

ANEXO B – INGENIERÍA DE LAS INSTALACIONES

Índice

Subanexo 1 – Ingeniería del frío	1
1.1 Instalación de frío en cámara de salado	2
1.2 Instalación de frío en cámara de secado	9
1.3 Instalación de frío en cámara de maduración	13
Subanexo 2 – Saneamiento	21
2.1 Diseño y dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales	21
2.2 Diseño y dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales...	24
Subanexo 3 – Electricidad.....	29
3.1 Descripción de la instalación	29
3.2 Previsión de carga	33
3.3 Cálculo de líneas	34
3.4 Cálculo de puesta a tierra	50
Subanexo 4 – Instalación fotovoltaica	53
Subanexo 5 – Fontanería	59
Subanexo 6 – Calefacción.....	67
6.1 Necesidades de climatización del edificio	67
6.2 Necesidades de agua caliente sanitaria (ACS).....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1B - Resistencias térmicas superficiales de cerramientos / Fuente: MFOM, 2015	3
Ilustración 2B - Materiales contenedor (conductividades térmicas y espesores) / Fuente: Duarte.....	4
Ilustración 3B - Resumen pérdidas a través de cerramientos	5
Ilustración 4B - Diagrama de Carrier a 750 m sobre el nivel del mar.....	5
Ilustración 5B - Clasificación del metabolismo según la actividad / Fuente: Nogareda y Luna, 1995.....	7
Ilustración 6B - Resumen pérdidas de calor en la cámara de salado	9
Ilustración 7B - Resumen pérdidas a través de cerramientos	10
Ilustración 8B - Resumen pérdidas de calor en la cámara de secado	13
Ilustración 9B - Resumen pérdidas a través paredes y cerramientos.....	14
Ilustración 10B - Resumen pérdidas en la cámara de maduración.....	17
Ilustración 11B - Necesidades de refrigeración de la mini quesería	17
Ilustración 12B - Resumen de equipos de frío que se utilizará en cada sala.....	17
Ilustración 13B - Equipo de frío, cámara de salado / Fuente: Contacto con el fabricante, INTARCON.....	18
Ilustración 14B - Equipo de frío, cámara de secado / Fuente: Contacto con el fabricante, INTARCON.....	18
Ilustración 15B - Equipo de frío, cámara de maduración / Fuente: Contacto con el fabricante, INTARCON	19
Ilustración 16B - Nº de sumideros en función de la superficie de cubierta / Fuente: MITMA, 2022	21
Ilustración 17B - Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas / Fuente: MITMA, 2022 ...	22
Ilustración 18B - Diámetros de canalón / Fuente: MITMA, 2022	23
Ilustración 19B - Diámetros de las bajantes Fuente: MITMA, 2022	23
Ilustración 20B - Diámetros de los colectores / Fuente: MITMA, 2022	24
Ilustración 21B - Dimensiones de las arquetas en función del diámetro del colector de salida / Fuente: MITMA, 2022	24
Ilustración 22B - Unidades de desagüe en función del aparato sanitario / Fuente: MITMA, 2022	25
Ilustración 23B - Diámetros de ramales colectores / Fuente: MITMA, 2022	25
Ilustración 24B - Diámetro de los colectores horizontales / Fuente: MITMA, 2022	26
Ilustración 25B – Depuradora / Fuente: Contacto directo con el fabricante, EUROPLAST	27
Ilustración 26B - Esquema unifilar cuadro general / Fuente: Elaboración propia.....	31
Ilustración 27B - Plano de iluminación / Fuente: Elaboración propia.....	32
Ilustración 28B - Resumen de circuitos de la instalación de electricidad	34
Ilustración 29B - Intensidades máx. admisibles en instalaciones interiores, Cu (40°C) / Fuente: BOE, 2022	35

Ilustración 30B - Derivación individual	40
Ilustración 31B - Iluminación contenedor 1	41
Ilustración 32B - Iluminación contenedor 2	41
Ilustración 33B - Iluminación contenedor 3	42
Ilustración 34B - Compresor	42
Ilustración 35B - Toma de corriente	43
Ilustración 36B - Bomba depuradora.....	43
Ilustración 37B - Equipo de frío cámara de secado.....	44
Ilustración 38B - Equipo de frío sala maduración	44
Ilustración 39B - Equipo de frío sala de salado	45
Ilustración 40B - Bomba lobular	45
Ilustración 41B - Toma de corriente	46
Ilustración 42B - Bomba ACS	46
Ilustración 43B - Cuba de cuajada	47
Ilustración 44B - Tanque de enfriamiento.....	48
Ilustración 45B - Equipo ACS.....	48
Ilustración 46B - Bomba centrífuga.....	49
Ilustración 47B - Resumen de las características de todas las líneas del cuadro.....	49
Ilustración 48B - Resistividad en función del terreno / Fuente: BOE, 2022.....	51
Ilustración 49B - Plano de conexionado solar fotovoltaico / Fuente: Elaboración propia	54
Ilustración 50B - Resumen de las necesidades de la instalación fotovoltaica	55
Ilustración 51B - Especificaciones eléctricas / Fuente: Catálogo del fabricante.....	56
Ilustración 52B - Especificaciones mecánicas / Fuente: Catálogo del fabricante.....	56
Ilustración 53B - Dimensiones de las placas solares / Fuente: Catálogo del fabricante	56
Ilustración 54B - Sistema de alimentación fotovoltaico / Fuente: Hernández, 2003.....	57
Ilustración 55B - Esquemas de distribución / Fuente: Hernández, 2003	57
Ilustración 56B - Equipos necesarios instalación de fontanería.....	59
Ilustración 57B - Plano de fontanería / Fuente: Elaboración propia.....	59
Ilustración 58B - Caudal instantáneo según el tipo de aparato / Fuente: MITMA, 2022	60
Ilustración 59B - Caudales mínimos para la mini quesería.....	60
Ilustración 60B - Ábaco para el cálculo de tuberías de fontanería / Fuente: MITMA, 2022	61
Ilustración 61B - Resumen de la instalación de fontanería.....	62
Ilustración 62B - Equipo ACS / Fuente: Catálogo del fabricante, FRISTAR	62
Ilustración 63B - Esquema térmico equipo ACS / Fuente: Catálogo del fabricante, FRISTAR	63

Ilustración 64B - Especificaciones técnicas equipo ACS / Fuente: Catálogo del fabricante, FRISTAR.....	63
Ilustración 65B - Descalcificador con sal / Fuente: Catálogo del fabricante.....	64
Ilustración 66B - Intercambiador de Placas / Fuente: Contacto con el fabricante, Alfa Laval.....	68
Ilustración 67B - Características intercambiador de placas.....	68
Ilustración 68B - Resumen necesidades caloríficas de la instalación de calefacción ..	70
Ilustración 69B - Caldera BIOCOMBY / Fuente: Catálogo del fabricante, LASIAN.....	71

El presente anexo está compuesto por distintos subanexos, en cada uno de los cuales se detallan los cálculos y las decisiones tomadas respecto a las diferentes instalaciones del proyecto: ingeniería del frío, instalación de saneamiento, instalación de electricidad, instalación fotovoltaica, instalación de fontanería e instalación de calefacción.

Subanexo 1 – Ingeniería del frío

El subanexo 1 tiene como objetivo describir el diseño y el cálculo de la instalación de frío en las diferentes salas en las que se requiere unas ciertas condiciones de temperatura y humedad relativa.

Para la fabricación de queso en la mini quesería es necesario mantener unas condiciones de temperatura y humedad relativa tanto en la sala de secado como en la sala de maduración del queso. Además, se utilizará igualmente un equipo de frío para la cámara de salado, con el objetivo de mantener la temperatura de la cámara a la temperatura del baño de salmuera del saladero (de forma que se evita la necesidad de incorporar un equipo refrigerador en el interior del saladero). La instalación de frío tiene como objetivo el acondicionamiento de estas salas para el correcto desarrollo de las operaciones de salado, secado y maduración del queso.

Por ello, se necesita conocer las necesidades de refrigeración de cada una de las cámaras mediante el cálculo de las cargas térmicas y realizar la selección de los distintos equipos que mejor se adapten a las necesidades calculadas.

Para realizar el cálculo de cargas de refrigeración se consideran las condiciones exteriores más desfavorables (máxima temperatura y humedad coincidente) y las cargas internas máximas esperables razonables (no se puede esperar una iluminación máxima o una radiación solar máxima a través de los huecos. (Pinazo *et al.*, 2011). El cálculo de las cargas de refrigeración comprende las siguientes etapas:

- Cálculo del espesor del aislante
- Transmisión por paredes y cerramientos
- Pérdidas por renovación de aire
- Pérdidas por iluminación
- Calor liberado por las personas
- Refrigeración de los alimentos
- Calor disipado por los ventiladores del evaporador

Para realizar los cálculos de la instalación frigorífica, se necesitan conocer los siguientes datos:

- Temperatura del aire: 39 °C (temperatura media máxima en Castilla y León según Pinazo (2010).
- Humedad relativa: 50 %
- Refrigerante: R-134a

El refrigerante elegido es muy compatible con la mayoría de los materiales, tiene una baja toxicidad y una gran estabilidad térmica y química. Además, no daña la capa de ozono (Gómez, 2020).



Como se ha comentado en el capítulo 5 de la memoria, el aislamiento térmico de los contenedores se realizará con poliuretano, ya que posee notables ventajas frente a otros aislantes.

Los evaporadores se colocarán en el techo de los contenedores sobre cada una de las cámaras, lo que permite el mejor aprovechamiento del espacio en planta. Estos se deben tener en cuenta a la hora de realizar la instalación fotovoltaica, que se llevará a cabo también sobre la cubierta de los contenedores.

La metodología seguida para realizar el cálculo es la descrita en Pinazo *et al.* (2011), Gómez (2020), Miranda (2008) y ASHRAE (2001).

1.1 Instalación de frío en cámara de salado

El proceso de salado de los quesos requiere una temperatura de 14 °C de la disolución de salmuera del saladero (Hernández, 2003), y por tanto se mantendrá la sala de salado a esta temperatura para evitar la necesidad de un equipo de refrigeración del saladero, lo cual implicaría un sobre coste. El proceso de salado contribuye a la formación de la corteza, la conservación del producto y evita el crecimiento de microorganismos no deseados. Por otro lado, esta fase sirve también para aportar los primeros matices de sabor y aroma del queso. Los datos conocidos de la cámara de salado son:

- Superficie: 8,66 m²
- Capacidad máxima de queso: 229 kg
- Temperatura de la cámara: 14 °C
- Temperatura inicial del queso: 20 °C (temperatura a la que se encuentra el queso tras ser prensado y desmoldeado).
- Calor específico del queso: 2,10 KJ/kg · K (Gómez, 2020).

• Cálculo del espesor del aislante

Como se indicó previamente, el aislamiento térmico de los contenedores se realiza con poliuretano, debido a las ventajas que presenta frente a otros aislantes. El espesor del aislante se calcula mediante la ecuación 1.1:

$$e = K_1 \cdot \frac{\Delta T_1}{q} = 0.028 \cdot \frac{20-14}{8} = 0.021m \sim 3 \text{ cm} \quad \text{ec. (1.1)}$$

e es el espesor del aislamiento (m)

K_1 es la conductividad térmica del poliuretano (W/m·K)

ΔT_1 es el incremento de temperatura (°C)

q es calor total que atraviesa un cerramiento por unidad de tiempo (kcal/h). Para las cámaras de refrigeración este valor es de 8 kcal/h.

El espesor del aislante de la cámara de salado será de 3 cm.



- **Transmisión por paredes y cerramientos**

La ecuación 1.2 permite calcular el flujo de calor que atraviesa un muro cuyo espesor es muy pequeño en comparación con su longitud, considerando que a ambos lados de este las temperaturas son diferentes:

$$Q = K_2 \cdot S \cdot \Delta T_2 \quad ec. (1.2)$$

Donde:

Q es el flujo de calor (W)

K_2 es el coeficiente global de transmisión de calor de la pared (W/m²)

S es la superficie del cerramiento (m²)

ΔT_2 es la diferencia de temperaturas exterior e interior (°C)

El coeficiente global de transmisión se puede determinar según la siguiente expresión matemática (ecuación 1.3), en función de las características de cada cerramiento:

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{h} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h'}} \quad ec. (1.3)$$

Donde:

K_2 es el coeficiente global de transmisión térmica (W)

h, h' son los coeficientes de convección interior y exterior (m²·K/W). Su valor se determina a partir de la ilustración 1B.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m²·K/ W

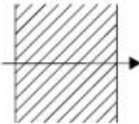

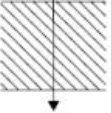
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Ilustración 1B - Resistencias térmicas superficiales de cerramientos / Fuente: MFOM, 2015

e_i son los espesores de las distintas capas del cerramiento (m)

λ_i son las conductividades térmicas respectivas (W/m·K)

➤ Solera

Debemos calcular en primer lugar el coeficiente de transmisión global del suelo, que está constituido por varias capas de material con conductividades térmicas y espesores diferentes como vemos en la ilustración 2B:

- Acero corten: $K = 39 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $e = 0,05\text{m}$
- PVC: $K = 0.17 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $e = 0.002\text{m}$
- MDF: $K = 0.3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $e = 0,01\text{m}$
- Poliuretano: $K = 0,028 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $e = 0,03\text{m}$

material	L thickness (mm)	k thermal conductivity ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	ρ density ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	c_p specific heat ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
corten steel [69]	5	39	7800	470
PVC-P [70]	2	0.17	1400	1400
MDF [71]	10	0.3	750	1700

Ilustración 2B - Materiales contenedor (conductividades térmicas y espesores) / Fuente: Duarte

Por lo que el coeficiente de transmisión global se calcula de la siguiente manera, aplicando la ecuación 1.3:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h'}} = \frac{1}{\frac{1}{0,17} + \frac{0,05}{39} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,01}{0,3} + \frac{0,03}{0,028} + \frac{1}{0,04}}$$

$$= 0,0312 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$$

Entonces, aplicando la ecuación 1.2, las pérdidas a través del suelo ascienden a $1,621 \text{ W}$. Siendo $Q = 0,031 \cdot 8,66 \cdot (20 - 14) = 1,621 \text{ W}$.

➤ Paredes

Al igual que en el caso anterior, debemos conocer el coeficiente de transmisión de cada pared, que resulta ser de $0,03 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Y, por consiguiente, se puede deducir las pérdidas producidas por cada pared:

- Pared 1=Pared 3: $Q_{p1} = 0,03 \cdot 9,878 \cdot (20 - 14) = 5,334 \text{ W}$
- Pared 2=Pared 4: $Q_{p2} = 0,03 \cdot 6,3 \cdot (20 - 14) = 1,134 \text{ W}$

El total de las pérdidas producidas por las paredes son: $12,936 \text{ W}$.

➤ Techo

El coeficiente de transmisión global se calcula de igual manera que los anteriores, y su valor es de $0,0277 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Por tanto, las pérdidas a través del techo son: $Q = 0,0277 \cdot 8,66 \cdot (20 - 14) = 1,44 \text{ W}$.



➤ Puertas

La cámara de salado cuenta con una puerta que sirve para el flujo de personal y de producto. Las pérdidas a través de las puertas son: $Q = 0,024 \cdot 0,3 \cdot (20 - 14) = 0,043 \text{ W}$.

En la ilustración 3B se recogen las diferentes pérdidas a través de paredes y cerramientos:

ELEMENTO	PÉRDIDAS (W)
Solera	1,6
Paredes	12,9
Techo	1,4
Puerta	0,04
TOTAL	16

Ilustración 3B - Resumen pérdidas a través de cerramientos

• **Pérdidas por renovación de aire**

Se considera la situación más desfavorable en la cual la sala de salado se abre 3 veces en un día. Teniendo en cuenta que la densidad del aire exterior es de $1,225 \text{ kg/m}^3$, se necesitan hallar las entalpías en el exterior (para $T=39^\circ\text{C}$ y $HR=50\%$) y en el interior (para $T=14^\circ\text{C}$ y $HR=75\%$). Para ello, hacemos uso del diagrama de Carrier (ilustración 4B).

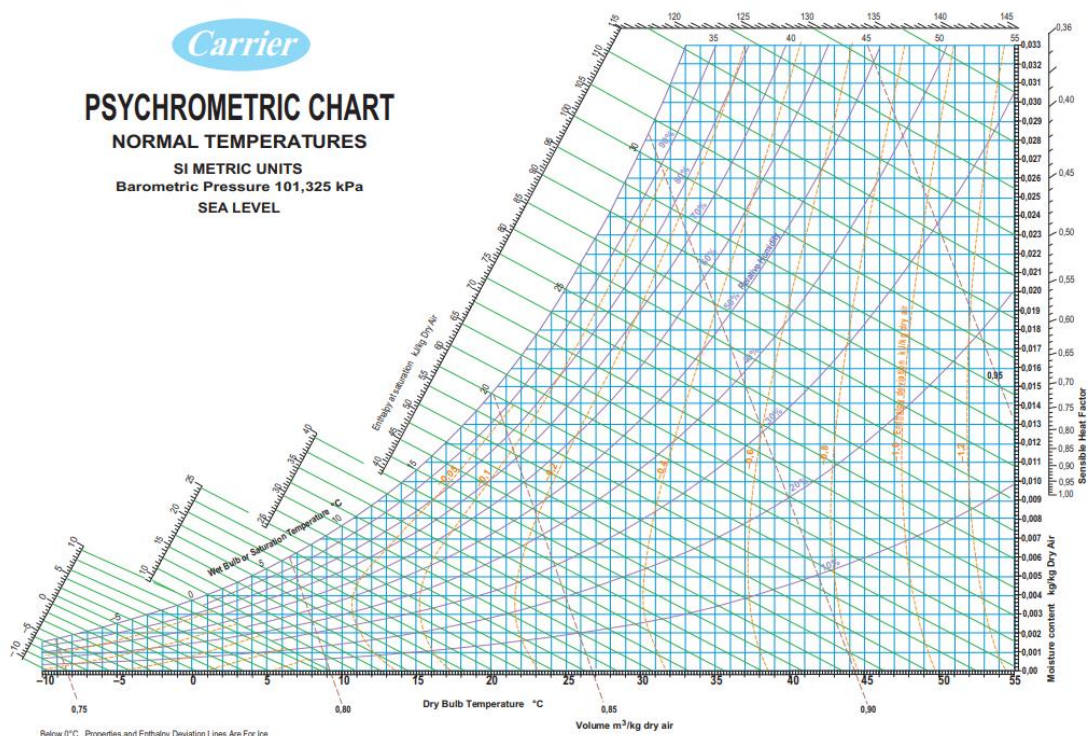


Ilustración 4B - Diagrama de Carrier a 750 m sobre el nivel del mar

A partir del diagrama anterior se obtiene: $h_{\text{exterior}} = 96,5 \text{ kJ/kg}$ y $h_{\text{interior}} = 33 \text{ kJ/kg}$.

El área de la cámara es de $8,66 \text{ m}^2$ y la altura de $2,68 \text{ m}$ por lo que el volumen de la cámara es de $23,21 \text{ m}^3$. Entonces podemos calcular las pérdidas por renovación de aire usando la ecuación 1.4:

$$Q_a = V \cdot \Delta h \cdot n_1 \cdot \frac{\rho}{86,4} = 23,21 \cdot 63,5 \cdot 3 \cdot \frac{1,225}{86,4} = 62,69 \text{ W} \quad \text{ec. (1.4)}$$

Donde:

Q_a : pérdidas por renovación de aire (W)

V es el volumen de la cámara (m^3)

Δh es la diferencia de entalpías interior y exterior (kJ/kg)

n_1 es el número crítico de veces que se abre la cámara

ρ es la densidad del aire exterior (kg/m^3)

Se divide entre 86,4 para obtener el calor perdido por renovación de aire en W.

- **Pérdidas por iluminación**

A la hora de calcular las necesidades frigoríficas de la cámara es necesario considerar el calor producido por las luminarias instaladas. Para cuantificar esta aportación calorífica se necesita saber el número de luminarias que se van a instalar, la potencia de estas, así como su tiempo de funcionamiento en h/día. Para ello, sería necesario el cálculo de la instalación eléctrica. Como el diseño de la instalación eléctrica se realiza posteriormente, se realiza una estimación de un total de 1 luminaria de 100 W que funcionará de media 3 h/día. Las pérdidas por iluminación se calculan mediante la ecuación 1.5:

$$Q_l = \frac{N \cdot P \cdot t_1 \cdot 1,3}{24} = \frac{1 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 1,3}{24} = 16,25 \text{ W} \quad \text{ec. (1.5)}$$

Donde:

Q_l : pérdidas por iluminación (W)

N es el número de luminarias

P es la potencia de cada fluorescente (W)

t_1 es el tiempo medio de funcionamiento (h/día)

1,3 corresponde al 30 % de aumento por la reactancia

- **Calor liberado por las personas**

Los operarios de la mini quesería son los que realizarán la entrada y salida de quesos. Estas personas liberarán calor, que deberá ser contrarrestado por el



equipo de refrigeración. La tasa metabólica de los operarios se puede deducir en función de la actividad, y para una persona que realiza una actividad media es equivalente a 165 W/m², como se observa en la ilustración 5B.

CLASE	W/m ²
Reposo	65
Metabolismo ligero	100
Metabolismo moderado	165
Metabolismo elevado	230
Metabolismo muy elevado	290

Ilustración 5B - Clasificación del metabolismo según la actividad / Fuente: Nogareda y Luna, 1995

Las pérdidas se calculan como se indica en la ecuación 1.6:

$$Q_p = \frac{n_2 \cdot g \cdot t_2}{24} = \frac{2 \cdot 165 \cdot 3}{24} = 41,25 \text{ W} \quad \text{ec. (1.6)}$$

Donde:

Q_p : calor liberado por las personas (W)

n_2 es el número máximo de personas en la cámara

g es la potencia calorífica de una persona para una actividad media (W/m²)

t_2 es el tiempo de permanencia de los operarios en la cámara (h/día), que coincide con el tiempo de funcionamiento medio de las luminarias

- **Refrigeración de los alimentos**

Es necesario extraer calor de los quesos que se introducen en la cámara, debido a que los quesos entran a una temperatura superior a la que se mantiene el interior de la cámara. Cada día entran en la cámara 229 kg de queso a 20 °C, cuya temperatura debe descender a 14 °C. Para cuantificar este calor de refrigeración vamos a utilizar la ecuación 1.7:

$$Q_r = \frac{m \cdot C_s \cdot \Delta T_3 \cdot 1,1}{86,4} = \frac{229 \cdot 2,10 \cdot (20 - 14) \cdot 1,1}{86,4} = 36,74 \text{ W} \quad \text{ec. (1.7)}$$

Donde:

Q_r : calor desprendido por la refrigeración de los alimentos (W)

m masa de queso que entra en la cámara de secado (kg/día)

C_s es el calor específico másico (kJ/kg)

ΔT_3 es la diferencia de temperatura entre los quesos a la entrada de la cámara y la cámara (°C)

1,1 es un coeficiente de seguridad

Se divide entre 86,4 para obtener el calor perdido por renovación de aire en W.

- **Calor disipado por los ventiladores del evaporador**

Debe tenerse en cuenta, que toda la potencia de los ventiladores del evaporador acaba transformándose en potencia calorífica, por lo cual, ha de contabilizarse a la hora de calcular las necesidades térmicas totales de la cámara.

Para conocer el calor desprendido por estos motores, primero es necesario conocer su potencia. Sin embargo, no se puede precisar un valor exacto ya que esta potencia es la que se desea calcular en última estancia. Ante esta situación, es posible estimar el calor desprendido por este equipo de dos maneras diferentes: en función del volumen de la cámara, o como un 10 % de todas las pérdidas previamente calculadas. Se elige la primera opción y se considera un flujo de calor desprendido de 11 kcal/m³ · día. Esto se debe a que, en la práctica, los valores de los volúmenes desprendidos por el ventilador en el caso de las cámaras están entre 10 kcal/m³ · día y 50 kcal/m³ · día (Gómez, 2020). Al tratarse de una cámara pequeña se decide elegir un flujo de 11 kcal/m³ · día.

Para hallar el calor disipado por los ventiladores del evaporador se emplea la ecuación 1.8:

$$Q_v = \frac{V \cdot Cd}{20,736} = \frac{23,21 \cdot 11}{20,376} = 12,53 \text{ W} \quad \text{ec. (1.8)}$$

Donde:

Q_v : calor disipado por los ventiladores del evaporador (W)

V es el volumen de la cámara (m³)

Cd es el calor por unidad de volumen (kcal/(día·m³))

- **Resumen pérdidas de calor sala de salado**

En la ilustración 6B se recoge el resumen de las pérdidas de calor calculadas en la cámara de salado.



OPERACIÓN	PÉRDIDAS (W)
Paredes y cerramientos	16
Renovación de aire	62,7
Iluminación	16,3
Calor liberado por personas	41,3
Refrigeración del queso	36,7
Calor liberado por evaporado	12,5
TOTAL	185,9

Ilustración 6B - Resumen pérdidas de calor en la cámara de salado

1.2 Instalación de frío en cámara de secado

El proceso de secado de los quesos requiere una temperatura de 12 °C y una humedad relativa del 70 % (Hernández, 2003). Estas condiciones son necesarias para que no se produzca un secado brusco que pueda agrietar los quesos. La duración de la etapa de secado es de 20 días. Los datos conocidos de dicha cámara son:

- Superficie: 13,46 m²
- Capacidad máxima de queso: 1374 kg (la capacidad máxima se calcula considerando la producción diaria, así como el tiempo que dura el proceso de secado).
- Temperatura de la cámara: 12 °C
- Temperatura inicial del queso: 14 °C
- Calor específico del queso: 2,10 KJ/kg · K (Gómez, 2020).

• Cálculo del espesor del aislante

Para calcular el espesor del aislante se utiliza la ecuación 1.1:

$$e = K_1 \cdot \frac{\Delta T_1}{q} = 0.028 \cdot \frac{20 - 12}{8} = 0.028m \sim 3cm$$

Donde:

e es el espesor del aislamiento (m)

K_1 es la conductividad térmica del poliuretano (W/m·K)

ΔT_1 es el incremento de temperatura (°C)

q es calor total que atraviesa un cerramiento por unidad de tiempo. Para las cámaras de refrigeración este valor es de 8 kcal/h.

• Transmisión por paredes y cerramientos

Se procede de la misma manera que en la sala de salado para calcular las pérdidas a través de cerramientos y paredes.

- Solera



El coeficiente de transmisión global del suelo, que está constituido por varias capas de material con conductividades térmicas y espesores diferentes, es de $0,0312 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

Entonces, aplicando la ecuación 1.2, las pérdidas a través del suelo ascienden a 3,36 W. Siendo $Q = 0,0312 \cdot 13,46 \cdot (20 - 12) = 3,36 \text{ W}$.

➤ Paredes

Al igual que en el caso anterior, debemos conocer el coeficiente de transmisión de cada pared, que resulta ser de $0,03 \text{ W}/\text{m}^\circ\text{C}$.

Y, por consiguiente, se puede deducir las pérdidas producidas por cada pared:

- Pared 1=Pared 3: $Q_{p1} = 0,03 \cdot 15,33 \cdot (20 - 12) = 3,68 \text{ W}$
- Pared 2=Pared 4: $Q_{p2} = 0,03 \cdot 6,3 \cdot (20 - 12) = 1,512 \text{ W}$

El total de las pérdidas producidas por las paredes son: 10,38 W.

➤ Techo

El coeficiente de transmisión global se calcula de igual manera que los anteriores, y su valor es de $0,0277 \text{ W}/\text{m}^\circ\text{C}$. Por tanto, las pérdidas a través del techo son: $Q = 0,0277 \cdot 13,46 \cdot (20 - 12) = 2,982 \text{ W}$.

➤ Puertas

La cámara de secado cuenta con dos puertas de entrada de personal y de producto. Las pérdidas a través de las puertas son: $Q = 0,024 \cdot 0,84 \cdot (20 - 12) = 0,16 \text{ W}$.

En la ilustración 7B se recogen las diferentes pérdidas a través de paredes y cerramientos:

ELEMENTO	PÉRDIDAS (W)
Solera	3,4
Paredes	10,4
Techo	3
Puerta	0,2
TOTAL	17

Ilustración 7B - Resumen pérdidas a través de cerramientos

• Pérdidas por renovación de aire

Se considera la situación más desfavorable en la cual la cámara de secado se abre 3 veces en un día. Teniendo en cuenta que la densidad del aire exterior es de $1,225 \text{ kg}/\text{m}^3$, se necesitan hallar las entalpías en el exterior (para $T=39^\circ\text{C}$ y $\text{HR}=50\%$) y en el interior (para $T=12^\circ\text{C}$ y $\text{HR}=70\%$). Para ello, hacemos uso del diagrama de Carrier (ilustración 4B) obteniendo: $h_{\text{exterior}} = 96,5 \text{ kJ}/\text{kg}$ y $h_{\text{interior}} = 27 \text{ kJ}/\text{kg}$.

El volumen de la cámara es de $36,07 \text{ m}^3$ (el área es de $13,46 \text{ m}^2$ y la altura de $2,68 \text{ m}$). Entonces podemos calcular las pérdidas por renovación de aire usando la ecuación 1.4:



$$Qa = V \cdot \Delta h \cdot n_1 \cdot \frac{\rho}{86,4} = 36,07 \cdot 69,5 \cdot 3 \cdot \frac{1,225}{86,4} = 106,63 \text{ W}$$

Donde:

Qa : pérdidas por renovación de aire (W)

V es el volumen de la cámara (m^3)

Δh es la diferencia de entalpías interior y exterior (kJ/kg)

n_1 es el número crítico de veces que se abre la cámara

ρ es la densidad del aire exterior (kg/m^3)

Se divide entre 86,4 para obtener el calor perdido por renovación de aire en W.

- **Pérdidas por iluminación**

Se estima un total de 2 luminarias de 100W que funcionará de media 3 h/día. El cálculo de las pérdidas por iluminación se realiza mediante la ecuación 1.5.

$$Ql = \frac{N \cdot P \cdot t_1 \cdot 1,3}{24} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 1,3}{24} = 32,5 \text{ W}$$

Donde:

Ql : pérdidas por iluminación (W)

N es el número de luminarias

P es la potencia de cada fluorescente (W)

t_1 es el tiempo medio de funcionamiento (h/día)

1,3 corresponde al 30 % de aumento por la reactancia

- **Calor liberado por las personas**

Utilizando la tabla de la ilustración 4, la tasa metabólica de los operarios será de 165 W/m^2 .

Las pérdidas se calculan mediante la ecuación 1.6:

$$Qp = \frac{n_2 \cdot g \cdot t_2}{24} = \frac{2 \cdot 165 \cdot 3}{24} = 41,25 \text{ W}$$

Donde:

Qp : calor liberado por las personas (W)

n_2 es el número máximo de personas en la cámara

g es la potencia calorífica de una persona para una actividad media (W/m^2)

t_2 es el tiempo de permanencia de los operarios en la cámara (h/día), que coincide con el tiempo de funcionamiento medio de las luminarias



- **Refrigeración de los alimentos**

Es necesario extraer calor de los quesos que se introducen en la cámara, debido a que los quesos entran a una temperatura superior a la que se mantiene el interior de la cámara. Cada día entran en la cámara 229 kg de queso a 14 °C, cuya temperatura debe descender a 12 °C. Para cuantificar este calor de refrigeración vamos a utilizar la ecuación 1.7:

$$Q_r = \frac{m \cdot C_s \cdot \Delta T_3 \cdot 1,1}{86,4} = \frac{229 \cdot 2,10 \cdot (14 - 12) \cdot 1,1}{86,4} = 12,25 \text{ W}$$

Donde:

Q_r : calor desprendido por la refrigeración de los alimentos (W)

m masa de queso que entra en la cámara de secado (kg/día)

C_s es el calor específico másico (kJ/kg)

ΔT_3 es la diferencia de temperatura entre los quesos a la entrada de la cámara y la cámara (°C)

1,1 es un coeficiente de seguridad

- **Calor disipado por los ventiladores del evaporador**

Al igual que en el caso de la sala de salado, se estima el calor desprendido por el equipo en función del volumen de esta. En este caso, el volumen de la cámara es de 36,07 m³. Por ello se considera que el calor desprendido por el equipo es de 11 kcal/m³ · día al tratarse de una cámara de refrigeración pequeña.

Se emplea la ecuación 1.8 para el cálculo del calor disipado por los ventiladores del evaporador:

$$Q_v = \frac{V \cdot Cd}{20,736} = \frac{36,07 \cdot 11}{20,376} = 19,472 \text{ W}$$

Donde:

Q_v : calor disipado por los ventiladores del evaporador (W)

V es el volumen de la cámara (m³)

Cd es el calor por unidad de volumen (kcal/(día·m³))

- **Resumen pérdidas de calor cámara de secado**

En la ilustración 8B se recoge el resumen de las pérdidas de calor calculadas en la cámara de secado.



OPERACIÓN	PÉRDIDAS (W)
Paredes y cerramientos	16,9
Renovación de aire	106,7
Iluminación	32,5
Calor liberado por personas	41,3
Refrigeración del queso	12,3
Calor liberado por evaporado	19,5
TOTAL	229

Ilustración 8B - Resumen pérdidas de calor en la cámara de secado

1.3 Instalación de frío en cámara de maduración

El proceso de maduración, y por tanto la cámara que lo alberga, requiere una temperatura de 10 °C y una humedad relativa del 86 % (Hernández, 2003). Estas condiciones son necesarias para el envejecimiento del queso y para que adquiera la curación deseada. La duración de la etapa de maduración es de 60 días. Los datos conocidos de dicha cámara son:

- Superficie: 28,27 m²
- Capacidad máxima de queso: 4122 kg (la capacidad máxima se calcula considerando la producción diaria, así como el tiempo que dura el proceso de maduración).
- Temperatura de la cámara: 10 °C
- Temperatura inicial del queso: 12 °C
- Calor específico del queso: 2,10 KJ/kg · K (Gómez, 2020).

Se procede de igual forma que con la cámara de secado, por lo que se omiten explicaciones detalladas de los cálculos para la sala de maduración.

- **Cálculo del espesor del aislante**

$$e = K_1 \cdot \frac{\Delta T_1}{q} = 0.028 \cdot \frac{12 - 10}{8} = 0.007m \sim 1 \text{ cm}$$

Donde:

e es el espesor del aislamiento (m)

K_1 es la conductividad térmica del poliuretano (W/m·K)

ΔT_1 es el incremento de temperatura (°C)

q es calor total que atraviesa un cerramiento por unidad de tiempo. De nuevo, al tratarse de una cámara de refrigeración este valor es de 8 kcal/h.

- **Transmisión por paredes y cerramientos**

- Solera

Procediendo de igual manera que en la cámara de secado, $K = 0,032 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Entonces, aplicando la ecuación, las pérdidas por el suelo ascienden a 1,81 W. Siendo $Q = 0,032 \cdot 28,27 \cdot (12 - 10) = 1,81 \text{ W}$.

- Paredes

Al igual que en los casos anteriores, debemos conocer el coeficiente de transmisión de cada pared, que resulta ser de $0,03 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Y, por consiguiente, se puede deducir las pérdidas producidas por cada pared:

- Pared 1 = Pared 3: $Q_{p1} = 0,03 \cdot 32,24 \cdot (12 - 10) = 1,95 \text{ W}$. Total = 3,9 W.
- Pared 2 = Pared 4: $Q_{p2} = 0,03 \cdot 6,3 \cdot (12 - 10) = 0,38 \text{ W}$. Total = 0,76 W.

El total de las pérdidas producidas por las paredes son: 4,66 W.

- Techo

El coeficiente de transmisión global es igual a $0,028 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Por tanto, las pérdidas a través del techo son: $Q = 0,028 \cdot 28,27 \cdot (12 - 10) = 1,58 \text{ W}$.

- Puertas

La cámara de maduración cuenta con una puerta de entrada de personal y de producto. Las pérdidas a través de la puerta son: $Q = 0,024 \cdot 0,48 \cdot (20 - 12) = 0,092 \text{ W}$.

En la ilustración 9B se recogen las diferentes pérdidas a través de paredes y cerramientos:

ELEMENTO	PÉRDIDAS (W)
Solera	1,88
Paredes	4,7
Techo	1,6
Puerta	0,09
TOTAL	8,1

Ilustración 9B - Resumen pérdidas a través paredes y cerramientos

- **Pérdidas por renovación de aire**

Se considera la situación más desfavorable en la cual la cámara de maduración se abre 3 veces en un día. Considerando la densidad del aire exterior como $1,225 \text{ kg/m}^3$, se necesitan hallar las entalpías en el exterior (para $T=39 \text{ °C}$ y $HR=50 \%$) y en el interior (para $T=10 \text{ °C}$ y $HR=86 \%$). Para ello, hacemos uso del diagrama de Carrier (ilustración 4B) obteniendo: $h_{\text{exterior}} = 96,5 \text{ kJ/kg}$ y $h_{\text{interior}} = 26 \text{ kJ/kg}$.

Sabiendo que el volumen de la cámara es de $75,764 \text{ m}^3$ (área de $28,27 \text{ m}^2$ y altura de $2,68 \text{ m}$) podemos calcular las pérdidas por renovación de aire:



$$Qa = V \cdot \Delta h \cdot n_1 \cdot \frac{\rho}{86,4} = 75,764 \cdot 70,5 \cdot 3 \cdot \frac{1,225}{86,4} = 227,192 \text{ W}$$

Donde:

Qa : pérdidas por renovación de aire (W)

V es el volumen de la cámara (m^3)

Δh es la diferencia de entalpías interior y exterior (kJ/kg)

n_1 es el número crítico de veces que se abre la cámara

ρ es la densidad del aire exterior (kg/m^3)

Se divide entre 86,4 para obtener el calor perdido por renovación de aire en W.

- **Pérdidas por iluminación**

En este caso, se considera un total de 5 luminarias de 100W que funcionarán de media 3 h/día.

$$Ql = \frac{N \cdot P \cdot t_1 \cdot 1,3}{24} = \frac{5 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 1,3}{24} = 81,25 \text{ W}$$

Donde:

Ql : pérdidas por iluminación (W)

N es el número de luminarias

P es la potencia de cada fluorescente (W)

t_1 es el tiempo medio de funcionamiento (h/día)

1,3 corresponde al 30 % de aumento por la reactancia

- **Calor liberado por las personas**

Al igual que en la sala de secado y salado, la tasa metabólica de los operarios se deduce de la tabla de la ilustración 9B, y al tratarse de una actividad de metabolismo moderado, la tasa metabólica de los operarios será igual a $165 \text{ W}/\text{m}^2$.

Las pérdidas se calculan como sigue:

$$Qp = \frac{n_2 \cdot g \cdot t_2}{24} = \frac{2 \cdot 165 \cdot 3}{24} = 41,25 \text{ W}$$

Donde:

Qp : calor liberado por las personas (W)

n_2 es el número máximo de personas en la cámara

g es la potencia calorífica de una persona para una actividad media (W/m^2)



t_2 es el tiempo de permanencia de los operarios en la cámara (h/día), que coincide con el tiempo de funcionamiento medio de las luminarias

- **Refrigeración de los alimentos**

Es necesario extraer calor de los quesos que se introducen en la cámara, debido a que los quesos entran a una temperatura superior a la que se mantiene en la cámara. Cada día entran en la cámara 229 kg de queso a 12 °C, cuya temperatura debe descender a 10 °C. Para cuantificar este calor de refrigeración vamos a utilizar la siguiente ecuación:

$$Q_r = \frac{m \cdot C_s \cdot \Delta T_3 \cdot 1,1}{86,4} = \frac{229 \cdot 2,10 \cdot (12 - 10) \cdot 1,1}{86,4} = 12,245 \text{ W}$$

Donde:

Q_r : calor desprendido por la refrigeración de los alimentos (W)

m masa de queso que entra en la cámara de secado (kg/día)

C_s es el calor específico másico (kJ/kg)

ΔT_3 es la diferencia de temperatura entre los quesos a la entrada de la cámara y la cámara (°C)

1,1 es un coeficiente de seguridad

- **Calor disipado por los ventiladores del evaporador**

Al igual que en el caso de la cámara de secado, se estima el calor desprendido por el equipo en función del volumen de esta. En este caso, el volumen de la cámara es de 75,76 m³. Por ello se considera que el calor desprendido por el equipo es de 22 kcal/m³ · día al ser el volumen de la cámara mayor que el de la cámara de salado y la cámara de secado.

Se emplea la siguiente ecuación para el cálculo del calor disipado por los ventiladores del evaporador:

$$Q_v = \frac{V \cdot Cd}{20,736} = \frac{75,764 \cdot 22}{20,376} = 81,80 \text{ W}$$

Donde:

Q_v : calor disipado por los ventiladores del evaporador (W)

V es el volumen de la cámara (m³)

Cd es el calor por unidad de volumen (kcal/(día·m³))

- **Resumen pérdidas de calor cámara de maduración**

En la ilustración 10B se recoge el resumen de las pérdidas de calor calculadas en la cámara de maduración.



OPERACIÓN	PÉRDIDAS (W)
Paredes y cerramientos	8,1
Renovación de aire	227,2
Iluminación	81,3
Calor liberado por personas	41,3
Refrigeración del queso	12,2
Calor liberado por evaporado	81,8
TOTAL	451,89

Ilustración 10B - Resumen pérdidas en la cámara de maduración

En la ilustración 11B se muestran los resultados de las necesidades de refrigeración de todas las salas:

Sala	Necesidades (W)
Salado	185,9
Secado	229
Maduración	451,9
TOTAL	866,7

Ilustración 11B - Necesidades de refrigeración de la mini quesería

En función de las necesidades de refrigeración se realiza un estudio de los proveedores existentes en el mercado para elegir la mejor opción en cuanto a especificaciones técnicas (que se correspondan con las necesidades) y precio. Los equipos de refrigeración elegidos (ilustración 12B) son de la marca INTARCON. Tras contactar con el fabricante, se decide que los equipos más apropiados y que por tanto se deben instalar son los de la mencionan en la ilustración 12B.

Sala	Equipo
Salado	Intartop NCR-NY-1015
Secado	Intartop NCR-NY-1033
Maduración	Intartop NCR-NY-2053

Ilustración 12B - Resumen de equipos de frío que se utilizará en cada sala

En las ilustraciones 13B, 14B y 15B se muestran imágenes de los equipos elegidos, así como sus especificaciones técnicas:

1 intartop MCR-NY-1015

- OPT. CT

Equipo compacto monoblock de techo para refrigeración a media temperatura con condensadora horizontal axial equipada con cuadro eléctrico y regulación electrónica, marca INTARCON, modelo MCR-NY-1015, con las siguientes características:

- Desescarche por gas caliente.
- Refrigerante: R134a.
- Alimentación: 230V ~ 50Hz.
- Compresor hermético alternativo de 1/2 CV.
- Potencia frigorífica (T cámara: 0°C / T exterior: 35°C): 999 W.
- Potencia absorbida nominal: 580 W.
- Caudal de condensación: 575 m3/h.
- Caudal de evaporación: 600 m3/h.
- Nivel de presión sonora 10m: 32 dB(A).
- Dimensiones: 850x665x574 mm.
- Peso: 73 kg.
- Mecanismo de protección frente a fluctuaciones de tensión integrado en la unidad.

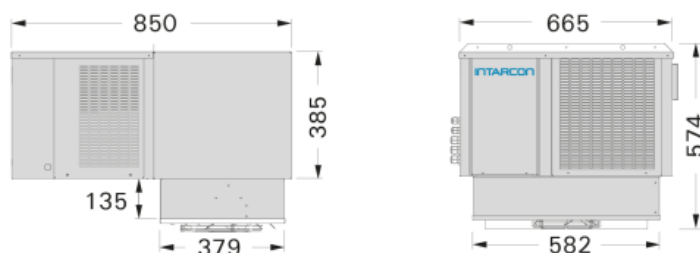


Ilustración 13B - Equipo de frío, cámara de salado / Fuente: Contacto con el fabricante, INTARCON

2 intartop MCR-NY-1033

- OPT. CT

Equipo compacto monoblock de techo para refrigeración a media temperatura con condensadora horizontal axial equipada con cuadro eléctrico y regulación electrónica, marca INTARCON, modelo MCR-NY-1033, con las siguientes características:

- Desescarche por gas caliente.
- Refrigerante: R134a.
- Alimentación: 230V ~ 50Hz.
- Compresor hermético alternativo de 1 CV.
- Potencia frigorífica (T cámara: 0°C / T exterior: 35°C): 1502 W.
- Potencia absorbida nominal: 1050 W.
- Caudal de condensación: 575 m3/h.
- Caudal de evaporación: 600 m3/h.
- Nivel de presión sonora 10m: 33 dB(A).
- Dimensiones: 850x665x574 mm.
- Peso: 83 kg.
- Mecanismo de protección frente a fluctuaciones de tensión integrado en la unidad.

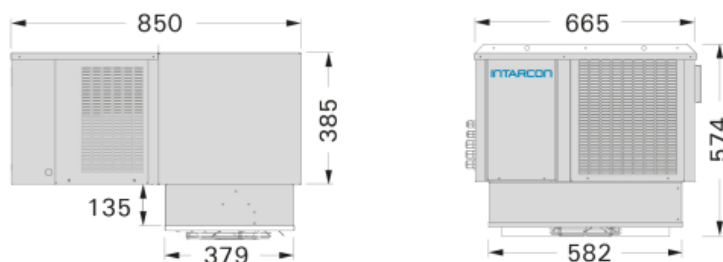


Ilustración 14B - Equipo de frío, cámara de secado / Fuente: Contacto con el fabricante, INTARCON

3 intartop MCR-NY-2053

- OPT. CT

Equipo compacto monoblock de techo para refrigeración a media temperatura con condensadora horizontal axial equipada con cuadro eléctrico y regulación electrónica, marca INTARCON, modelo MCR-NY-2053, con las siguientes características:

- Desescarche por gas caliente.
- Refrigerante: R134a.
- Alimentación: 230V ~ 50Hz.
- Compresor hermético alternativo de 1 1/2 CV.
- Potencia frigorífica (T cámara: 0°C / T exterior: 35°C): 2352 W.
- Potencia absorbida nominal: 1670 W.
- Caudal de condensación: 1000 m³/h.
- Caudal de evaporación: 1150 m³/h.
- Nivel de presión sonora 10m: 38 dB(A).
- Dimensiones: 850x835x677 mm.
- Peso: 99 kg.
- Mecanismo de protección frente a fluctuaciones de tensión integrado en la unidad.

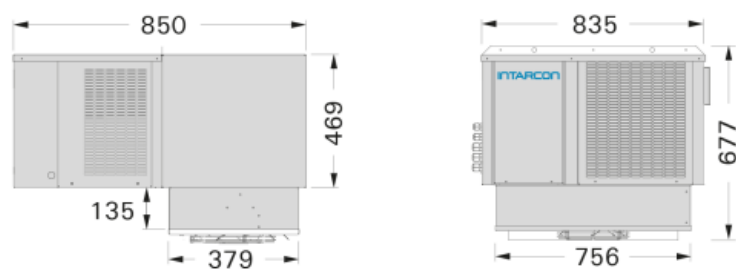


Ilustración 15B - Equipo de frío, cámara de maduración / Fuente: Contacto con el fabricante, INTARCON



Subanexo 2 – Saneamiento

El presente subanexo tiene como misión recoger y detallar el diseño y cálculo de la instalación de saneamiento, realizado en conformidad con el Documento Básico Salubridad HS5. Evacuación de aguas (MITMA, 2022).

La instalación de saneamiento tiene como objetivo realizar los cálculos referentes al dimensionamiento de la red de saneamiento, cuya finalidad es la evacuación de aguas residuales generadas en la industria, así como la evacuación de otras sustancias como el suero, y la evacuación de las aguas pluviales.

Se va a diferenciar entre dos redes de saneamiento diferentes, una para las aguas pluviales, y otra para las aguas del proceso (provenientes del desagüe de las máquinas y de la limpieza de las áreas funcionales y equipos). En el presente proyecto no se consideran las aguas fecales al no existir áreas de aseos o vestuarios.

2.1 Diseño y dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales

La red de evacuación de aguas pluviales tiene como objetivo recoger el agua de lluvia procedente de las cubiertas de los contenedores, evitando así la aparición de humedades y contaminaciones en la industria. Las aguas de lluvia recogidas se conducirán directamente al terreno, ya que no necesitan ser tratadas. Esto es debido a que la mini quesería se instalará en un entorno rural, y que, además, no siempre existe un pozo de registro cerca de la instalación.

La red será enterrada, y se realizará tal y como se detalla en el plano 5 del Anexo C. Los tubos serán de PVC, de espesor uniforme y de superficies interiores lisas. Los elementos que forman la red de aguas pluviales son: canalones (de PVC, se disponen en los aleros de la cubierta), bajantes (de PVC, se disponen de forma vertical y se sujetan mediante abrazaderas), colectores (de PVC, recogen el agua de las bajantes) y arquetas (punto de unión de los colectores).

Para el diseño de la red de evacuación de aguas pluviales, se considera que la mini quesería se instalará en Castilla y León, concretamente en Valladolid, a efectos del dimensionado de los canalones, el cual varía según de la intensidad pluviométrica, que a su vez depende de la localización geográfica.

- **Cálculo del número de sumideros**

El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado en la ilustración 16B, en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven.

Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta	
Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

Ilustración 16B - Nº de sumideros en función de la superficie de cubierta / Fuente: MITMA, 2022



En el presente proyecto el área de la cubierta en proyección horizontal es de 89,6 m², por tanto, al ser inferior a 100 m², se dispondrá de 2 sumideros, situados a la mitad de la longitud de los contenedores en planta. Según este razonamiento, se puede concluir que también serán necesarias 2 bajantes, situadas a mitad de la longitud total de los contenedores. Cada canalón dará servicio a la longitud de los contenedores (12,19 m) por lo que se utilizarán 2 canalones.

- **Dimensionado de los canalones**

Para determinar el diámetro de los canalones es necesario conocer la superficie en proyección horizontal a la que van a dar servicio, así como su pendiente. De acuerdo con la ilustración 17B, la intensidad pluviométrica de la localidad de Valladolid pertenece a la zona A, isoyeta 30, lo que corresponde una intensidad pluviométrica de 90 mm/h.

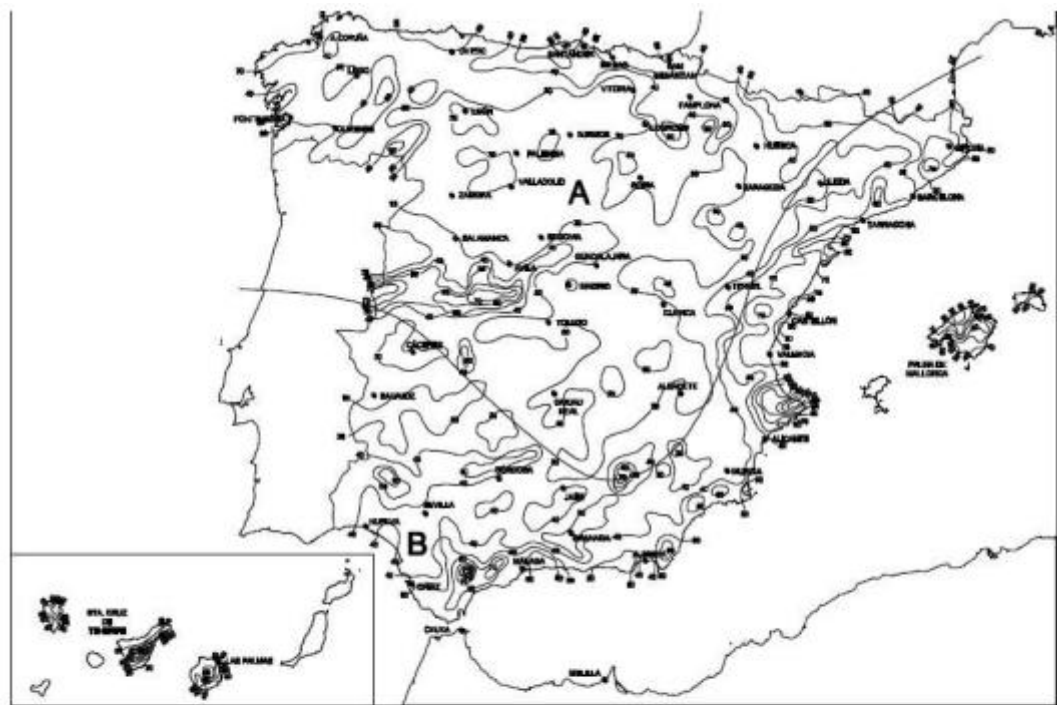


Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Tabla B.1
Intensidad Pluviométrica i (mm/h)

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Ilustración 17B - Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas / Fuente: MITMA, 2022

Al ser en realidad la intensidad pluviométrica diferente a 90 mm/h, se aplica un factor de corrección tal que: $f = \frac{i}{100} = \frac{90}{100} = 0,9$ donde i es la intensidad pluviométrica.

Considerando este factor de corrección la superficie final de la cubierta en proyección horizontal será igual a: $89,6 \cdot 0,9 = 80,64 \text{ m}^2$.



Teniendo en cuenta la ilustración 18B, y considerando la pendiente de los canalones en un 1 %, para una superficie de 80,64 m² (se encuentra entre los valores de 80 y 125), el diámetro nominal del canalón semicircular será de 150 mm.

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h				
Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Ilustración 18B - Diámetros de canalón / Fuente: MITMA, 2022

- **Cálculo de bajantes**

El dimensionado de las bajantes depende de la superficie de la cubierta en proyección horizontal corregida anteriormente, así como el área de recogida de cada bajante. Cada bajante cubre la superficie proyectada de 40,32 m².

A partir del dato anterior y haciendo uso de la ilustración 19B, se determina el diámetro nominal de las bajantes:

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h	
Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Ilustración 19B - Diámetros de las bajantes Fuente: MITMA, 2022

Al estar la superficie por debajo de 65 m², el diámetro nominal de las bajantes será de 50 mm.

- **Dimensionado de los colectores**

Los colectores serán de PVC y recogerán el agua de las bajantes, para dirigirla a las arquetas. El diámetro de los colectores de las aguas pluviales depende de la pendiente con la que están enterrados, así como la superficie a la que sirven. Estos se calculan a sección llena en régimen permanente.

Se elige una pendiente para el colector de 1 %. Al ser la superficie proyectada inferior a 125 m², el diámetro nominal del colector será de 90mm (ilustración 20B). Sin embargo, por cuestiones de seguridad, se utilizará un diámetro de 110 mm.

Tabla 4.9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Ilustración 20B - Diámetros de los colectores / Fuente: MITMA, 2022

- **Dimensionado de las arquetas**

Según la normativa deben colocarse arquetas a pie de bajante y arquetas de paso, que enlazan la red enterrada de colectores cuando se producen encuentros, cambios de dirección o pendiente. En nuestro caso solo se utilizarán 2 arquetas a pie de bajante, de dimensiones: 40x40x40 cm. Estas dimensiones se definen a partir de los diámetros de los colectores de salida (ilustración 21B).

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]							
	100	150	200	250	300	350	400	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	90 x 90

Ilustración 21B - Dimensiones de las arquetas en función del diámetro del colector de salida / Fuente: MITMA, 2022

2.2 Diseño y dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales

Esta red se encarga de recoger las aguas residuales procedentes de varios puntos de la industria, para después ser depurada, previamente a su vertido a la red municipal. Estas aguas incluyen aquellas recogidas en las salas en las que se realiza una limpieza de equipos (sala de elaboración y sala de salado) así como la limpieza del suelo y posibles fugas que se puedan producir en el resto de las salas.

La red de evacuación de aguas residuales irá enterrada y cuenta con los siguientes elementos: botes sifónicos o sifones individuales y colectores.

Para proceder con el dimensionado de la red se empleará la “Unidad de desagüe” (UD), que equivale al caudal correspondiente al evacuar 0,47 litros/s. La adjudicación de UD a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales correspondientes se establecen a partir de la ilustración 22B en función del uso.

- **Derivaciones individuales de aguas industriales**

Como se ha descrito previamente, el número de UD que necesita cada aparato se puede deducir de la ilustración 22B:



Tabla 4.1 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	5	100	100
	Con fluxómetro	8	100	100
Urinario	Pedestal	4	-	50
	Suspendido	2	-	40
	En batería	3.5	-	-
Fregadero	De cocina	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	2	-	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	100	-

Ilustración 22B - Unidades de desagüe en función del aparato sanitario / Fuente: MITMA, 2022

Atendiendo las necesidades de desagüe de la mini quesería, se van a disponer de 2 sumideros de rejilla continuos para las salas de fabricación y de secado de dimensiones 5000x100 mm y 1820x120 mm respectivamente, y de cinco sumideros de dimensiones 125x125 mm para las salas de calderas y electricidad, almacén y cámaras de secado y maduración. Al tratarse de uso privado, esto corresponde a 7 UD, y el diámetro mínimo de la derivación individual será de 40 mm. Sin embargo, por seguridad, y para evitar que haya problemas de evacuación de las aguas residuales, el diámetro de las derivaciones individuales elegido es de 90 mm.

• **Ramales colectores de aguas industriales**

A partir de la ilustración 23B se obtiene el diámetro de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector.

Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Ilustración 23B - Diámetros de ramales colectores / Fuente: MITMA, 2022



En el presente proyecto, la pendiente de los ramales colectores será del 2 %. El número máximo de UD es de 7, por lo que el diámetro de los ramales de colectores debería ser de 63 mm. De nuevo se justifica que por condiciones de seguridad se utilizará un diámetro de 90 mm.

- **Colectores horizontales de aguas industriales**

El diámetro de los colectores horizontales se obtiene en la ilustración 24B en función del máximo número de UD y de la pendiente.

Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Ilustración 24B - Diámetro de los colectores horizontales / Fuente: MITMA, 2022

Según la tabla anterior, el diámetro de los colectores horizontales es de 50 mm. Una vez más, el diámetro diseñado será de 90 mm como medida de seguridad.

- **Dimensionado de las arquetas**

En función del diámetro del colector de salida (90 mm) las dimensiones de las arquetas serán de 40x40x40 cm (ilustración 21B). Para la red de evacuación de aguas residuales, se diseña aguas arriba de la depuradora, una arqueta general con una válvula sumergida, seguida de una reja (que se encarga de retener los elementos sólidos de mayor tamaño). Aguas abajo de la depuradora se diseña una arqueta de toma de muestras, para realizar los análisis de agua pertinentes, una vez ya haya sido tratada.

- **Dimensionado de la depuradora**

Cuando se prevea que la actividad de la industria genere aguas residuales con una cantidad excesiva de grasa se debe disponer de una arqueta separadora de grasas. En principio, la mini quesería debería incorporar esta arqueta separadora de grasas, sin embargo, por cuestiones de simplicidad, en el presente proyecto se opta por utilizar una depuradora, cuyo caudal será justificado de la siguiente manera. Se plantea que la bomba utilizada para el proceso de depuración suministre un caudal de 6 litros/s. Los equipos (moldes, bandejas, mesas, liras, cubas, palas...) deben limpiarse después de cada uso. Por su parte el suelo de



las salas de elaboración se debe limpiar una vez por cada día de elaboración y las paredes cuando sea necesario (FACEnetwork, 2016). El tiempo estimado de limpieza de los diferentes equipos y el suelo se estima en 30 minutos. Esto significa que, si el caudal suministrado por la bomba es de 6 litros/s, el caudal mínimo necesario de la depuradora será: $Q = 6 \frac{l}{s} \cdot 60 \frac{s}{min} \cdot 30 min = 10800 \text{ litros}$.

Para elegir el equipo más adecuado se ha realizado un estudio de las depuradoras que hay en el mercado, y se ha elegido aquella que se adapta mejor a las necesidades del proyecto y que tenga un precio competitivo. La depuradora necesaria elegida es de la marca EUROPLAST y se trata de un equipo de oxidación total de 11000 litros de capacidad (ilustración 25B). Este equipo consiste en un reactor biológico en el que se dan lugar diferentes reacciones químicas para la descomposición de la materia orgánica. Para poder tener lugar estas reacciones es necesario un aporte de oxígeno que mantenga las condiciones aerobias en el reactor, y una creación de la circulación suficiente para mantener en suspensión los microorganismos.

INCLUYE:

- Soplañte
- Difusores
- Bomba sumergible de recirculación
- Cuadro eléctrico con temporizador

CARACTERISTICAS

Equipo:	Oxidación Total
Capacidad:	11.000 litros
Diámetro:	2.000 mm
Longitud:	3.500 mm
Bocas de Registro:	560 mm
Tubería:	125 mm
Realización:	PRFV
Formato:	Cilíndrico / Horizontal
Ubicación:	Enterrar
Importe Total Neto:	4.599 Euros + IVA

ARENA LAVADA O CEMENTO POBRE	Máximo 30 cm de arena
AGUA	Rellenar con arena lavada o cemento pobre
LA PARTE DE HORMIGÓN TIERNO	Cuna de hormigón tierno hasta 1/3 de altura del depósito
15 cm. de HORMIGÓN ARMADO	15 cm. de hormigón armado

35 cm



Subanexo 3 – Electricidad

El presente subanexo tiene como misión recoger y detallar el diseño y cálculo de la instalación de electricidad necesaria para el alumbrado de la mini quesería, así como el suministro de fuerza requerido. Por ello, en él se justifican todos los cálculos necesarios para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica de la mini quesería.

El objetivo del diseño de la instalación eléctrica es realizar una instalación eficiente desde el punto de vista del uso de los recursos energéticos, de forma que el consumo de energía por unidad de producto acabado sea el menor posible (Mezquita, 2021).

En primer lugar, se realiza una descripción de la instalación, a continuación, se justifica la previsión de potencia y finalmente se determinan los tipos y secciones de los conductores utilizados en las líneas de distribución en base a las caídas de tensión máximas admisibles y a la intensidad máxima admisible del cable.

3.1 Descripción de la instalación

1) Condiciones generales

El diseño de las instalaciones se ha realizado conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002) (BOE, 2022).

El suministro lo realizará una empresa suministradora con tensión trifásica 400 V y con tensiones 230 V entre fase y neutro, a una frecuencia de 50 Hz.

2) Método y forma de cálculo del aparellaje eléctrico y conductores

El proceso de cálculo de las líneas de distribución y de sus elementos de protección ha sido el siguiente:

- Se calcula el consumo de cada equipo.
- Se calculan las intensidades nominales de cada protección y se dimensionan las secciones de los circuitos.
- Se redimensionan las secciones en función de la caída de tensión.
- Se calculan los cortocircuitos en cada uno de los puntos de la instalación.
- Se definen las características de los interruptores magnetotérmicos para despejar los cortocircuitos previsibles en esos puntos, teniendo en cuenta el refuerzo aportado por los interruptores colocados aguas arriba.
- Se definen las curvas de disparo de los magnetotérmicos y relés térmicos para su selectividad.
- Se calculan los kiloamperes que deja pasar cada interruptor automático antes de abrir teniendo en cuenta la I_{cc} y el tipo de relé instalado.
- Se elegirán los interruptores diferenciales. La sensibilidad de los interruptores diferenciales se determinará según la línea que protege.



- Se definirán las secciones mínimas de los conductores a las salidas de las protecciones para su adecuación a los esfuerzos térmicos producidos en los cortocircuitos. Con esto se evita el deterioro de las características de los aislantes de los conductores con el consiguiente riesgo de incendio en el cuadro.

3) Acometida

Es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja general de protección (C.G.P.) o unidad funcional equivalente (BOE, 2022).

La mini quesería estará alimentada en baja tensión. Al desconocer la ubicación de esta, la mini quesería podría estar alimentada desde el centro de transformación pertinente, ubicado fuera de la instalación o directamente desde la red de baja tensión. No pertenece al ámbito del presente proyecto.

4) Línea General de Alimentación (LGA)

Son aquellas comprendidas entre la caja general de protección y los dispositivos generales de mando y protección (BOE, 2022).

Al tratarse de un solo usuario, las instalaciones de enlace se simplifican al coincidir en el mismo lugar la caja general de protección y la situación del equipo de medida, y por tanto no existe la línea general de alimentación.

5) Caja general de protección y medida

La Caja general de protección y medida enlaza la acometida con la línea general de alimentación y será la existente en las instalaciones donde se vaya a instalar la mini quesería (BOE, 2022). No pertenece al ámbito de este proyecto.

6) Derivación Individual

La derivación individual normalmente transcurre desde la Caja General de protección y medida hasta el cuadro general, con una caída de tensión máxima del 1,5 % (al tratarse de una derivación para un solo abonado en la que no existe L.G.A.) (BOE, 2022).

La Tensión de alimentación será con corriente alterna trifásica de 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia.

La derivación individual se realizará mediante una instalación enterrada, con un conductor de cobre tipo RZ1-K(AS) 0,6/1KV con aislamiento de XLPE, tensión de servicio 400 V, y una sección de 4 x 16 mm², suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5 % máximo permitido y pueda transportar la potencia demandada.

7) Cuadro General de Fuerza y alumbrado

Debido a las reducidas dimensiones de la instalación, el cuadro general de fuerza y alumbrado albergará a los dispositivos generales e individuales de mando y protección, de donde partirán los circuitos interiores. Se instalarán las siguientes protecciones y circuitos, según la Instrucción ITC-BT-17 y ITC-BT-30, tal como se indica en el Esquema Unifilar de la ilustración 26B, que se corresponde con el plano 10 del Anexo C. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa del circuito al que pertenecen.



9) Luminarias y Tomas de Corriente

La instalación de servicio se realizará a 230 V monofásica o 400 V, efectuándose la conexión de los aparatos de alumbrado a 230 V o 400 V entre fase y neutro.

Se ha pretendido adoptar un diseño del alumbrado de forma que proporcione una distribución uniforme y un nivel de iluminación uniforme dentro de cada zona de trabajo.

La protección de cada uno de los grupos de circuitos será de un interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad además del interruptor magnetotérmico de calibre adecuado a las potencias de distribución.

Las luminarias elegidas son de tipo LED. Las luminarias irán fijadas a los elementos constructivos por un soporte independiente de la conducción eléctrica. La distribución de las luminarias se realiza según la ilustración 27B, que se corresponde con el plano 9 del anexo C.

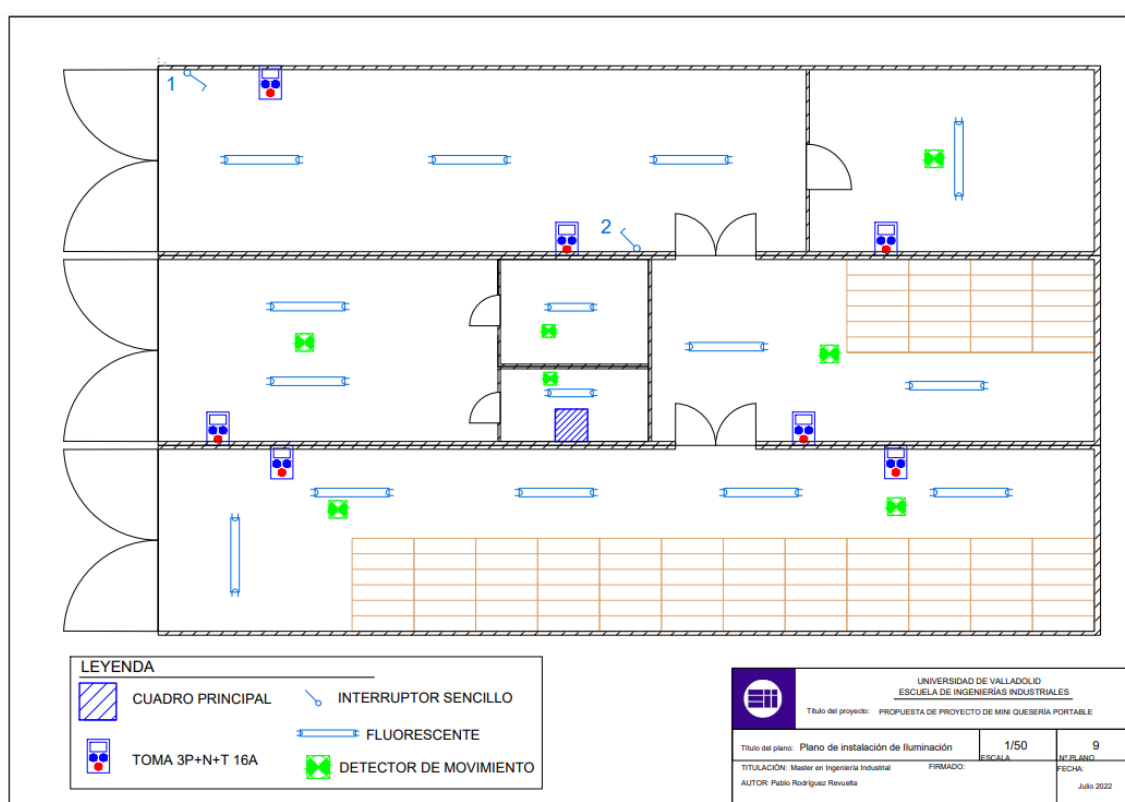


Ilustración 27B - Plano de iluminación / Fuente: Elaboración propia

Desde el cuadro general parten las líneas de distribución de alumbrado por cables multiconductores en tubos empotrados en obra. Las salidas se realizarán mediante conductor multipolar de cobre RZ1-K(AS) CPR / 0,6/1 KV con aislamiento de XLPE. Irán sobre bandeja o bajo tubo de PVC, de sección mínima 1,5 mm².

Las secciones elegidas serán tales que la caída de tensión no superará, en ningún caso, el 4,5 % según la instrucción ITC-BT-19.



10) Protecciones y Tierras

Como elementos de protección, dispondremos de los interruptores diferenciales ya indicados, los magnetotérmicos correspondientes a los circuitos a instalar y los fusibles calibrados que se precisen.

La puesta a tierra, junto a los interruptores diferenciales, conforma el sistema de protección de las personas, contra contactos indirectos a través de las masas metálicas accesibles de la mini quesería. Masas metálicas que por defecto de aislamiento de los conductores de fase podrían estar sometidas a tensiones peligrosas.

Los aparatos de protección y maniobra como son los interruptores automáticos, diferenciales y los portafusibles, irán dimensionados para la intensidad nominal y sus características, serán superiores, en todo momento, a la potencia demandada por cada uno de los circuitos que ha de proteger, conectar o interrumpir, pues hay que tener en cuenta la resistencia mecánica de sus superficies de contacto para que no se produzcan calentamientos ni envejecimientos prematuros, pero inferior a la intensidad máxima admisible de los circuitos que han de proteger.

3.2 Previsión de carga

En primer lugar, para conseguir una mayor disponibilidad de energía eléctrica, los circuitos eléctricos se dividen para facilitar la localización de defectos, así como para realizar las operaciones de mantenimiento de un circuito, manteniendo el resto de la instalación en tensión.

La previsión de carga consiste en deducir la potencia de alumbrado, fuerza o motores de los diferentes circuitos. Se ha estimado un consumo de 100 W en el caso de cada luminaria. El número de luminarias se indica en el plano 9 de iluminación de la ilustración 27B. En este plano también se indican los detectores de movimiento, que se han colocado considerando que pueden cubrir un rango de 8m. Su instalación se realiza con motivo de ahorro energético.

El consumo del resto de equipos receptores se determina a partir de sus especificaciones técnicas. Es necesario destacar que, por motivos de seguridad, se decide sobredimensionar los valores del consumo de los diferentes receptores (de forma que la potencia total no varíe excesivamente). El total de la potencia de cálculo prevista es de 31.900 W o 31,9 kW, que tras aplicar un coeficiente de simultaneidad del 80 % (todos los receptores instalados no funcionan al mismo tiempo) para el cuadro general de fuerza y alumbrado en conformidad con la Instrucción ITC-BT-10 (BOE, 2022) resulta ser 26.720 W o 26,72 kW. Cabe destacar que, salvo la derivación individual, el coeficiente de simultaneidad del resto de los circuitos será de 1.

En la ilustración 28B se recoge un resumen con los diferentes circuitos de la instalación. En esta imagen se indica la tensión a la que son conectados los diferentes elementos receptores, la longitud de cada circuito (calculada sobre el

plano de planta de la mini quesería) y la potencia de fuerza, alumbrado o motores que consumen.

Circuitos instalación								
Nº Circuito	Nombre circuito	Potencia Fuerza (W):	Potencia Motores (W):	Potencia Alumbrado (W):	Potencia Alumbrado Descarga (W):	Potencia Total (W)	Tensión (V)	Longitud (m)
0.1	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	24.300	6.000	1.600		31.900	400	50.00
						0	230	
1.1	Iluminación contenedor 1			400		400	230	28.00
1.2	Iluminación contenedor 2			700		700	230	23.00
1.3	Iluminación contenedor 3			500		500	230	18.00
2.1	Compresor	4.100				4.100	400	12.00
2.2	Toma corriente	1.600				1.600	230	24.00
2.3	Bomba depuradora		1.500			1.500	400	36.00
3.1	Frío secado	2.200				2.200	230	15.00
3.2	Frío maduración	3.500				3.500	230	15.00
3.3	Frío salado	1.500				1.500	230	17.00
4.1	Bomba lobular		1.500			1.500	400	16.00
4.2	Toma corriente 2	1.600				1.600	230	24.00
4.3	Bomba ACS		1.500			1.500	230	15.00
5.1	Cuba de cuajada	1.500				1.500	230	14.00
5.2	Tanque de enfriamiento	2.200				2.200	230	13.00
5.3	Equipo ACS	100				100	230	5.00
6.1	Bomba centrífuga		1.500			1.500	400	7.00

Ilustración 28B - Resumen de circuitos de la instalación de electricidad

3.3 Cálculo de líneas

3.3.1 Método de cálculo

El cálculo del aparellaje eléctrico y los conductores se ha hecho de la siguiente manera:

- Cálculo de las intensidades máximas admisibles

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

Para el cálculo de las intensidades correspondientes a cada línea, utilizamos las ecuaciones 3.1 y 3.2:

Sistema Trifásico (400V)

$$I = \frac{P_c}{1,732 \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot R} = (A) \quad \text{ec. (3.1)}$$

Sistema Monofásico (230V)

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \cos\varphi \cdot R} = (A) \quad \text{ec. (3.2)}$$



Donde:

P_c = Potencia de Cálculo (W).

I = Intensidad (A)

U = Tensión de Servicio (Trifásica ó Monofásica), (V)

$\cos \varphi$ = Coseno de fi. Factor de potencia

R = Rendimiento. (Para líneas motor)

Además, se deben multiplicar las potencias totales por un factor de corrección a la hora de calcular las intensidades. Estos coeficientes están impuestos por el REBT y son: 1, para el caso del alumbrado, y 1,25 para el caso de la alimentación de motores y afecta a la potencia del mayor de ellos (BOE, 2022).

En nuestro proyecto las bombas supondrán la alimentación a motores, y por ello se deberá aplicar este factor de corrección en el cálculo de sus intensidades de circuito.

Una vez determinadas las intensidades de circuito, se dimensiona la sección de los cables a través de la ilustración 29B.

Intensidades máximas admisibles (A) en instalaciones interiores, conductores de cobre, temperatura ambiente 40 °C
Norma UNE 20 460-5-523:2004

Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes. Método A1.		PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2						
Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes. Método A2.	PVC3	PVC2				XLPE3	XLPE2						
Conductores aislados en tubos (incluyendo canaletas y conductos de sección circular) en montaje superficial o empotrados en obra. Método B1.					PVC3	PVC2			XLPE3		XLPE2		
Cables multiconductores en tubos (incluyendo canaletas y conductos de sección circular) en montaje superficial o empotrados en obra. Método B2.				PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2				
Cables multiconductores directamente sobre la pared o en bandeja no perforada. Método C.						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
Cables multiconductores al aire libre o en bandeja perforada. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D (diámetro del cable). Método E.							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
Cables unipolares en contacto mutuo o en bandeja perforada. Distancia a la pared no inferior a D. Método F.								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Conductor	mm ²												
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95				180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120				208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150				236	260	278	299	322	343	363	404	438
	185				268	297	317	341	368	391	415	464	500
	240				315	350	374	401	435	468	490	552	590

Ilustración 29B - Intensidades máx. admisibles en instalaciones interiores, Cu (40°C) / Fuente: BOE, 2022



- Cálculo de la caída de tensión

Para calcular la caída de tensión se utilizan las ecuaciones 3.3 y 3.4:

Sistema Trifásico (400V)

$$e = \frac{L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot Xu \cdot \text{sen}\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos}\varphi} = (V) \quad \text{ec. (3.3)}$$

Sistema Monofásico (230V)

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Xu \cdot \text{sen}\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos}\varphi} = (V) \quad \text{ec. (3.4)}$$

Donde:

P_c : Potencia de Cálculo (W)

L : Longitud de Cálculo (m)

e = Caída de tensión en (V)

K : Conductividad (W/m·K)

U : Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica)

S : Sección del conductor (mm²)

$\text{Cos } \varphi$: Coseno de fi. Factor de potencia

R : Rendimiento. (Para líneas motor)

n : N° de conductores por fase

X_u : Reactancia por unidad de longitud (mΩ/m)

La Instrucción ITC BT 17 indica que la caída de tensión máxima permitida entre la instalación y cualquier otro punto es del 4,5 % de la tensión nominal en el origen para el alumbrado y 6,5 % para circuitos de fuerza y el resto de usos, al no disponer la instalación de L.G.A.

- Cálculo de la conductividad eléctrica

Para el cálculo de la conductividad eléctrica utilizaremos las siguientes ecuaciones (3.5, 3.6 y 3.7):

$$K = \frac{1}{\rho} \quad \text{ec. (3.5)}$$

$$\rho = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20)) \quad \text{ec. (3.6)}$$



$$T = T_0 + \left((T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}} \right)^2 \right) \quad ec. (3.7)$$

Siendo,

K : Conductividad del conductor a la temperatura T (W/m·K)

P : Resistividad del conductor a la temperatura T

ρ_{20} : Resistividad del conductor a 20°C. Cu = 0,018 / Al = 0,029

α : Coeficiente de temperatura. Cu = 0,00392 / Al = 0,00403

T : Temperatura del conductor (°C)

T_0 : Temperatura ambiente (°C): Cables enterrados = 25°C / Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C): XLPE / EPR = 90°C | PVC = 70°C

I : Intensidad prevista por el conductor (A)

I_{max} : Intensidad máxima admisible del conductor (A)

- Cálculo de sobrecargas:

Para el cálculo de las sobrecargas utilizaremos las ecuaciones 3.8 y 3.9:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad ec. (3.8)$$

$$I_2 \leq I_z \quad ec. (3.9)$$

Donde:

I_b intensidad utilizada en el circuito (A)

I_z : intensidad admisible del conductor (A)

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida (A)

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección (A). En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 \cdot I_n$ como máximo)

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$)

- Cálculo de los cortocircuitos

Para el cálculo de los Cortocircuitos utilizaremos las ecuaciones 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16:

$$I_{pccI} = \frac{C_t \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_t} \quad ec. (3.10)$$



Donde:

I_{pcc1} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA

C_t : Coeficiente de tensión

U : Tensión de Servicio (V) (Trifásica ó Monofásica)

Z_t : Impedancia total en $m\Omega$, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio)

$$I_{pccF} = \frac{C_t \cdot U_f}{2 \cdot Z_t} \quad ec. (3.11)$$

Donde:

I_{pccf} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A)

C_t : Coeficiente de tensión

U_F : Tensión monofásica (V)

Z_t : Impedancia total en $m\Omega$, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto, es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = \sqrt{(Rt_1^2 + Xt^2)} \quad ec. (3.12)$$

Donde:

Rt_1 : $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.) (Ω)

Xt : $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \cdot 1000 \cdot C_R}{K \cdot S \cdot n} (m\Omega) \quad ec. (3.13)$$

$$X = \frac{Xu \cdot L}{n} (m\Omega) \quad ec. (3.14)$$

R_2 : Resistencia de la línea ($m\Omega$)

X : Reactancia de la línea ($m\Omega$)

L : Longitud de la línea (m)

C_R : Coeficiente de resistividad

K : Conductividad del metal (W/m·K)

S : Sección de la línea (mm^2)

Xu : Reactancia de la línea, en $m\Omega/m$

n : n° de conductores por fase



$$t_{mcicc} = \frac{C_c \cdot S^2}{I_{pccf}^2} \quad ec. (3.15)$$

Donde:

t_{mcicc} : Tiempo máximo (s) que un conductor soporta una I_{pcc}

C_c : Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento

S : Sección de la línea (mm^2)

I_{pccf} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A)

$$t_{fcicc} = \frac{C_F}{I_{pccf}^2} \quad ec. (3.16)$$

Siendo,

t_{fcicc} : tiempo de fusión (s) de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito

C_F : constante que depende de la naturaleza del fusible

I_{pccf} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en (A)

- Elección de curvas válidas:

CURVA B $IMAG = 5 I_n$

CURVA C $IMAG = 10 I_n$

CURVA D $IMAG = 20 I_n$

Se ha creado un documento Excel donde se han introducido estas ecuaciones con el objetivo de automatizar la tarea de cálculo de las líneas. Se presenta en forma de imágenes (ilustraciones 30B a 46B) una descripción detallada de cada uno de los circuitos. Cada imagen contiene información relevante, por ejemplo, para el caso de la línea "Iluminación contenedor 1" (ilustración 31B) podemos destacar:

- Tensión de servicio: 230 V
- Canalización: B2 Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra
- Potencia de alumbrado: 400 W
- Intensidad nominal (I_b): 1,74 A
- Intensidad máxima admisible del conductor (I_z): 16,5 A
- Protección térmica: Interruptor Magnetotérmico Bipolar 10 A
- Sección del conductor: 2 x 1,5 + TT x 1,5 mm^2 Cu
- Recubrimiento exterior: XLPE
- Tipo de conductor: RZ1 -K(AS) CPR
- Caída de tensión: 1,64 %
- Caída de tensión máxima permitida: 4,5 %

- Protección diferencial: Interruptor diferencial Bipolar 40 A (Sensibilidad 30 mA)

CÁLCULO DE LA LÍNEA:		DERIVACIÓN INDIVIDUAL			
Tensión de servicio:	400 V	Longitud:	50.00 m	Cosδ: 1.00	
Canalización:	Instalación enterrada				
Potencia resultante:	31.900 W	Xu(m·Ω/m) = 0	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	0.80
Potencia Alumbrado:		1.600 w	Potencia Fuerza:	24.300 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:		0 w	Potencia de Motores:	6.000 w	
Potencia de calculo:	26.720 W		Según las		
Intensidad del circuito: 38.5	38.57 A		Se eligen conductores	Manguera 4 x 16 +TT x 16	mm ²
Tensión máxima admisible del conductor		52 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	40 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:		I _b ≤ I _n ≤ I _z	38.57 ≤ 40 ≤ 52	I ₂ ≤ I _z 58 ≤ 75,4	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:			XLPE
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR	
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al ; Cables Enterrados	25	
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392	
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C	Temperatura del conductor (°C)	60.76	
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			0.02 °C	Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			47.90	16.0 mm ²	
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	0.00%		
Caída de tensión de la línea	4.36 V	Expresado en porcentaje	1.09%		
Caída de tensión total en la línea:	1.09%	Menor que la caída de tensión máxima admisible 1.50%			
Protección Térmica:	I. Mag . Tetrapolar Int 40 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 30B - Derivación individual



CÁLCULO DE LA LÍNEA: 1.1		Iluminación contenedor 1		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	28.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	400 W	$X_u(m\cdot\Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:	400 w		Potencia Fuerza:	0 w
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w		Potencia de Motores:	0 w
Potencia de calculo:	400 W		Según las	
Intensidad del circuito: 1.73:	1.74 A		Se eligen conductores	Unipolar 2 x 1,5 +TT x 1,5 mm ²
Tensión máxima admisible del conductor		17 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19	
Protección seleccionada	10 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	1.74 ≤ 10 ≤ 16,5	$I_2 \leq I_z$	14,5 ≤ 23,925
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:		XLPE
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C	Temperatura del conductor (°C)	40.56
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			°C	Sección del conductor
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			51.41	1.5 mm ²
Número de conductores por fase		1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%
Caída de tensión de la línea		1.26 V	Expresado en porcentaje	0.55%
Caída de tensión total en la línea:		1.64%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	4.50%
Protección Térmica:		I. Mag . Bipolar Int 10 A.		
Protección Diferencial:		Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.		

Ilustración 31B - Iluminación contenedor 1

CÁLCULO DE LA LÍNEA: 1.2		Iluminación contenedor 2		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	23.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	700 W	$X_u(m\cdot\Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:	700 w		Potencia Fuerza:	0 w
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w		Potencia de Motores:	0 w
Potencia de calculo:	700 W		Según las	
Intensidad del circuito: 3.04:	3.04 A		Se eligen conductores	Unipolar 2 x 1,5 +TT x 1,5 mm ²
Tensión máxima admisible del conductor		17 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19	
Protección seleccionada	10 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	3.04 ≤ 10 ≤ 16,5	$I_2 \leq I_z$	14,5 ≤ 23,925
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:		XLPE
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C	Temperatura del conductor (°C)	41.70
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			°C	Sección del conductor
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			51.20	1.5 mm ²
Número de conductores por fase		1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%
Caída de tensión de la línea		1.82 V	Expresado en porcentaje	0.79%
Caída de tensión total en la línea:		1.88%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	4.50%
Protección Térmica:		I. Mag . Bipolar Int 10 A.		
Protección Diferencial:		Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.		

Ilustración 32B - Iluminación contenedor 2



CÁLCULO DE LA LÍNEA: 1.3		Iluminación contenedor 3			
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	18.00 m	Cosδ:	1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	500 W	$X_u(m \cdot \Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:	500 w	Potencia Fuerza:	0 w		
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	0 w		
Potencia de calculo:	500 W	Según las			
Intensidad del circuito: 2.17:	2.17 A	Se eligen conductores Unipolar 2 x 1,5 +TT x 1,5 mm ²			
Tensión máxima admisible del conductor	17 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19			
Protección seleccionada	10 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	2.17 ≤ 10 ≤ 16,5	$I_2 \leq I_z$	14,5 ≤ 23,925	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:		XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación					
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)		Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018			Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C			Temperatura del conductor (°C)	40.87
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo	0.02			Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo	51.35			1.5 mm ²	
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%		
Caída de tensión de la línea	1.02 V	Expresado en porcentaje	0.44%		
Caída de tensión total en la línea:	1.53%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	4.50%		
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 10 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 33B - Iluminación contenedor 3

CÁLCULO DE LA LÍNEA: 2.1		Compresor			
Tensión de servicio:	400 V	Longitud:	12.00 m	Cosδ:	1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	4.100 W	$X_u(m \cdot \Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	4.100 w		
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	0 w		
Potencia de calculo:	4.100 W	Según las			
Intensidad del circuito: 5.91:	5.92 A	Se eligen conductores Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²			
Tensión máxima admisible del conductor	22 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19			
Protección seleccionada	16 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	5.92 ≤ 16 ≤ 22	$I_2 \leq I_z$	23,2 ≤ 31,9	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:		XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación					
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)		Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018			Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C			Temperatura del conductor (°C)	43.62
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo	0.02			Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo	50.85			2.5 mm ²	
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%		
Caída de tensión de la línea	0.97 V	Expresado en porcentaje	0.24%		
Caída de tensión total en la línea:	1.33%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	6.50%		
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 34B - Compresor



2.2		Toma corriente		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	24.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	1.600 W	Xu(m·Ω/m) = 0	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:		0 w	Potencia Fuerza:	1.600 w
Potencia de Alumbrado con descarga:		0 w	Potencia de Motores:	0 w
Potencia de calculo:	1.600 W		Según las	
Intensidad del circuito: 6.95	6.96 A		Se eligen conductores	Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm²
Tensión máxima admisible del conductor		23 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19	
Protección seleccionada	16 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:		I _b ≤ I _n ≤ I _z	6.96 ≤ 16 ≤ 23	I ₂ ≤ I _z 23,2 ≤ 33,35
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV		Con recubrimiento exterior:	XLPE
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C	Temperatura del conductor (°C)	44.57
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			°C	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			50.67	Sección del conductor 2.5 mm²
Número de conductores por fase		1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%
Caída de tensión de la línea	2.64 V		Expresado en porcentaje	1.15%
Caída de tensión total en la línea:	2.24%		Menor que la caída de tensión máxima admisible 6.50%	
Protección Térmica:		I. Mag . Bipolar Int 16 A.		
Protección Diferencial:		Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.		

Ilustración 35B - Toma de corriente

CÁLCULO DE LA LÍNEA:		2.3	Bomba depuradora		
Tensión de servicio:	400 V	Longitud:	36.00 m	Cosδ: 1.00	
Canalización:	Instalación enterrada				
Potencia resultante:	1.500 W	Xu(m·Ω/m) = 0	R = 1	Coficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:		0 w	Potencia Fuerza:		0 w
Potencia de Alumbrado con descarga:		0 w	Potencia de Motores:		1.500 w
Potencia de calculo:	1.875 W		Según las		
Intensidad del circuito: 2.70	2.71 A		Se eligen conductores	Unipolar	2 x 2,5 +TT x 2,5 mm²
Tensión máxima admisible del conductor		22 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:		I _b ≤ I _n ≤ I _z	2.71 ≤ 16 ≤ 22	I ₂ ≤ I _z	23,2 ≤ 31,9
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV		Con recubrimiento exterior:		XLPE
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR	
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)		Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018		Coficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C		Temperatura del conductor (°C)	40.76
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			0.02 °C	Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			51.38		2.5 mm²
Número de conductores por fase		1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea		1.31 V	Expresado en porcentaje		0.33%
Caída de tensión total en la línea:		1.42%	Menor que la caída de tensión máxima admisible		6.50%
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 36B - Bomba depuradora



CÁLCULO DE LA LÍNEA:		Frío secado		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	15.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	2.200 W	$X_u(m\cdot\Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	2.200 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	0 w	
Potencia de calculo:	2.200 W	Según las		
Intensidad del circuito: 9.56	9.57 A	Se eligen conductores	Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²	
Tensión máxima admisible del conductor	23 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	9.57 ≤ 16 ≤ 23	$I_2 \leq I_z$ 23,2 ≤ 33,35	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018		Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C		Temperatura del conductor (°C)	48.65
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo		0.02	Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo		49.95	2.5 mm ²	
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea	2.30 V	Expresado en porcentaje		1.00%
Caída de tensión total en la línea:	2.09%	Menor que la caída de tensión máxima admisible		6.50%
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.			
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.			

Ilustración 37B - Equipo de frío cámara de secado

CÁLCULO DE LA LÍNEA:		Frío maduración		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	15.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	3.500 W	$X_u(m\cdot\Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	3.500 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	0 w	
Potencia de calculo:	3.500 W	Según las		
Intensidad del circuito: 15.2	15.22 A	Se eligen conductores	Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²	
Tensión máxima admisible del conductor	23 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	15.22 ≤ 16 ≤ 23	$I_2 \leq I_z$ 23,2 ≤ 33,35	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018		Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C		Temperatura del conductor (°C)	61.89
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo		0.02	Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo		47.72	2.5 mm ²	
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea	3.83 V	Expresado en porcentaje		1.66%
Caída de tensión total en la línea:	2.75%	Menor que la caída de tensión máxima admisible		6.50%
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.			
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.			

Ilustración 38B - Equipo de frío sala maduración



CÁLCULO DE LA LÍNEA:		Frío salado		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	17.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	1.500 W	$X_u(m\cdot\Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	1.500 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	0 w	
Potencia de calculo:	1.500 W	Según las		
Intensidad del circuito: 6.52:	6.52 A	Se eligen conductores	Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²	
Tensión máxima admisible del conductor	23 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	6.52 ≤ 16 ≤ 23	$I_2 \leq I_z$ 23,2 ≤ 33,35	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018		Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C		Temperatura del conductor (°C)	44.02
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo		0.02	Sección del conductor	2.5 mm ²
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo		50.77		
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea	1.75 V	Expresado en porcentaje	0.76%	
Caída de tensión total en la línea:	1.85%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	6.50%	
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.			
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.			

Ilustración 39B - Equipo de frío sala de salado

CÁLCULO DE LA LÍNEA:		Bomba lobular		
Tensión de servicio:	400 V	Longitud:	16.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	1.500 W	$X_u(m\cdot\Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	0 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	1.500 w	
Potencia de calculo:	1.875 W	Según las		
Intensidad del circuito: 2.70:	2.71 A	Se eligen conductores	Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²	
Tensión máxima admisible del conductor	22 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	2.71 ≤ 16 ≤ 22	$I_2 \leq I_z$ 23,2 ≤ 31,9	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018		Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C		Temperatura del conductor (°C)	40.76
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo		0.02	Sección del conductor	2.5 mm ²
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo		51.38		
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea	0.58 V	Expresado en porcentaje	0.15%	
Caída de tensión total en la línea:	1.24%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	6.50%	
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.			
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.			

Ilustración 40B - Bomba lobular



CÁLCULO DE LA LÍNEA:		4.2	Toma corriente 2		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	24.00 m	Cosδ: 1.00	
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	1.600 W	$X_u(m \cdot \Omega / m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:	0 w		Potencia Fuerza:	1.600 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w		Potencia de Motores:	0 w	
Potencia de calculo:	1.600 W		Según las		
Intensidad del circuito: 6.95	6.96 A		Se eligen conductores	Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5	mm ²
Tensión máxima admisible del conductor		23 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	6.96 ≤ 16 ≤ 23	$I_2 \leq I_z$	23,2 ≤ 33,35	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE		
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR	
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40	
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392	
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C	Temperatura del conductor (°C)	44.57	
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			0.02 °C	Sección del conductor	2.5 mm ²
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			50.67		
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%		
Caída de tensión de la línea	2.64 V	Expresado en porcentaje	1.15%		
Caída de tensión total en la línea:	2.24%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	6.50%		
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 41B - Toma de corriente

CÁLCULO DE LA LÍNEA:		4.3	Bomba ACS		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	15.00 m	Cosδ: 1.00	
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	1.500 W	Xu(m·Ω/m) = 0	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	0 w		
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	1.500 w		
Potencia de calculo:	1.875 W	Según las			
Intensidad del circuito: 8.15:	8.15 A	Se eligen conductores Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm²			
Tensión máxima admisible del conductor	22 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19			
Protección seleccionada	16 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	8.15 ≤ 16 ≤ 22	$I_2 \leq I_z$	23,2 ≤ 31,9	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE		
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación			UNE: RZ1-K(AS) CPR		
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40	
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392		
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C	Temperatura del conductor (°C)	46.87		
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo	0.02	°C	Sección del conductor	2.5 mm²	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo	50.26				
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%		
Caída de tensión de la línea	1.95 V	Expresado en porcentaje	0.85%		
Caída de tensión total en la línea:	1.94%	Menor que la caída de tensión máxima admisible 6.50%			
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 42B - Bomba ACS



CÁLCULO DE LA LÍNEA:		Cuba de cuajada		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	14.00 m	Cosδ: 1.00
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			
Potencia resultante:	1.500 W	$X_u(m \cdot \Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad: 1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	1.500 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Potencia de Motores:	0 w	
Potencia de calculo:	1.500 W	Según las		
Intensidad del circuito: 6.52:	6.52 A	Se eligen conductores	Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²	
Tensión máxima admisible del conductor	23 A	según la Tabla 1, del	ITC-BT-19	
Protección seleccionada	16 A			
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	$6.52 \leq 16 \leq 23$	$I_2 \leq I_z$ 23,2 ≤ 33,35	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación	UNE: RZ1-K(AS) CPR			
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392	
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C	Temperatura del conductor (°C)	44.02	
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo	0.02	°C	Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo	50.77		2.5 mm ²	
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea	1.44 V	Expresado en porcentaje	0.63%	
Caída de tensión total en la línea:	1.72%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	6.50%	
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.			
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.			

Ilustración 43B - Cuba de cuajada



CÁLCULO DE LA LÍNEA:		5.2	Tanque de enfriamiento		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	13.00 m	Cosδ: 1.00	
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	2.200 W	Xu(m·Ω/m) = 0	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:		0 w	Potencia Fuerza:	2.200 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:		0 w	Potencia de Motores:	0 w	
Potencia de calculo:	2.200 W		Según las		
Intensidad del circuito: 9.56:	9.57 A		Se eligen conductores	Unipolar	2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²
Tensión máxima admisible del conductor		23 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:		I _b ≤ I _n ≤ I _z	9.57 ≤ 16 ≤ 23	I ₂ ≤ I _z	23,2 ≤ 33,35
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:			XLPE
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación					UNE: RZ1-K(AS) CPR
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40	
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392	
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C	Temperatura del conductor (°C)	48.65	
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			0.02 °C	Sección del conductor	
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			49.95	2.5 mm ²	
Número de conductores por fase		1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea		1.99 V	Expresado en porcentaje	0.87%	
Caída de tensión total en la línea:		1.96%	Menor que la caída de tensión máxima admisible	6.50%	
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 44B - Tanque de enfriamiento

CÁLCULO DE LA LÍNEA:		5.3	Equipo ACS		
Tensión de servicio:	230 V	Longitud:	5.00 m	Cosδ: 1.00	
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	100 W	$X_u(m\cdot\Omega/m) = 0$	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:		0 w	Potencia Fuerza:	100 w	
Potencia de Alumbrado con descarga:		0 w	Potencia de Motores:	0 w	
Potencia de calculo:	100 W		Según las		
Intensidad del circuito: 0.43:	0.43 A		Se eligen conductores	Unipolar	2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²
Tensión máxima admisible del conductor		23 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19		
Protección seleccionada	16 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:		$I_b \leq I_n \leq I_z$	0.43 ≤ 16 ≤ 23	$I_2 \leq I_z$	23.2 ≤ 33.35
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV		Con recubrimiento exterior:	XLPE	
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación				UNE: RZ1-K(AS) CPR	
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)		Cables al aire	40
Resistividad del conductor a 20 °C		0.018		Coefficiente de temperatura C.	0.00392
Temperatura máxima admisible del conductor		90 °C		Temperatura del conductor (°C)	40.02
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo			0.02	°C	Sección del conductor
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo			51.51		2.5 mm ²
Número de conductores por fase		1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%	
Caída de tensión de la línea	0.03 V		Expresado en porcentaje	0.01%	
Caída de tensión total en la línea:	1.10%		Menor que la caída de tensión máxima admisible	6.50%	
Protección Térmica:		I. Mag . Bipolar Int 16 A.			
Protección Diferencial:		Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.			

Ilustración 45B - Equipo ACS



CÁLCULO DE LA LÍNEA:		Bomba centrífuga			
Tensión de servicio:	400 V	Longitud:	7.00 m	Cosδ: 1.00	
Canalización:	B2. Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				
Potencia resultante:	1.500 W	Xu(m·Ω/m) = 0	R = 1	Coefficiente de simultaneidad:	1.00
Potencia Alumbrado:	0 w	Potencia Fuerza:	0 w	Potencia de Motores:	1.500 w
Potencia de Alumbrado con descarga:	0 w	Según las			
Potencia de calculo:	1.875 W	Se eligen conductores Unipolar 2 x 2,5 +TT x 2,5 mm ²			
Intensidad del circuito: 2.70	2.71 A	según la Tabla 1, del ITC-BT-19			
Tensión máxima admisible del conductor	22 A				
Protección seleccionada	16 A				
Cumpliendo las fórmulas de sobrecargas:	$I_b \leq I_n \leq I_z$	2.71 ≤ 16 ≤ 22	$I_2 \leq I_z$	23.2 ≤ 31.9	
Nivel de aislamiento:	0,6/1 KV	Con recubrimiento exterior:	XLPE		
No propagador de incendio y emisión de humos y opacidad reducida con designación			UNE: RZ1-K(AS) CPR		
Se eligen cables de	Cobre	Temperatura ambiente (°C)	Cables al aire	40	
Resistividad del conductor a 20 °C	0.018	Coefficiente de temperatura C.	0.00392		
Temperatura máxima admisible del conductor	90 °C	Temperatura del conductor (°C)	40.76		
Resistividad del conductor a temperatura de trabajo	0.02	°C	Sección del conductor		
Conductividad del conductor a la temperatura de trabajo	51.38		2.5 mm ²		
Número de conductores por fase	1	Caída de tensión aguas arriba	1.09%		
Caída de tensión de la línea	0.26 V	Expresado en porcentaje	0.06%		
Caída de tensión total en la línea:	1.15%	Menor que la caída de tensión máxima admisible			6.50%
Protección Térmica:	I. Mag . Bipolar Int 16 A.				
Protección Diferencial:	Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.				

Ilustración 46B - Bomba centrífuga

3.3.2 Resumen de todos los circuitos

En la ilustración 47B se recoge un resumen de los cálculos de todas las líneas. En él se muestran: la tensión de servicio, la potencia de cálculo, el tipo de conductor y su sección, las intensidades de cada conductor y su máxima admisible, la caída de tensión, las corrientes de cortocircuito y las curvas válidas de disparo.

Cuadro General de fuerza y alumbrado	Nº línea	Tensión (V)	Potencia de calculo (W)	Conductor	Sección conductor (mm ²)	C.D.T. T(%)	I _{pcc1} (kA)	I _{pcc2} (A)	T _{mcicc} (s)	Prot ección (A)	Curvas
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	0.1	400	26.720	UNE: RZ1-K(AS) CPR	4 x 16 +TT x 16	1.09%	2.34	1.167	3.42	40	
Iluminación contenedor 1	1.1	230	400	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 1,5 +TT x 1,5	1.64%	0.45	225	0.59	10	Curvas C, D
Iluminación contenedor 2	1.2	230	700	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 1,5 +TT x 1,5	1.88%	0.51	255	0.71	10	Curvas C, D
Iluminación contenedor 3	1.3	230	500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 1,5 +TT x 1,5	1.53%	0.68	340	0.26	10	Curvas C, D
Compresor	2.1	400	4.100	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.33%	1.44	715	0.25	16	Curvas C, D
Toma corriente	2.2	230	1.600	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.24%	0.84	416	0.48	16	Curvas C, D
Bomba depuradora	2.3	400	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.42%	0.54	271	1.74	16	Curvas C, D
Frío secado	3.1	230	2.200	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.09%	1.26	626	0.21	16	Curvas C, D
Frío maduración	3.2	230	3.500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.75%	1.19	593	0.36	16	Curvas C, D
Frío salado	3.3	230	1.500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.85%	1.13	563	0.26	16	Curvas C, D
Bomba lobular	4.1	400	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.24%	1.13	561	0.41	16	Curvas C, D
Toma corriente 2	4.2	230	1.600	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	2.24%	0.84	416	0.48	16	Curvas C, D
Bomba ACS	4.3	230	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.94%	1.19	592	0.36	16	Curvas C, D
Cuba de cuajada	5.1	230	1.500	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.72%	1.33	660	0.19	16	Curvas C, D
Tanque de enfriamiento	5.2	230	2.200	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.96%	1.34	666	0.29	16	Curvas C, D
Equipo ACS	5.3	230	100	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.10%	2.74	1.366	0.04	16	Curvas C, D
Bomba centrífuga	6.1	400	1.875	UNE: RZ1-K(AS) CPR	2 x 2,5 +TT x 2,5	1.15%	1.89	940	0.14	16	Curvas C, D

Ilustración 47B - Resumen de las características de todas las líneas del cuadro



A partir de este cuadro resumen de la ilustración 47B podemos concluir que la sección del conductor de la derivación individual es de $4 \times 16 \text{ mm}^2$, suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5 % máximo permitido y pueda transportar la potencia demandada. Por otro lado, la sección de los conductores de las líneas de alumbrado es de $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ y han sido elegidas de forma que no se supere en ningún caso la caída de tensión de 4,5 %. Finalmente, la sección del resto de líneas de fuerza es de $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ y han sido elegidas de forma que no se supere la caída de tensión permitida de 6,5 %.

3.4 Cálculo de puesta a tierra

Las puestas a tierra tienen como misión limitar las tensiones que pueden presentar respecto a tierra las masas metálicas en un momento dado. Además, se encargan de disminuir el riesgo de una avería de los materiales eléctricos utilizados y asegurar la actuación de las protecciones. Consisten en una unión eléctrica directa mediante un electrodo. El objetivo final de la instalación es evitar la aparición de diferencias de potencial peligrosas (BOE, 2022).

Las tomas de tierra estarán enterradas como mínimo 0,5 m aunque se recomienda que el conductor esté enterrado al menos 0,8 m en caso de existir riesgo de heladas. La toma de tierra se realizará en forma de anillo cerrado que recorre el perímetro de la mini quesería utilizará un conductor de cobre desnudo y de sección 35 mm^2 . Al anillo se conectará un electrodo formado por una pica verticalmente hincada en el terreno. El electrodo será de 2 m de longitud.

En función de los valores orientativos de la resistividad en función del terreno se tomará un valor de resistividad media de $500 \Omega/\text{m}$ (ilustración 48B).



Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Ilustración 48B - Resistividad en función del terreno / Fuente: BOE, 2022

El último dato significativo que debemos conocer es la resistencia máxima permitida según la normativa vigente. El REBT establece los valores máximos de la resistencia a tierra. Estos valores suelen ser muy elevados (por ejemplo, para un diferencial de 30 mA se establece una resistencia admisible de 40 Ω), por lo que en la práctica se obtendrán valores muy inferiores a los exigidos por el REBT (BOE, 2022).

Cálculo de la instalación

- La longitud del anillo del conductor de cobre enterrado será de 39 m. Colocaremos tres picas de 2 m de longitud. El conjunto de picas y el anillo están en paralelo respecto a la tierra, por lo que se cumple lo siguiente:

$$R_{t_2} = \frac{1}{\frac{L_c}{2 \cdot \rho} + \frac{L_p}{\rho} + \frac{P}{0,8 \cdot \rho}} = 15,686 \Omega$$

Siendo,

R_{t_2} : Resistencia de tierra (Ω)

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

L_c : Longitud total del conductor (m)

L_p : Longitud total de las picas (m)

P : Perímetro de las placas (m)

- Para los 39 m de conductor desnudo de cobre de 35 mm² de sección obtenemos una resistencia de 20,512 Ω .
- Para la pica de cobre de 2 m de longitud y 14 mm² de sección obtenemos una resistencia de 66,66 Ω .

La resistencia total es de 15,686 Ω . Es necesario considerar que este valor es orientativo, y será necesario comprobar las hipótesis de cálculo a través de las mediciones pertinentes.



Subanexo 4 – Instalación fotovoltaica

Uno de los objetivos principales del presente proyecto consiste en garantizar que el suministro de energía que asegure el autoabastecimiento de la mini quesería se realice mediante energías renovables. Esto es una instalación de autoconsumo. Las instalaciones de autoconsumo son instalaciones conectadas a la red eléctrica interior de una edificación para autoconsumir la energía generada (Domínguez, 2020). De esta forma se podrá contribuir a la justificación de la sostenibilidad de la mini quesería portable desde el punto de vista de su impacto ambiental.

La utilización de instalaciones fotovoltaicas se está expandiendo dentro de las energías renovables. Esto es debido a diversos factores como:

- Coste reducido de los equipos
- Elevada vida útil
- Aparición de nuevas tecnologías alimentadas con energía eléctrica (coche eléctrico etc.)

El objetivo de este apartado consiste en diseñar una instalación fotovoltaica con la intención de cubrir las necesidades de potencia previamente calculadas en el apartado de la instalación de electricidad.

El diseño de la instalación fotovoltaica está limitado por las dimensiones de la cubierta de los contenedores. Las placas solares se van a disponer de forma plana sobre un soporte coplanar plano (plano 12 del Anexo C), de forma que podrán sobresalir una distancia de la cubierta igual a la mitad de la longitud del panel solar fotovoltaico. La distribución de las placas solares sobre la cubierta se indica en la ilustración 49B, que se corresponde con el plano de conexionado de las placas fotovoltaicas.

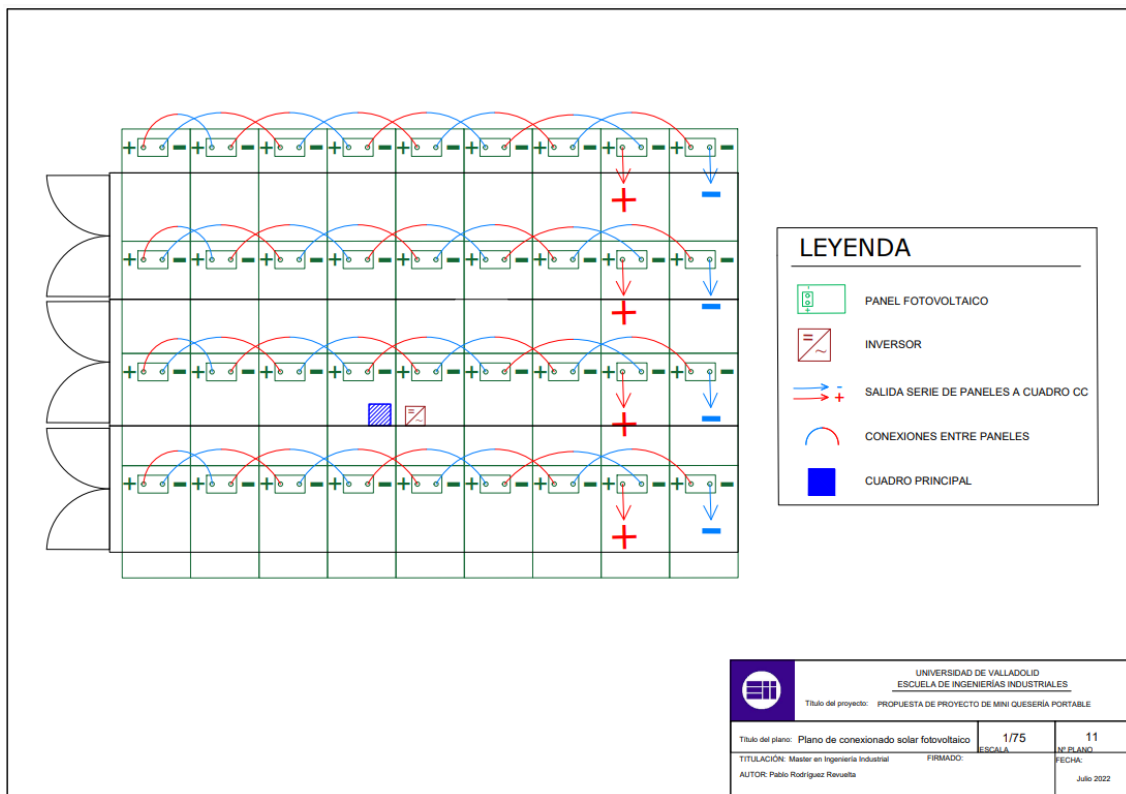


Ilustración 49B - Plano de conexionado solar fotovoltaico / Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que las placas deberán salvar cierta altura, ya que sobre la cubierta también irán instalados los diferentes equipos de frío (encima de las cámaras de salado, secado y maduración).

Considerando la potencia eléctrica total calculada en la instalación eléctrica, y la superficie de cubierta de los contenedores, se eligen paneles cuya potencia nominal máxima sea lo más grande posible, de forma que se pueda suministrar la máxima potencia con el menor número de paneles posible. La potencia máxima es aquella que va a poder suministrar el módulo. Se da para unas determinadas condiciones de irradiación y temperatura (1000 W/m^2 y 25°). Con el fin de aumentar la tensión del agrupamiento manteniendo un mismo nivel de intensidad se decide realizar una agrupación en serie o “string” (Domínguez, 2020). Se plantea una distribución de los paneles compuesta por 4 string (o filas) con 9 paneles de 600 W cada string, conectados en serie con un voltaje total de 311,4 V en corriente continua y una intensidad de 17,34 A (ilustración 46). Su conexión se realiza mediante cable de cobre RV-K 1000V con doble aislamiento y una sección del cable de $2 \times 4 \text{ mm}^2$ y la potencia máxima que pueden suministrar es de 21.600 W.

	Nº paneles	Voltaje (V)	Potencia (W)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Caída de tensión %	Resistividad del cable (Ω·mm ² /m)	Caída de tensión (V)
String 1	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895
String 2	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895
String 3	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895
String 4	9	311.40	5.400	17.34	4.0	12.00	0.57%	0.0172	1.7895

Ilustración 50B - Resumen de las necesidades de la instalación fotovoltaica

La caída de tensión se calcula mediante la ecuación 4.1:

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot \rho \cdot \frac{L}{S} \quad \text{ec. (4.1)}$$

Donde:

ΔU es la caída de tensión (V)

I es la intensidad (A)

ρ es la resistividad del cable (Ω)

L es la longitud del cable (m)

S es la sección del cable (mm²)

Tras analizar las necesidades de la instalación y realizar un estudio de mercado de las posibilidades existentes en cuanto a la potencia nominal, se eligen paneles solares modelo VERTEX TSM-DEG20C.20, de la marca Trinasolar.

Como podemos observar en la ilustración 51B, la potencia nominal de los paneles es de 600 W. La potencia eléctrica total instalada es de 26.720 W, por lo que se necesitarán un total de 45 paneles para poder suministrar esta potencia. Sin embargo, un número de paneles inferior a 45 es suficiente, ya que en ningún momento se va a necesitar suministrar el total de la potencia instalada (existe un coeficiente de simultaneidad). Además, como se ha comentado anteriormente, existen limitaciones en cuanto a la superficie de cubierta disponible, y sus dimensiones (ilustración 53B) respetan los requerimientos de superficie de cubierta, como se ve en el plano de la ilustración 49B.

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	580	585	590	595	600
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.16	17.21	17.25	17.30	17.34
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.21	18.26	18.31	18.36	18.42
Module Efficiency η_m (%)	20.5	20.7	20.8	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Ilustración 51B - Especificaciones eléctricas / Fuente: Catálogo del fabricante

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	120 cells
Module Dimensions	2172×1303×40 mm (85.51×51.30×1.57 inches)
Weight	35.3 kg (77.8 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	40mm(1.57 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

Ilustración 52B - Especificaciones mecánicas / Fuente: Catálogo del fabricante

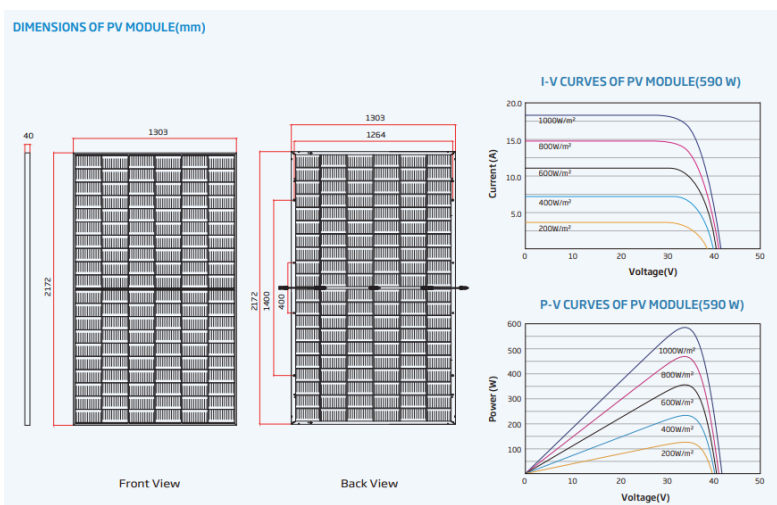
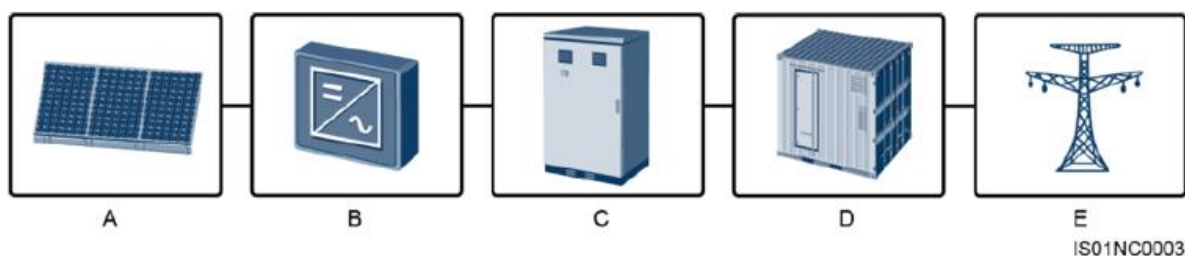


Ilustración 53B - Dimensiones de las placas solares / Fuente: Catálogo del fabricante

En toda instalación fotovoltaica se necesita un inversor que convierte la alimentación de corriente continua generada por las cadenas fotovoltaicas en alimentación de corriente alterna y que alimenta a la red eléctrica con esa potencia. Se va a utilizar un inversor con 30 kW de potencia nominal y una tensión de salida de 400 V, el SUN2000 30KTL-M3, que es modular trifásico de cadenas fotovoltaicas conectado a la red.

Típicamente, un sistema de alimentación fotovoltaico conectado a la red eléctrica está compuesto por cadenas fotovoltaicas, inversores conectados a la red eléctrica, unidades de distribución de CA (ACDU) y un transformador de aislamiento, como se muestra en la ilustración 54B.



(A) Cadena fotovoltaica

(B) SUN2000

(C) ACDU

(D) Transformador de aislamiento

(E) Red eléctrica

Ilustración 54B - Sistema de alimentación fotovoltaico / Fuente: Hernández, 2003

El inversor SUN2000-30KTL-M3 es compatible con los siguientes esquemas de distribución de red eléctrica: TN-S, TN-C, TN-C-S, TT e IT (ilustración 55B).

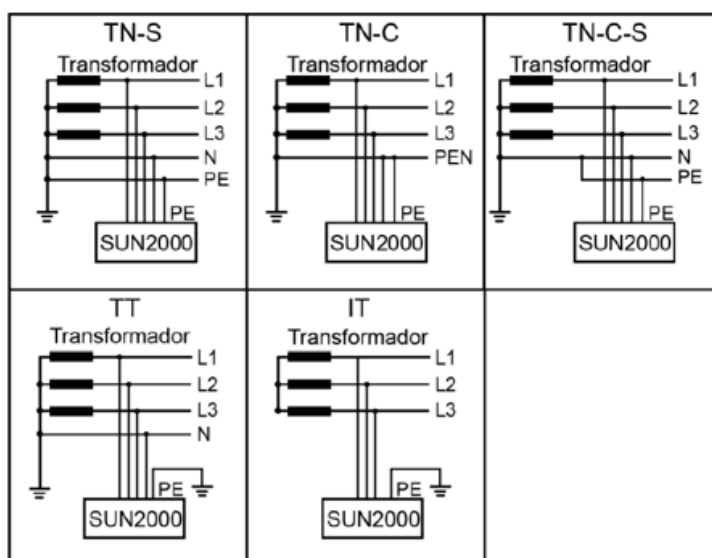


Ilustración 55B - Esquemas de distribución / Fuente: Hernández, 2003



Subanexo 5 – Fontanería

En este subanexo se detalla el diseño y dimensionamiento de la red de suministro de agua fría y caliente (fontanería). Las decisiones se han realizado en conformidad con el Documento Básico de Salubridad. Sección HS – 4. Suministro de Agua (MITMA, 2022). La documentación gráfica de la instalación corresponde al plano 8 del Anexo C.

- **Descripción de las necesidades de fontanería**

Cabe destacar que la mini quesería es una industria de pequeñas dimensiones, lo que justifica la escasa necesidad de tomas de agua. Debido a las reducidas dimensiones, se decide instalar 3 tomas de agua fría y 3 tomas de agua caliente (ilustración 56).

ZONA	Equipos necesarios
Acceso sala de fabricación	1 toma lavamanos
Saladero	1 toma de agua
Cámara de secado	1 toma de agua

Ilustración 56B - Equipos necesarios instalación de fontanería

El plano de fontanería de la ilustración 57B se corresponde con el plano 8 del Anexo C.

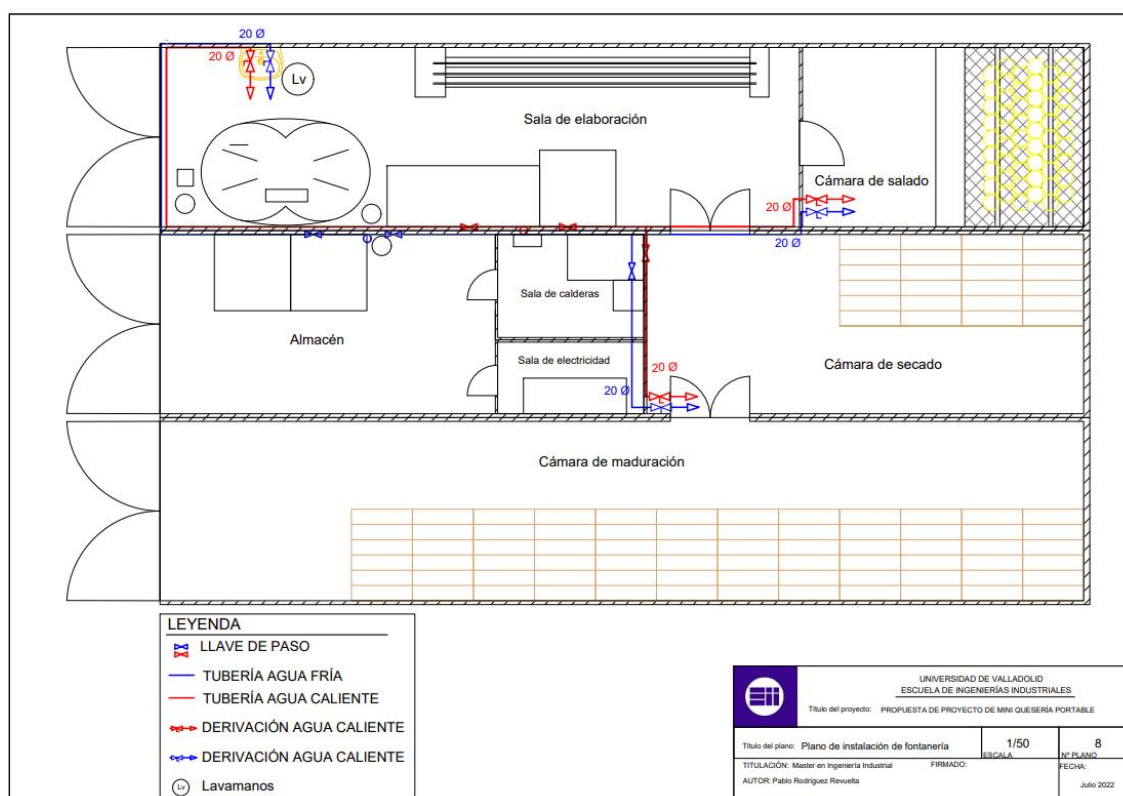


Ilustración 57B - Plano de fontanería / Fuente: Elaboración propia

- **Dimensionado de la instalación**

Se calcula la suma de los caudales de los ramales para conocer el caudal necesario para el suministro de la mini quesería.

La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que se encuentran en la ilustración 58B.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Ilustración 58B - Caudal instantáneo según el tipo de aparato / Fuente: MITMA, 2022

En nuestro caso, los caudales mínimos instantáneos serán los de la ilustración 59B:

	Qmin agua fría (l/s)	Qmin ACS fría (l/s)
1 toma lavamanos	0,05	0,03
1 toma de agua	0,2	0,2

Ilustración 59B - Caudales mínimos para la mini quesería

En nuestro caso, el número de grupos de cada tramo es 1, por lo que se toma, por seguridad, un coeficiente de simultaneidad igual a 1. Podemos entonces estimar los caudales totales de las redes de agua fría y caliente:

Caudal total de la red de agua fría: 0,45 litros/s.

Caudal total de la red de agua caliente: 0,43 litros/s

- **Red de agua fría**

El caudal que se debe suministrar a la red de agua fría es de 0,45 litros/s. Las tuberías elegidas son de PPR (polipropileno) y por tanto la velocidad en su interior se debe comprender entre 0,5 y 3,5 m/s. En el caso de nuestro proyecto



se estima que la velocidad a la que circula el agua fría en el interior de las tuberías es de 1,5 m/s.

Conociendo la velocidad a la que circula el agua, así como su caudal punta instantáneo se pueden determinar los diámetros de las tuberías utilizando el ábaco para el cálculo de tuberías de la ilustración 60B. Cabe destacar que en el caso de nuestro proyecto las pérdidas de carga se consideran despreciables al ser las distancias muy pequeñas.

ABACO PARA EL CÁLCULO DE TUBERÍAS DE FONTANERÍA

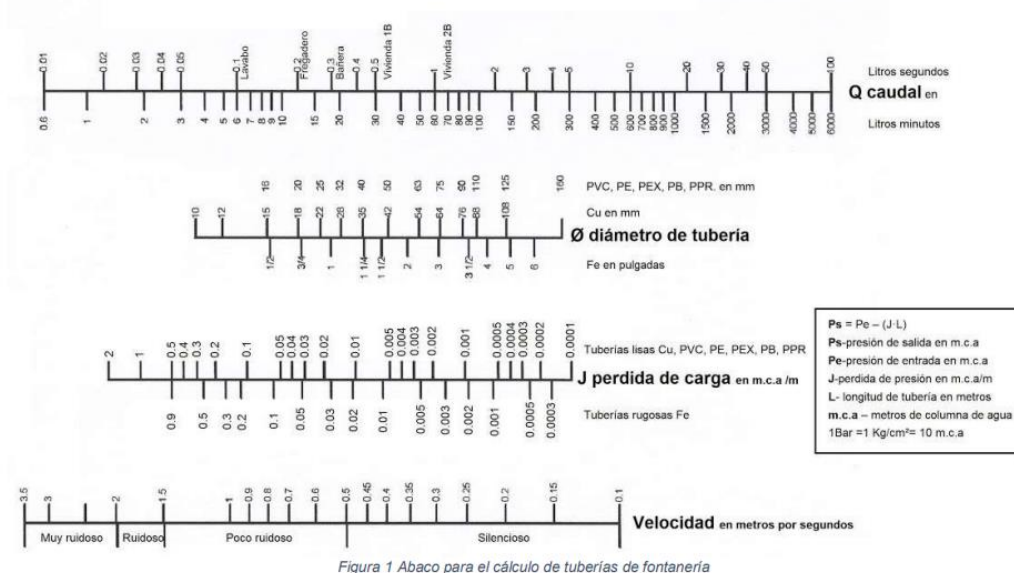


Ilustración 60B - Ábaco para el cálculo de tuberías de fontanería / Fuente: MITMA, 2022

Haciendo uso del ábaco para cálculo de tuberías de fontanería, podemos concluir que el diámetro necesario para las tuberías de PPR de la red de agua fría es de 20 mm.

• Red de Agua Caliente Sanitaria

La red de Agua Caliente Sanitaria (ACS) será empleada para realizar la limpieza de los diferentes equipos, así como del suelo.

El caudal que se debe suministrar a la red de agua fría es de 0,43 litros/s. Las tuberías empleadas son de PPR y la velocidad a la que circula el agua en su interior es de 1,5 m/s.

Haciendo uso de nuevo del ábaco de la ilustración 60B para el cálculo de tuberías de fontanería, se elige un diámetro de 20 mm. De nuevo se van a despreciar las pérdidas de carga debido a las reducidas dimensiones de la instalación.

En la ilustración 61B se recoge un resumen de la instalación de fontanería, en el que se describen los diferentes tramos y sus correspondientes diámetros:

	Diámetro instalado (25 mm)	Longitud del tramo (m)
Ramal A. fría	20.	15.
Ramal A. caliente	20	12,1

Ilustración 61B - Resumen de la instalación de fontanería

• Necesidades caloríficas de ACS

Se considera que la solución más lógica para diseñar la red de ACS se trata de utilizar una estación de agua dulce que caliente el agua potable de un modo higiénico y ahorrando energía, siguiendo el principio de circulación continua. La potencia calorífica de este equipo para calentar el agua de uso sanitario es de 70 kW. Estas necesidades caloríficas se considerarán en el diseño de la caldera de biomasa.

Su esquema se muestra en la siguiente imagen (ilustraciones 62B y 63B):

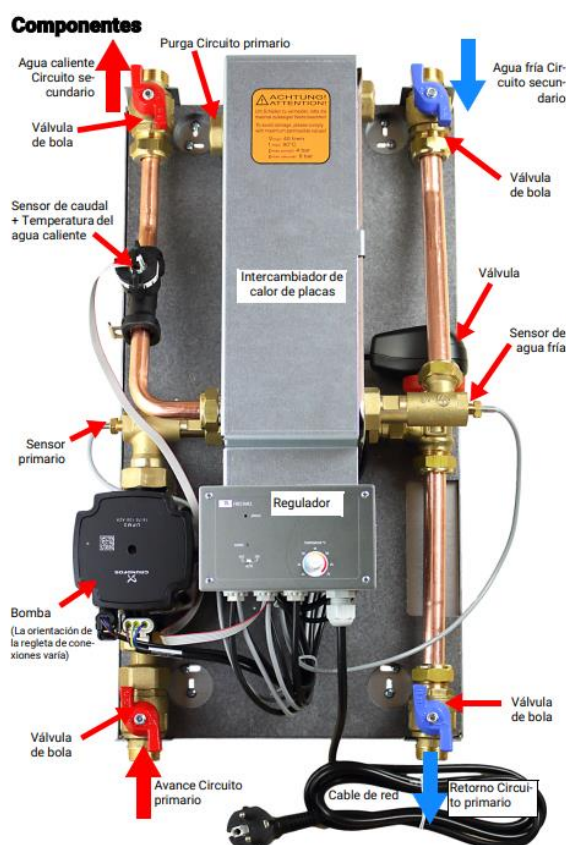


Ilustración 62B - Equipo ACS / Fuente: Catálogo del fabricante, FRISTAR

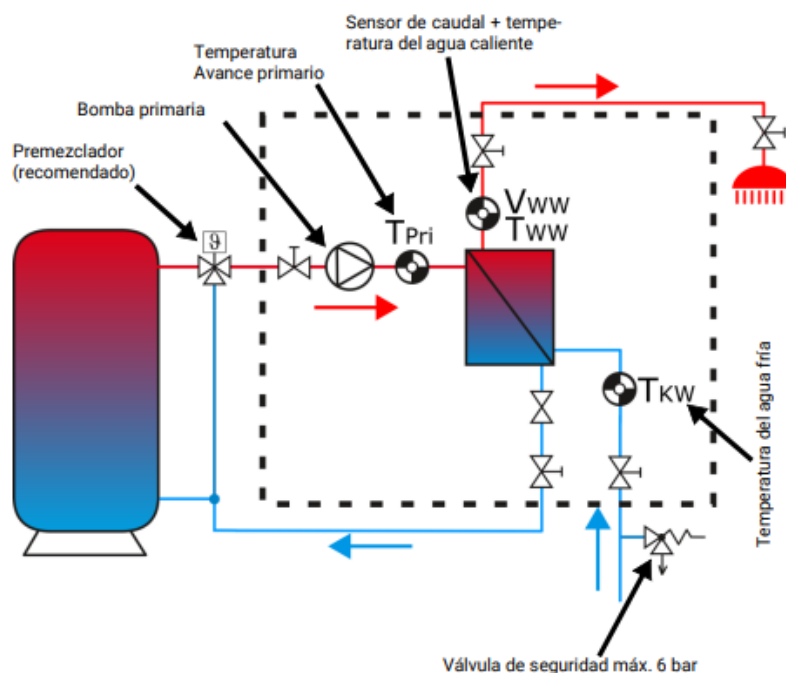


Ilustración 63B - Esquema térmico equipo ACS / Fuente: Catálogo del fabricante, FRISTAR

Las dimensiones de este equipo son: 366 x 573 x 160 mm (BxHxT). Las especificaciones técnicas se describen en la siguiente imagen (ilustración 64B):

Potencia nominal	70 kW
Paso mín	2 l/min
Paso máx. para 65 °C de temperatura del regulador y 45 °C de temperatura de salida	30 l/min
Paso máx. admisible	30 l/min
Volumen del intercambiador de calor de placas primario/secundario	1,28 l cada uno
Presión máx. de servicio lado primario (agua acumulada)	4 bar
Presión máx. de servicio lado secundario (agua fría)	6 bar
Golpe de ariete máx. admisible	15 bar
Temperaturas nominales avance/retorno primario	65 / 20 °C
Temperaturas nominales avance/retorno secundario	45 / 10 °C
Temperatura máx. de servicio primario/secundario	90 °C
Rango de ajuste de la temperatura del agua caliente	40 - 70 °C
Pérdida de presión lado secundario (coeficiente Kv)	2,60 m³/h
Rosca de empalme primario, secundario, Tubería de circulación	G ¾" rosca exterior
Carga de bus	10%
Potencia eléc. máxima de la bomba + regulación	80 W
Materiales (todos los componentes del ámbito del agua potable cumplen la normativa DVGW/W270)	
Grifería	Latón CW617N
Intercambiador de calor	Acero inoxidable 1.4401, soldado con cobre
Tubos	Cobre 99,96%
Material de sellado	PTFE, EPDM, Klingersil C-4324
Bomba circuito primario	Grundfos UPM3 15-70 130
Válvula	ESBE SLB123
Sensor del caudal	Huba Typ 200 2-32l/min
Sensor primario	PT1000
Regulador	FWR33

Ilustración 64B - Especificaciones técnicas equipo ACS / Fuente: Catálogo del fabricante, FRISTAR

- **Instalaciones auxiliares de la red de fontanería**

- **Descalcificador – con sal**

La superabundancia de calcio y magnesio en el agua provoca el exceso de cal en esta y ulteriormente, las incrustaciones en las instalaciones. Por ello se necesita instalar un descalcificador con sal, para eliminar la dureza del agua a través de intercambios iónicos.

Durante el proceso de descalcificación del agua, ésta circula a través de un lecho de resina que, gracias a sus características químicas, se encarga de atraer y retener la cal sin alterar las características del agua potable.

Tras un estudio comparativo de las tecnologías existentes, se decide utilizar un descalcificador kinético de la marca H2Oagua con tecnología dúplex de dos botellas de resina (mientras una regenera la otra continúa en servicio) que no necesita electricidad para funcionar y proporciona agua descalcificada de forma ininterrumpida las 24h del día, 365 días al año (ilustración 65B).



Ilustración 65B - Descalcificador con sal / Fuente: Catálogo del fabricante

- **Clorador**

En el agua que se utilizará para el suministro de la mini quesería cabe la posibilidad de que haya bacterias u organismos no deseados. La cloración del agua es el tratamiento que permite eliminar estos organismos.

Existen diferentes tecnologías y marcas en función de los métodos de medida y de las diferentes utilidades de cara a la utilización final (medida de pH, temperatura, humedad, conexión mediante wifi con otros equipos etc.) pero para el presente proyecto se elegirá una solución básica, económica y eficiente que sea capaz de medir cloro y temperatura.

El sistema elegido necesita de la instalación de un circuito de recirculación en los depósitos a tratar de modo que se pueda dosificar sobre un caudal al menos de un 20 % del volumen de agua almacenada. El clorador automático toma una



pequeña parte de agua de la recirculación, la filtra y posteriormente la hace pasar por la sonda de medida a un caudal constante. Toma la medida en continuo y envía la información a una bomba dosificadora que inyecta hipoclorito sódico especialmente formulado para aguas de consumo humano, en la propia recirculación de manera que se distribuye homogéneamente por todo el depósito. El clorador mantendrá el nivel de cloro en el depósito entre unos valores preestablecidos dependiendo de la renovación de agua de este, la compensación con la temperatura del agua y la distancia de tubería a recorrer por la red de distribución.

Este tipo de instalaciones son muy fiables a la vez delicadas y requieren un mantenimiento continuo para asegurar la integridad de las sondas de medida, filtrado previo y mantener un caudal constante que resulta fundamental en la medida.





Subanexo 6 – Calefacción

La finalidad de esta instalación será cubrir las necesidades de suministro de agua caliente, así como las necesidades de las diferentes operaciones del proceso productivo.

El diseño y dimensionamiento de la instalación de calefacción se ha realizado en conformidad con el Código Técnico de la edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas (IT) (BOE, 2007).

6.1 Necesidades de climatización del edificio

No será necesario climatizar las diferentes zonas de la mini quesería.

6.2 Necesidades de agua caliente sanitaria (ACS)

Los equipos que precisan de suministro de agua caliente son:

- a) Intercambiador de placas (previo a la cuba de cuajar)
- b) Cuba de cuajar
- c) Suministro de agua caliente mediante equipo de agua dulce

- **Necesidades del intercambiador de placas (previo a cuba de cuajada)**

La leche una vez ha sido enfriada a 4 °C se hace pasar desde los tanques de almacenamiento a través de un intercambiador de placas para aumentar su temperatura a 32 °C, antes de entrar en la cuba de cuajado.

El equipo que se utiliza es de la gama higiénica, con bastidor en acero inoxidable y conexiones alimentarias (ilustración 66B). A continuación, se describen una serie de problemas que podrían aparecer.



Ilustración 66B - Intercambiador de Placas / Fuente: Contacto con el fabricante, Alfa Laval

Existe la posibilidad de que haya problemas de fuga en el interior del intercambiador. Para dar solución a este problema, se utilizan intercambiadores de placas con doble seguridad. Sin embargo, esto produce un aumento del precio, así como una disminución de la eficiencia del intercambiador. En nuestro caso, no suele haber problemas de fuga debido a la buena turbulencia interna. Otra solución que se utiliza en nuestro caso, y que es ampliamente utilizada en el sector alimentario, consiste en dar una mayor presión de impulsión en el lado producto que en el lado del agua para preservar la seguridad alimentaria en caso de fugas.

Un factor que es necesario considerar es la presencia de cloruros y cal en el agua, ya que pueden afectar al rendimiento del intercambiador. Este problema se resuelve mediante la instalación de un descalcificador y un clorador, como se ha descrito previamente.

A continuación, se describe mediante una tabla el caudal de leche que circula por el intercambiador, así como el caudal de agua y la potencia necesarios para aumentar la temperatura de la leche de 4 °C a 32 °C. Los datos de la ilustración 67B han sido suministrados por el proveedor del equipo, Alfa Laval:

Caudal de leche (kg/h)	Temperatura progresión leche	dP leche	Caudal de agua caliente (kg/h)	Temperatura progresión agua	dP agua caliente
1020	4 -> 32	41	2691	70 -> 60	17

Ilustración 67B - Características intercambiador de placas

Las necesidades caloríficas del intercambiador de placas se calculan mediante la ecuación 6.1:

$$Q = m \cdot (\Delta T) \cdot C_p \quad \text{ec. (6.1)}$$

Donde:

Q es la potencia calorífica requerida (W)

m es la masa de agua (kg/h)

ΔT es el salto térmico (°C)

C_p es el calor específico del agua (J/kg · K)

Teniendo en cuenta que la masa de agua será igual al caudal de agua caliente del intercambiador de placas, (2691 kg/h), el salto térmico es de 10 °C y el calor específico del agua es 4186 J/Kg · K, obtenemos la siguiente potencia calorífica, que servirán para dimensionar la caldera: 31,290 kW.

- **Necesidades de la cuba de cuajado**

La leche procedente del tanque de almacenamiento tras atravesar el intercambiador de placas tiene una temperatura de 32 °C.

Las cubas deben mantener esta temperatura durante todo el proceso de cuajado, es por esto por lo que se decide utilizar una cuba con camisa. Para calcular las necesidades caloríficas de la cuba de cuajar se recurre a la siguiente expresión (ecuación 6.2):

$$q = A \cdot U \cdot (T - T_a) \quad (6.2)$$

Donde:

q son las pérdidas de calor con los alrededores (W)

A es el área de contacto de la leche con las paredes suelo y techo de la cuba de cuajar (m²)

T es la temperatura de entrada de la leche a la cuba (°C)

T_a es la temperatura ambiente de la sala donde se encuentran las cubas. Esta temperatura se supone de 20 °C

Es necesario conocer el valor de A y de U

- A

Las cubas son rectangulares con unas dimensiones de 2520x1080 mm y una altura de 2,1 m de superficie en contacto con el producto. Su superficie se calcula mediante la ecuación 6.3.

$$A = 2 \cdot (a \cdot h) + 2 \cdot (a \cdot b) + 2 \cdot (b \cdot h) \quad \text{ec. (6.3)}$$

$$A = (2 \cdot 2,52 \cdot 2,1) + (2 \cdot 2,52 \cdot 1,08) + (2 \cdot 1,08 \cdot 2,1) = 20,56 \text{ m}^2$$

- U

Para el cálculo del coeficiente global de transmisión de calor se recurre a la ecuación 1.3, utilizada previamente en la instalación de frío.



Donde:

- h_i es el coeficiente de película del lado de la leche ($m^2 \cdot K/W$). La leche está en agitación constante por lo que este coeficiente se le considera infinito, de manera que no tiene importancia en este caso.

- h_e es el coeficiente de película del lado del aire ambiente de la mini quesería ($m^2 \cdot K/W$). Según la ilustración 1B, el valor de $1/h_e$ es de 0,21.

Entonces:

$$1/U = 0,21 + 0,01/0,06 = 0,376$$

$$U = 1/0,37 = 2,65 \text{ W } m^{\circ}C$$

Finalmente, las pérdidas de calor con los alrededores son las siguientes:

$$q = A \cdot U \cdot (T - T_a) = 20,56 \cdot 2,65 \cdot (32 - 20) = 655,01 \text{ W} = 0,655 \text{ kW}$$

- **Necesidades caloríficas del agua caliente sanitaria (ACS)**

Como se ha descrito en el apartado de la instalación de fontanería, el equipo de que se utiliza para calentar el agua de suministro tiene una potencia nominal de 70 kW.

- **Dimensionamiento de la caldera de biomasa**

El cálculo de las necesidades totales de la caldera, y por tanto su dimensionado se realiza a partir de las necesidades caloríficas de agua caliente anteriormente descritas. En la ilustración 68B podemos encontrar un resumen de la potencia calorífica total necesaria:

Tipo	Potencia (kW)
Intercambiador de placas	31,3
Cuba de cuajada	0,7
ACS	70.
TOTAL	102

Ilustración 68B - Resumen necesidades caloríficas de la instalación de calefacción

Tras realizar el cálculo de las diferentes necesidades caloríficas de la mini quesería y realizar un estudio de proveedores de calderas, se decide instalar una caldera de biomasa de 100 kW de la marca Lasian (ilustración 69B). Este tipo de caldera está diseñada para la producción de calefacción ofreciendo un alto rendimiento energético y una gran autonomía. Además, cuenta con diseños compactos y sencillos de instalar y presenta un bajo nivel de contaminación por el uso de energías renovables, y un gran ahorro económico. La utilización de la caldera de biomasa contribuye a la reducción el impacto ambiental de la mini quesería.

Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Caldera de acero de 3 pasos de humos para biomasa.
- Quemador de afloración, que permite utilizar diversos combustibles como pellet, cáscaras de almendra o hueso de aceituna.



- De reducidas dimensiones, para facilitar la introducción en salas de calderas.
- El ancho de todos los modelos BIOCOMBY, es de 700 mm., que permite el paso por puertas estándar.
- Presión máx. de trabajo 3 bar.
- El marco de las puertas superiores está refrigerado por aire, que una vez calentado, se aprovecha como aire secundario para optimizar la combustión.
- El mismo sistema es utilizado para refrigerar el bastidor, y dicho aire precalentado se utiliza como aire primario.
- La alimentación de combustible se realiza con dos motores independientes y salto de combustible para evitar retrocesos de llama y dispone de sistema anti-deflagración.
- Se suministra completamente montada (sin cablear).



Ilustración 69B - Caldera BIOCOMBY / Fuente: Catálogo del fabricante, LASIAN

Las calderas de biomasa LASIAN funcionan con pellet de madera, leña u otros combustibles (según modelo), como hueso de aceituna o cáscara de almendras, los cuales poseen un bajo contenido en cenizas. En nuestro caso utilizaremos los pellets de madera como combustible.

Los pellets son un combustible ecológico y económico que se caracterizan principalmente por obtener un gran poder calorífico y baja emisión de CO₂,

- Son fáciles de almacenar y transportar.
- Proporciona gran poder calorífico constante.

- Baja emisión de CO₂, ayuda a reducir la emisión de gases invernadero y la lluvia ácida.
- Más económico que los combustibles fósiles.
- No produce olores y no son perjudiciales para la salud.
- Fomenta la limpieza de bosques, reduciendo así el riesgo de incendios.

