

ÍNDICE

OBJETO DEL ESTUDIO	3
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	3
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO	5
PRODUCCIÓN ESTIMADA	6
Entrada fruta central	6
Flujo entrada diario	7
DIMENSIONADO DE LA ZONA DE ESTUDIO	8
ESTUDIO CLIMÁTICO	10
Observatorio	10
Temperatura	11
Humedad relativa	12
INSTALACIÓN FRIGORÍFICA	13
Producto almacenado	13
Aislamiento térmico	13
Puertas frigoríficas	14
CIRCUITO PRIMARIO	15
Refrigerante elegido	15
Depósito de refrigerante	16
Compresor	17
Condensador	18
Separador de fases	19
Intercambiador de calor	20
CIRCUITO SECUNDARIO	21
Aerorefrigerador	22
Bombas centrífugas	23
Depósitos de almacenamiento de agua glicolada	24

INSTALACIÓN ELECTRICA.....	25
Acometida	25
Caja General de Protección y Medida.....	25
Derivación Individual.....	25
Cuadro General de Mando y Protección.....	26
Iluminación Interior.....	27
Receptores de la instalación	28
Toma de tierra.....	29
PRESUPUESTO	29

1. OBJETO DEL ESTUDIO

Se redacta el presente estudio con el objeto de definir, diseñar y presupuestar las características técnicas para la puesta en funcionamiento de 6 cámaras frigoríficas dedicado a la refrigeración de melocotón y nectarina en la localidad de Zaidín, Huesca. Dichas naves se dimensionarán para contener una capacidad máxima aproximada de 900 Tonelada.

A su vez, el estudio tiene como objeto la obtención del título de Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, especialidad en Industrias Agroalimentarias, en la Escuela Politécnica Superior de Huesca, por parte del alumno Juan Surra Zapata.

2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El presente proyecto se encontrará ubicado en el término municipal de Zaidín, provincia de Huesca. Zaidín pertenece a la comarca del Bajo Cinca, con la localidad de Fraga como cabecera administrativa.

Esta localidad es atravesada por la carretera comarcal A-1234, que une Monzón y Fraga y se encuentra a pocos kilómetros ciudades importantes como Fraga (12 km), Lleida (40 km), Binéfar (35 km) o Monzón (45 km), siendo todas ellas ciudades de gran importancia en el negocio de la compra-venta de frutas.

La industria se ubicará en un recinto del mismo municipio. Sus datos más representativos de dicho recinto son los siguientes, según los datos oficiales del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA):

- Provincia: Huesca (22)
- Término municipal: Zaidín (349)
- Polígono: 19
- Parcela: 3
- Superficie: 8630 m²
- Coordenadas UTONEADA:
 - HUSO 31
 - Coordenada X: 270.112.89 m
 - Coordenada Y: 4.611.037.56 m
 - Altura sobre nivel de mar: 17 m

La localización de la parcela donde se va a situar la nave se puede ver en la siguiente imagen (Fuente: Visor del Instituto Geográfico Nacional).

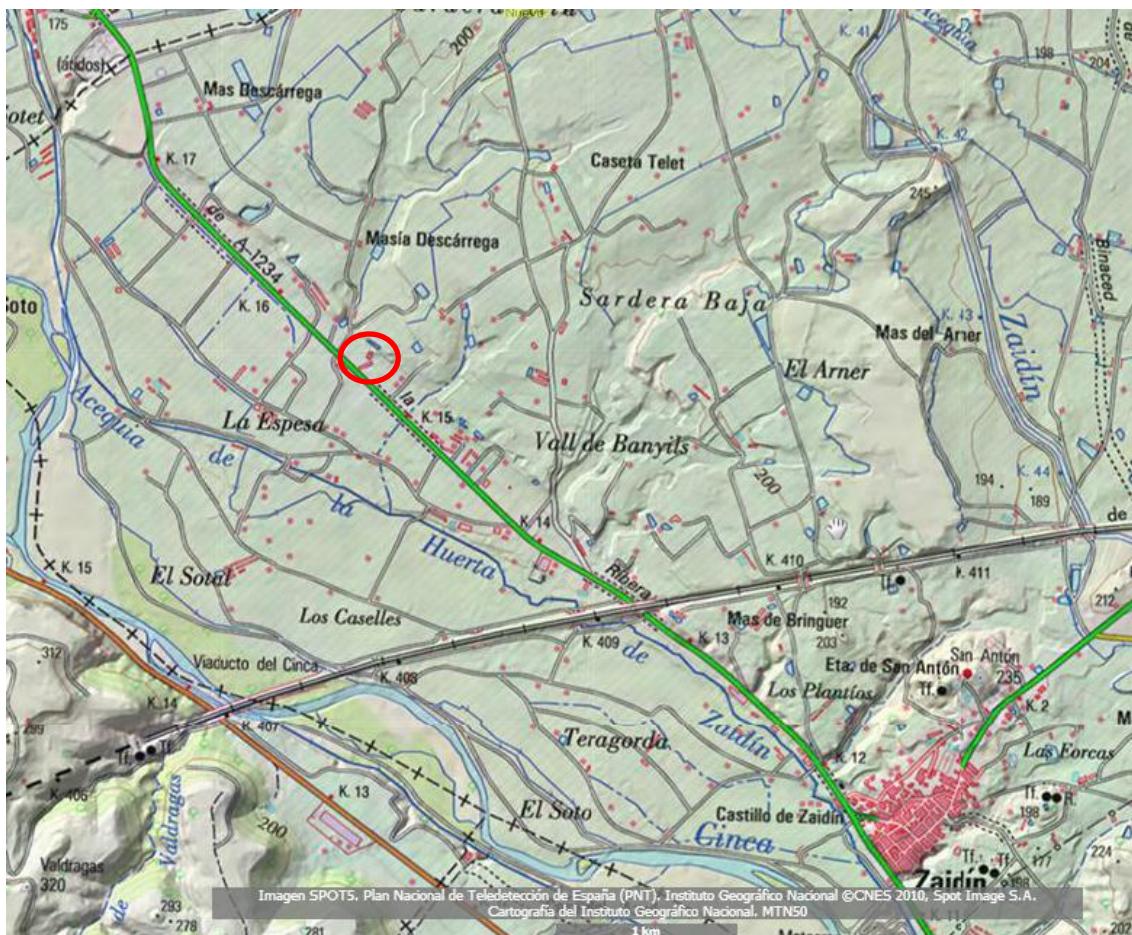


Imagen 1. Emplazamiento del estudio realizado

Este emplazamiento se sitúa próximo a grandes extensiones de cultivos frutales, destacando los de melocotón y nectarina, fruta que se pretenderá almacenar en estas instalaciones, luego su localización es idónea para desarrollar esta actividad agroindustrial.

Es de gran importancia destacar que el río Cinca deja a su margen izquierdo la localidad de Zaidín, lo cual aporta unas condiciones idóneas para la producción de frutales en sus zonas próximas.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

Un empresario, dedicado a la comercialización y exportación de frutas, prevé instalar cámaras frigoríficas para el enfriamiento y conservación de melocotón y nectarina como parte de la expansión de su empresa, con el objeto de comercialización de dichos productos a los distribuidores en unas condiciones óptimas para su distribución y consumo.

Debido a esto, es necesario realizar un estudio previo que aborde la instalación de las cámaras de conservación convencionales, situadas en una nave propiedad del empresario.

El presente estudio se centra en el adecuado diseño de éstas cámaras, incidiendo en la maquinaria empleada, el espacio ocupado y el presupuesto estimado requerido.

Cabe destacar que no se incide sobre la manipulación de la fruta una vez ésta haya salido de las cámaras, siendo ésta otra parte fundamental de estudio para la central.

4. PRODUCCIÓN ESTIMADA

4.1 ENTRADA FRUTA CENTRAL

La fruta, recién recolectada del campo, es transportada a través de las carretillas elevadoras a la zona de las cámaras frigoríficas. La fruta se almacenará en las cámaras el tiempo necesario, aunque lo común en este tipo de instalaciones es que la duración de almacenamiento de este tipo de frutas en las cámaras frigoríficas sea de una semana.

La recolección de melocotón y nectarina abarca un período que comprende desde principio de junio hasta finales de octubre.

Según datos aportados por el empresario, la entrada de melocotón y nectarina que éste prevé albergar en las cámaras frigoríficas durante el período de recolección puede verse en la tabla 1. Ésta muestra el flujo de entrada de la fruta semanal, mostrando las cantidades de melocotón y nectarina en el período de recolección (Datos en toneladas)

		MELOCOTÓN	NECTARINA	TOTAL
JUNIO	1	97,8	80,9	178,7
	2	115,2	115,6	230,8
	3	171,3	120,5	291,8
	4	158,7	167,5	326,2
JULIO	1	236,6	268	504,6
	2	296,3	351,2	647,5
	3	405,6	382,5	788,1
	4	356,5	315,5	672
AGOSTO	1	345,5	205,8	551,3
	2	325,6	152,6	478,2
	3	312,3	95	407,3
	4	248,9	71	319,9
SEPTIEMBRE	1	168,5	52,5	221
	2	95,6	44,5	140,1
	3	75,6	35,6	111,2
	4	35,5	25,6	61,1
OCTUBRE	1	25,3	15,6	40,9
	2	12,5	10,3	22,8
	3	5,6	5,6	11,2
	4	3,2	2,1	5,3
TOTAL		3492,1	2517,9	6010

Tabla 1. Producción de melocotón y nectarina

4.2 FLUJO ENTRADA DIARIO

Con los datos de recolección, podemos calcular que la media en el período de recolección ronda unas 300 toneladas. Si en esa semana, existe un día festivo por el que la central cierra las puertas para la recepción de la fruta:

$$m_{\text{entrada}} = \frac{300000 \text{ kg}}{6 \text{ días}} = 50000 \text{ kg/día}$$

Cada palot alberga de media unos 250 kg de fruta, los palots entrantes diarios se pueden considerar:

$$n^{\circ}_{\text{palots}} = \frac{50000 \text{ kg/día}}{250 \text{ kg/palot}} = 200 \text{ palots /día}$$

Se considera, según los datos obtenidos, una producción en cada campaña de en torno a 6000 tonelada. A su vez, el momento de mayor producción se produce aproximadamente en la última tercera semana de julio, con unas 790 toneladas en esas fechas. Éste dato nos servirá como principal referencia ya que marcará la capacidad de almacenamiento de las cámaras frigoríficas.

Debido a que la fruta permanece en las cámaras entorno a una semana, y que la semana de máxima producción es la citada anteriormente con 790 toneladas, se opta por tener una capacidad máxima de almacenamiento de 900 toneladas.

Se ha considerado este dato por posibles aumentos de producción en el futuro así como de posible lugar para el almacenamiento de la fruta ya procesada y paletizada a la espera de ser transportada.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que durante la temporada de recolección no vamos a albergar la capacidad máxima de la instalación, por lo que se opta por poner 6 cámaras de 150 toneladas cada una de ellas para no tener que tener siempre en funcionamiento toda la instalación y así no desperdiciar grandes cantidades de energía.

5. DIMENSIONADO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Como se detalla en el anexo cálculos frigoríficos, se opta por seis cámaras idénticas con una capacidad de 150 toneladas por cámara, dando una capacidad máxima almacenable de la instalación de 900 toneladas.

Se pueden resumir las características de cada una de las 6 cámaras en la siguiente tabla:

DIMENSIONES	CÁMARA
Longitud (m)	14
Anchura (m)	10
Altura (m)	8
Superficie total (m²)	140
Superficie útil (m²)	98
Volumen Total (m³)	1120
Volumen Útil (m³)	784
Nº máx. palots	600
Capacidad (tm)	150

Tabla 2. Dimensión de las cámaras frigoríficas

La densidad estiba de almacenamiento aconsejable, según (Costa & Llorens, 2004) para el melocotón tanto como para la nectarina varía entre 170 y 220 kg/m³.

Donde

$$\text{donde } \rho_{estiba} = \frac{\text{Masa máxima almacenable}}{\text{Volumen cámara}^*}$$

* Lo consideramos como el total ocupado (sin considerar pasillo) = (7 · 14 · 8)m

Considerando un volumen útil de la cámara de 784 m³, la densidad estiba de la cámara será de:

$$\rho_{estiba} = \frac{150000 \text{ kg}}{784 \text{ m}^3} = 191 \text{ kg/m}^3$$

Hay que señalar que en el lateral de la nave se ubicará la sala de máquinas, con una separación más que suficiente para colocar la maquinaria adecuada para el sistema de enfriamiento. Además deberá de estar separada de las demás dependencias y especialmente de la zona de trabajo, para no ocasionar ruido o emisiones molestas.

Las dimensiones de esta sala se pueden resumir en la siguiente tabla:

DIMENSIONES	SALA DE MÁQUINAS
Longitud (m)	29
Anchura (m)	8
Altura (m)	4
Superficie total (m ²)	232
Volumen Total (m ³)	928

Tabla 3. Dimensiones de la sala de máquinas

Además, en la zona de trabajo habrá que situar un pasillo adyacente a las cámaras de 5 metros, para la correcta circulación de las carretillas elevadoras encargadas de transportar los palots.

Las dimensiones del pasillo se pueden resumir en la siguiente tabla:

DIMENSIONES	PASILLO
Longitud (m)	5
Anchura (m)	43
Altura (m)	8
Superficie total (m ²)	215
Volumen Total (m ³)	1720

Tabla 4. Dimensiones del pasillo

Aunque el objeto de este estudio es el diseño y cálculo de las cámaras frigoríficas de conservación de la fruta, a la hora de diseñar la nave en la que se sitúan habrá que tener en cuenta también el dimensionado del área de manipulación así como otras zonas necesarias para una central hortofrutícola, por ello se detalla en el anexo “planos” la distribución esperada de una central hortofrutícola de este tipo en el que se observa el espacio liberado para realizar las restantes tareas que se requieren.

6. ESTUDIO CLIMÁTICO

Para dimensionar y calcular correctamente la instalación frigorífica a instalar se hace necesario realizar un estudio climático previo de la región en la que está situada la central. Los parámetros más característicos a estudiar será la temperatura de la región así como la humedad relativa del ambiente para determinar los parámetros de diseño útiles para realizar los cálculos referentes a la instalación frigorífica.

6.1 OBSERVATORIO

Los datos de temperatura y humedad relativa de la región han sido obtenidos de la Oficina del Regante, una fuente oficial y fiable correspondiente al departamento de agricultura y ganadería del gobierno de Aragón.

Estos datos han sido tomados de la estación más cercana de la parcela en que se sitúa la nave. El observatorio se encuentra a una altura del nivel del mar de 175 m y a escasos metros de la carretera comarcal A-1241 que une Fraga con Altorincón.

Como hemos mencionado este observatorio es colaborador con el Gobierno de Aragón, con los que informa diariamente de los datos registrados en sus estaciones, por todo esto se puede considerar una fuente fiable de datos.

Aunque el periodo de recogida de datos se ha realizado en dos únicos años, los registros históricos de zonas cercanas no indican grandes oscilaciones térmicas respecto a los representados, por lo que se pueden tomar estos datos como representativos.

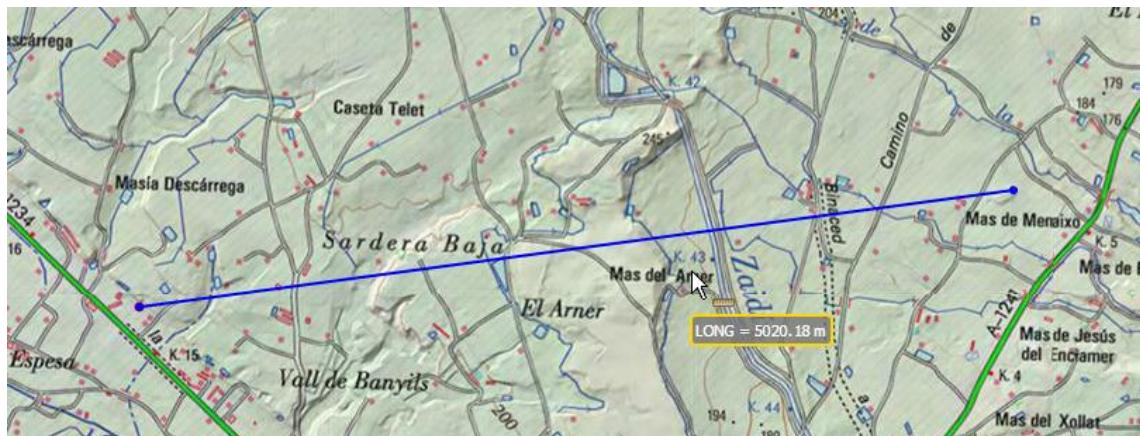


Imagen 2. Situación del observatorio

Los datos necesarios a estudiar serán:

- Temperatura de la zona
- Humedad Relativa

6.2 TEMPERATURA

La media calculada entre los años 2012-2014 en la región de Zaidín se puede resumir en la tabla 5:

Mes	T ^a Media	T ^a Máxima	T ^a Mínima
Enero	5,0	19,5	-4,5
Febrero	6,7	18,0	-5,4
Marzo	10,6	21,0	-1,6
Abril	12,7	28,9	0,2
Mayo	14,6	26,8	1,2
Junio	20,5	35,5	6,9
Julio	25,5	36,6	13,6
Agosto	23,6	35,4	11,8
Septiembre	20,4	32,5	8,1
Octubre	17,0	31,1	2,6
Noviembre	9,6	25,3	-6,1
Diciembre	3,1	13,7	-5,0

Tabla 5. Temperatura media mensual Zaidín

El periodo de recolección se centra principalmente en el verano y observando las temperaturas medias vemos que no existe gran oscilación térmica. Sin embargo para calcular una temperatura de diseño en el presente proyecto, se ha acudido al criterio de (López Gómez, 1994)s en la que establece por convenio una temperatura de cálculo que viene dado por:

$$T_c = 0.4 \cdot T_{med} + 0.6 \cdot T_{max}$$

Donde

T_c es la temperatura cálculo

T_{med} es la temperatura media del mes más cálido

T_{max} es la temperatura máxima del mes más cálido

Luego obtenemos que

$$T_c = 0.4 \cdot 25.5 + 0.6 \cdot 36.6 = 32.16^{\circ}C$$

Se adoptará para futuros cálculos una temperatura de cálculo de 32 °C

6.3 HUMEDAD RELATIVA

Para el cálculo de las renovaciones de aire necesarios en las cámaras frigoríficas se hace necesario el estudio de la humedad relativa del ambiente exterior

En la siguiente tabla se observa la humedad relativa media a lo largo del año.

Mes	HR Med (%)
Enero	88,6
Febrero	75,5
Marzo	81,1
Abril	74,9
Mayo	74,3
Junio	64,0
Julio	65,1
Agosto	68,9
Septiembre	73,1
Octubre	79,8
Noviembre	78,9
Diciembre	91,2

Tabla 6. Humedad relativa media en Zaidín

Se adoptará como humedad relativa del proyecto el promedio de los datos correspondiente a los períodos de máxima recolección de fruta (Junio a Septiembre).

$$HR_{media} = 68 \%$$

Para el cálculo de la potencia frigorífica de la instalación, a partir de estos datos obtenidos, se calculará la entalpía específica del aire en esas condiciones, tanto la del exterior como la del interior de las cámaras. Para ello se utiliza el software *EES-Pysch* en el anexo correspondiente.

7. INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

7.1 PRODUCTO ALMACENADO

Las cámaras frigoríficas han sido diseñadas para el almacenado de fruta de hueso, concretamente de melocotón y nectarina.

La duración de la conservación de estos productos será de aproximadamente una semana. Almacenamientos más prolongados de estas frutas en las cámaras afectan negativamente a la calidad del producto, ya que origina excesivas pérdidas de agua y por lo tanto, texturas indeseables.

Las condiciones óptimas para la conservación de estas frutas en las cámaras frigoríficas son de (López Gómez, 1994):

$$T^a = 0^\circ C$$

$$HR = 90 \%$$

Observando las características de almacenamiento así como la entrada de fruta diaria, en el anexo "Cálculos frigoríficos" se estimará la capacidad frigorífica necesaria en:

$$Q_e = 600 \text{ KW}$$

7.2 AISLAMIENTO TÉRMICO

Se han seleccionado para el aislamiento de las cámaras frigoríficas planchas de espuma rígida de poliisocianurato (PIR), una variante de la espuma de poliuretano extruido.

Este material es de los más utilizados en los aislamientos de cámaras frigoríficas actualmente, ya que presenta una baja conductividad térmica, un fácil montaje y un precio relativamente bajo.

Este tipo de paneles incluyen lámina antivapor, material aislante, placa embellecedora y juntas de estanqueidad.

Las propiedades de este material se pueden resumir la tabla 7:

	NORMA DE ENSAYO	UNIDADES	VALORES ESPECIFICADOS
Densidad	EN 1602	kg/m³	40 ± 2
Coeficiente de conductividad térmica, $\lambda_{45d\ 10^\circ C}$	EN 12667	W/m·K	0,022
Resistencia a la compression	EN 826	kPa	200 ± 40
Intervalo de temperaturas	-	°C	+110 / -200
Reacción al fuego	NF P 92-501	-	M1

Tabla 7. Propiedades de los paneles aislantes

La tabla siguiente representa la solución escogida para aislar los diferentes cerramientos formados por las cámaras frigoríficas:

Cerramiento	ESPESOR TEÓRICO (cm)	ESPESOR COMERCIAL (cm)
NORTE	4.2	6
SUR	7.2	8
ESTE	5.7	6
OESTE	6.5	8
INTERIORES	4.7	6
SUELO	5.1	6
CUBIERTA	9.7	10

Tabla 8. Espesores del aislante en cerramientos de las cámaras

7.3 PUERTAS FRIGORÍFICAS

Se colocará en cada cámara una puerta corredera frigorífica con dimensiones de 3.6 x 3 metros y estarán aisladas con PIR, al igual que el resto del cerramiento de las cámaras.

Todas las puertas frigoríficas contarán con una junta de goma de forma que cuando se encuentren cerradas sean lo más estancas posibles y se abrirán por accionamiento a distancia y manual, en el caso que sea necesario.

Como elemento de seguridad, según disposiciones del Reglamento de Seguridad de Instalaciones Frigoríficas, se dispondrán en el interior de las cámaras frigoríficas junto a cada una de las puertas de las cámaras, un hacha tipo bombero con mango de tipo sanitario y longitud mínima de 800 mm.

8. CIRCUITO PRIMARIO

8.1 REFRIGERANTE ELEGIDO

Se opta por el empleo del R717 (Amoníaco) como refrigerante en la instalación, ampliamente usado para la industria de conservación de frutas actualmente, quedando fuera del grupo de los refrigerantes clorofluorados.

Aunque es tóxico, algo inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones, se suele contar con personal experimentado y por el nivel de control su naturaleza tóxica es de poca importancia. Además tiene un olor que se percibe con facilidad, por lo que habrá que enseñar al personal de la instalación advertir de su presencia y no ocasionar reacciones de pánico.

Pese a las anteriores desventajas, se trata de un refrigerante ideal para instalaciones con grandes requerimientos energéticos, como es el caso. Posee un alto efecto frigorífico y, a pesar de tener un volumen específico alto en estado vapor, tiene una gran capacidad refrigerante con relativamente bajo desplazamiento volumétrico en el compresor. Asimismo el amoníaco es fácil de conseguir y se trata de un refrigerante barato.

El R717 será el encargado de absorber el calor del agua glicolada, bajándola de temperatura en un intercambiador de placas .Este intercambiador estará hecho de materiales adecuados para la no interacción del refrigerante con los restantes materiales y fluidos.

La instalación a su vez pretende ser segura y fiable, por lo que se utiliza un sistema indirecto con un refrigerante no corrosivo ni peligroso como es la solución de etilenglicol. Este refrigerante secundario reduce el volumen necesario de amoníaco y limita la posible existencia de fugas.

Hay que añadir que este fluido puede ser vertido a la red de saneamiento, ya que no contiene sustancias tóxicas o peligrosas para la salud o el medioambiente.

8.2 DEPÓSITO DE REFRIGERANTE

Se optará por la colocación de un depósito tipo horizontal que albergará el refrigerante R717 en estado líquido. Este depósito se colocará bajo el condensador con una capacidad para almacenar 410 litros de refrigerante y servirá como reservorio para la circulación del refrigerante en la instalación.

Características técnicas

La figura 1 y la tabla 9 relacionan muestran las características de éste depósito:

VOLUMEN (l)	DIMENSIONES (mm)							PESO (kg)
	A	B	C	D	E	F	G	
408	1500	803	900	610	130	18	500	250

Tabla 9. Características del depósito refrigerante

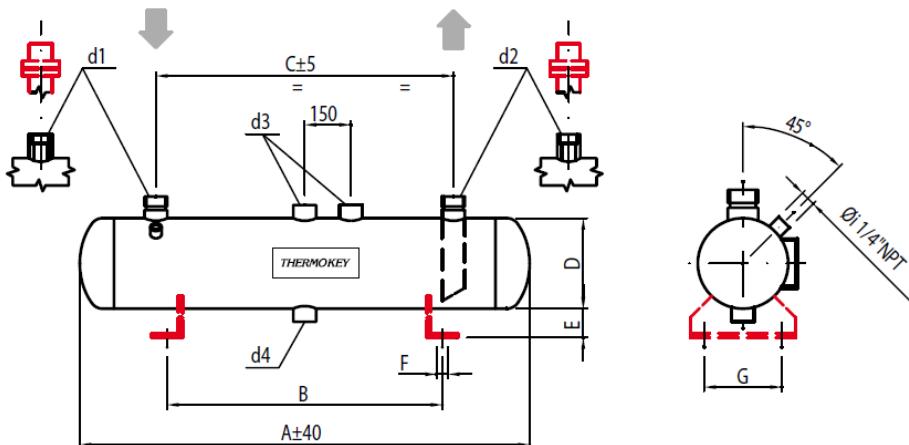


Figura 1. Esquema del depósito refrigerante

8.3 COMPRESOR

El compresor tendrá la función de aspirar los vapores que se produce al evaporarse el fluido frigorífico en el evaporador que se encuentra a baja presión y descargarlo a alta presión en el condensador, realizándose en el proceso el cambio de estado de vapor a líquido.

Teniendo en cuenta la cantidad de fruta a almacenar y el tipo de refrigerante escogido, se ha elegido realizar la compresión mecánica con dos compresores de rotación de tornillo puestos en paralelo, compatible con R717, comúnmente elegido para este tipo de instalaciones.

El movimiento del gas en este tipo de compresores circular y continuo, resultado un movimiento más lineal y alcanzando la potencia suficiente para circular el refrigerante necesario.

A diferencia de las otras alternativas y el desgaste de las partes móviles mecánicas es menor. Aunque exige un abundante engrase, este aceite inyectado sustrae el calor resultante de la compresión, pudiéndose alcanzar mayores relaciones de compresión.

Características técnicas

Las características de los compresores elegidos se resumen en la figura 2:

Compresor	Total	OSKA8591-K	OSKA8591-K
Escalones de capacidad		100%	100%
Potencia frigorífica	621 kW	311 kW	311 kW
Potencia frigorífica *	--	311 kW	311 kW
Potencia en el evap.	621 kW	311 kW	311 kW
Potencia en el eje	246 kW	123.2 kW	123.2 kW
Capacidad del condensador	702 kW	351 kW	351 kW
Ratio	--	50.0 %	50.0 %
COP/EER	2.52	2.52	2.52
COP/EER *	--	2.52	2.52
Caudal mísico BP	2132 kg/h	1066 kg/h	1066 kg/h
Caudal mísico AP	2132 kg/h	1066 kg/h	1066 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar	Estándar
Temperatura del líquido	--	45.0 °C	45.0 °C
Caudal aceite	9.26 m³/h	4.63 m³/h	4.63 m³/h
Métodos de enfriamiento	Externo	Externo	Externo
Salida enfriador aceite	42.9 °C	42.9 °C	42.9 °C
Potencia enfriador aceite	165.6 kW	82.8 kW	82.8 kW
Motor necesario	--	160.0 kW	160.0 kW
Temp. Gas de descarga no enfriado	185.2 °C	185.2 °C	185.2 °C

Figura 2. Características del compresor OSKA8591-K

Las dimensiones de dichos compresores, obtenidos del fabricante, son los representados en la figura 3 (datos en mm):

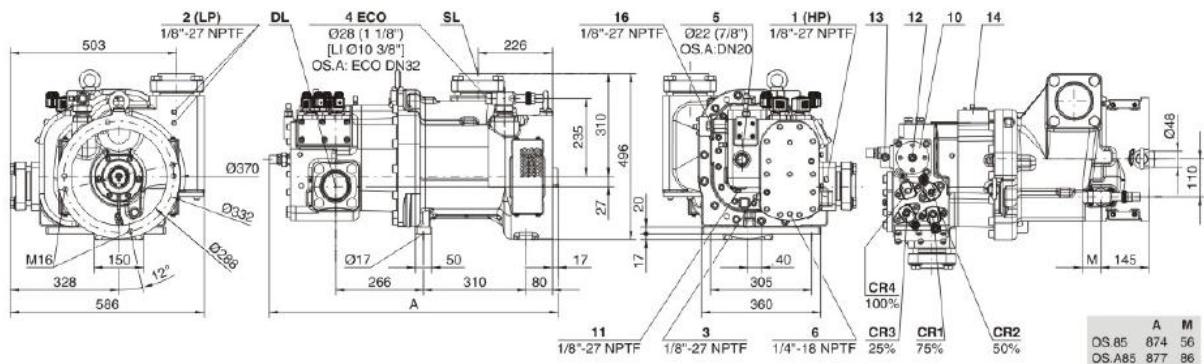


Figura 3. Dimensiones compresor OSKA8591-K

8.4 CONDENSADOR

El condensador en una instalación frigorífica es el intercambiador que produce la condensación del gas a la salida del compresor y donde se produce la eliminación del calor del sistema de refrigeración.

Según las características de la instalación se ha optado por un condensador de aire de circulación forzada. Hemos elegido este tipo de condensador ya que no requiere consumo de agua y necesita poco mantenimiento, ya que su limpieza es fácil y rápida.

Como conveniente es que necesita un mayor área de transferencia, al tener el aire un coeficiente de transmisión bajo y por lo tanto las dimensiones del equipo han de ser mayores. Sin embargo, tenemos en la instalación espacio más que suficiente para instalarlo.

Características técnicas

Las características del condensador elegido, detallado en el anexo “Fichas técnicas”, se muestran en la tabla 10.

Capacidad (kW)	DIMENSIONES (mm)			PESO (kg)
	Longitud	Anchura	Altura	
798	9300	1250	2200	2100

Tabla 10. Características condensador elegido

Dicho condensador se situará la fachada Norte de la nave por la cara exterior a la sala de máquinas.

8.5 SEPARADOR DE FASES

Se colocará un separador de fases (líquido/gas) que actúe como sistema de protección. Su función es la de asegurar que el vapor llegue al compresor libre de cantidades de líquido. La gravedad es la fuerza fundamental usada para separar el líquido del vapor.

Características técnicas

Las características del separador de líquido elegido son las relacionadas con la figura y la tabla 11.

DIMENSIONES (mm)					Peso (kg)
A	B	C	D	E	
812	3450	2950	2000	1650	1150

Tabla 11. Dimensiones del separador de fases

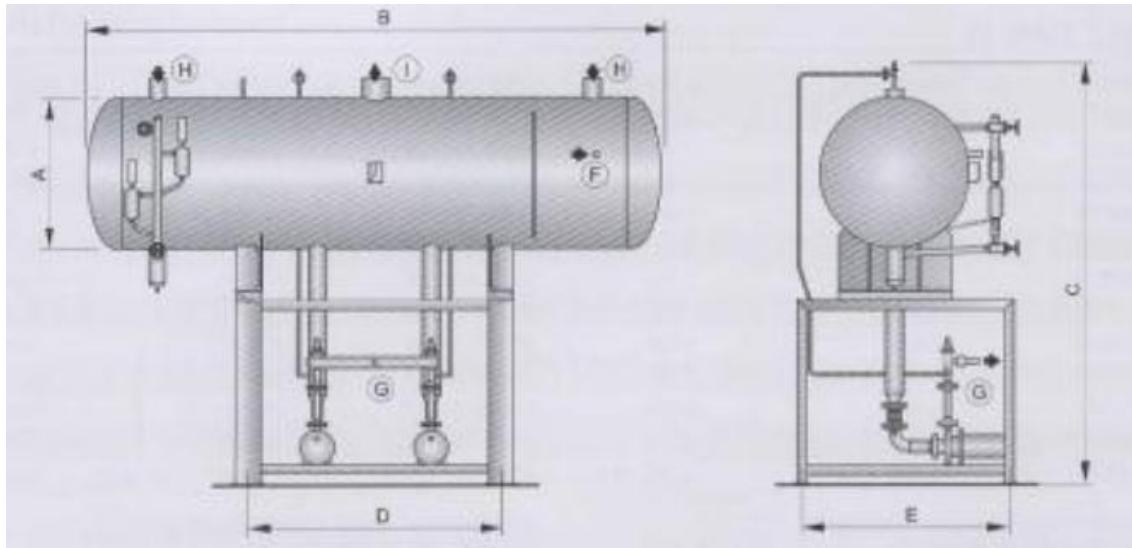


Figura 4. Esquema del separador de fases

8.6 INTERCAMBIADOR DE CALOR

El intercambiador de calor es uno de los elementos más importantes de la instalación frigorífica. En su interior se evapora, a una determinada presión y temperatura, el refrigerante frigorífico absorbiendo el calor del medio y, por lo tanto, produciendo frío.

Para el caso que nos ocupa, elegiremos un intercambiador de placas que enfriará un medio secundario, el agua glicolada. Estos enfriadores tienen gran eficacia en el intercambio térmico en poco espacio y son utilizados en aplicaciones similares.

Características técnicas

Teniendo en cuenta la capacidad frigorífica de la instalación, se ha adoptado por poner un intercambiador de placas de las cuyas características se relacionan en la figura y la tabla 11.

Nº máx. de placas	Sup. Útil Placa (m ²)	DIMENSIONES (mm)					
		A	B	C	D	E	Dist. entre placas
800	0,55	1930	980	1100	480	365	3,8

Tabla 12. Dimensiones del Intercambiador

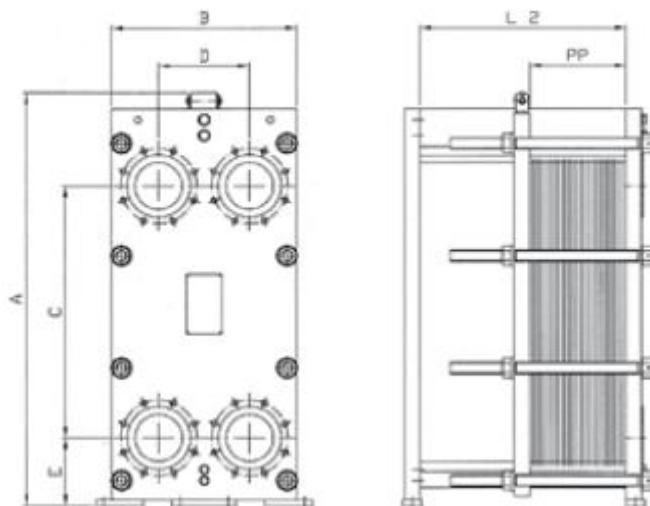


Figura 5. Esquema del intercambiador de placas

Con estas características, se obtiene que son necesarias 115 placas para alcanzar el requerimiento frigorífico.

9. CIRCUITO SECUNDARIO

Como se ha mencionado anteriormente, el intercambiador absorberá el calor de un circuito de agua glicolada encargada de enfriar el aire de las cámaras frigoríficas. Éste agua pasará por el interior de los tubos impulsado por una serie de bombas hasta alcanzar a través de las diversas cámaras frigoríficas. Una vez haya pasado por la cámara correspondiente, esta agua se recircula a través de una línea de retorno al intercambiador.

Se emplea este sistema de refrigeración indirecta debido a que existen distancias amplias entre la sala de máquinas y la zona a enfriar. Además este sistema evita las contaminaciones entre el producto a enfriar por parte del refrigerante o del aceite.

Agua glicolada

Para el enfriamiento se utilizará una mezcla de etilenglicol al 37% en agua. Este compuesto servirá como agente anticongelante para disminuir el punto de congelación del agua, necesario para mantener una temperatura media del agua glicolada de -5°C.

El equipamiento y accesorios necesarios para la circulación del refrigerante secundario en la instalación se explicarán a continuación.

9.1 AEROREFRIGERADOR

El aerorefrigerador es el intercambiador de calor encargado de enfriar el aire presente en la cámara mediante el frío generado por el agua glicolada en circulación.

Las ventajas son el ahorro de refrigerante utilizado frente a intercambiadores de calor convencionales. Hay que añadir que este refrigerante no es nocivo y es respetuoso con el medio ambiente. También tiene la ventaja de funcionar con mínimas oscilaciones de temperatura en los aerorefrigeradores.

Características técnicas

Teniendo en cuenta las necesidades de refrigeración de cada cámara, se han seleccionado 6 aerorefrigeradores idénticos cuyas principales características se pueden resumir en la tabla 13, del mismo modo, la figura 5 refleja las dimensiones de éste:

Medio Refrigerante	Q medio (m ³ /h)	Capacidad (KW)	Q aire (m ³ /h)	ΔP (Pa)
E-glicol 37%	21	109	86769	81072

Tabla 13. Características del aerorefrigerador

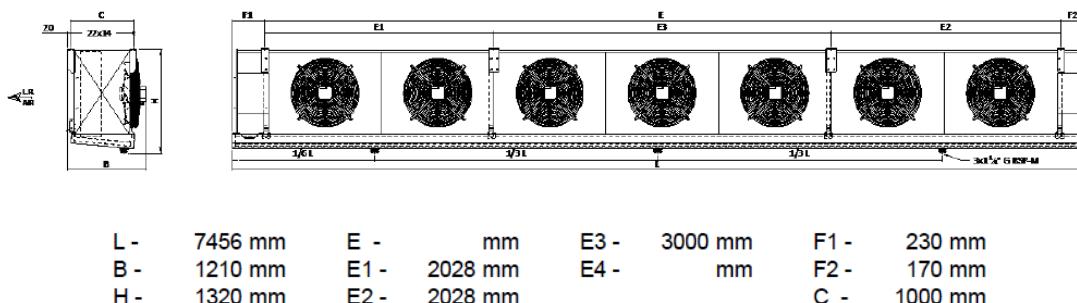


Figura 6. Dimensiones del aerorefrigerador

9.2 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Las bombas instaladas en el circuito serán las encargadas de circular la cantidad de agua requerida en los aerorefrigeradores así como en el intercambiador de placas.

Según la distribución seguida en circuito de agua glicolada, se colocarán dos sistemas de bombeo. Uno de será la encarga de proporcionar el caudal que circula ambos depósitos, pasando por el intercambiador (Bomba 1) y el otro regulará el caudal necesario para los aerorefrigeradores (Bomba 2). Estos sistemas de bombeos estarán formados por bombas idénticas colocadas en paralelo.

Características técnicas

Las características y dimensiones de la bomba 1 se detallan en figura 1:

	Dimensions		mm
Caudal	126,00 m ³ /h	A	4
Altura	32,22 m	H1	280
Potencia en el eje P2	23,87 kW	H2	230
Rendimiento hidráulico	48,09 %	HM	647
NPSH	2,22 m	HP	613
Diámetro de rodete	361,6		L4

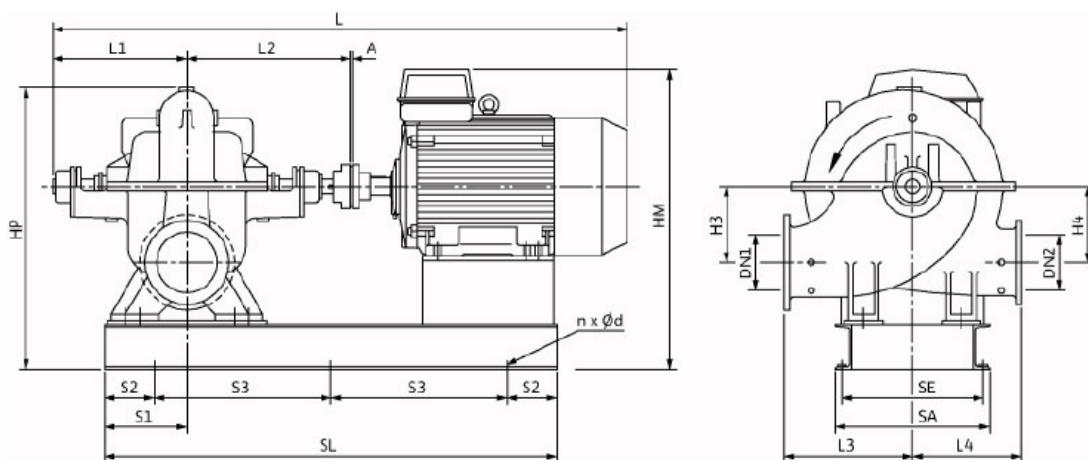


Figura 7. Características de la bomba 1

Por su parte, para la bomba 2 las características principales son las representadas en la figura 8.

Caudal	140,46 m ³ /h
Altura	13,67 m
Potencia en el eje P2	7,96 kW
Rendimiento hidráulico	70,68 %
NPSH	5,55 m

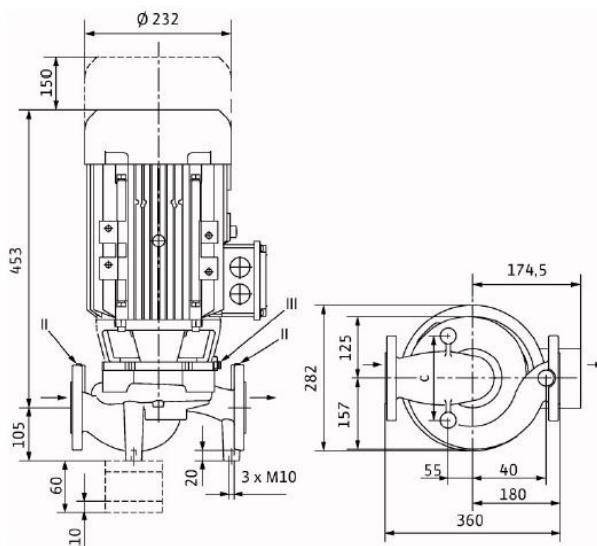


Figura 8. Características de la bomba 2

9.3 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA GLICOLADA.

Se instalarán dos depósitos de agua glicolada, uno de ellos almacenará el agua glicolada fría y estará situada a la salida del intercambiador; por el contrario el restante almacenará el agua glicolada que retorno de los aerorefrigeradores.

Se optará por la utilización de cisternas horizontales de las siguientes características:

Volumen (l)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
20000	2000	3500

Tabla 14. Características de los depósitos de AG

10. INSTALACIÓN ELECTRICA

El dimensionado de la instalación eléctrica se ha realizado en consideración del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

10.1 ACOMETIDA

La acometida es la parte de la red de distribución, perteneciente a la red pública, que alimenta la Caja General de Protección de la instalación.

El suministro de energía eléctrica para la industria se contratará con la compañía que suministra la energía. El punto de enganche a la red pública será determinado por la empresa instaladora. La denominación de este tramo será:

3 Fx400 mm + 1N x400 mm + 1N x200 mm aislado con XLPE de tensión 0.6/1 kV

10.2 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

En las instalaciones de enlace, las Cajas Generales de Protección son aquellas que alojan los elementos de protección de las líneas de alimentación y también los equipos de medida (contadores), sirviendo de límite de la propiedad de la instalación entre la empresa suministradora y el consumidor. Se instala según ITC-BT-13.

Esta caja se instalará sobre la fachada exterior del edificio, en un lugar de libre acceso. Su situación exacta se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Esta caja se instalará en un armario exterior con puerta preferentemente metálica cerrada.

10.3 DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Es la parte de la instalación que conecta el Caja General de Protección y Medida (CGPM) con el Cuadro General de Mando y Protección (CGMP). Se instalará de acuerdo con la ITC-BT-15.

Se instalarán por cable directamente en zanja, separados lo suficiente para no considerar un factor de agrupamiento. Tendrán la misma denominación que la acometida.

10.4 CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

Se instalará un Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) en la sala de máquinas. Para ello se debe tener en cuenta la ITC-BT-17.

EL CGMP consiste en un armario de PVC, con medidas suficientes para contener los elementos de maniobra y protección necesarios e impedir que puedan producirse elevaciones peligrosas de temperatura.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar (IGA), que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.
- Un interruptor de control y potencia (ICP), que se ubicará en un compartimiento independiente dentro del cuadro.
- Interruptores diferenciales de protección contra contactos indirectos por cada circuito o grupo de circuitos.
- Protecciones magnetotérmicas (PIAs), consistentes en dispositivos de corte contra sobrecargas y cortocircuitos por cada uno de los circuitos interiores.

Desde el CGMP y por mediación se los correspondientes circuitos se llevará la potencia necesaria hasta las tomas de fuerza y alumbrado instaladas en la zona de estudio.

10.5 ILUMINACIÓN INTERIOR

Para las zonas estudiadas se han elegido luminarias tipo LED para su correspondiente iluminación. Las luminarias LED presentan una alternativa que, aunque más costosa que otras luminarias convencionales, presentan un menor consumo energético así como un menor desprendimiento calórico hacia las cámaras instaladas.

El alumbrado se distribuirá en circuitos que partirá del CGMP. En la tabla 15 se resumen los tipos de iluminarias escogidas para cada zona y la potencia consumida por ellas.

Recinto	Tipo Luminaria	Pot. Luminaria (W)	Nº luminarias	P total(W)
Cámaras frigoríficas	WRN 36 LED	55	48	2640
Pasillo	NRN 40 LED	88	13	1144
Sala de Máquinas	SRN 40 LED	61	12	732

Tabla 15. Luminarias en la zona de estudio

10.6 RECEPTORES DE LA INSTALACIÓN

Las tomas de fuerza en la instalación, el tipo de conexión y su potencia pertinente se muestran en la tabla 16:

CÁMARAS FRIGORÍFICAS			
UBICACIÓN	TOMA	CONEXIÓN	POTENCIA (W)
PASILLO	PUERTA PASILLO	MONOFÁSICO	650
	P. MUELLE CARGA	MONOFÁSICO	1100
CÁMARA 1	ILUM. CAM 1	MONOFÁSICO	296
	AR CAM 1	TRIFÁSICO	10500
	PUERTA CAM 1	MONOFÁSICO	800
CÁMARA 2	ILUM. CAM 2	MONOFÁSICO	296
	AR CAM 2	TRIFÁSICO	10500
	PUERTA CAM 2	MONOFÁSICO	800
CÁMARA 3	ILUM. CAM 3	MONOFÁSICO	296
	AR CAM 3	TRIFÁSICO	10500
	PUERTA CAM 3	MONOFÁSICO	800
CÁMARA 4	ILUM. CAM 4	MONOFÁSICO	296
	AR CAM 4	TRIFÁSICO	10500
	PUERTA CAM 4	MONOFÁSICO	800
CÁMARA 5	ILUM. CAM 5	MONOFÁSICO	296
	AR CAM 5	TRIFÁSICO	10500
	PUERTA CAM 5	MONOFÁSICO	800
CÁMARA 6	ILUM. CAM 6	MONOFÁSICO	296
	AR CAM 6	TRIFÁSICO	10500
	PUERTA CAM 6	MONOFÁSICO	800
SALA DE MÁQUINAS			
SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR 1	TRIFÁSICO	160000
	COMPRESOR 2	TRIFÁSICO	160000
	ILUM. SALA MAQ	MONOFÁSICO	768
	CONDENSADOR	TRIFÁSICO	30720
	BOMBA 1.1	TRIFÁSICO	15000
	BOMBA 1.2	TRIFÁSICO	15000
	BOMBA 2.1	TRIFÁSICO	4000
	BOMBA 2.2	TRIFÁSICO	4000
	ENCHUFE	MONOFÁSICO	2550

Tabla 16. Receptores de fuerza en la instalación

10.7 TOMA DE TIERRA

Se opta por la colocación de cuatro picas de toma de tierra de 2 m de longitud, separadas una distancia de 2 m como mínimo. El conductor de tierra que conectará las picas será de cobre con una sección de 35 mm².

11. PRESUPUESTO

La figura 9 muestra el presupuesto del estudio realizado, ascendiendo a la cantidad expresada de SEISCIENTOS OCHENTA Y DOS MIL SETECIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con 99 CÉNTIMOS.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
E1	AISLAMIENTO CÁMARAS.....	16.710,40	3,52
E2	ZONA FRIGORÍFICA.....	385.463,00	81,29
E3	ELECTRICIDAD.....	36.413,93	7,68
E4	TUBERÍAS CIRCUITO PRIMARIO Y SECUNDARIO.....	5.612,20	1,18
E5	ELEMENTOS AUTOMATIZACIÓN Y SEGURIDAD.....	29.956,31	6,32
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		474.155,84	
13,00% Gastos generales.....		61.640,26	
6,00% Beneficio industrial.....		28.449,35	
SUMA DE G.G. y B.I.		90.089,61	
21,00% I.V.A.....		118.491,54	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		682.736,99	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		682.736,99	

Figura 9. Presupuesto del estudio

12. CONCLUSIÓN

Con todo lo anteriormente declarado y junto con los restantes anejos, planos y presupuestos, se da por finalizado el presente estudio.

Huesca, Diciembre de 2014

Fdo. Juan Surra Zapata

13.BIBLIOGRAFÍA

- Amigo Martín, P. (2000). *Termotecnia, Aplicaciones Industriales*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Castellarnau, I., & I. (2013). *¿ Hacia donde vá el consumo de fruta? Análisis de los vectores que rigen su compra*.
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones*. Mc Graw Hill.
- Costa, E., & Llorens, V. (2004). Estiba de cámaras frigoríficas para la conservación de fruta y verdura. *Horticultura*.
- EUROSTAT. (2014). *Crops products, annual data*.
- FEPEX. (2014). *Exportación e importación de frutas y hortalizas españolas*.
- García-Vaquero, E., & Ayuga Tellez, F. (1992). *Diseño y construcción de Industrias Agroalimentarias*. Madrid: Mundi-Prensa.
- GUASCH, C. d. (s.f.). *Características Líquidos Refrigerantes*. Barcelona.
- López Gómez, A. (1994). *Las instalaciones frigoríficas en las industrias agroalimentarias*. Madrid.
- MAGRAMA. (2013). *Anuario de estadísticas*.
- Manual Técnico de Frutas y Verduras. (2005). México.
- Melgarejo, P. (2000). *Cámaras frigoríficas y túneles de enfriamiento rápido*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Singh, P., & Heldman, D. (2009). *Introduction to food Engineering*. San Diego .
- Torrella Alcaraz, E. (2000). *La producción de frío*.