
	1.957	L/(>1000)	1.102	L/(>1000)	1.957	L/(>1000)	1.102	L/(>1000)
N7/N8	4.055	0.00	2.233	0.33	4.055	0.00	2.233	0.33
	4.055	L/(>1000)	2.233	L/(>1000)	4.055	L/(>1000)	2.233	L/(>1000)
N9/N10	3.406	0.00	3.189	0.14	3.406	0.00	3.189	0.14
	0.500	L/(>1000)	3.189	L/(>1000)	0.500	L/(>1000)	3.189	L/(>1000)
N11/N9	2.226	0.00	1.814	0.05	2.226	0.00	1.814	0.05
	2.226	L/(>1000)	1.814	L/(>1000)	2.226	L/(>1000)	1.814	L/(>1000)
N12/N10	2.766	0.00	1.814	0.04	2.766	0.00	1.814	0.04
	0.200	L/(>1000)	1.814	L/(>1000)	0.200	L/(>1000)	1.814	L/(>1000)
N11/N12	4.145	0.00	3.189	0.15	4.145	0.00	3.189	0.15
	4.145	L/(>1000)	3.189	L/(>1000)	4.145	L/(>1000)	3.189	L/(>1000)
N13/N14	2.875	0.06	2.587	0.07	2.875	0.06	2.587	0.07
	2.875	L/(>1000)	2.587	L/(>1000)	2.875	L/(>1000)	2.587	L/(>1000)
N15/N16	3.162	0.06	2.300	0.06	3.162	0.08	2.300	0.06
	3.162	L/(>1000)	2.300	L/(>1000)	3.162	L/(>1000)	2.300	L/(>1000)
N17/N18	2.875	0.07	2.587	0.08	3.162	0.10	2.587	0.08
	2.875	L/(>1000)	2.587	L/(>1000)	2.875	L/(>1000)	2.587	L/(>1000)
N19/N20	3.162	0.06	2.587	0.07	3.162	0.06	2.587	0.07
	3.162	L/(>1000)	2.587	L/(>1000)	3.162	L/(>1000)	2.587	L/(>1000)
N14/N20	0.650	0.00	1.300	0.10	0.650	0.00	1.300	0.10
	0.650	L/(>1000)	1.300	L/(>1000)	0.650	L/(>1000)	1.300	L/(>1000)
N21/N22	0.650	0.00	1.300	0.90	0.650	0.00	1.300	0.90
	-	L/(>1000)	1.300	L/(>1000)	-	L/(>1000)	1.300	L/(>1000)
N23/N24	0.763	0.00	0.381	0.01	0.763	0.00	0.381	0.01
	0.763	L/(>1000)	0.381	L/(>1000)	0.763	L/(>1000)	0.381	L/(>1000)
N24/N25	0.669	0.00	0.502	0.02	0.669	0.00	0.502	0.02
	0.669	L/(>1000)	0.502	L/(>1000)	0.669	L/(>1000)	0.502	L/(>1000)
N26/N23	0.185	0.00	0.738	0.01	0.185	0.00	0.738	0.01
	0.185	L/(>1000)	0.738	L/(>1000)	0.185	L/(>1000)	0.738	L/(>1000)
N27/N28	0.167	0.00	0.502	0.02	0.167	0.00	0.502	0.02
	0.167	L/(>1000)	0.502	L/(>1000)	0.167	L/(>1000)	0.502	L/(>1000)
N29/N27	0.953	0.00	0.191	0.01	0.953	0.00	0.191	0.01
	0.953	L/(>1000)	0.191	L/(>1000)	0.953	L/(>1000)	0.191	L/(>1000)
N30/N29	0.923	0.00	0.738	0.01	0.923	0.00	0.738	0.01
	0.923	L/(>1000)	0.738	L/(>1000)	0.923	L/(>1000)	0.738	L/(>1000)

○ Comprobación E.L.U.(Resumido).

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)														Estado
	λ_w	N_x	N_y	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_x	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N13/N14	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹⁾	x: 0 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 7.3$	$\eta = 0.8$	x: 2.588 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 9.0$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 2.588 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 9.0$	
N15/N16	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹⁾	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 2.588 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 11.5$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 2.588 m $\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 11.5$	
N17/N18	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹⁾	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 4.1$	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 2.588 m $\eta = 0.7$	x: 1.725 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 11.7$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 2.588 m $\eta = 0.7$	CUMPLE $\eta = 11.7$	
N19/N20	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹⁾	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 7.4$	$\eta = 0.7$	x: 2.588 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 9.2$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 2.588 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 9.2$	
N14/N20	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 0.7$	x: 2.6 m $\eta = 1.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 4.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 1.6$	CUMPLE $\eta = 4.9$	
N21/N22	x: 0.217 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.3 m $\eta = 7.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹⁾	x: 0 m $\eta = 1.9$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹⁾	x: 0.217 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁹⁾	x: 1.3 m $\eta = 7.6$	x: 0.217 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁹⁾	N.P. ⁹⁾	CUMPLE $\eta = 7.6$	
N23/N24	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta = 0.1$	x: 0.471 m $\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 3.6$	x: 1.234 m $\eta = 0.3$	x: 0.09 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 3.7$	$\eta = 0.1$	x: 0.662 m $\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 0.7$	CUMPLE $\eta = 3.7$	
N24/N25	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.502 m $\eta = 1.1$	x: 1.004 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.3$	$\eta = 0.1$	x: 1.004 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 1.3$	
N26/N29	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0.185 m $\eta = 0.1$	x: 0.185 m $\eta = 0.1$	x: 1.108 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 1.108 m $\eta = 1.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.108 m $\eta = 3.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.108 m $\eta = 0.6$	CUMPLE $\eta = 3.7$	
N27/N28	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.0$	x: 1.004 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.004 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 1.2$	
N29/N27	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta = 0.1$	x: 0.662 m $\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 2.6$	x: 1.234 m $\eta = 0.2$	x: 0.09 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 2.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 0.6$	CUMPLE $\eta = 2.7$	
N30/N29	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0.185 m $\eta = 0.1$	x: 0.185 m $\eta < 0.1$	x: 1.108 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 1.108 m $\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.108 m $\eta = 2.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.108 m $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 2.7$	
N24/N8	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 0.8 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 2.0$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 1.0$	CUMPLE $\eta = 2.0$	
N7/N27	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.5 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 1.0$	$\eta = 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 1.0$	
N16/N18	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 6.6$	x: 2.6 m $\eta = 0.8$	x: 2.6 m $\eta = 4.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 7.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 3.8$	CUMPLE $\eta = 7.2$	
N11/N30	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.5 m $\eta = 0.2$	x: 0.25 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0.5 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 0.4$	
N30/N2	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0.523 m $\eta < 0.1$	x: 0.523 m $\eta < 0.1$	x: 0.523 m $\eta = 1.0$	x: 0.523 m $\eta = 0.3$	x: 0.523 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.523 m $\eta = 1.2$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0.523 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 1.2$	
N5/N26	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 1.9$	
N26/N12	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0.8 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.0$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 1.0$	
N2/N5	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 1.95 m $\eta < 0.1$	x: 1.95 m $\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 1.8$	x: 2.6 m $\eta = 0.5$	x: 2.6 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 1.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 1.8$	
N4/N8	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 1.234 m $\eta = 0.2$	x: 1.234 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.234 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 1.1$	
N8/N10	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0.335 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.7$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 0.7$	
N12/N4	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.198 m $\eta = 0.9$	x: 1.198 m $\eta = 0.2$	x: 1.198 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.198 m $\eta = 1.0$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 1.198 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 1.0$	
N9/N28	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.5 m $\eta = 0.2$	x: 0.5 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	x: 0.25 m $\eta = 0.3$	x: 0.5 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 0.3$	
N28/N1	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0.523 m $\eta = 1.0$	x: 0.523 m $\eta = 0.3$	x: 0.523 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.523 m $\eta = 1.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0.523 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 1.1$	
N1/N6	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 1.95 m $\eta < 0.1$	x: 1.95 m $\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 2.6 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 1.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.6 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 1.7$	
N6/N25	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 0.6$	x: 0.523 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.8$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.6$	CUMPLE $\eta = 1.8$	
N25/N10	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.7$	x: 0.8 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.7$	$\eta = 0.1$	x: 0.4 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 0.7$	
N11/N3	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.198 m $\eta = 1.1$	x: 1.198 m $\eta = 0.2$	x: 1.198 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.198 m $\eta = 1.3$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 1.198 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 1.3$	
N3/N7	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 1.028 m $\eta < 0.1$	x: 1.028 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.1$	x: 1.234 m $\eta = 0.1$	x: 1.234 m $\eta = 0.3$	x: 0.823 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.2$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 1.234 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 1.2$	
N7/N9	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.6$	x: 1.004 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 0.8$	
N27/N31	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.433 m $\eta = 2.8$	x: 0.433 m $\eta = 0.5$	x: 0.433 m $\eta = 2.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.433 m $\eta = 2.9$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.433 m $\eta = 2.3$	CUMPLE $\eta = 2.9$	
N32/N24	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 4.2$	x: 0.09 m $\eta = 0.5$	x: 0.09 m $\eta = 2.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 4.3$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.09 m $\eta = 2.7$	CUMPLE $\eta = 4.3$	
N31/N32	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 1.905 m $\eta < 0.1$	x: 1.905 m $\eta < 0.1$	x: 2.51 m $\eta = 3.9$	x: 0.09 m $\eta = 0.8$	x: 2.51 m $\eta = 3.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.51 m $\eta = 4.0$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.51 m $\eta = 2.8$	CUMPLE $\eta = 4.0$	
N18/N23	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0.261 m $\eta < 0.1$	x: 0.261 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 3.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.9$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 2.4$	CUMPLE $\eta = 5.9$	
N23/N4	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0.8 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.8$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.9$	CUMPLE $\eta = 1.8$	
N3/N29	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 1.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.5 m $\eta = 0.9$	CUMPLE $\eta = 1.1$	

Placa de anclaje:

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 125 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple



Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 6.796 t Calculado: 0.554 t	Cumple
-Cortante:	Máximo: 4.757 t Calculado: 0.03 t	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 6.796 t Calculado: 0.596 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 3.663 t Calculado: 0.554 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 5096.84 kp/cm ² Calculado: 492.848 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 10.092 t Calculado: 0.03 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2803.26 kp/cm ²	
-Derecha:	Calculado: 573.659 kp/cm ²	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 571.455 kp/cm ²	Cumple
-Arriba:	Calculado: 742.927 kp/cm ²	Cumple
-Abajo:	Calculado: 688.754 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
-Derecha:	Calculado: 2791.41	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 2736.91	Cumple
-Arriba:	Calculado: 1723.62	Cumple
-Abajo:	Calculado: 1805.05	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises local:	Máximo: 2803.26 kp/cm ²	Cumple
<i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Calculado: 0 kp/cm ²	
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0506		

CIMENTACIÓN.

Comprobación:

Referencia: (N17 - N19)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm ² Calculado: 0.36 kp/cm ²	Cumple
-Tensión media en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.454 kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.504 kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 4.5 kp/cm ² Calculado: 1.227 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 85.6 %	Cumple

Referencia: (N17 - N19)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 141.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.48 t·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: -0.88 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 1.12 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
<i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 509.68 t/m ²	
-Situaciones persistentes:	Calculado: 6.4 t/m ²	Cumple
-Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 3.81 t/m ²	Cumple
Canto mínimo:		
<i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 50 cm	
-N17:	Calculado: 54 cm	Cumple
-N19:	Calculado: 54 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.0012	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0015	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0015	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0014	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0014	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	

Referencia: (N17 - N19)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>49.5</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: (N17 - N19)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 18 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 18 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 18 cm Calculado: 74 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 18 cm Calculado: 66 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Criterio de CYPE)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.08		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 15.89 t		

Referencia: (N13 - N15)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm ² Calculado: 0.338 kp/cm ²	Cumple
-Tensión media en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.449 kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.466 kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones accidentales sísmicas:	Máximo: 4.5 kp/cm ² Calculado: 1.206 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 78.1 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 117.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.47 t·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: -0.81 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 1.21 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
<i>Criterio de CYPE</i>		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 5.72 t/m ²	Cumple
-Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 3.7 t/m ²	Cumple

Referencia: (N13 - N15)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 50 cm	
-N13:	Calculado: 54 cm	Cumple
-N15:	Calculado: 54 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.0012	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0015	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0015	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0014	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0014	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple

Referencia: (N13 - N15)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
-Armado superior dirección X:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 12 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 18 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 18 cm Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 18 cm Calculado: 74 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 18 cm Calculado: 66 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
-Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: (N13 - N15)		
Dimensiones: 80 x 220 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/12 Yi:Ø12c/12 Xs:Ø12c/12 Ys:Ø12c/12		
Comprobación	Valores	Estado
-Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Criterio de CYPE)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.07		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 15.89 t		



ANEJO 5: CÁLCULOS Y DATOS DE LOS INDICADORES.

Tabla 1 con los resultados resumidos y la tabla 2 con los datos y cálculos del VAN, TIR, PRC e IR.

Tabla 1

Tabla resumen		
VAN	25 años	164.106,02 €
	20 años	11.341,12 €
	15 años	-149.060,52 €
	7 años	-422.547,61 €
TIR	25 years	4,87%
	20 years	3,17%
	15 years	-0,10%
	7 years	-17,42%



Tabla 2

			i	0,03				
Año	Ahorro	Costes	Flujo de caja	VA	VAN	TIR	IR	
0	-680000		-680000	-680000	-680000	-100%	1,00	
1	40000	1000	39000	37864,08	-642135,92	-94,26%	0,06	
2	40800	1020	39780	37496,47	-604639,46	-72,78%	0,06	
3	41616	1040,4	40575,6	37132,42	-567507,04	-53,74%	0,05	
4	42448,32	1061,21	41387,11	36771,91	-530735,12	-39,92%	0,05	
5	43297,29	1082,43	42214,85	36414,90	-494320,22	-30,03%	0,05	
6	44163,23	1104,08	43059,15	36061,36	-458258,86	-22,82%	0,05	
7	45046,50	1126,16	43920,33	35711,25	-422547,61	-17,42%	0,05	
8	45947,43	1148,69	44798,74	35364,54	-387183,07	-13,29%	0,05	
9	46866,38	1171,66	45694,72	35021,19	-352161,87	-10,06%	0,05	
10	47803,70	1195,09	46608,61	34681,18	-317480,69	-7,48%	0,05	
11	48759,78	1218,99	47540,78	34344,47	-283136,22	-5,40%	0,05	
12	49734,97	1243,37	48491,60	34011,03	-249125,18	-3,70%	0,05	
13	50729,67	1268,24	49461,43	33680,83	-215444,36	-2,29%	0,05	
14	51744,27	1293,61	50450,66	33353,83	-182090,53	-1,10%	0,05	
15	52779,15	1319,48	51459,67	33030,01	-149060,52	-0,10%	0,05	
16	53834,73	1345,87	52488,87	32709,33	-116351,20	0,76%	0,05	
17	54911,43	1372,79	53538,64	32391,76	-83959,44	1,49%	0,05	
18	56009,66	1400,24	54609,42	32077,28	-51882,16	2,13%	0,05	
19	57129,85	1428,25	55701,60	31765,85	-20116,32	2,68%	0,05	
20	58272,45	1456,81	56815,64	31457,44	11341,12	3,17%	0,05	
21	59437,90	1485,95	57951,95	31152,03	42493,15	3,59%	0,05	
22	60626,65	1515,67	59110,99	30849,58	73342,73	3,97%	0,05	
23	61839,19	1545,98	60293,21	30550,07	103892,80	4,30%	0,04	
24	63075,97	1576,90	61499,07	30253,47	134146,27	4,60%	0,04	
25	64337,49	1608,44	62729,05	29959,74	164106,02	4,87%	0,04	
				164106,02				1,24