

**INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN
DE PRODUCTOS CONGELADOS**

Memoria de Cálculo



**INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN
DE PRODUCTOS CONGELADOS**

Memoria de Cálculo

MEMORIA DE CÁLCULO

1.- CÁLCULO PARA EL ESPESOR DE AISLANTE

1.1.- Cámara de – 20 ° C

1.1.1.- Pared

1.1.2.- Techo

1.1.3.- Suelo

1.2.- Cámara de 0 °C

1.2.1.- Pared

1.2.2.- Techo

1.2.3.- Suelo

1.3.- Sala de Elaboración de Productos Congelados

1.3.1.- Pared

1.3.2.- Techo

1.3.3.- Suelo

2.- CÁLCULO DE NECESIDADES FRIGORÍFICAS

2.1.- Partidas destinadas al enfriamiento del producto

2.1.1.- Conservación de la mercancía (Q_{u1})

2.1.2.- Congelación del producto (Q_{u2})

2.1.3.- Enfriamiento del embalaje (Q_{ue})

2.2.- Partidas para la compensación de pérdidas

2.2.1.- Aportación de calor por paredes (Q_{p1})

2.2.2.- Enfriamiento del aire de renovación (Q_{p2})

2.2.3.- Calor aportado por motores (Q_{p3})

2.2.4.- Calor aportado por personas (Q_{p4})

2.2.5.- Aportación de calor debida al alumbrado (Q_{p5})

3.- CARGA FRIGORÍFICA TOTAL

3.1.- Datos de los dispositivos utilizados evaporador y unidad condensadora

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

4.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÍNIMO

5.- CÁLCULO DE VELOCIDADES EN LAS TUBERÍAS

6.- CÁLCULO DEL COP DE LA INSTALACIÓN

7.- CÁLCULO DE Tª DE ROCÍO Y SUPERFICIAL EXTERIOR DE PARED

8.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS

9.- CÁLCULO ELÉCTRICOS

9.1.- Cálculo de las líneas

9.1.1.- Cálculo de la ACOMETIDA

9.1.2.- Cálculo de la REPARTIDORA

9.1.3.- Cálculo de la DERIVACIÓN INDIVIDUAL

9.1.4.- Cálculo de la línea: CÁMARA DE -20° C

9.1.5.- Cálculo de la línea: CAMARA DE 0° C

9.1.6.- Cálculo de la línea: SALA ELABORACIÓN

9.1.7.- Cálculo de la línea: CG. COMPRESORES

9.1.8.- Cálculo de la línea: CG. EVAP. Y CONDENSADOR

9.1.9.- Cálculo de la línea: L . EXTERIOR

9.1.10.- Cuadro de resultados

9.1.11.- Cálculo de la puesta a tierra.

10.- CÁLCULOS FRIGORÍFICOS MEDIANTE PROGRAMAS INFORMÁTICOS

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

BASES DE DATOS PARA EL CÁLCULO

A la hora de realizar los cálculos se han tenido en cuenta los siguientes datos preliminares que son obtenidos por medios de la información que nos ha facilitado el propietario del supermercado. Estos son:

- **Datos Ambientales.-**

Temperatura de la cámara de congelados	- 20 °C
Temperatura de la cámara conservación	0 °C
Temperatura de la sala de Elaboración	+ 12 °C
Temperatura exterior en paredes	+ 35 °C
Temperatura exterior en techo	+ 40 °C
Temperatura exterior en suelo	+ 15 °C
Humedad relativa interior	60 %
Humedad relativa exterior	75 %

- **Dimensiones de las cámaras.-**

Cámara de congelados (- 20°C)

Altura de Cámara de congelados	3 m
Anchura de Cámara de congelados	5 m
Largo de Cámara congelados	5 m
Volumen de Cámara congelados	75 m ³

Cámara de conservación (0 °C)

Altura de Cámara de conservación	3 m
Anchura de Cámara conservación	6 m
Largo de Cámara conservación	10 m
Volumen de Cámara conservación	180 m ³

Sala de Elaboración de productos

Altura de Sala de Elaboración	3 m
Anchura de Sala de Elaboración	10 m
Largo de la Sala de Elaboración	16 m
Volumen de la Sala de Elaboración	480 m ³

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

- **Condiciones de trabajos .-**

Horas de funcionamiento:	18 h
Entrada máxima del producto:	
- Cámara de congelación	600 kg/día
- Cámara de conservación	800 kg/día
- Sala de Elaboración	500 kg/día
Temperatura Entrada producto:	
- Cámara de congelados	-5 ° C
- Cámara de conservación	4 ° C
- Sala de Elaboración	4 ° C
Pérdidas por transmisión máxima	8 W/ m ²
Tª de Evaporación liq. Refrigerante	- 35 °C
Tª de Condensación liq. Refrigerante	+ 45°C

- **Características generales.-**

Tipo de refrigerante	R-404 A
Tipo de Compresor	Semihermético de pistón (doble pistón)
Tipo de evaporador	Expansión seca
Tipo de condensador	Por aire
Aislante utilizado	Poliuretano (40 kg/ m ³)
Aislamiento en suelo	Espuma de Poliestireno (20 kg/ m ³)

1.- CÁLCULOS PARA EL ESPESOR DE AISLANTE

1.1.- Cámara de congelados.-

Esta cámara está dispuesta para almacenar todo tipo productos congelados, productos precocinados, que serán destinados para su posterior distribución en la sala de ventas.

Debido a la difícil climatología en la que se encuentra Andalucía, hace que en el periodo estival, se alcance temperaturas muy elevadas, por ello el diseño de las paredes de las cámara han de realizarse de forma precisa, por ello se estima que la temperatura en las paredes sea de unos 35 grados centígrados.

Debido a su ubicación, todas las paredes estarán expuesta al sol durante todo el día, en mayor o menor grado, por ello debe estar bien aislado todo el recinto.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Para el techo que es la zona de la nave donde mayor incidencia, la temperatura que se toma como regencia sería de 45 °C , ya que el calor se irá acumulando en la zona situada entre el techo de la cámara y el de la nave.

Para el suelo se tomará como temperatura de 15° C , ya que esta zona no recibe directamente la incidencia del sol. Además se estimará un coeficiente de pérdidas máximas admisibles de 8 W/ m² por estar por encima del punto de congelación.

CAMARA DE CONGELADOS – 20°C

1.1.1.- Pared:

Temperatura exterior: 35 °C

Temperatura interior: - 20 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Panel de poliuretano (40 kg/ m³) , conductividad (k) = 0,020 W/(m K)

$$e = 0,02 \text{ W/(m K)} \times (35 + 20) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,1375 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 150 mm

1.1.2.- Techo:

Temperatura exterior : 45 °C

Temperatura interior: - 20 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Panel de poliuretano (40 kg/ m³) , conductividad (k) = 0,020 W/(m K)

$$e = 0,02 \text{ W/(m K)} \times (45 + 20) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,162 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 180 mm

1.1.3.- Suelo:

Temperatura exterior : 15 °C

Temperatura interior: - 20 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Espuma poliuretano (20 kg/ m³) , conductividad (k) = 0,035 W/(m K)

$$e = 0,035 \text{ W/(m K)} \times (15 + 20) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,153 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 150 mm

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

CAMARA CONSERVACIÓN DE 0°C

1.1.1.- Paredes:

Temperatura exterior : 35 °C

Temperatura interior: 0 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Panel de poliuretano (40 kg/ m³) , conductividad (k) = 0,020 W/(m K)

$$e = 0,02 \text{ W/(m K)} \times (35 + 0) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,0875 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 100 mm

1.1.2.- Techo:

Temperatura exterior : 45 °C

Temperatura interior: 0 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Panel de poliuretano (40 kg/ m³) , conductividad (k) = 0,020 W/(m K)

$$e = 0,02 \text{ W/(m K)} \times (45 + 0) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,112 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 120 mm

1.1.2.- Suelo:

Temperatura exterior : 15 °C

Temperatura interior: 0 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Espuma poliuretano (20 kg/ m³) , conductividad (k) = 0,035 W/(m K)

$$e = 0,035 \text{ W/(m K)} \times (15 + 0) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,065 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 80 mm

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

SALA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS

1.1.1.- Paredes:

Temperatura exterior : 35 °C

Temperatura interior: 12 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Panel de poliuretano (40 kg/ m³), conductividad (k) = 0,020 W/(m K)

$$e = 0,02 \text{ W/(m K)} \times (35 - 12) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,0575 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 80 mm

1.1.2.- Techo:

Temperatura exterior : 45 °C

Temperatura interior: 12 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Panel de poliuretano (40 kg/ m³), conductividad (k) = 0,020 W/(m K)

$$e = 0,02 \text{ W/(m K)} \times (45 - 12) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,0825 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 80 mm

1.1.3.- Suelo:

Temperatura exterior : 15 °C

Temperatura interior: 12 °C

Pérdidas máximas admitidas: 8 W/ m²

Espuma poliuretano (20 kg/ m³), conductividad (k) = 0,035 W/(m K)

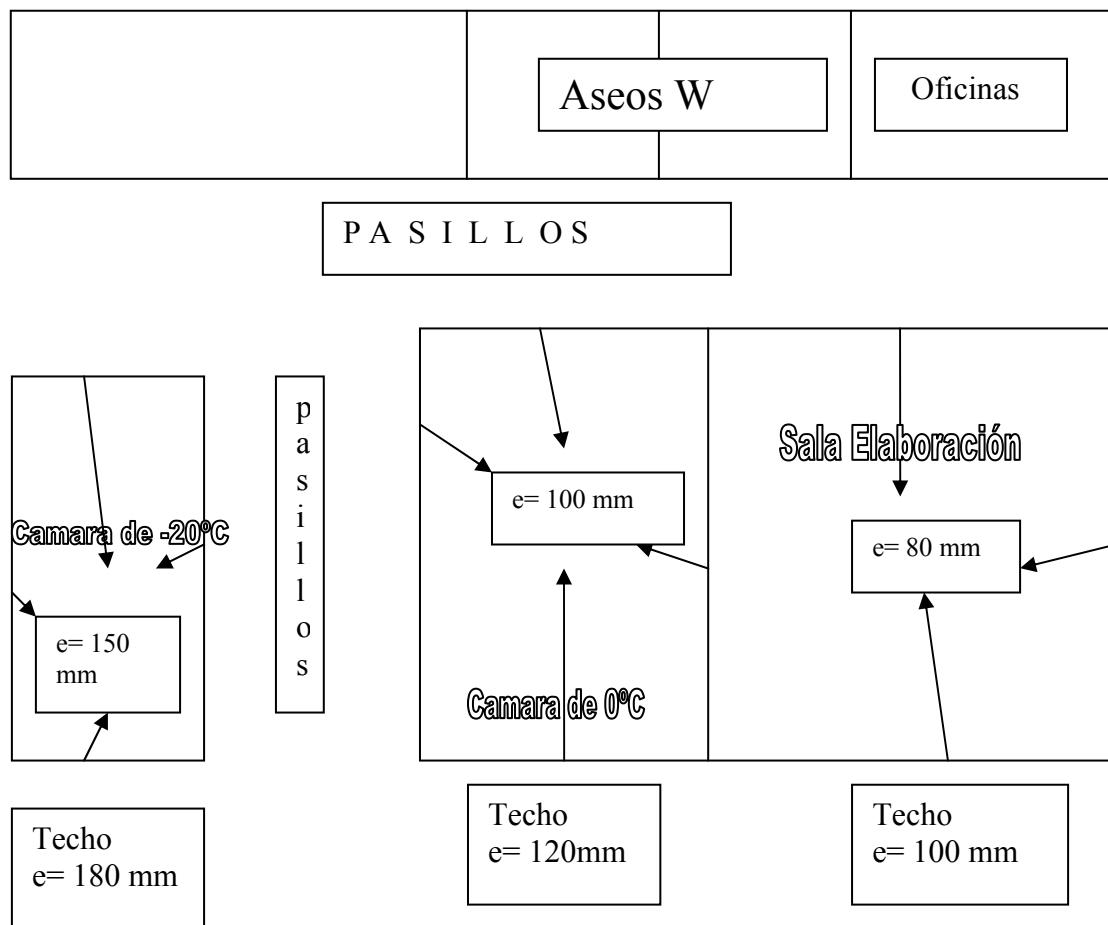
$$e = 0,035 \text{ W/(m K)} \times (15 - 12) / 8 \text{ W/ m}^2 = 0,013 \text{ m}$$

Panel a instalar en pared: 20 mm

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

ESQUEMAS DE PANELIZACIÓN DE LAS SALAS



INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.- CÁLCULO DE NECESIDADES FRIGORÍFICAS

2.1.- Partidas destinadas al enfriamiento del producto.

Al ser nuestra instalación un supermercado, el numero de productos que se manejan ha la hora de los cálculos para dimensionar la instalación frigorífica se ha decidido dividir los productos a la hora de su conservación en las dos cámaras que se disponen a tal efecto. Para ello los productos cárnicos , pescado congelado y productos precocinados irán a la cámara de congelación directamente, mientras que los productos como lácteos, y principalmente frutas y verduras irán la cámara refrigerados.

Por este motivo, es decir por la gran variedad de productos , se presentarán de forma ilustrativa los diferentes alimentos que irán en cada una de ellas y para los cálculos se tomarán valores medios de cada uno.

PARA CÁMARA DE CONGELADOS – 20 °C

Se almacenarán:

Alimentos congelados:

Producto	Tª Almacenamiento	Contenido en agua
Pescado Congelado	-29 a -18	75 %
Marisco Congelado	-29 a -18	90 a 95 %
Carne Vacuno	-23 a -18	67 %
Carne Cerdo	-23 a -18	67 %

Estos productos entra ya congelados desde el camión frigorífico a una temperatura de unos -5 °C , por ello no se podrán almacenar aquellos productos que no cumplan lo establecido.

De estos datos los que nos interesa es su contenido en agua, y se tomará el valor medio de ellos, para su cálculo.

$$C_{p \text{ media}} = \text{contenido agua} \times 0.0126 + 0,837$$

$$\text{Contenido de agua} = (75+90+95+67+67) / 5 = \mathbf{78.8 \%}$$

$$C_{p \text{ media}} = 78,8 \times 0,0126 + 0,837 = \mathbf{1,830 \text{ kJ/ (kgK)}}$$

el valor de 0,0126 es el valor del calor especifico del hielo en kJ / kgK .

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.1.1.- Conservación de la mercancía (Q_{u1})

Dado que nuestra mercancía viene congelado de unos -5° C directamente de fabrica, esta será nula, por que entra en régimen del enfriamiento existente en la cámara.

$$Q_{u1} = 0 \text{ KJ/ día}$$

2.1.2.- Congelación del producto (Q_{u2})

Esta partida comprende tres etapas de enfriamiento , cada uno referente a una parte:

Q_{u21} .- Calcula el frío necesario hasta la congelación.

Q_{u22} .- frío invertido en la congelación.

Q_{u23} .- frío necesario para bajar la temperatura desde punto de congelación hasta la temperatura final requerida.

$$Q_{u21} = 0 \text{ KJ/día}$$

$$Q_{u22} = 0 \text{ KJ/ día}$$

$$Q_{u23} = 1,830 \text{ (kJ/kg K)} \times 600 \text{ (kg/día)} \times (268 - 253) = 16470 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{u23} = 16.470 \text{ KJ/día}$$

$$Q_{uT} = Q_{u1} + Q_{u21} + Q_{u22} + Q_{u23} = 16.470 \text{ kJ / día}$$

$$Q_{u2} = 16.470 \text{ KJ/día}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.1.3.- Enfriamiento del embalaje (Q_e)

La mercancía llega al supermercado casi a diario y además es seleccionado y distribuido en las cámaras según sus características, es decir los productos que llegan congelados son llevados a la cámara de congelación rápidamente. Estos productos provienen de un pueblo cercano (Écija unos 15 Km), y vienen embalados de distintas formas según los productos a almacenar. La carne que proviene de un matadero cercano viene ya refrigerado e incluso casi congelado (-5°C), mientras que el pescado y los productos precocinados llegan a menor temperatura que el anterior.

Todos ellos llevan embalaje de distinto tipo, la carne llega en cajas bandejas de plásticos al igual que los precocinados y pescados. Por ello a la hora de calcular las necesidades frigoríficas de la instalación se debe tenerse en cuenta el volumen del embalaje por ello se ha estimado el siguiente cálculo:

DATOS:

Peso medio mercancía : 14,8 kg/ cesta plástico	peso cesta : 1,25 kg
Peso medio mercancía : 27,2 kg/ caja madera	peso caja: 2,72 kg
$C_{p\text{plástico}} = 1,8 \text{ kJ/ (kg K)}$	
$C_{p\text{madera}} = 2,72 \text{ kJ/ (kg K)}$	

CÁLCULOS:

Nº de cesta plástico: $600 / 14,8 = 40$ cajas/día
Masa de plástico = $1,25 \times 40 = 50$ kg/ día

$$Q_e = C_{p\text{embalaje}} \times m_{\text{embalaje}} \times (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$$

$$Q_e = 1,8 \text{ kJ/ (kg K)} \times 50 \text{ kg/día} \times (268 - 253) \text{ K} = 1.350 \text{ kJ / día}$$

$$\mathbf{Q_e = 1.350 \text{ kJ/ día}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2. Partidas para la compensación de pérdidas

Esta es una de las partidas más importantes a la hora del diseño debido, a que este tipo de pérdidas se dan las 24 horas del día por transmisión por las paredes. Por ello a la hora del diseño de las cámaras es una de las partidas más importantes.

2.2.1.- Aportación de Calor por paredes (Q_{p1}):

Cámara de congelados (-20 ° C)

$$\text{Área paredes laterales} = 5 \times 3 = 15 \text{ m}^2 \times 4 \text{ paredes} = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del techo} = 5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 25 + 60 = 85 \text{ m}^2$$

$$Q_{p1} = A \times U \times \Delta T \text{ de donde:}$$

$$U = k/e = 0,020 \text{ W/ (m K) } / 0,15 \text{ m} = 0,133 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

k.- coeficiente conductividad panel

e.- espesor del aislante

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 60 \text{ m}^2 \times 0,133 \text{ W/ m}^2 \text{ K} \times (308 - 253) \text{ K} = 438,9 \text{ W/día}$$

Para obtenerlo en kJ/día se multiplica por 86,4

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 438,9 \text{ W/día} \times 86,4 \text{ kJ/W} = 37.921 \text{ kJ/ día}$$

$$\text{Área suelo} = \text{Área techo} = 25 \text{ m}^2$$

$$U = k/e = 0,035 \text{ W/ (m K) } / 0,15 \text{ m} = 0,233 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

$$Q_{p1} (\text{techo}) = 25 \text{ m}^2 \times 0,233 \text{ W/ m}^2 \text{ K} \times (288 - 253) \text{ K} = 203,9 \text{ W/día}$$

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 203,9 \text{ W/día} \times 86,4 \text{ kJ/W} = 17.615 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{p1} (\text{total}) = Q_{p1} (\text{paredes}) + Q_{p1} (\text{techo}) = 55.535,8 \text{ kJ/ día}$$

$$\mathbf{Q_{p1} (Total) = 55.535,8 \text{ kJ/ día}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2.2.- Enfriamiento del aire de renovación (Q_{p2})

Las renovaciones de aire es necesaria para todos los sistemas de refrigeración , y es inevitable la apertura de las puertas de las cámaras y la entrada de personal trabajador en ella, para la carga y descarga de productos.

A la hora de calcular esta partida la base de cálculo utilizada será las correspondientes a las condiciones ambientales de la cámara y la temperatura exterior de la calle.

- Condiciones interiores.- $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (253 K) y 60 % de humedad relativa
- Condiciones exteriores.- $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (308 K) y 85% de humedad relativa

Los datos se han tomado de las bibliografías consultadas para el almacenamiento óptimo de la gran variedad de productos a almacenar, y el valor de humedad relativa exterior es la media que se deriva en Andalucía occidental.

Cálculo de la presión de vapor de saturación y humedad absoluta:

Como la temperatura es bajo cero se aplicará esta formula: $T = 253\text{ K}$

$$\begin{aligned}\ln P_{ws_{int}} &= (-5.674,536 / 253) + (-0,51523058) + (-0,009677843 \times 253) + (6,2215701E-7 \\ &\times 253^2) + (2,0747825E-9 \times 253^3) + (-9,484024E-13 \times 253^4) + (4,1635019 \times \ln 253) = \\ &= -2,2885\end{aligned}$$

$$P_{ws_{int}} = 0,10178\text{ kPa}$$

$$\begin{aligned}\ln P_{ws_{ext}} &= (-5.800,22 / 308) + (-5,516256) + (-0,04864024 \times 308) + (4,1764768E-5 \\ &\times 308^2) + (-1,4452E-8 \times 308^3) + (6,5459673 \times \ln 308) = 1,72\end{aligned}$$

$$P_{ws_{ext}} = 5,5813\text{ kPa}$$

$$P_{w_{int}} = (60 \times 0,10178) / 100 = 0,061068\text{ kPa}$$

$$P_{w_{ext}} = (85 \times 5,5813) / 100 = 4,744105\text{ kPa}$$

$$W_{int} = 0,622 \times [0,061068 / (101,3 - 0,061068)] = 3,75\text{ E-4 kg}_{\text{agua}} / \text{kg}_{\text{aire}}$$

$$W_{ext} = 0,622 \times [4,744105 / (101,3 - 4,744105)] = 30,56\text{ E-3 kg}_{\text{agua}} / \text{kg}_{\text{aire}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Cálculo de la densidad del aire húmedo:

$$\delta_{\text{int}} = 101.300 \times (1 + 3,75 \text{ E-}4) / [253 \times (3,75 \text{ E-}4 \times 461,5 + 287,1)] = 1,3943 \text{ kg/m}^3$$

$$\delta_{\text{ext}} = 101.300 \times (1 + 30,56 \text{ E-}4) / [308 \times (30,56 \text{ E-}4 \times 461,5 + 287,1)] = 1,1253 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo de entalpías del aire:

$$h_{\text{int}} = [1,004 \times (-20)] + 3,75 \text{ E-}4 \times [2.500,6 + 1,86 \times (-20)] = -21,03 \text{ kJ/ kg}$$

$$h_{\text{ext}} = [1,004 \times (35)] + 30,56 \text{ E-}3 \times [2.500,6 + 1,86 \times (35)] = 113,26 \text{ kJ/ kg}$$

Cálculo final:

Nº de renovaciones : 7,7

Volumen de la Cámara: 75 m³

$$Q_{p2} = 7,7 \times 75 \text{ m}^3 \times [(113,26 \text{ kJ/ kg} \times 1,1253 \text{ kg/m}^3) - (-21,03 \text{ kJ/ kg} \times 1,3943 \text{ kg/m}^3)]$$

$$= 90.536,76 \text{ kJ}$$

$$\mathbf{Q_{p2} = 90.536,76 \text{ kJ/día}}$$

2.2.3.- Calor aportado por motores (Qp₃)

Los únicos sistemas que puedan aportar calor en la cámara frigorífica son los evaporadores que estarán colocados en el interior de las cámaras, ya que al ser la cámara de pequeño tamaño las carretillas utilizadas no son mecanizadas.

Nº de ventiladores = 1

Potencia unitaria= 0,32 kW

Horas de funcionamientos = 18 h

$$Q_{p3} = 0,2 \times (1 \times 18 \times 0,32) \times 3600 = 4147,2 \text{ kJ}$$

$$\mathbf{Q_{p3} = 4.147,6 \text{ kJ/día}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2.4.- Calor aportado por las personas (Q_{p4})

Nº de personas = 2

Horas de permanencia = 4 h

T^a de la cámara = -20 °C

Equivalente térmico por persona = $270 - 6 \times (T^a)$

$$E.\text{térmico} = 270 - 6 \times (-20) = 390 \text{ W}$$

$$Q_{p4} = 2 \times 390 \times 4 \times 3.6 = 11.232 \text{ kJ/día}$$

$$Q_{p4} = 11.232 \text{ kJ/día}$$

2.2.5.- Aportación de calor debida al alumbrado (Q_{p5})

El funcionamiento de las luces que se mantienen encendidas es superior a las horas de permanencia de los trabajadores en las distintas cámaras y sala por ello las cámaras mantendrán su iluminación durante las 24 horas, ya que se han instalado luminarias de bajo consumo eléctrico y gran duración.

Nivel de iluminación (almacén) = 12 W/m²

Área de Almacén = 25 m²

Horas de funcionamiento de las luces = 24 h

$$Q_{p5} = (25 \times 12 \times 24) = 7200 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{p5} = 7.200 \text{ kJ/día}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

3.- CARGA FRIGORÍFICA TOTAL

Enfriamiento de la mercancía

Refrigeración de la mercancía	$Qu_1 = 0$ kJ/día
Congelación y eventual enfriamiento	$Qu_2 = 16.470$ kJ/día
Refrigeración del embalaje	$Qu_1 = 1.350$ kJ/día
<hr/>	
Total $Qu = 17.820$ kJ/día	

Compensación de pérdidas Qp

Aportaciones de calor a través de paredes, suelo y techo	$Qp_1 = 55.535,8$ kJ/día
Enfriamiento y desecación del aire de renovación	$Qp_2 = 90.536,7$ kJ/día
Calor aportado por motores y/o máquinas	$Qp_3 = 4.147,6$ kJ/día
Aportaciones de calor debidas a las personas	$Qp_4 = 11.232$ kJ/día
Calor liberado por la iluminación	$Qp_5 = 7.200$ kJ/día
<hr/>	
Total $Qp = 168.652,16$ kJ/día	

ENFRIAR MERCANCÍA	COMPENSACIÓN PÉRDIDAS
$Qu_1 = 17.820$ kJ/día	$Qu_1 = 168.652$ kJ/día

Factor de seguridad (85 %) : SI

PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA BRUTA

$$Qt = 1,85 \times (Qu + Qp) = 345.066 \text{ kJ/día}$$

Tiempo (h/día) de funcionamiento del equipo (t) = 18 h

<p>PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA: $Qh = Qt / t$</p> <p>(kJ/h = 19.170,3 ; (frig/h) = 4.586,2 ; W = 5.320 w)</p>

Potencia frigorífica = 5.320 w

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

PARA la Cámara de conservación 0 °C

En esta cámara se conservarán todo tipo de frutas, verduras y demás productos para refrigerar, ya que el establecimiento tiene un amplio surtido de productos para la venta al público. La temperatura a la que llegan nuestros productos depende de donde procedan ya que existen diferentes lugares de procedencia y distintos distribuidores.

Las diferentes temperaturas varían desde los 5 °C hasta los 15 °C en el caso más desfavorable, por ello a la hora de los cálculos se ha tomado la temperatura más alta es decir 15 °C y con ello cubrimos las necesidades frigoríficas más desfavorables.

A continuación se muestran los distintos productos que se pueden almacenar en ellos a modo de ejemplo:

Producto	Temperatura almacenamiento	Contenido agua (%)	Cp encima congelado kJ/ (kg K)	Cp debajo congelado kJ/ (kg K)	Calor latente kJ/(kgK)
Alcachofas	0	84	3,65	1,89	280
Espárragos	0 a 2	93	3,95	2	310
Judías verdes	0 a 4	89	3,82	1,95	297
Coliflor	0	92	3,92	1,99	307
Maíz	0	74	3,31	1,76	247
Lechuga	0	95	4,02	2,03	317
Espinacas	0	93	3,95	2	310
Manzanas	-1 a 4	84	3,65	1,89	280
Naranjas y limones	0 a -7	87	3,75	1,93	290
Piña	0 a -7	85	3,68	1,90	289
Fresas	-1 a 0	86	3,72	1,92	287

2.1.1.- Conservación de la mercancía (Q_{u1})

En este caso nuestra mercancía como se dijo anteriormente, tomaremos como temperatura de entrada del producto unos 15 °C . Para el cálculo del calor necesario se tomarán de medios los valores del contenido de agua de los alimentos más significativos.

DATOS:

Cp .- valor del calor específico se calcula por medio de la ecuación

$Cp = 0,0355 \times a + 0,837$ de donde a es el contenido de agua (%) que será tomado el valor medio de los productos.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

$a = (84 + 93 + 92 + 95 + 87 + 86 + 89) / 7 = 89,43 \%$ por tanto:

$$C_p = 0,0355 \times 89,43 + 0,837 = 4,012 \text{ kJ/ kg K}$$

Te .- temperatura de entrada del producto = 15 °C

Ti.- temperatura del interior de la cámara = 0°C

m.- es la masa de producto a almacenar = 800 kg/día

$$Q_{u1} = C_p \times m \times (T_e - T_i)$$

$$Q_{u1} = 4,012 \text{ kJ/ kg K} \times 800 \text{ kg/día} \times (288 - 273) \text{ K} = 48.144 \text{ kJ/ día}$$

$$\mathbf{Q_{u1} = 48.144 \text{ kJ/ día}}$$

2.1.2.- Congelación del producto (Qu₂)

Esta partida comprende tres etapas de enfriamiento , cada uno referente a una parte:

Qu₂₁ .- Calcula el frío necesario hasta la congelación.

Qu₂₂ .- frío invertido en la congelación.

Qu₂₃ .- frío necesario para bajar la temperatura desde punto de congelación hasta la temperatura final requerida.

$$\mathbf{Q_{u21} = 0 \text{ kJ/día}}$$

$$\mathbf{Q_{u22} = 0 \text{ kJ/ día}}$$

$$\mathbf{Q_{u23} = 0 \text{ kJ/día}}$$

$$\mathbf{Q_{uT} = Q_{u21} + Q_{u22} + Q_{u23} = 0 \text{ kJ / día}}$$

$$\mathbf{Q_{u2} = 0 \text{ kJ/día}}$$

Esta partida tiene valor cero debido a que no se produce la congelación del producto en ningún momento.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.1.3.- Enfriamiento del embalaje (Q_e)

La mercancía llega al supermercado casi a diario y además es seleccionado y distribuido en la cámara de conservación rápidamente y sin ningún tipo de intermediario. Estos productos provienen de un pueblo cercano (Ecija unos 15 km), y vienen en cajas de madera.

Por ello a la hora de calcular las necesidades frigoríficas de la instalación se debe tenerse en cuenta el volumen del embalaje por ello se ha estimado el siguiente cálculo:

DATOS:

Peso medio mercancía : 14,8 kg/ caja madera peso caja: 2,72 kg

$C_{p_{madera}} = 2,72 \text{ kJ/ (kg K)}$

CÁLCULOS:

Nº de cesta plástico: $800 / 14,8 = 54$ cajas/día

Masa de madera = $2,72 \times 54 = 147$ kg/ día

$Q_e = C_{p_{embalaje}} \times m_{embalaje} \times (T_{ext} - T_{int})$

$Q_e = 2,72 \text{ kJ/ (kg K)} \times 147 \text{ kg/día} \times (288 - 273) \text{ K} = 5997,6 \text{ kJ / día}$

$$Q_e = 5.997,6 \text{ kJ/ día}$$

2.2. Partidas para la compensación de pérdidas

Esta es una de las partidas más importantes a la hora del diseño debido, a que este tipo de pérdidas se dan las 24 horas del día por transmisión por las paredes. Por ello a la hora del diseño de las cámaras es una de las partidas más importantes.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2.1.- Aportación de Calor por paredes (Q_{p1}):

Cámara de congelados (0°C)

$$\text{Área paredes laterales} = 10 \times 3 = 30 \text{ m}^2 \times 2 \text{ paredes} = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área paredes laterales} = 6 \times 3 = 18 \text{ m}^2 \times 2 \text{ paredes} = 36 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del techo} = 10 \times 6 = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 36 + 60 + 60 = 156 \text{ m}^2$$

$$Q_{p1} = A \times U \times \Delta T \text{ de donde:}$$

$$U = k/e = 0,020 \text{ W/ (m K) } / 0,12 \text{ m} = 0,166 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

k.- coeficiente conductividad panel

e.- espesor del aislante

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 156 \text{ m}^2 \times 0,166 \text{ W/ m}^2 \text{ K} \times (288 - 273) \text{ K} = 388,44 \text{ W/día}$$

Para obtenerlo en kJ/día se multiplica por 86,4

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 388,44 \text{ W/día} \times 86,4 \text{ kJ/W} = 33.561,2 \text{ kJ/ día}$$

$$\text{Área suelo} = \text{Área techo} = 60 \text{ m}^2$$

$$U = k/e = 0,035 \text{ W/ (m K) } / 0,12 \text{ m} = 0,292 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

$$Q_{p1} (\text{techo}) = 60 \text{ m}^2 \times 0,292 \text{ W/ m}^2 \text{ K} \times (288 - 273) \text{ K} = 262,8 \text{ W/día}$$

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 262,8 \text{ W/día} \times 86,4 \text{ kJ/W} = 22.706 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{p1} (\text{total}) = Q_{p1} (\text{paredes}) + Q_{p1} (\text{techo}) = 56.267 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{p1} (\text{Total}) = 56.267 \text{ kJ/ día}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2.2.- Enfriamiento del aire de renovación (Q_{p2})

Las renovaciones de aire es necesaria para todos los sistemas de refrigeración , y es inevitable la apertura de las puertas de las cámaras y la entrada de personal trabajador en ella, para la carga y descarga de productos.

A la hora de calcular esta partida la base de cálculo utilizada será la correspondiente a las condiciones ambientales de la cámara y la temperatura exterior de la calle.

- Condiciones interiores.- $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (273 K) y 60 % de humedad relativa
- Condiciones exteriores.- $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (308 K) y 85% de humedad relativa

Los datos se han tomado de las bibliografías consultadas para el almacenamiento óptimo de la gran variedad de productos a almacenar, y el valor de humedad relativa exterior es la media que se deriva en Andalucía occidental.

Cálculo de la presión de vapor de saturación y humedad absoluta:

Como la temperatura es bajo cero se aplicará esta formula: $T = 273\text{ K}$

$$\ln P_{ws_{int}} = (-5.800,22 / 273) + (-5,516256) + (-0,04864024 \times 273) + (4,1764768E-5 \times 273^2) + (-1,4452E-8 \times 273^3) + (6,5459673 \times \ln 273) = -0,5025$$

$$P_{ws_{int}} = 0,605\text{ kPa}$$

$$\ln P_{ws_{ext}} = (-5.800,22 / 308) + (-5,516256) + (-0,04864024 \times 308) + (4,1764768E-5 \times 308^2) + (-1,4452E-8 \times 308^3) + (6,5459673 \times \ln 308) = 1,72$$

$$P_{ws_{ext}} = 5,5813\text{ kPa}$$

$$P_{w_{int}} = (60 \times 0,605) / 100 = 0,363\text{ kPa}$$

$$P_{w_{ext}} = (85 \times 5,5813) / 100 = 4,744105\text{ kPa}$$

$$W_{int} = 0,622 \times [0,363 / (101,3 - 0,363)] = 2,237\text{ E-3 kg agua/ kg aire}$$

$$W_{ext} = 0,622 \times [4,744105 / (101,3 - 4,744105)] = 30,56\text{ E-3 kg agua/ kg aire}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Cálculo de la densidad del aire húmedo:

$$\delta_{\text{int}} = 101.300 \times (1 + 2,237 \text{ E-}3) / [253 \times (2,237 \text{ E-}3 \times 461,5 + 287,1)] = 1,393 \text{ kg/m}^3$$

$$\delta_{\text{ext}} = 101.300 \times (1 + 30,56 \text{ E-}4) / [308 \times (30,56 \text{ E-}4 \times 461,5 + 287,1)] = 1,1253 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo de entalpías del aire:

$$h_{\text{int}} = [1,004 \times (0)] + 2,237 \text{ E-}3 \times [2.500,6 + 1,86 \times (0)] = 0 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{\text{int}} = [1,004 \times (35)] + 30,56 \text{ E-}3 \times [2.500,6 + 1,86 \times (35)] = 113,26 \text{ kJ/kg}$$

Cálculo final:

Nº de renovaciones : 6

Volumen de la Cámara: 180 m³

$$Q_{p2} = 6 \times 180 \text{ m}^3 \times [(113,26 \text{ kJ/kg} \times 1,1253 \text{ kg/m}^3) - (0 \text{ kJ/kg} \times 0 \text{ kg/m}^3)] = 137.647,6 \text{ kJ}$$

$$\mathbf{Q_{p2} = 137.647,6 \text{ kJ/día}}$$

2.2.3.- Calor aportado por motores (Qp₃)

Los únicos sistemas que puedan aportar calor en la cámara frigorífica son los evaporadores que estarán colocados en el interior de las cámaras, ya que al ser la cámara de pequeño tamaño las carretillas utilizadas no son mecanizadas.

Nº de ventiladores = 1

Potencia unitaria = 0,65 kW

Horas de funcionamiento = 18 h

$$Q_{p3} = 0,2 \times (1 \times 18 \times 0,65) \times 3600 = 8.424 \text{ kJ}$$

$$\mathbf{Q_{p3} = 8.424 \text{ kJ/día}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2.4.- Calor aportado por las personas (Q_{p4})

Nº de personas = 2

Horas de permanencia = 4 h

T^a de la cámara = 0 °C

Equivalente térmico por persona = $270 - 6 \times (T^a)$

$$E.térmico = 270 - 6 \times (0) = 270 \text{ W}$$

$$Q_{p4} = 2 \times 270 \times 4 \times 3.6 = 7.776 \text{ kJ/día}$$

$$\mathbf{Q_{p4} = 7.776 \text{ kJ/día}}$$

2.2.5.- Aportación de calor debida al alumbrado (Q_{p5})

El funcionamiento de las luces que se mantienen encendidas es superior a las horas de permanencia de los trabajadores en las distintas cámaras y sala por ello las cámaras mantendrán su iluminación durante las 24 horas, ya que se han instalado luminarias de bajo consumo eléctrico y gran duración.

Nivel de iluminación (almacén) = 12 W/m²

Área de Almacén = 60 m²

Horas de funcionamiento de las luces = 24 h

$$Q_{p5} = (60 \times 12 \times 24) = 17.280 \text{ kJ/ día}$$

$$\mathbf{Q_{p5} = 17.280 \text{ kJ/día}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

3.- CARGA FRIGORÍFICA TOTAL

Enfriamiento de la mercancía

Refrigeración de la mercancía	$Qu_1 = 48.144 \text{ kJ/día}$
Congelación y eventual enfriamiento	$Qu_2 = 0 \text{ kJ/día}$
Refrigeración del embalaje	$Qu_e = 5.997,6 \text{ kJ/día}$
<hr/>	
Total $Qu =$	54.142 kJ/día

Compensación de pérdidas Q_p

Aportaciones de calor a través de paredes, suelo y techo	$Q_{p1} = 56.267 \text{ kJ/día}$
Enfriamiento y desecación del aire de renovación	$Q_{p2} = 137.648 \text{ kJ/día}$
Calor aportado por motores y/o máquinas	$Q_{p3} = 8.424 \text{ kJ/día}$
Aportaciones de calor debidas a las personas	$Q_{p4} = 7.776 \text{ kJ/día}$
Calor liberado por la iluminación	$Q_{p5} = 17.280 \text{ kJ/día}$
<hr/>	
Total $Q_p =$	227.395 kJ/día

ENFRIAR MERCANCÍA	COMPENSACIÓN PÉRDIDAS
$Qu_1 = 54.142 \text{ kJ/día}$	$Qu_1 = 227.395 \text{ kJ/día}$

Factor de seguridad (90 %) : SI

PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA BRUTA

$$Q_t = 1,9 \times (Q_u + Q_p) = 541.922 \text{ kJ/día}$$

Tiempo (h/día) de funcionamiento del equipo (t) = 18 h

<p>PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA: $Q_h = Q_t / t$</p> <p>(kJ/h = 30.107 ; (frig/h) = 7.202 ; W = 8.355 w)</p>

$$\text{Potencia frigorífica} = 8.355 \text{ w/h}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Para Sala De Elaboración de productos (+ 12° C)

2.1.1.- Conservación de la mercancía (Qu₁)

En esta sala se realiza el trabajo de corte y preparación de cierto producto y no la conservación de los mismos ya que una vez elaborados o se llevan a la cámara de congelados o en la de conservación según el producto.

Por ello esta partida es igual a cero.

$$\mathbf{Qu_1 = 0 \text{ kJ/ día}}$$

2.1.2.- Congelación del producto (Qu₂)

Esta partida comprende tres etapas de enfriamiento , cada uno referente a una parte:

Qu₂₁ .- Calcula el frío necesario hasta la congelación.

Qu₂₂ .- frío invertido en la congelación.

Qu₂₃ .- frío necesario para bajar la temperatura desde punto de congelación hasta la temperatura final requerida.

$$\mathbf{Qu_{21} = 0 \text{ kJ/día}}$$

$$\mathbf{Qu_{22} = 0 \text{ kJ/ día}}$$

$$\mathbf{Qu_{23} = 0 \text{ kJ/día}}$$

$$\mathbf{Qu_T = Qu_{21} + Qu_{22} + Qu_{23} = 0 \text{ kJ / día}}$$

$$\mathbf{Qu_2 = 0 \text{ kJ/día}}$$

Esta partida tiene valor cero debido a que no se produce la congelación del producto en ningún momento.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.1.3.- Enfriamiento del embalaje (Q_e)

En esta partida no existe efecto por el embalaje debido a que se llega por ejemplo la carne del matadero, en canales para poder tratarlos después por tanto el embalaje es nulo.

$$Q_e = 0 \text{ kJ/día}$$

2.2. Partidas para la compensación de pérdidas

Esta es una de las partidas más importantes a la hora del diseño debido, a que este tipo de pérdidas se dan las 24 horas del día por transmisión por las paredes. Por ello a la hora del diseño de las cámaras es una de las partidas más importantes.

2.2.1.- Aportación de Calor por paredes (Q_{p1}):

Sala de Elaboración (12 ° C)

$$\text{Área paredes laterales} = 16 \times 3 = 48 \text{ m}^2 \times 2 \text{ paredes} = 96 \text{ m}^2$$

$$\text{Área paredes laterales} = 10 \times 3 = 30 \text{ m}^2 \times 2 \text{ paredes} = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del techo} = 10 \times 16 = 160 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 96 + 60 + 160 = 316 \text{ m}^2$$

$$Q_{p1} = A \times U \times \Delta T \text{ de donde:}$$

$$U = k/e = 0,020 \text{ W/ (m K) } / 0,10 \text{ m} = 0,20 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

k.- coeficiente conductividad panel

e.- espesor del aislante

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 316 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ W/ m}^2 \text{ K} \times (308 - 285) \text{ K} = 1.454 \text{ W/día}$$

Para obtenerlo en kJ/día se multiplica por 86,4

$$Q_{p1} (\text{paredes}) = 1.454 \text{ W/día} \times 86,4 \text{ kJ/W} = 125.591 \text{ kJ/ día}$$

$$\text{Área suelo} = \text{Área techo} = 160 \text{ m}^2$$

$$U = k/e = 0,035 \text{ W/ (m K) } / 0,10 \text{ m} = 0,35 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

$$Q_{p1} (\text{suelo}) = 160 \text{ m}^2 \times 0,35 \text{ W/ m}^2 \text{ K} \times (308 - 285) \text{ K} = 1.288 \text{ W/día}$$

$$Q_{p1} (\text{suelo}) = 1.288 \text{ W/día} \times 86,4 \text{ kJ/W} = 111.283 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{p1} (\text{total}) = Q_{p1} (\text{paredes}) + Q_{p1} (\text{suelo}) = 236.874 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{p1} (\text{Total}) = 236.874 \text{ kJ/ día}$$

2.2.2.- Enfriamiento del aire de renovación (Q_{p2})

Las renovaciones de aire es necesaria para todos los sistemas de refrigeración , y es inevitable la apertura de las puertas de las cámaras y la entrada de personal trabajador en ella, para la carga y descarga de productos.

A la hora de calcular esta partida la base de cálculo utilizada será la correspondiente a las condiciones ambientales de la cámara y la temperatura exterior de la calle.

- Condiciones interiores.- 12 °C (285 K) y 60 % de humedad relativa
- Condiciones exteriores.- + 35 °C (308 K) y 85% de humedad relativa

Los datos se han tomado de las bibliografías consultadas para el almacenamiento óptimo de la gran variedad de productos a almacenar, y el valor de humedad relativa exterior es la media que se deriva en Andalucía occidental.

Cálculo de la presión de vapor de saturación y humedad absoluta:

Como la temperatura es sobre cero se aplicará esta formula: $T = 273 \text{ K}$

$$\ln P_{ws_{int}} = (-5.800,22 / 285) + (-5,516256) + (-0,04864024 \times 285) + (4,1764768E-5 \times 285^2) + (-1,4452E-8 \times 285^3) + (6,5459673 \times \ln 285) = 0,328$$

$$P_{ws_{int}} = 1,389 \text{ kPa}$$

$$\ln P_{ws_{ext}} = (-5.800,22 / 308) + (-5,516256) + (-0,04864024 \times 308) + (4,1764768E-5 \times 308^2) + (-1,4452E-8 \times 308^3) + (6,5459673 \times \ln 308) = 1,72$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

$$P_{ws_{ext}} = 5,5813 \text{ kPa}$$

$$P_{w_{int}} = (60 \times 1,389) / 100 = 0,833 \text{ kPa}$$

$$P_{w_{int}} = (85 \times 5,5813) / 100 = 4,744105 \text{ kPa}$$

$$W_{int} = 0,622 \times [0,833 / (101,3 - 0,833)] = 5,157 \text{ E-3 kg agua/ kg}_{aire}$$

$$W_{ext} = 0,622 \times [4,744105 / (101,3 - 4,744105)] = 30,56 \text{ E-3 kg agua/ kg}_{aire}$$

Cálculo de la densidad del aire húmedo:

$$\delta_{int} = 101.300 \times (1 + 5,157 \text{ E-3}) / [285 \times (5,157 \text{ E-3} \times 461,5 + 287,1)] = 1,234 \text{ kg/m}^3$$

$$\delta_{ext} = 101.300 \times (1 + 30,56 \text{ E-4}) / [308 \times (30,56 \text{ E-4} \times 461,5 + 287,1)] = 1,1253 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo de entalpías del aire:

$$h_{int} = [1,004 \times (12)] + 5,157 \text{ E-3} \times [2.500,6 + 1,86 \times (12)] = 25,54 \text{ kJ/ kg}$$

$$h_{ext} = [1,004 \times (35)] + 30,56 \text{ E-3} \times [2.500,6 + 1,86 \times (35)] = 113,26 \text{ kJ/ kg}$$

Cálculo final:

Nº de renovaciones : 3,6

Volumen de la Cámara: 480 m³

$$Q_{p2} = 3,6 \times 480 \text{ m}^3 \times [(113,26 \text{ kJ/ kg} \times 1,1253 \text{ kg/m}^3) - (25,54 \text{ kJ/ kg} \times 1,23 \text{ kg/m}^3)] = 165.776 \text{ kJ}$$

$$Q_{p2} = 165.776 \text{ kJ/día}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2.3.- Calor aportado por motores (Q_{p3})

Los únicos sistemas que puedan aportar calor en la cámara frigorífica son los evaporadores que estarán colocados en el interior de las cámaras, ya que al ser la cámara de pequeño tamaño las carretillas utilizadas no son mecanizadas.

Nº de ventiladores = 1

Potencia unitaria= 0,70 kW

Horas de funcionamientos = 18 h

$$Q_{p3} = 0,2 \times (1 \times 18 \times 0,7) \times 3600 = 9072 \text{ kJ}$$

$$Q_{p3} = 9.072 \text{ kJ/día}$$

2.2.4.- Calor aportado por las personas (Q_{p4})

Nº de personas = 10

Horas de permanencia = 16 h

Tª de la cámara = 12 °C

Equivalente térmico por persona = $270 - 6 \times (T^a)$

$$E.\text{térmico} = 270 - 6 \times (12) = 198 \text{ W}$$

$$Q_{p4} = 10 \times 198 \times 16 \times 3.6 = 114.048 \text{ kJ/día}$$

$$Q_{p4} = 114.048 \text{ kJ/día}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

2.2.5.- Aportación de calor debida al alumbrado (Q_{p5})

El funcionamiento de las luces que se mantienen encendidas es igual a las horas de permanencia de los trabajadores en las distintas cámaras y sala por ello las cámaras mantendrán su iluminación durante las 16 horas, ya que se han instalado luminarias de bajo consumo eléctrico y gran duración.

Nivel de iluminación (almacén) = 27 W/m^2

Área de trabajo = 160 m^2

Horas de funcionamiento de las luces = 16 h

$$Q_{p5} = (160 \times 27 \times 16) = 69.120 \text{ kJ/ día}$$

$$Q_{p5} = 69.120 \text{ kJ/día}$$

3.- CARGA FRIGORÍFICA TOTAL

Enfriamiento de la mercancía

Refrigeración de la mercancía	$Q_{u1} =$	0 kJ/día
Congelación y eventual enfriamiento	$Q_{u2} =$	0 kJ/día
Refrigeración del embalaje	$Q_{ue} =$	0 kJ/día

Total $Q_u =$		0 kJ/día

Compensación de pérdidas Q_p

Aportaciones de calor a través de paredes, suelo y techo	$Q_{p1} =$	236.874 kJ/día
Enfriamiento y desecación del aire de renovación	$Q_{p2} =$	165.776 kJ/día
Calor aportado por motores y/o máquinas	$Q_{p3} =$	9.072 kJ/día
Aportaciones de calor debidas a las personas	$Q_{p4} =$	114.048 kJ/día
Calor liberado por la iluminación	$Q_{p5} =$	69.120 kJ/día

Total $Q_p =$		594.890 kJ/día

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

ENFRIAR MERCANCÍA	COMPENSACIÓN PÉRDIDAS
$Q_{u1} = 0 \text{ kJ/día}$	$Q_{u1} = 594.890 \text{ kJ/día}$

Factor de seguridad (80 %) : SI

PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA BRUTA

$$Q_t = 1,8 \times (Q_u + Q_p) = 1.069.186 \text{ kJ/día}$$

Tiempo (h/día) de funcionamiento del equipo (t) = 18 h

$$\text{PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA: } Q_h = Q_t / t$$

$$(\text{kJ/h} = 59.400 ; (\text{frig/h}) = 14.210 ; W = 16.484 \text{ w})$$

$$\text{Potencia frigorífica} = 16.484 \text{ w/h}$$

NOTA:

Todos estos cálculos están sobredimensionados para la entrada de carga del producto diario, pero esta justificada porque la entrada de esta carga es muy irregular y en ocasiones se producen entradas de casi el doble. Por ello se han hecho los cálculos con las cargas de producto diario más habitual y se ha optado por aumentar el factor de seguridad entre un 70 a 85 %.

Al final de la memoria de cálculo se presentan informes completos sobre los cálculos que son más específicos y con mayor exactitud realizados por un programa informático para el diseño de cámaras frigoríficas.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

3.1.- Datos de los evaporadores y unidades condensadoras instalados

Los datos que se presentan en esta partida se han calculado por medio de programas de cálculo tanto para el evaporador o como para la unidad condensadora por ello se presenta al final de la memoria de cálculo, todo el informe completo de las características de las unidades instaladas.

CAMARA DE -20 °C

Unidad condensadora:

Marca:	BIZERT
Unidad modelo	LH64/ 2CC-3.2Y-40S
Potencia frigorífica	5.34 kW
Potencia en el evap.	5.34 kW
Potencia absorbida*	3.09 kW
Corriente (400V)	5.77 A
Gama de tensiones	380-420V
Caudal másico	150.2 kg/h
Temp. de condensación	44.6 °C
Subenfriamiento del líquido	3.00 K
Modo de funcionamiento	Standard

EVAPORADOR

Marca:	CENTAURO
Modelo:	DD/ E 7034
Separación de aletas:	7 mm
Caudal de aire:	5.850 m ³ / h
Área de intercambio:	32,8 m ²
Nº de ventiladores:	1 x 500 mm
Nº de unidades:	1
Potencia frigorífica:	5 kW (DT = 8°C)

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

CAMARA DE 0 °C

Unidad condensadora

Marca:	BIZERT
Unidad modelo	LH64/ 2DC-3.2Y-40S
Potencia frigorífica	9.01 kW
Potencia en el evap.	9.01 kW
Potencia absorbida*	3.78 kW
Corriente (400V)	6.74 A
Gama de tensiones	380-420V
Caudal másico	284 kg/h
Temp. de condensación	49.5 °C

Subenfriamiento del líquido	3.00 K
Modo de funcionamiento	Standard

EVAPORADOR

Marca:	CENTAURO
Modelo:	DD/ E 7034
Separación de aletas:	7 mm
Caudal de aire:	5.850 m ³ / h
Área de intercambio:	32,8 m ²
Nº de ventiladores:	1 x 500 mm
Nº de unidades:	1
Potencia frigorífica:	5 kW (DT = 8°C

SALA DE ELABORACIÓN (+ 12 °C)

UNIDAD CONDENSADORA

Marca	BIZERT
Unidad modelo	LH104/ 4DC-7.2Y-40S
Potencia frigorífica	21.2 kW
Potencia en la Eva.	21.2 kW
Potencia absorbida*	8.38 kW
Corriente (400V)	14.91 A
Gama de tensiones	380-420V
Caudal másico	742 kg/h
Temp. de condensación	54.1 °C

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Subenfriamiento del líquido	3.00 K
condiciones de funcionamiento	Standard

EVAPORADOR

Marca:	CENTAURO
Modelo:	MT/ E - 4048
Separación de aletas:	4.2 mm
Caudal de aire:	4.000 m ³ / h
Área de intercambio:	47,8 m ²
Nº de ventiladores:	1 x 450 mm
Nº de unidades:	1
Potencia frigorífica:	10,48 kW (DT = 8°)

4.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÍNIMO

Con el calor extraído en cada cámara podemos hacer un cálculo aproximado del caudal de refrigerante, mediante la fórmula:

$$Q = m (\Delta h) \quad \text{de donde} \quad m = Q / \Delta h$$

De donde;

m .- caudal másico (kg/ h)

Δh .- incremento de entalpía (kJ/ kg)

Todos los datos requeridos para los cálculos de los caudales, diámetros de tuberías de cada línea son tomados de las tablas de las propiedades del fluido refrigerante, que se encuentra en la memoria descriptiva del presente proyecto.

Cámara de congelados (-20 °C)

$$\Delta h = 358,82 - 170,35 = 188,47 \text{ kJ/ kg}$$

$$Q = 19.170 \text{ kJ/h}$$

$$m = Q / \Delta h = 19.170 / 188,47 = \mathbf{101,72 \text{ kg/h}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Cámara de congelados (0 °C)

$$\Delta h = 370,58 - 200 = 170,58 \text{ kJ/ kg}$$

$$Q = 30.107 \text{ kJ/h}$$

$$m = Q / \Delta h = 30.107 / 170,58 = \mathbf{176,5 \text{ kg/h}}$$

Cámara de congelados (+ 12 °C)

$$\Delta h = 376,87 - 218,41 = 158,46 \text{ kJ/ kg}$$

$$Q = 59.400 \text{ kJ/h}$$

$$m = Q / \Delta h = 59.400 / 158,46 = \mathbf{374,85 \text{ kg/h}}$$

5.- CÁLCULOS DE LAS VELOCIDADES EN LAS TUBERÍAS.

Con el caudal mínimo calculado en el apartado anterior se pueden hacer las comprobaciones para ver si las tuberías están bien diseñadas, y se ajusta a las pérdidas de presión que se establecen en los distintos manuales de cálculos que existen en el mercado.

Tª (°C)	Vol. Espec. V' (m³/kg)	Vol. Espec. V'' (m³/kg)	ρ' (kg / m³)	ρ'' (kg / m³)	P' (bar)	P'' (bar)
- 20	0,000818	0,06549	1.222	15,27	3,091	3,022
0	0,000869	0,03328	1.151	30,05	6,130	6,029
+12	0,000906	0,02295	1.104	43,57	8,785	8,670
+ 35	0,001006	0,01166	994	85,76	16,17	16,03
+ 45	0,001073	0,00866	932	115,47	20,54	20,39

Todos estos datos nos servirán para estos cálculos y están sacados de las propiedades de los refrigerantes en nuestro caso R-404A .

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Para cámara de congelados (- 20 °C)

Para la tubería de líquido

Suponiendo el caudal constante de 101,7 kg/ h

$$Q = \frac{101,7 \text{ kg / h}}{1.222 \text{ kg / m}^3} = 0,08324 \text{ m}^3 / \text{h} = \mathbf{2,31 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

La sección para una velocidad de 1 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 3/8'' = 9,525 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow S = 7,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{2,31 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}}{7,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = \mathbf{0,324 \text{ m/ s}}$$

Esta velocidad aunque es más baja que la de diseño es válida, ya que en la práctica esta será mayor, debido a que se ha tomado el diámetro mínimo, a la hora de la instalación existen diferentes alternativas para aumentar la velocidad hasta la de diseño.

Para la tubería de descarga

$$Q = \frac{101,7 \text{ kg / h}}{15,27 \text{ kg / m}^3} = 6,6 \text{ m}^3 / \text{h} = \mathbf{1,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

La sección para una velocidad de 15 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 3/4'' = 1,95 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{1,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{2,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{6,49 \text{ m/ s}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Para la tubería de aspiración

$$Q = \frac{101,7 \text{ kg / h}}{11,55 \text{ kg / m}^3} = 8,81 \text{ m}^3 / \text{h} = \mathbf{2,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

La sección para una velocidad de 12 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 5/8'' = 1,587 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 1,979 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{2,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{1,979 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{12,38 \text{ m/s}}$$

Cámara de conservación de 0° C

Para la tubería de líquido

Suponiendo el caudal constante de 176,58 kg/h

$$Q = \frac{176,58 \text{ kg / h}}{1.151 \text{ kg / m}^3} = 0,1534 \text{ m}^3 / \text{h} = \mathbf{4,263 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

La sección para una velocidad de 1 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 3/8'' = 9,525 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow S = 7,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4,263 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}}{7,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = \mathbf{0,598 \text{ m/s}}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Para la tubería de descarga

$$Q = \frac{176,58 \text{ kg / h}}{30,05 \text{ kg / m}^3} = 5,87 \text{ m}^3 / \text{h} = 1,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

La sección para una velocidad de 15 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 5/8'' = 1,589 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{1,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{1,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 8,31 \text{ m/s}$$

Para la tubería de aspiración

$$Q = \frac{176,58 \text{ kg / h}}{11,55 \text{ kg / m}^3} = 15,29 \text{ m}^3 / \text{h} = 4,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

La sección para una velocidad de 12 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 5/8'' = 1,589 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{1,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 21,67 \text{ m/s}$$

La velocidad es demasiado alta por tanto aumentaremos el diámetro de la tubería.

$$\Phi = 7/8'' = 2,22 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 3,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{3,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 10,95 \text{ m/s}$$

Este diámetro se ajusta más a la velocidad de diseño por tanto es la elegida para su instalación.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

SALA DE ELABORACIÓN (+ 12° C)

Para la tubería de líquido

Suponiendo el caudal constante de 374,85 kg/ h

$$Q = \frac{374,85 \text{ kg / h}}{1.104 \text{ kg / m}^3} = 0,339 \text{ m}^3 / \text{h} = \mathbf{9,43 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

La sección para una velocidad de 1 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 1/2'' = 1,27 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 1,267 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{9,43 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}}{1,267 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{0,744 \text{ m/ s}}$$

Para la tubería de Descarga

$$Q = \frac{374,85 \text{ kg / h}}{43,57 \text{ kg / m}^3} = 8,6 \text{ m}^3 / \text{h} = \mathbf{2,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

La sección para una velocidad de 15 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 3/8'' = 9,525 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow S = 7,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{2,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{7,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = \mathbf{33,54 \text{ m/ s}}$$

La velocidad es el doble de la velocidad de diseño y por tanto no es válida debido a que la pérdida de presión será muy grande, por ello aumentaremos el diámetro.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

$$\Phi = 5/8'' = 1,5875 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 1,979 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{2,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{1,979 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{12,08 \text{ m/s}}$$

Esta velocidad si es válida porque se ajusta perfectamente a la velocidad de diseño.

Para la tubería de aspiración

$$Q = \frac{374,85 \text{ kg/h}}{11,55 \text{ kg/m}^3} = 32,45 \text{ m}^3 / \text{h} = \mathbf{9,014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}$$

La sección para una velocidad de 12 m/s sacada en tablas es:

$$\Phi = 3/4'' = 1,905 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{9,014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{2,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{31,62 \text{ m/s}}$$

No es válido debido a que está muy por encima de la velocidad de diseño.

$$\Phi = 1'' = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 5,067 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{9,014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{5,067 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{17,78 \text{ m/s}}$$

$$\Phi = 1 \frac{1}{4}'' = 3,175 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow S = 7,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{9,014 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{7,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{11,38 \text{ m/s}}$$

Se ajusta a la velocidad de diseño de la instalación.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

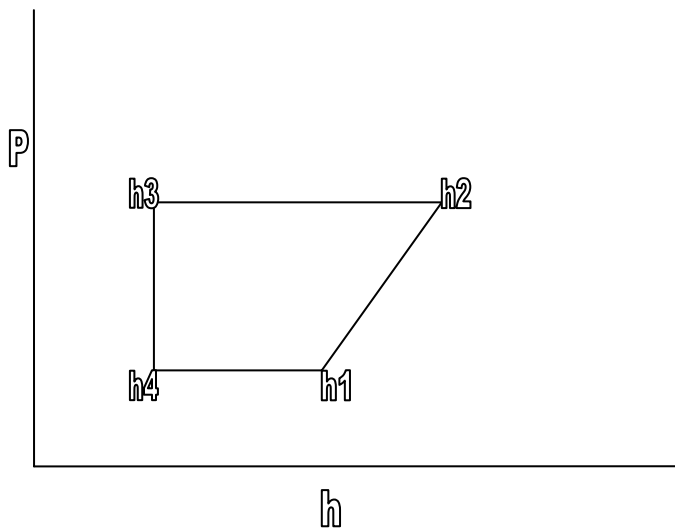
6.- CÁLCULO DEL COP DE LA INTALACIÓN

El ciclo de refrigeración por el cual se ha optado es el ciclo de refrigeración simple por lo que este cálculo se simplifica significativamente.

La fórmula utilizada será:

$$\text{COP} = \frac{h_1 - h_4}{h_2^* - h_1}$$

Diagrama del ciclo simple



Cálculos del COP para las distintas cámaras.

Cámara de congelación (- 20 °C)

Datos:

$$T^a \text{ evap} = - 20 \text{ °C} \quad \rightarrow \quad P = 3,09 \text{ bar} \quad h_4 = 170,35 \text{ kJ/ kg} \quad h_1 = 358,82 \text{ kJ/ kg}$$

$$r' = h_1 - h_4 = 188,47 \text{ kJ/kg}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

$$T^a \text{ cond} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad P = 20,5 \text{ bar} \quad h_3 = 272,96 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 388,25 \text{ kJ/kg}$$

$$r'' = h_2 - h_3 = 115,29 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{COP} = \frac{r'}{r''} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_3} = \frac{188,47}{115,29} = \mathbf{1,63}$$

Cámara de congelación (0 °C)

$$T^a \text{ evap} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad P = 3,09 \text{ bar} \quad h_4 = 200 \text{ kJ/kg} \quad h_1 = 370,58 \text{ kJ/kg}$$

$$r' = h_1 - h_4 = 170,58 \text{ kJ/kg}$$

$$T^a \text{ cond} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad P = 20,5 \text{ bar} \quad h_3 = 272,96 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 388,25 \text{ kJ/kg}$$

$$r'' = h_2 - h_3 = 115,29 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{COP} = \frac{r'}{r''} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_3} = \frac{170,58}{115,29} = \mathbf{1,48}$$

Sala de Elaboración (+ 12 °C)

$$T^a \text{ evap} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad P = 3,09 \text{ bar} \quad h_4 = 218,41 \text{ kJ/kg} \quad h_1 = 376,87 \text{ kJ/kg}$$

$$r' = h_1 - h_4 = 158,46 \text{ kJ/kg}$$

$$T^a \text{ cond} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad P = 20,5 \text{ bar} \quad h_3 = 272,96 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 388,25 \text{ kJ/kg}$$

$$r'' = h_2 - h_3 = 115,29 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{COP} = \frac{r'}{r''} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_3} = \frac{158,46}{115,29} = \mathbf{1,37}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Podemos observar que el rendimiento está por ligeramente por debajo del factor mínimo de 2 debido a que se ha calculado de modo ideal, en la realidad el factor del COP será algo mayor del 2 debido al rendimiento que ha que tenerlo en cuenta del compresor.

7.- CÁLCULO DE LA Tª DE ROCÍO Y SUPERFICIAL EXTERIOR DE LA PARED

Calculamos la temperatura de rocío y superficial de pared para ver si la humedad influye a la hora de calcular el aislamiento.

Cámara de congelados (- 20 ° C)

PAREDES Y TECHO

$$T_{ext} = 25 \text{ °C} \quad H = 0,85 \text{ (humedad en tanto por uno)}$$

$$P_{ws} = 101,42 \text{ Pa} \quad (\text{calculado en el apartado 2.2.1})$$

$$P = 101.308 \text{ Pa} \quad U = 0,133 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$h_e = 9,09 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)} \quad \Delta t = 45 \text{ °C}$$

$$X_s = 0,622 \times 101,42 / (101.308 - 101,42) = 6,233 \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0,85 \times 6,233 \cdot 10^{-4} = 5,298 \cdot 10^{-4}$$

$$P'_{ws} = (5,298 \cdot 10^{-4} \times 101.308) / (0,622 + 5,298 \cdot 10^{-4}) = 86,22 \text{ Pa}$$

$$T_{rocío} = [273,3 \times (\log 86,22 - 2,7858)] / [7,5 - (\log 86,22 - 2,7858)] = - 11,12 \text{ °C}$$

$$T_{superf} = 5 - [(0,133 \times 45) / 9,09] = 4,34 \text{ °C}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Cámara de Conservación (0 ° C)

PAREDES Y TECHO

$$T_{ext} = 25 \text{ °C} \quad H = 0,85 \text{ (humedad en tanto por uno)}$$

$$P_{ws} = 605 \text{ Pa} \quad (\text{calculado en el apartado 2.2.1})$$

$$P = 101.308 \text{ Pa} \quad U = 0,133 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$h_e = 9,09 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)} \quad \Delta t = 25 \text{ °C}$$

$$X_s = 0,622 \times 605 / (101.308 - 605) = 3,737 \cdot 10^{-3}$$

$$X = 0,85 \times 3,737 \cdot 10^{-3} = 3,176 \cdot 10^{-3}$$

$$P'_{ws} = (3,176 \cdot 10^{-3} \times 101.308) / (0,622 + 3,176 \cdot 10^{-3}) = 514,66 \text{ Pa}$$

$$T_{rocio} = [273,3 \times (\log 514,66 - 2,7858)] / [7,5 - (\log 514,66 - 2,7858)] = - 2,68 \text{ °C}$$

$$T_{superf} = 5 - [(0,133 \times 25) / 9,09] = 4,63 \text{ °C}$$

Sala de Elaboración (+ 12 ° C)

PAREDES Y TECHO

$$T_{ext} = 25 \text{ °C} \quad H = 0,85 \text{ (humedad en tanto por uno)}$$

$$P_{ws} = 833 \text{ Pa} \quad (\text{calculado en el apartado 2.2.1})$$

$$P = 101.308 \text{ Pa} \quad U = 0,133 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$h_e = 9,09 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)} \quad \Delta t = 13 \text{ °C}$$

$$X_s = 0,622 \times 833 / (101.308 - 833) = 5,157 \cdot 10^{-3}$$

$$X = 0,85 \times 5,157 \cdot 10^{-3} = 4,383 \cdot 10^{-3}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

$$P'_{ws} = (4,383 \cdot 10^{-3} \times 101.308) / (0,622 + 4,383 \cdot 10^{-3}) = \mathbf{708,88 \text{ Pa}}$$

$$T_{\text{rocío}} = [273,3 \times (\log 708,88 - 2,7858)] / [7,5 - (\log 708,88 - 2,7858)] = \mathbf{2,38 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

$$T_{\text{superf}} = 5 - [(0,133 \times 13) / 9,09] = \mathbf{4,81 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

RESUMEN

Techos y Paredes	Tª de Rocío (° C)	Tª superficie (° C)
Cámara de congelados (- 20 ° C)	- 11,12	4,34
Cámara de conservación (0 ° C)	- 2,68	4,63
Sala de Elaboración (+ 12 ° C)	2,38	4,81

Podemos ver que teóricamente no se producirán condensaciones en la superficie de las paredes a esta temperatura. Esto nos permite calcular el aislamiento sin tener en cuenta la condensación de agua.

8.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE ILUMINARIAS

En este apartado se van a calcular el número de luminarias que se deben instalar tanto en las cámaras frigoríficas y sala de elaboración, introduciremos también las luminarias necesarias en la sala de venta de productos que sean necesarios.

Para ello se tendrán en cuenta las longitudes de cada zona y las alturas de cada recinto.

Cámara de congelados (- 20 °C)

Longitud (L) = 5 m

Ancho (A) = 5 m

Altura (H) = 3 m

Factor de mantenimiento = 80 %

Factor de utilización = 71 %

Nivel iluminación exigido = 100 lux

Lámparas de (1200 lúmenes)

Reflexión del techo = 70 %

Reflexión de la pared = 50 %

$$K = [(0,2 \times 5) + (0,8 \times 5)] / 3 = \mathbf{1,67 \approx 2}$$

$$\Phi = (100 \times 5 \times 5) / (0,71 \times 0,80) = \mathbf{4.402 \text{ lúmenes}}$$

$$\text{Nº de luminarias} = 4.402 / 1200 = 3,67 = \mathbf{4}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Cámara de conservación (0 °C)

Longitud (L) = 10 m

Ancho (A) = 6 m

Altura (H) = 3 m

Factor de mantenimiento = 80 %

Factor de utilización = 71 %

Nivel iluminación exigido = 100 lux

Lámparas de (1200 lúmenes)

Reflexión del techo = 70 %

Reflexión de la pared = 50 %

$$K = [(0,2 \times 10) + (0,8 \times 6)] / 3 = 2,27 \approx 2$$

$$\Phi = (100 \times 10 \times 6) / (0,71 \times 0,80) = 10.564 \text{ lúmenes}$$

$$\text{Nº de luminarias} = 10.564 / 1200 = 8,8 = 9$$

Sala de Elaboración (+ 12 °C)

Longitud (L) = 16 m

Ancho (A) = 10 m

Altura (H) = 4 m

Factor de mantenimiento = 80 %

Factor de utilización = 71 %

Nivel iluminación exigido = 150 lux

Lámparas de (2400 lúmenes)

Reflexión del techo = 70 %

Reflexión de la pared = 50 %

$$K = [(0,2 \times 16) + (0,8 \times 10)] / 4 = 2,8 \approx 3$$

$$\Phi = (150 \times 16 \times 10) / (0,71 \times 0,80) = 42.254 \text{ lúmenes}$$

$$\text{Nº de luminarias} = 42.254 / 2400 = 3,67 = 18$$

El número total de luminarias entre todas las cámaras serán:

33

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

9.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS

9.1.- Cálculos de las líneas.

DEMANDAS DE POTENCIAS

Todos los cálculos que en esta partida se han realizado cumpliéndose el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión , según MIE BT 034 y MIE BT 032.

Para la intensidad:

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \text{Amperios}$$

Para caída de tensión:

$$e = \frac{L P_c}{\sigma S_i U} = \text{voltios}$$

De donde:

- P_c .- potencia de cálculo (voltios)
- U .- Tensión de servicio (voltios)
- $\cos \varphi$.- factor de potencia de la instalación (0,8 a 0,95)
- L .- longitud del cable (m)
- S_i .- Sección del cable (mm²)

A continuación vamos a exponer y detallar la demanda de potencias de fuerzas motriz y de alumbrado.

Alumbrado Cámara de – 20 °C	160 W
Alumbrado Cámara de 0° C	360 W
Alumbrado Sala Elaboración	1800 W
C.G. unid. Condensadora (-20° C)	5520 W
C.G. unid. Condensadora (0° C)	4048 W
C.G. unid. Condensadora (SALA)	3680 W
Evaporador Cámara – 20 °C	1050 W
Evaporador Cámara 0 °C	620 W
Evaporador Sala Elaboración	800 W

TOTAL **18.038 W**

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

9.1.1.- Cálculo de la ACOMETIDA

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 1000 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 50 m Cos φ = 0,8 ; Xu (m Ω / m) : 0
- Potencia a instalar : 18.038 W

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 15.718 + 2320 = 21.968 \text{ W} \quad (\text{Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 21968 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 39,64 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares 3 x 16 mm² de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

I_{adm} = 44 A I_N = 40

Protección : fusible o magnetotérmico 40 A , curva D

Caída de tensión:

$$e (\text{ calculo}) = (50 \times 18038) / (48 \times 16 \times 400) = 2,93 \text{ V} \rightarrow e = 0,73 \%$$

e (max permitido) = 2 % , por tanto se cumple la norma.

9.1.3.- Cálculo de la línea INDIVIDUAL (cámara – 20 ° C)

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 1000 V (Emp. Bajo tubo)
- Longitud : 5 m Cos φ = 0,8 ; Xu (m Ω / m) : 0
- Potencia a instalar : 6.730 W σ = 48 Ω / mm²

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 6.570 + 160 = 8.373 \text{ W} \quad (\text{Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 8.373 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 15,1 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares 3 x 4 mm² de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

I_{adm} = 24 A I_N = 20

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Caída de tensión:

$$e \text{ (calculo)} = (5 \times 8.373) / (48 \times 4 \times 400) = 0,54 \text{ V} \rightarrow e = 0,14 \%$$

e (max permitido) = 1 % , por tanto se cumple la norma.

9.1.3.1.- Línea compresor- unidad condensadora

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 2 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u \text{ (m}\Omega/\text{ m)} : 0$
- Potencia a instalar : 5.520 W $\sigma = 48 \Omega/\text{ mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 5.520 = 6.900 \text{ W} \quad (\text{ Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 6.900 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 12,44 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares 3 x 4 mm² de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$$I_{adm} = 24 \text{ A} \quad I_N = 20$$

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$$e \text{ (calculo)} = (2 \times 6.900) / (48 \times 4 \times 400) = 0,18 \text{ V} \rightarrow e = 0,04 \%$$

e (max permitido) = 1 % , por tanto se cumple la norma.

9.1.3.2.- Línea del Evaporador

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 10 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u \text{ (m}\Omega/\text{ m)} : 0$
- Potencia a instalar : 1.050 W $\sigma = 48 \Omega/\text{ mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 1.050 = 1.313 \text{ W} \quad (\text{ Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 1.313 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 2,36 \text{ A}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Solución adoptada:

Conductores Unipolares $3 \times 4 \text{ mm}^2$ de Cu
Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV
 $I_{\text{adm}} = 24 \text{ A}$ $I_N = 20$
Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$e (\text{ calculo}) = (10 \times 1.313) / (48 \times 4 \times 400) = 0,17 \text{ V} \rightarrow e = 0,04 \%$
 $e (\text{ max permitido}) = 1 \%$, por tanto se cumple la norma.

9.1.3.3 .- Alumbrado de la Cámara

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 15 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u (\text{ m}\Omega / \text{ m}) : 0$
- Potencia a instalar : 160 W $\sigma = 48 \Omega / \text{ mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$P_{\text{CT}} = 160 = 160 \text{ W}$ (Coef. de Simult: 1)

$I_c = 160 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 0,29 \text{ A}$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares $3 \times 4 \text{ mm}^2$ de Cu
Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV
 $I_{\text{adm}} = 24 \text{ A}$ $I_N = 13 \text{ A}$
Protección : fusible o magnetotérmico 13 A , curva D

Caída de tensión:

$e (\text{ calculo}) = (15 \times 160) / (48 \times 4 \times 400) = 0,03 \text{ V} \rightarrow e = 0,007 \%$
 $e (\text{ max permitido}) = 1 \%$, por tanto se cumple la norma.

9.1.4.- Cálculo de la Línea INDIVIDUAL (Cámara 0° C)

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 5 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u (\text{ m}\Omega / \text{ m}) : 0$
- Potencia a instalar : 5.028 W $\sigma = 48 \Omega / \text{ mm}^2$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 4.668 + 360 = 6.195 \text{ W} \quad (\text{Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 6.195 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 11,18 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares $3 \times 4 \text{ mm}^2$ de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$I_{adm} = 24 \text{ A}$ $I_N = 20$

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$$e (\text{ calculo}) = (5 \times 6.195) / (48 \times 4 \times 400) = 0,40 \text{ V} \rightarrow e = 0,10 \%$$

$e (\text{ max permitido}) = 1 \%$, por tanto se cumple la norma.

9.1.4.1.- Línea compresor- unidad condensadora

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 2 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u (\text{ m}\Omega / \text{ m}) : 0$
- Potencia a instalar : 4.048 W $\sigma = 48 \Omega / \text{ mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 4.048 = 5.060 \text{ W} \quad (\text{Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 5.060 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 9,13 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares $3 \times 4 \text{ mm}^2$ de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$I_{adm} = 24 \text{ A}$ $I_N = 20 \text{ A}$

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$$e (\text{ calculo}) = (2 \times 5.060) / (48 \times 4 \times 400) = 0,13 \text{ V} \rightarrow e = 0,03 \%$$

$e (\text{ max permitido}) = 1 \%$, por tanto se cumple la norma.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

9.1.4.2.- Línea del Evaporador

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 20 m $\cos \varphi = 0,8$; X_u (m Ω / m) : 0
- Potencia a instalar : 620 W $\sigma = 48 \Omega / \text{mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 620 = 775 \text{ W} \quad (\text{Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 775 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 1,39 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares 3 x 4 mm² de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$I_{adm} = 24 \text{ A}$ $I_N = 20 \text{ A}$

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$$e \text{ (calculo)} = (20 \times 775) / (48 \times 4 \times 400) = 0,20 \text{ V} \rightarrow e = 0,05 \%$$

e (max permitido) = 1 % , por tanto se cumple la norma.

9.1.4.3 .- Alumbrado de la Cámara

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 28 m $\cos \varphi = 0,8$; X_u (m Ω / m) : 0
- Potencia a instalar : 360 W $\sigma = 48 \Omega / \text{mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 360 = 360 \text{ W} \quad (\text{Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 360 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 0,65 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares 3 x 4 mm² de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$I_{adm} = 24 \text{ A}$ $I_N = 13 \text{ A}$

Protección : fusible o magnetotérmico 13 A , curva D

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Caída de tensión:

$$e \text{ (calculo)} = (28 \times 360) / (48 \times 4 \times 400) = 0,13 \text{ V} \rightarrow e = 0,03 \%$$
$$e \text{ (max permitido)} = 1 \%, \text{ por tanto se cumple la norma.}$$

9.1.5.- Cálculo de la línea INDIVIDUAL (Sala Elaboración)

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 5 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u \text{ (m}\Omega/\text{ m)} : 0$
- Potencia a instalar : 6280 W $\sigma = 48 \Omega/\text{ mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 4.480 + 1.800 = 7.400 \text{ W} \quad (\text{ Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 7.400 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 13,35 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares 3 x 4 mm² de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$I_{adm} = 24 \text{ A}$ $I_N = 20 \text{ A}$

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$$e \text{ (calculo)} = (5 \times 7.400) / (48 \times 4 \times 400) = 0,48 \text{ V} \rightarrow e = 0,12 \%$$
$$e \text{ (max permitido)} = 1 \%, \text{ por tanto se cumple la norma.}$$

9.1.5.1.- Línea compresor- unidad condensadora

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 2 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u \text{ (m}\Omega/\text{ m)} : 0$
- Potencia a instalar : 5.520 W $\sigma = 48 \Omega/\text{ mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1,25 \times 5.520 = 6.900 \text{ W} \quad (\text{ Coef. de Simult: } 1)$$

$$I_c = 6.900 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 12,45 \text{ A}$$

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Solución adoptada:

Conductores Unipolares $3 \times 4 \text{ mm}^2$ de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$I_{adm} = 24 \text{ A}$ $I_N = 20 \text{ A}$

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$e (\text{ calculo}) = (2 \times 6.900) / (48 \times 4 \times 400) = 0,18 \text{ V} \rightarrow e = 0,04 \%$

$e (\text{ max permitido}) = 1 \%$, por tanto se cumple la norma.

9.1.5.2.- Línea del Evaporador

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 20 m $\cos \varphi = 0,8$; $X_u (\text{ m}\Omega / \text{ m}) : 0$
- Potencia a instalar : 800 W $\sigma = 48 \Omega / \text{ mm}^2$

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$P_{CT} = 1,25 \times 800 = 1.000 \text{ W}$ (Coef. de Simult: 1)

$I_c = 1.000 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 1,80 \text{ A}$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares $3 \times 4 \text{ mm}^2$ de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

$I_{adm} = 24 \text{ A}$ $I_N = 20 \text{ A}$

Protección : fusible o magnetotérmico 20 A , curva D

Caída de tensión:

$e (\text{ calculo}) = (20 \times 1.000) / (48 \times 4 \times 400) = 0,26 \text{ V} \rightarrow e = 0,06 \%$

$e (\text{ max permitido}) = 1 \%$, por tanto se cumple la norma.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

9.1.5.3 .- Alumbrado de la Sala Elaboración

- Tensión de servicio (U) : 380 - 400 V
- Nivel de aislamiento : 750 V (Ent. Bajo tubo)
- Longitud : 40,5 m Cos φ = 0,8 ; Xu (m Ω / m) : 0
- Potencia a instalar : 1800 W σ = 48 Ω / mm²

Potencia de cálculo: (Según R.D 842/ 2.002 , ITC (BT 01 a BT 51)

$$P_{CT} = 1800 = 1800 \text{ W} \quad (\text{Coef. de Simult: 1})$$

$$I_c = 1800 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0,8) = 3,25 \text{ A}$$

Solución adoptada:

Conductores Unipolares 3 x 4 mm² de Cu

Designación: U.N.E. RV 0,6/ 1 KV

I_{adm} = 24 A I_N = 13 A

Protección : fusible o magnetotérmico 13 A , curva D

Caída de tensión:

$$e (\text{ calculo}) = (40,5 \times 1800) / (48 \times 4 \times 400) = 0,95 \text{ V} \rightarrow e = 0,24 \%$$

e (max permitido) = 1 % , por tanto se cumple la norma.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

9.10.- Cuadro resumen

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	L (m)	Sección mm ²	I.calc. (A)	I.Adm. (A)	e (%)
ACOMETIDA	21.968	50	16	39	44	0,73
REPARTIDORA	21968	50	10	30	44	0,69
DERIVACION IND.	21968	50	10	32	44	0,71
CAMARA (-20 °C)	8.373	5	4	15	24	0,14
CAMARA (0° C)	5.028	5	4	12	24	0,40
SALA ELAB.	6.280	5	4	14	24	0,12
ALUMBRADO	2.320	40	4	5	24	0,30

Subcuadro CG. Cámara de (– 20)

Denominación	P.Cálculo (W)	L (m)	Sección mm ²	I.calc. (A)	I.Adm. (A)	e (%)
Compresor und/cond	6.900	2	4	13	24	0,04
Evaporador	1.050	10	4	3	24	0,04

Subcuadro C.G. Cámara de (0° C)

Denominación	P.Cálculo (W)	L (m)	Sección mm ²	I.calc. (A)	I.Adm. (A)	e (%)
Compresor und/cond	5.060	2	4	9	24	0,03
Evaporador	620	20	4	2	24	0,05

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Subcuadro C.G. Sala de Elaboración

Denominación	P.Cálculo (W)	L (m)	Sección mm ²	I.calc. (A)	I.Admi. (A)	e (%)
Compresor und/cond	4.300	2	4	13	24	0,04
Evaporador	800	20	4	1,4	24	0,05

9.11.- CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es de 300 ohmios x metro.
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo	35 mm ²
M. conductor de Acero galvanizado	95 mm ²

Picas verticales de Cobre	14 mm
de Acero recubierto Cu	14 mm
de Acero galvanizado	25 mm
(2 m de largo)	

Según exigencia de la Delegación de Fomento e Industria de Andalucía:

Valor máximo de puesta a tierra de 18 Ω .

Resistencia de una pica = $\rho / L = 300 / 2 = 150$.

$$\text{Picas de tierra} = \frac{\text{Resistencia de una pica}}{\text{Nº de picas}} = \frac{150}{9} = 16,7 \Omega.$$

Picas en paralelo separadas 2 metros entre sí.

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 16,7 ohmios.

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Los conductores de proyección, se calcularon adecuadamente y según la MIE-BT 017 , tabla V, en el apartado de cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 35 mm² en Cu.

10.- CÁLCULO FRIGORÍFICOS MEDIANTE PROGRAMAS INFORMÁTICOS

Con este punto concluye la memoria de cálculo de este proyecto, y para completar el estudio, se ha realizado unos cálculos mediante programas informáticos específicos para ello.

Se utilizarán 4 programas diferentes para el cálculo de la carga frigorífica , elección del compresor – unidad condensadora, evaporador, tuberías y demás accesorios.

1.- CÁMARA DE CONGELADOS

1.1.-CARGAS FRIGORÍFICAS:

EQUIPOS FRIGORÍFICOS COMPACTOS, S.A.

INFORME DEL BALANCE TÉRMICO EFCTERM-2002

Cliente: CAMARA DE -20 °C

CÁMARA

	Tipo de cámara: CÁMARA DE CONGELADOS		
Dimensiones	Largo (m): 5	Ancho (m): 5	Alto (m): 3
	Volumen (m³): 75,0	Superficie (m²): 110,0	
Aislamiento	Tipo de aislamiento: Poliuretano 40Espesor (mm): 150		
Condiciones Cámara	Temperatura (°C): -20		
Condiciones Exterior	Temperatura (°C): 35		H.R. (%): 65
Renovaciones	Apertura de puertas: Normal		
Ocupación	Nº personas: 2		Horas permanencia: 6
Iluminación	Potencia Total lámparas (W): 300		
Motores eléctricos	Potencia Total motores eléctricos (W): 0		

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

PRODUCTO

	Tipo de Producto: V. Medio Carnes
Condiciones	Temperatura de entrada (°C): -5
Almacenamiento	Movimiento diario (Kg/día): 600
Embalaje	Tipo embalaje: Plástico
	Peso Total embalaje (Kg): 50
	Horas funcionamiento diarias: 16

CARGAS TÉRMICAS

Producto	Enfriamiento producto (W): 255
	Enfriamiento embalaje (W): 22
	Calor de respiración (W): 0
	Enfriamiento producto hasta congelación (W): 0
	Congelación producto (W): 0
	Enfriamiento producto después congelación (W): 0
	Total Producto (W): 277
Cámara	Pérdidas por transmisión (W): 1407
	Pérdidas por renovaciones de aire (W): 1719
	Pérdidas por ocupación de personal (W): 293
	Pérdidas por iluminación de la cámara (W): 450
	Pérdidas por motores eléctricos (W): 0
	Pérdidas por ventiladores (W): 1050
	Total Cámara (W): 4919
Seguridad	Coeficiente de seguridad (%): 3

POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA (W): 5.351

POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA (kcal/h): 4.602

1.2.-UNIDAD CONDENSADORA – COMPRESOR:

BITZER-Software Versión 4.2.1

(c) 2005, BITZER, Germany. Todos los datos son susceptibles de cambio

Cámara de congelados (- 20 ° C)

Selección del Compresor: Unidades condensadoras

Valores de entrada:

Potencia frigorífica 5,3kW

Serie Estándar

Refrigerante R404A

Temperatura de referencia Temp. en el punto de rocío

Temp. de evaporación -20°C

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Temperatura ambiente 35°C
Temperatura de gas aspirado 20°C

Alimentación eléctrica 400V-3-50Hz
Recalentamiento útil 100%
Regulador de capacidad 100%

Resultado:

Unidad modelo	LH64/ 2CC-3.2Y-40S
Potencia frigorífica	5.34 kW
Potencia en el evap.	5.34 kW
Potencia absorbida*	3.09 kW
Corriente (400V)	5.77 A
Gama de tensiones	380-420V
Caudal másico	150.2 kg/h
Temp. de condensación	44.6 °C
Subenfriamiento del líquido	3.00 K
Modo de funcionamiento	Standard

DATOS TECNICOS:

Datos técnicos:	LH64/2CC-3.2Y-40S
Peso	129 kg
Anchura total	1000 mm
Profundidad total	672 mm
Altura total	687 mm
Conexión línea aspiración	22 mm - 7/8"
Conexión línea líquido	12 mm - 1/2"
Ventilador: Cantidad	1
Tensión (otro bajo demanda)	230V-1-50Hz (Standard)
Corriente / capacidad de cada ventilador	1,41 A / 301 W
Flujo volumétrico de aire del condensador	50Hz 3884 m³/h
Tensión (otro bajo demanda)	230V-1-60Hz (Standard)
Corriente / capacidad de cada ventilador	1,97 A / 451 W
Flujo volumétrico de aire del condensador	50Hz 4401 m³/h
Fans: elect. Speed control	Option
Coil Volume	5,3 dm³
Recipiente colector (standard)	FS076
<u>Máx. carga refrigerante 90% a 20°C</u>	
R22	8,5 kg
R134a	8,6 kg
R407C	8,1 kg
R404A/R507A	7,5 kg
Recipiente colector (opción)	FS125
R22	14,2 kg
R134a	14,3 kg

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

R407C	13,6 kg
R404A/R507A	12,5 kg

Separador de aceite	Option
Retención incorporada	Option
Conmutador de alta y baja presión	Option
Accesorios	Option
Caja protectora contra los agentes meteorológicas	Option

1.3.-EVAPORADOR:

VER FINAL DE LA MEMORIA DE CÁLCULO

2.- CÁMARA DE CONSERVACIÓN

2.1.-CARGA FRIGORÍFICA

EQUIPOS FRIGORÍFICOS COMPACTOS, S.A.

INFORME DEL BALANCE TÉRMICO EFCTERM-2002

Cliente: **CÁMARA DE 0 °C**

CÁMARA

	Tipo de cámara: CÁMARA DE CONSERVACIÓN		
Dimensiones	Largo (m): 10	Ancho (m): 6	Alto (m): 3
	Volumen (m³): 180,0	Superficie (m²): 216,0	
Aislamiento	Tipo de aislamiento: Poliuretano 40Espesor (mm): 100		
Condiciones Cámara	Temperatura (°C): 0		
Condiciones Exterior	Temperatura (°C): 35	H.R. (%): 65	
Renovaciones	Apertura de puertas: Normal		
Ocupación	Nº personas: 2	Horas permanencia: 2	
Iluminación	Potencia Total lámparas (W): 720		
Motores eléctricos	Potencia Total motores eléctricos (W): 0		

PRODUCTO

<i>Condiciones</i>	Tipo de Producto: V. Medio Frutas	
	Temperatura de entrada (°C): 5	
<i>Almacenamiento</i>	Movimiento diario (Kg/día): 800	
<i>Embalaje</i>	Tipo embalaje: Madera	Peso Total embalaje (Kg): 148
Horas funcionamiento diarias: 18		

CARGAS TÉRMICAS

<i>Producto</i>	Enfriamiento producto (W): 224
	Enfriamiento embalaje (W): 29

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Calor de respiración (W): 1163

Enfriamiento producto hasta congelación (W): 0

Congelación producto (W): 0

Enfriamiento producto después congelación (W): 0

Total Producto (W): 1416

Cámara

Pérdidas por transmisión (W): 2344

Pérdidas por renovaciones de aire (W): 2279

Pérdidas por ocupación de personal (W): 62

Pérdidas por iluminación de la cámara (W): 960

Pérdidas por motores eléctricos (W): 0

Pérdidas por ventiladores (W): 1050

Total Cámara (W): 6695

Seguridad

Coeficiente de seguridad (%): 3

POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA (W): 8.355

POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA (kcal/h): 7.185

2.2.- UNIDAD CONDENSADORA – COMPRESOR

BITZER-Software Version 4.2.1

(c) 2005, BITZER, Germany. Todos los datos son susceptibles de cambio

Cámara de 0 ° C

Selección del Compresor: Unidades condensadoras

Valores de entrada:

Potencia frigorífica	8,5kW
Serie	Estándar
Refrigerante	R404A
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	0°C
Temperatura ambiente	35°C
Temperatura de gas aspirado	20°C
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Recalentamiento útil	100%
Regulador de capacidad	100%

Resultado:

Unidad modelo	LH64/ 2DC-3.2Y-40S
Potencia frigorífica	9.01 kW
Potencia en el evap.	9.01 kW
Potencia absorbida*	3.78 kW

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Corriente (400V)	6.74 A
Gama de tensiones	380-420V

Caudal másico	284 kg/h
Temp. de condensación	49.5 °C
Subenfriamiento del líquido	3.00 K
Modo de funcionamiento	Standard

DATOS TÉCNICOS:

Datos técnicos:	LH64/2DC-3.2Y-40S
Peso	130 kg
Anchura total	1000 mm
Profundidad total	672 mm
Altura total	687 mm
Conexión línea aspiración	22 mm - 7/8"
Conexión línea líquido	12 mm - 1/2"
Ventilador: Cantidad	1
Tensión (otro bajo demanda)	230V-1-50Hz (Standard)
Corriente / capacidad de cada ventilador	1,41 A / 301 W
Flujo volumétrico de aire del condensador	50Hz 3884 m³/h
Tensión (otro bajo demanda)	230V-1-60Hz (Standard)
Corriente / capacidad de cada ventilador	1,97 A / 451 W
Flujo volumétrico de aire del condensador	50Hz 4401 m³/h
Fans: elect. Speed control	Option
Coil Volume	5,3 dm³
Recipiente colector (standard)	FS076
Máx. carga refrigerante 90% a 20°C	
R22	8,5 kg
R134a	8,6 kg
R407C	8,1 kg
R404A/R507A	7,5 kg
Recipiente colector (opción) FS125	
R22	14,2 kg
R134a	14,3 kg
R407C	13,6 kg
R404A/R507A	12,5 kg
Separador de aceite	Option
Retención incorporada	Option
Conmutador de alta y baja presión	Option
Accesorios	Option
Caja protectora contra los agentes meteorológicas	Option

2.3.- EVAPORADOR:

VER FINAL DE MEMORIA DE CÁLCULO

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

3.- SALA DE ELABORACIÓN

3.1.- CARGA FRIGORÍFICA

EQUIPOS FRIGORÍFICOS COMPACTOS, S.A.

INFORME DEL BALANCE TÉRMICO EFCTERM-2002

Cliente: SALA DE ELABORACIÓN

CÁMARA

	Tipo de cámara: CÁMARA DE CONSERVACIÓN		
Dimensiones	Largo (m): 16	Ancho (m): 10	Alto (m): 3
	Volumen (m³): 480,0		Superficie (m²): 476,0
Aislamiento	Tipo de aislamiento: Poliuretano 40Espesor (mm): 80		
Condiciones Cámara	Temperatura (°C): 7		
Condiciones Exterior	Temperatura (°C): 35	H.R. (%): 65	
Renovaciones	Apertura de puertas: Normal		
Ocupación	Nº personas: 10	Horas permanencia: 16	
Iluminación	Potencia Total lámparas (W): 4320		
Motores eléctricos	Potencia Total motores eléctricos (W): 0		

PRODUCTO

	Tipo de Producto: V. Medio Carnes	
Condiciones	Temperatura de entrada (°C): 15	
Almacenamiento	Movimiento diario (Kg/día): 500	
Embalaje	Tipo embalaje: Sin embalaje	Peso Total embalaje (Kg): 0
Horas funcionamiento diarias: 18		

CARGAS TÉRMICAS

Producto	Enfriamiento producto (W): 176
	Enfriamiento embalaje (W): 0
	Calor de respiración (W): 0
	Enfriamiento producto hasta congelación (W): 0
	Congelación producto (W): 0
	Enfriamiento producto después congelación (W): 0
	Total Producto (W): 176
Cámara	Pérdidas por transmisión (W): 5166
	Pérdidas por renovaciones de aire (W): 3178
	Pérdidas por ocupación de personal (W): 2044
	Pérdidas por iluminación de la cámara (W): 3840
	Pérdidas por motores eléctricos (W): 0
	Pérdidas por ventiladores (W): 1600
	Total Cámara (W): 15828

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

Seguridad

Coeficiente de seguridad (%): 3

POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA (W): 16.484
POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA (kcal/h): 14.176

3.2.- UNIDAD CONDENSADORA – COMPRESOR

BITZER-Software Version 4.2.1

(c) 2005, BITZER, Germany. Todos los datos son susceptibles de cambio

Sala de Elaboración

Selección del Compresor: Unidades condensadoras
Valores de entrada:

Potencia frigorífica 16,5kW

Serie Estándar

Refrigerante R404A

Temperatura de referencia Temp. en el punto de rocío

Temp. de evaporación 7°C

Temperatura ambiente 35°C

Temperatura de gas aspirado 20°C

Alimentación eléctrica 400V-3-50Hz

Recalentamiento útil 100%

Regulador de capacidad 100%

Resultado:

Unidad modelo	LH104/ 4DC-7.2Y-40S
Potencia frigorífica	21.2 kW
Potencia en el evap.	21.2 kW
Potencia absorbida*	8.38 kW
Corriente (400V)	14.91 A
Gama de tensiones	380-420V
Caudal másico	742 kg/h
Temp. de condensación	54.1 °C
Subenfriamiento del líquido	3.00 K
condiciones de funcionamiento	Standard

INSTALACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria de Cálculo

DATOS TÉCNICOS:

Datos técnicos:	LH104/4DC-7.2Y-40S
Peso	200 kg
Anchura total	1140 mm
Profundidad total	920 mm
Altura total	723 mm
Conexión línea aspiración	28 mm - 1 1/8"
Conexión línea líquido	16 mm - 5/8"
Ventilador: Cantidad	2
Tensión (otro bajo demanda)	230V-1-50Hz (Standard)
Corriente / capacidad de cada ventilador	1,47 A / 316 W
Flujo volumétrico de aire del condensador	50Hz 7248 m³/h
Tensión (otro bajo demanda)	230V-1-60Hz (Standard)
Corriente / capacidad de cada ventilador	2,04 A / 469 W
Flujo volumétrico de aire del condensador	50Hz 8212 m³/h
Fans: elect. Speed control	Option
Coil Volume	9,0 dm³
Recipiente colector (standard)	F152H
Máx. carga refrigerante 90% a 20°C	
R22	16,3 kg
R134a	16,6 kg
R407C	15,6 kg
R404A/R507A	14,4 kg
Recipiente colector (opción) F302H	
R22	32,7 kg
R134a	33,1 kg
R407C	31,3 kg
R404A/R507A	28,8 kg
Separador de aceite	Option
Retención incorporada	Option
Conmutador de alta y baja presión	Option
Accesorios	Option
Caja protectora contra los agentes meteorológicas	Option

3.3.- EVAPORADOR

VER FINAL MEMORIA DE CÁLCULO