

ANEXOS

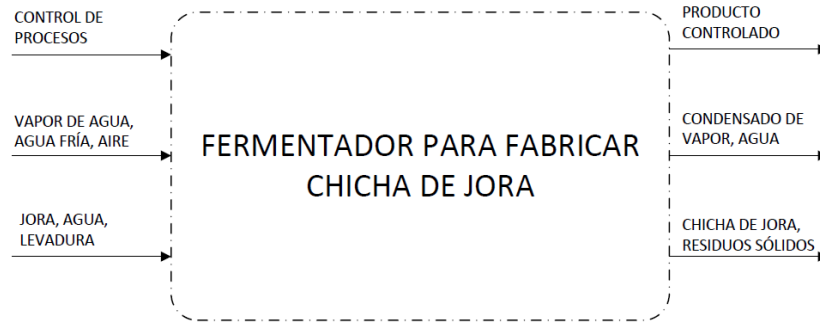
ANEXO 1: Lista de Exigencias

Lista de exigencias		
Proyecto	"DISEÑO DE UN SISTEMA DE FERMENTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE 100 L DE CHICHA DE JORA"	Revisado: J.E.B.P.
		Elaborado: D.R.C
Deseo o exigencias	DESCRIPCIÓN	Responsable:
E	<p>Función principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar los procesos de maceración, cocción, enfriamiento, fermentación y maduración de granos molidos para la elaboración de bebidas alcohólicas como la chicha de jora o la cerveza de cebada. • El flujo de material será por lotes (tipo batch), produciendo un aproximado de 100 L. • El diseño de la maquina deberá proporcionar facilidades de uso y seguridad para el operador. • El diseño estará dirigido hacia un público consumidor de bebidas energizantes, naturales y de procedencia artesanal. A corto plazo se pretende realizar el diseño de una máquina con una aplicación industrial. 	D.R.C.
E	<p>MATERIA;</p> <p>La materia prima consistirá en:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Granos molidos para fabricación de bebidas fermentadas * Agua * Levadura Saccharomyces Cvarum * Vapor para esterilización <p>La materia de salida consistirá en:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Afrecho, producto del proceso (desechos sólidos) 	D.R.C.
E	<p>GEOMETRÍA: GEOMETRÍA: Que la altura sea no más de 2,5 m</p>	D.R.C.
E	<p>ENERGÍA: Se presentan ciertos parámetros que se deben alcanzar en el proceso de elaboración.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Potencia calorífica necesaria para alcanzar las temperaturas solicitadas. * Potencia eléctrica necesaria para accionar motores y controles. 	D.R.C.
E	<p>SEGURIDAD: En el diseño se tomaran las precauciones necesarias para proteger la integridad física de quien manipule la máquina. De la misma manera, debido a que nuestro diseño será accionado mediante potencia eléctrica y calorífica y además el operario estará expuesto a altas presiones, las repercusiones que pueda ocasionarse al mismo pueden ser altas. En el diseño se tendrá como referencia lo indicado en la norma NTP 235 (Medidas de seguridad en máquinas: criterios de selección). Además se tendrá sumo cuidado en el nivel de residuos sólidos que quedan y evitar su desecho al medio ambiente.</p>	D.R.C.
D	<p>SEÑALES: El diseño contará con sensores de temperatura, de presión y de nivel. Estos instrumentos permitirán que se regulen las condiciones necesarias para realizar un adecuado proceso de elaboración de la chicha.</p>	D.R.C.
D	<p>COSTOS: El diseño considera los aspectos económicos. El diseño del fermentador buscará una alta eficiencia desde el punto de vista de energía y durabilidad del fermentador. Además, se buscará un menor costo de operación, con lo que se espera obtener un equipo con mayor eficiencia, mayor durabilidad y menor costo.</p>	D.R.C.

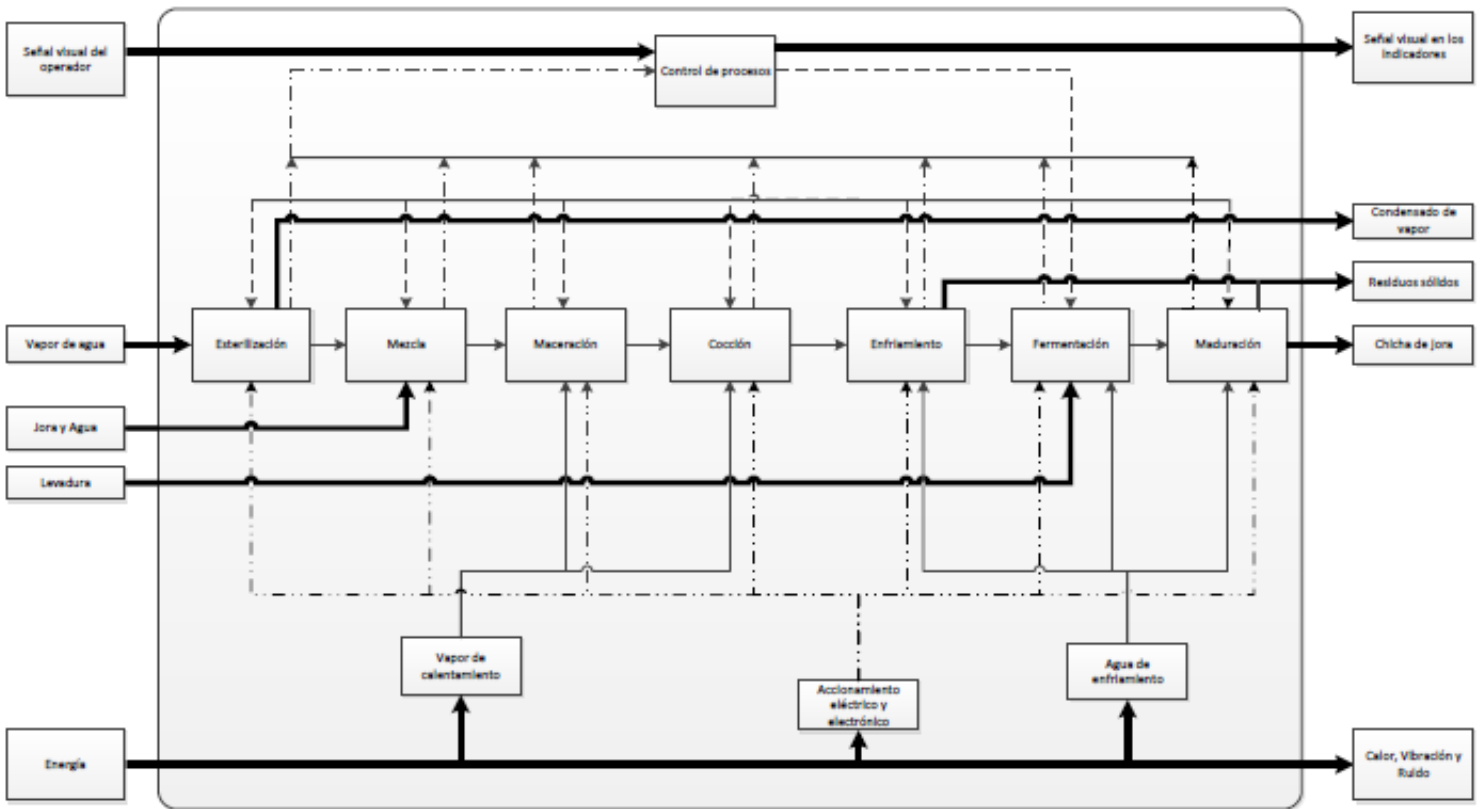
E	FABRICACIÓN: La fabricación de los elementos de la máquina deberán ser posibles en talleres de metalmecánica locales y se deberá facilitar toda la información necesaria para realizar dicha tarea (Planos de ensamble y despiece). En el diseño se deberá contemplar que la fabricación de las piezas sea posible y que además éstas sean económicas.	D.R.C.
E	MONTAJE: El montaje e instalación, así como el desmontaje de la máquina deberá ser sencillo para que esta pueda ser reubicada sin mayores complicaciones en diferentes instalaciones del lugar de funcionamiento. Además, el diseño contemplará facilidades tanto para montaje como para mantenimiento.	D.R.C.
E	MANTENIMIENTO: Debido a que el producto a tratar es de característica orgánico, este es un medio que puede resultar agresivo para el material, si no se hace la limpieza respectiva luego de cada uso. Es importante dar mantenimiento a la máquina para verificar las condiciones en las que se encuentran las piezas de las máquinas, debido a que el producto a obtener es para consumo humano.	D.R.C.
E	CALIDAD: El producto final deberá cumplir con las normas necesarias para su consumo como por ejemplo los siguientes reglamentos: - Reglamento sobre la vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. - DECRETO SUPREMO N° 007-98-SA (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas). Se debe garantizar un producto de calidad y adecuado para el consumo humano.	D.R.C.
E	ERGONOMÍA: La ubicación de los accionamientos manuales y electrónicos (como sensores o dispositivos de control) deberán brindarle al operario la suficiente comodidad para la maniobra de la máquina. En el diseño se tendrá como referencia lo indicado en la norma NTP 226 Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad y NTP 241 Mandos y señales: ergonomía de percepción.	D.R.C.
D	RECICLAJE: En nuestro diseño contempla que en el proceso se obtiene material de desperdicio para el proceso como el "afrecho" o residuos sólidos, lo cual puede juntarse y darle otra utilidad por sus características alimenticias.	D.R.C.
E	PLAZO DE ENTREGA: julio del 2013	D.R.C.

ANEXO 2: Estructura de funciones







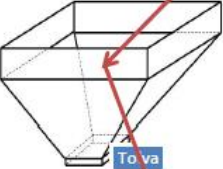
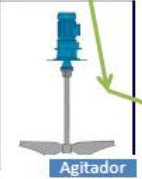

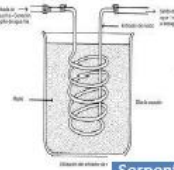

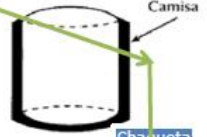
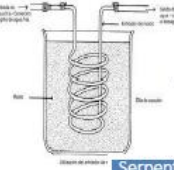

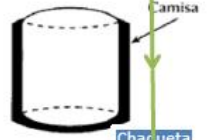



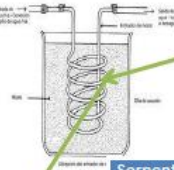
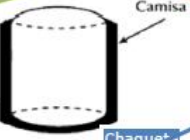

- Abstracción: Caja negra (Black Box)



- Estructura de funciones



ANEXO 3: Matriz morfológica

Funciones		Portadores de funciones		
		Solución 1	Solución 2	Solución 3
1	Recipientes a utilizar	 1 recipientes	 2 recipientes	
2	Esterilización	 Inyección de vapor	 Radiación UV	 Desinfección química
3	Carga de producto	 Manual	 To va	
4	Agitación y mezcla del fluido	 Agitador	 Recirculación	
5	Maceración	 Serpentín	 Resistencia eléctrica	 Chaqueta
6	Cocción	 Serpentín	 Resistencia eléctrica	 Chaqueta
7	Separación de sólidos	 Filtro	 Sedimentación	 Tamiz
8	Enfriamiento	 Serpentín	 Chaqueta	 Intercambiador de calor de placas

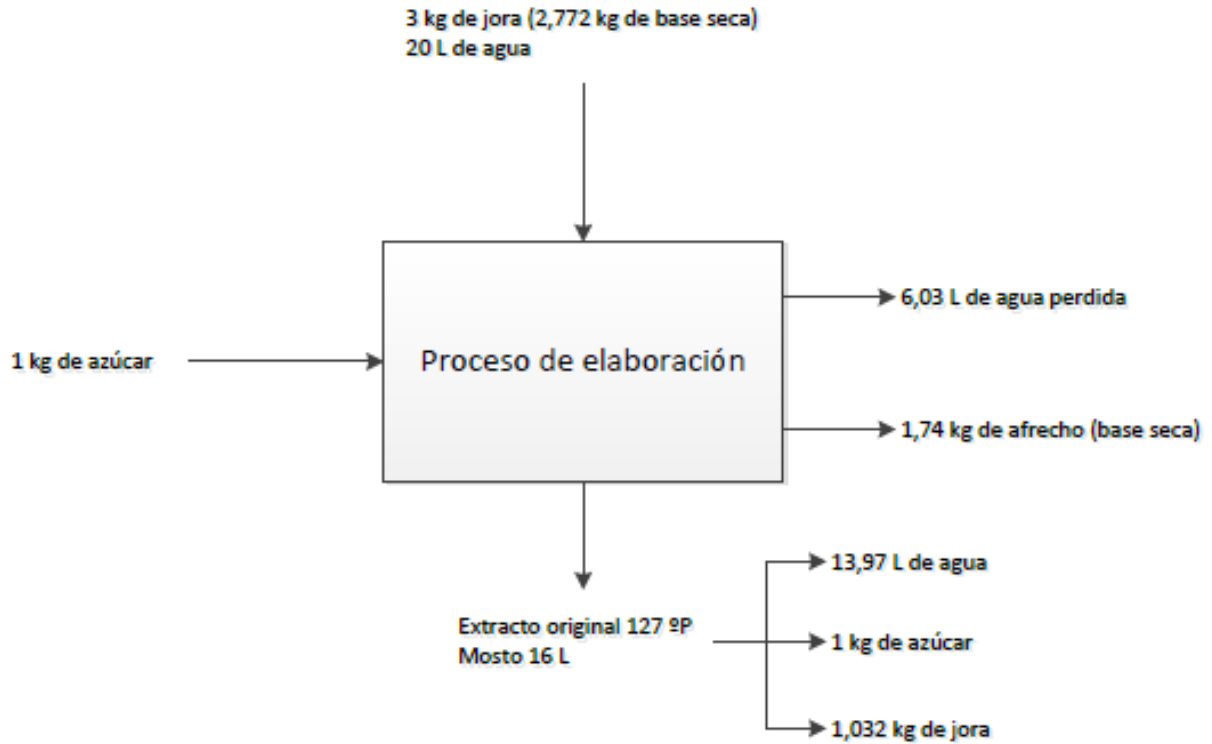
<p>9 Fermentación</p>	<p>Serpentín</p>	<p>Camisa</p> <p>Chaqueta</p>	
<p>10 Maduración</p>	<p>Serpentín</p>	<p>Camisa</p> <p>Chaqueta</p>	

Legenda:

- Solución 1
- Solución 2
- Solución 3



ANEXO 4: Balance de masas de materia prima y proporciones de materia prima



- Se calculan las proporciones de las cantidades de masa producto del proceso de elaboración.

- **Proporción de afrecho** = $\frac{1,74 \text{ kg}}{4 \text{ kg}} = 43,5 \%$
- **Proporción final de la jora** = $\frac{1,032 \text{ kg}}{4 \text{ kg}} = 25,8 \%$

- Una vez se tienen las proporciones de las cantidades de materia, se procede a calcular las cantidades según las cantidades usadas en el diseño.

- **Masa de afrecho** = $30,15\% \times 40 \text{ kg} = 17,40 \text{ kg}$
- **Masa final de jora** = $25,8\% \times 40 \text{ kg} = 10,32 \text{ kg}$

Luego determinamos la cantidad de materia prima utilizada:

- Masa de agua:

Para 180 L de agua:

$$\rho_{a.e.} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{agua} = 180 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \rho_{a.e.} = 180 \text{ kg}$$

- Masa de sólidos:

Usando la relación 4:1 se tendrá que si hay 180 kg de agua, entonces:

$$m_{sólidos} = \frac{m_{agua}}{4}$$

$$m_{sólidos} = \frac{180 \text{ kg}}{4} = 45 \text{ kg}$$

- Masa de azúcar:

$$m_{azúcar} = \frac{m_{sólidos}}{4}$$

$$m_{azúcar} = \frac{45 \text{ kg}}{4} = 11,25 \text{ kg}$$

- Volumen de azúcar:

$$V_{azúcar} = m_{azúcar} / \rho_{azúcar}$$

$$V_{azúcar} = \frac{11,25 \text{ kg}}{1590 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 7,08 \text{ L}$$

- Masa de jora o malta:

$$m_{jora} = \frac{3}{4} \times m_{sólidos}$$

$$m_{jora} = \frac{3}{4} \times 45 \text{ kg} = 33,75 \text{ kg}$$

- Volumen de jora:

$$V_{jora} = m_{jora} / \rho_{jora}$$

$$V_{jora} = \frac{33,75 \text{ kg}}{550 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 61,36 \text{ L}$$

- Masa de levadura *Saccharomyces Carlsbergensis*:

$$m_{jora} = 1\% \times 100 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \rho_{mosto} \times 60\% = 0,625 \text{ kg}$$

ANEXO 5: Cálculo de las dimensiones del recipiente.

Para estimar el diámetro del recipiente de calentamiento se usó que la relación entre altura del fluido y del diámetro del tanque ($H/D_t=2$).

$$V_T = V_{cono} + V_{cil.}$$

$$V_T = \left(\frac{\pi}{3} \times \frac{D_t}{2} \times \tan(\alpha) \times \left(\frac{D_t}{2} \right)^2 \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H \right)$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{24 \times V_T}{\pi \times (12 + \tan(\alpha))}}$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{24 \times 0,280}{\pi \times (12 + \tan(60^\circ))}}$$

$$D_t = 538,06 \text{ mm}$$

- Consideraremos un diámetro $D_t=545 \text{ mm}$

Para estimar el diámetro del rodete D_a :

$$D_a = 0,35 \times D_t$$

$$D_a = 0,35 \times 540 \text{ mm}$$

$$D_a = 189 \text{ mm} \cong 190 \text{ mm}$$

Para estimar el ancho del rodete:

$$W = \frac{D_a}{5}$$

$$W = \frac{189 \text{ mm}}{5}$$

$$W = 37,8 \text{ mm} \cong 38 \text{ mm}$$

Para estimar la longitud del álabe:

$$L_a = \frac{D_a}{4}$$

$$L_a = \frac{189 \text{ mm}}{4}$$

$$L_a = 47,25 \text{ mm} \cong 48 \text{ mm}$$

La distancia entre el agitador y el rotor del agitador deberá ser como mínimo el diámetro del rodete:

$$E_L = D_a$$

$$E_L = 190 \text{ mm}$$

Para estimar el ancho del baffle:

$$w_b = \frac{D_t}{12}$$

$$w_b = \frac{538,06 \text{ mm}}{12}$$

$$w_b = 44,84 \text{ mm} \cong 45 \text{ mm}$$

Para estimar el espesor del baffle, se usa la recomendación mostrada en las tablas:

$$e_b = \frac{w_b}{6}$$

$$e_b = 7,47 \text{ mm} \cong 8 \text{ mm}$$

Para estimar el diámetro del recipiente de enfriamiento se usó que la relación entre altura del fluido y del diámetro del tanque ($H/D_t=2$).

$$V_T = V_{cono} + V_{cil.}$$

$$V_T = \left(\frac{\pi}{3} \times \frac{D_t}{2} \times \tan(\alpha) \times \left(\frac{D_t}{2} \right)^2 \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H \right)$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{24 \times V_T}{\pi \times (12 + \tan(\alpha))}}$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{24 \times 0,160}{\pi \times (12 + \tan(45^\circ))}}$$

$$D_t = 454,72 \text{ mm}$$

- Consideraremos un diámetro $D_t=500 \text{ mm}$

Para estimar el diámetro del rodete D_a :

$$D_a = 0,35 \times D_t$$

$$D_a = 0,35 \times 454,72 \text{ mm}$$

$$D_a = 175,0 \text{ mm}$$

Para estimar el ancho del rodete:

$$W = \frac{D_a}{5}$$

$$W = \frac{175 \text{ mm}}{5}$$

$$W = 35 \text{ mm}$$

Para estimar la longitud del álabe:

$$L_a = \frac{D_a}{4}$$

$$L_a = \frac{175 \text{ mm}}{4}$$

$$L_a = 43,8 \text{ mm} \cong 45 \text{ mm}$$

La distancia entre el agitador y el rotor del agitador deberá ser como mínimo el diámetro del rodete:

$$E_L = D_a$$

$$E_L = 175 \text{ mm}$$

Para estimar el ancho del bafle:

$$w_b = \frac{D_t}{12}$$
$$w_b = \frac{454,72 \text{ mm}}{12}$$

$$w_b = 37,9 \text{ mm} \cong 38 \text{ mm}$$

Para estimar el espesor del bafle, se usa la recomendación mostrada en las tablas:

$$e_b = \frac{w_b}{6}$$

$$e_b = 6,30 \text{ mm} \cong 7 \text{ mm}$$



ANEXO 6: Hoja de cálculo de Excel para el dimensionamiento del recipiente de calentamiento

DIMENSIONAMIENTO DEL RECIPIENTE DE CALENTAMIENTO

	Valor diseño	Unid.	Valor nominal	Unid.	Valor comercial	Unid.
Volumen de trabajo	280	L	281.71			
Volumen de la base cónica	35.32	L	36.70	L		
Volumen del cuerpo cilíndrico	244.68	L	251.01	L		
Diámetro del tanque (D_t)	538.06	mm	545	mm		
Altura del líquido total (H)	1542.08	mm	1548	mm		
Altura del cono (H_{Fcono})	471.98	mm				
Altura cilindro (H_{cil})	1076.11	mm	1076			
Diámetro del rodete (D_a)	190.80	mm	240.0	mm		
Número de álabes recomendado	6	-				
Número de rodetes recomendado	1	-				
Espacio libre (E_L)	190.8	mm	190	mm		
Número de baffles	4					
Longitud de baffle (L_b)	945.9	mm	945	mm		
Ancho del baffle (w_b)	44.84	mm	45	mm		
Espesor baffles (e_b)	7.47	mm	8	mm	5/16	pulg

ANEXO 7: Hoja de cálculo de Excel para el dimensionamiento del recipiente de enfriamiento

DIMENSIONAMIENTO DEL RECIPIENTE DE ENFRIAMIENTO

	Valor diseño	Unid.	Valor nominal	Unid.	Valor comercial	Unid.
Volumen de trabajo	160	L	163.62	L		
Volumen de la base cónica	12.31	L	16.36	L		
Volumen del cuerpo cilíndrico	147.69	L	147.26	L		
Diámetro del tanque (D_t)	454.72	mm	500	mm		
Altura del líquido total (H)	1136.81	mm	1000	mm		
Altura del cono (H_{Fcono})	250	mm				
Altura cilindro (H_{Cil})	909.44	mm	750	mm		
Diámetro del rodete (D_a)	175	mm	250	mm		
Número de álabes recomendado	6	-				
Número de rodetes recomendado	1	-				
Espacio libre (E_L)	175	mm	175	mm		
Número de bafles	4					
Longitud de bafle (L_b)	652.5	mm	650	mm		
Ancho del bafle (w_b)	37.89	mm	38	mm		
Espesor bafles (e_b)	6.32	mm	6.5	mm	1/4	pulg

ANEXO 8: Cálculo de las cargas térmicas

1. Para llegar a los niveles del proceso de maceración:

$$V_f = 180 \text{ L}$$

$$\rho_{mosto} = 1045 \text{ kg/m}^3$$

$$m_f = V_f \times \rho_{mosto}$$

$$m_f = 180 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times 1045 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 188,1 \text{ kg}$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{m_f \times C_{p \text{ mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{188,1 \text{ kg} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (67^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C})}{900 \text{ s}}$$

$$\dot{Q}_1 = 45,54 \text{ kW}$$

2. Para llegar a los niveles del proceso de cocción:

$$V_f = 180 \text{ L}$$

$$\rho_{mosto} = 1045 \text{ kg/m}^3$$

$$m_f = V_f \times \rho_{mosto}$$

$$m_f = 180 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times 1045 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 188,1 \text{ kg}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{m_f \times C_{p \text{ mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{188,1 \text{ kg} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (100^\circ\text{C} - 62^\circ\text{C})}{900 \text{ s}}$$

$$\dot{Q}_2 = 23,77 \text{ kW}$$

3. Para el enfriamiento:

$$V_f = 100 \text{ L}$$

$$\rho_{mosto} = 1045 \text{ kg/m}^3$$

$$m_f = V_f \times \rho_{mosto}$$

$$m_f = 100 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times 1045 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 104,5 \text{ kg}$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{m_f \times C_{p \text{ mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

$$\dot{Q}_3 = \frac{104,5 \text{ kg} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (100^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}{900 \text{ s}}$$

$$\dot{Q}_3 = 43,79 \text{ kW}$$

4. Para llegar a los niveles del proceso de fermentación:

$$V_f = 100 \text{ L}$$

$$\rho_{mosto} = 1045 \text{ kg/m}^3$$

$$m_f = V_f \times \rho_{mosto}$$

$$m_f = 100 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times 1045 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 104,5 \text{ kg}$$

$$Q_4 = \frac{m_f \times C_{p \text{ mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

$$Q_4 = \frac{104,5 \text{ kg} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (20^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C})}{600 \text{ s}}$$

$$Q_4 = 9,49 \text{ kW}$$

5. Para llegar a los niveles del proceso de maduración:

$$V_f = 100 \text{ L}$$

$$\rho_{\text{mosto}} = 1045 \text{ kg/m}^3$$

$$m_f = V_f \times \rho_{\text{mosto}}$$

$$m_f = 100 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times 1045 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 104,5 \text{ kg}$$

$$Q_5 = \frac{m_f \times C_{p \text{ mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

$$Q_5 = \frac{104,5 \text{ kg} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (8^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C})}{900 \text{ s}}$$

$$Q_5 = 2,92 \text{ kW}$$

ANEXO 9: Hoja de cálculo de Excel para dimensionamiento del serpentín en el proceso de maceración.

Volumen de líquido (V_f)	180 L
Densidad (ρ_{mosto})	1045 kg/m ³
Masa de líquido (m_f)	188.1 kg
Diámetro interno del recipiente (D_t)	545.00 mm

Carga térmica para alcanzar la maceración

Temperatura mínima del fluido (T_{F5})	15 °C
Temperatura máxima del fluido (T_{CS})	67 °C
Calor específico del fluido ($C_{p\text{mosto}}$)	4.19 kJ/kg.°C
Masa de líquido (m_f)	188.1 kg
Calor necesario para la maceración (Q_1)	40983.23 kJ
Tiempo (t)	15 min
Potencia calorífica necesaria para la maceración (\dot{Q}_1)	45.54 kW

Se usa la siguiente ecuación para el cálculo de la potencia calorífica necesaria:

$$\dot{Q} = \frac{m_f \times C_{p\text{mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

Dimensionamiento del serpentín de calentamiento	
Para alcanzar los niveles del proceso de maceración	
Diámetro nominal tubería acero inoxidable AISI 316L (SCH 10S)	1 pulg
-Diámetro interno (ϕ_{is})	27.86 mm
-Diámetro externo (ϕ_{es})	33.40 mm
Potencia calorífica necesaria para la maceración (\dot{Q}_1)	45.54 kW
Vapor de agua para calentamiento	
Presión absoluta ($p_{v.a.}$)	2 bar
Temperatura de saturación ($T_{v.a.}$)	120.21 °C
Entalpía de vapor saturado a la entrada del serpentín (h_g)	2693.11 kJ/kg
Entalpía de líquido saturado a la entrada del serpentín (h_f)	467.13 kJ/kg
Calor latente del vapor de agua (h_{fg})	2225.98 kJ/kg
Flujo másico del vapor de agua ($\dot{m}_{v.a.}$)	0.020 kg/s
$\dot{m}_{v.a.} = \frac{\dot{Q}}{h_{fg}}$	
Temperatura ingreso del vapor de agua (T_{CE})	120.21 °C
Temperatura salida del vapor de agua (T_{CS})	120.21 °C

Temperatura media de masa (T_{bf}) $T_{bf} = \frac{T_{CE} + T_{CS}}{2}$	120.21 °C
Viscosidad dinámica de la fase vapor (μ_v) [x10 ⁻⁶]	12.963 N.s/m ²
Viscosidad dinámica de la fase líquida (μ_L) [x10 ⁻⁶]	231.616 N.s/m ²
Número de Prandtl de la fase líquida (Pr_L)	1.439 -
Densidad de la fase líquida (ρ_L)	942.937 kg/m ³
Densidad de la fase vapor (ρ_v)	1.129 kg/m ³
Conductividad térmica de la fase líquida del fluido (k_L)	0.683 W/m.°C
Calidad de entrada del vapor (X_i)	1.000 -
Calidad de salida del vapor (X_s)	0.000 -
Cambio de calidad (Δx)	0.100 -
Calidad promedio (\bar{x})	0.050 -
Velocidad del fluido dentro de la tubería ($v_{v.a.}$) $v_{v.a.} = \frac{4\dot{m}_{v.a.}}{\pi\phi_{is}^2 \rho_v} \quad 20 < v_{v.a.} < 30$	29.71 m/s
Velocidad de masa superficial (G) $G = \frac{4\dot{m}_{v.a.}}{\pi\phi_{is}^2}$	33.55 kg/m ² .s
Número de tramos para el análisis	10.00 -

Cálculo para flujo másico alto

* Las ecuaciones utilizadas para este caso:

$$Re_v = \frac{G\phi_{is}\bar{x}}{\mu_v} \quad Re_v < 35000$$

$$Nu_{1j} = 0,0054 Re_v^{0,9} Pr_L^{0,65} \frac{\mu_v}{\mu_L} \left(\frac{\rho_L}{\rho_v}\right)^{0,5}$$

$$\alpha_{1j} = \frac{Nu_{1j} \times k_L}{\phi_{is}}$$

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{1j}}\right) + \left(\frac{\phi_{is} \ln\left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}}\right)}{2k_{ac}}\right)}$$

$$Nu_{2j} = 0,6 Re_f^{0,5} Pr_f^{0,31} \quad \text{para: } 50 < Re_f < 10^4$$

$$Nu_{2j} = 0,36 Re_f^{0,55} Pr_f^{0,33} \left(\frac{\mu_f}{\mu_{w1}}\right)^{0,14} \quad \text{para: } Re_f > 10^4$$

$$\alpha_{2j} = \frac{k_f \times Nu_{2j}}{\phi_{es}}$$

$$T_{w1j} = \frac{(\alpha_{1j}' \times T_{v.a.} \times \phi_{is}) + (\alpha_{2j}' \times T_{b2} \times \phi_{es})}{(\alpha_{1j}' \times \phi_{is}) + (\alpha_{2j}' \times \phi_{es})}$$

$$L_{ij} = \frac{\dot{m}_{v.a.} \times h_{fg} \times \Delta X}{\pi \times \phi_{is} \times \alpha_{1j}' \times (T_{v.a.} - T_{w1})}$$

Tramo 1	
Reynolds de vapor (Re_v)	68506.02 -
Nusselt interior (Nu_{1j})	248.92 -
Coefficiente de convección interno (α_{1j})	6103.67 W/m ² .°C
Longitud tramo (L_{ij})	0.67 m
Coefficiente de convección interno parcial (α_{ij})	3136.96 W/m ² .°C
Temperatura superficial (T_{w1j})	95.29 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	296.469 N.s/m ²
Dif. Temperaturas (ΔT)	24.92 °C
Nusselt exterior (Nu_{2j})	860.73 -
Coefficiente de convección externo (α_{2j})	1200.96 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	95.29 °C
Tramo 2	
Reynolds de vapor (Re_v)	61294.86 -
Nusselt interior (Nu_{1j})	225.21 -
Coefficiente de convección interno (α_{1j})	5522.26 W/m ² .°C
Longitud tramo (L_{ij})	0.68 m
Coefficiente de convección interno parcial (α_{ij})	2975.93 W/m ² .°C
Temperatura superficial (T_{w1j})	94.41 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	299.381 N.s/m ²
Dif. Temperaturas (ΔT)	25.80 °C
Nusselt exterior (Nu_{2j})	859.55 -
Coefficiente de convección externo (α_{2j})	1199.32 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	94.41 °C
Tramo 3	
Reynolds de vapor (Re_v)	54083.70 -
Nusselt interior (Nu_{1j})	201.22 -
Coefficiente de convección interno (α_{1j})	4933.95 W/m ² .°C
Longitud tramo (L_{ij})	0.69 m
Coefficiente de convección interno parcial (α_{ij})	2796.25 W/m ² .°C
Temperatura superficial (T_{w1j})	93.34 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	302.933 N.s/m ²
Dif. Temperaturas (ΔT)	26.87 °C
Nusselt exterior (Nu_{2j})	858.14 -
Coefficiente de convección externo (α_{2j})	1197.34 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	93.34 °C
Tramo 4	
Reynolds de vapor (Re_v)	46872.54 -
Nusselt interior (Nu_{1j})	176.90 -

Coeficiente de convección interno (α_{1j})	4337.72 W/m ² .°C
Longitud tramo (L_{ij})	0.71 m
Coeficiente de convección interno parcial (α_{ij})	2594.17 W/m ² .°C
Temperatura superficial (T_{w1j})	92.03 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	307.405 N.s/m ²
Dif. Temperaturas (ΔT)	28.18 °C
Nusselt exterior (Nu_{2j})	856.38 -
Coeficiente de convección externo (α_{2j})	1194.89 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	92.03 °C
Tramo 5	
Reynolds de vapor (Re_v)	39661.38 -
Nusselt interior (Nu_{1j})	152.21 -
Coeficiente de convección interno (α_{1j})	3732.21 W/m ² .°C
Longitud tramo (L_{ij})	0.74 m
Coeficiente de convección interno parcial (α_{ij})	2364.73 W/m ² .°C
Temperatura superficial (T_{w1j})	90.38 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	313.224 N.s/m ²
Dif. Temperaturas (ΔT)	29.83 °C
Nusselt exterior (Nu_{2j})	854.13 -
Coeficiente de convección externo (α_{2j})	1191.75 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	90.38 °C
Tramo 6	
Reynolds de vapor (Re_v)	32450.22 -
<ul style="list-style-type: none"> Para los otros tramos se calcula con la correlación para flujo másico bajo 	
Cálculo Para flujo másico bajo	
Tramos restantes teóricos	5 -
Temperatura superficial (T_{w1})	97.20 °C
Temperatura media de película (T_{Ff})	108.71 °C
$T_{Ff} = \frac{T_{bf} + T_{w1}}{2}$	
Densidad de la fase líquida a temperatura de Película (ρ_L')	951.95 kg/m ³
Conductividad térmica de fase líquida a temperatura de película (k_L')	0.681412 W/m°C
Viscosidad dinámica fase líquida a temperatura de película (μ_L') [x10 ⁻⁶]	257.994 N.s/m ²
Calor especif. a presión const. de fase líquida a temp. de película (C_{pL})	4.22652 kJ/kg°C
Cambio total de entalpía para condensación pelicular (h'_{fg})	2262.54 kJ/kg°C
$h'_{fg} = h_{fg} + \frac{3}{8} C_{pL} (T_{v.a.} - T_{w1})$	
Coeficiente de convección interno (α_{1j})	7.77 kW/m ² °C
$\alpha_{1j} = 0,555 \left(\frac{\rho_L' (\rho_L' - \rho_v') g h'_{fg} k_L'^3}{\mu_L' \phi_{is} (T_{v.a.} - T_{w1})} \right)^{0,25}$	

Coeficiente de convección interno parcial (α_{ij})	3525.62 W/m ² .°C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	290.417 N.s/m ²
Nusselt exterior (Nu_{2j})	863.22 -
Coeficiente de convección externo (α_{2j})	1204.43 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	97.20 °C
Longitud tramo (L_{ij})	3.21 m
Longitud total de tubería (L_i) $L_i = \sum_{j=1}^n L_{ij}$	6.69 m
Coeficiente de convección interior (α_1) $\alpha_1 = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{1j} L_{ij}}{L_i}$	6273.16 W/m ² .°C
Reynolds de fluido a calentar (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times D_E}{\mu_f}$	480074.37 -
Velocidad externa del fluido (v_f)	0.65 m/s
Diámetro equivalente Carcaza (D_E) $D_E = \frac{4 \times V}{\pi \times \phi_{es} \times L_s}$	0.453 m
Volumen libre ocupado por el fluido (V) $V = \frac{\pi}{4} \cdot [N \cdot P_s \cdot (D_t^2) - (\phi_{es}^2 \cdot L_s)]$	0.0871 m ³
Número de espiras (N)	6.00 -
Longitud tubería (L_s) $L_s = N \cdot \sqrt{P_s^2 + (\pi \cdot D_H)^2}$	7328 mm
Paso (P_s) $P_s = 1,5 \cdot \phi_{es}$	67 mm
D_H $D_H = D_t - 2w_b - 2\phi_{es}$	388 mm
D_{H1} $D_{H1} = D_H - \phi_{es}$	355 mm
D_{H2} $D_{H2} = D_H + \phi_{es}$	422 mm
Temperatura inicial del fluido (T_{FE})	15 °C
Temperatura final del fluido (T_{FS})	67 °C
Temperatura de masa del fluido (T_{bf}) $T_{bf} = \frac{T_{FE} + T_{FS}}{2}$	41 °C
Número de Prandtl del fluido a la temperatura de masa (Pr_f)	4.238 -
Viscosidad dinámica del fluido a la temperatura de masa (μ_f) [x10 ⁻⁶]	640.903 N.s/m ²
Conductividad térmica del fluido a la temperatura de masa (k_f)	0.632 W/m.°C
Conductividad térmica acero (k_{ac})	16.3 W/m.°C
Coeficiente de convección exterior (α_2) $\alpha_2 = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{2j} L_{ij}}{L_i}$	1200.42 W/m ² .°C

<p>Coefficiente global de transmisión (k_G)</p> $k_G = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_2}\right) + \left(\frac{\phi_{es} \ln\left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}}\right)}{2k_{ac}}\right) + \left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}\alpha_1}\right)}$	826.53 W/m ² .°C
<p>DMLT</p> $DMLT = \frac{(T_{CE} - T_{FS}) - (T_{CS} - T_{FE})}{\ln\left(\frac{(T_{CE} - T_{FS})}{(T_{CS} - T_{FE})}\right)}$	76.28 °C
Temperatura de entrada fluido caliente (T_{CE})	120.21 °C
Temperatura de salida fluido caliente (T_{CS})	120.21 °C
Temperatura de entrada fluido frío (T_{FE})	15.00 °C
Temperatura de salida fluido frío (T_{FS})	67.00 °C
Comprobación de las dimensiones del serpentín	
<p>Volumen desplazado por el serpentín (V_{DS})</p> $V_{DS} = \left(\frac{\pi}{4} \times \phi_{es}^2\right) \times L_s$	6.42 L
<p>Volumen desplazado por los sólidos (V_{DM})</p> $V_{DM} = V_{azúcar} + V_{jora}$	60.83 L
<p>Volumen del fluido en el cono ($V_{f\ cono}$)</p> $V_{f\ cono} = \frac{\pi}{24} \times \tan(\alpha) \times D_t^3$	36.70 L
<p>Volumen del fluido en el cilindro ($V_{f\ cil}$)</p> $V_{f\ cil} = V_f - V_{f\ cono}$	143.30 L
<p>Altura del fluido en el interior del cilindro (H_{FC})</p> $H_{FC} = \frac{4V_{f\ cil}}{\pi D_t^2} + \frac{4(V_{DS} + V_{DM})}{\pi D_t^2}$	902.57 mm
<p>Altura del serpentín de calentamiento (H_S)</p> $H_S = (N \cdot P_s) + \phi_{es}$	534.21 mm
<p>Área de transferencia (A_T)</p> $A_T = \pi \times L'_i \times \phi_{es}$	768978.69 mm ²
<p>Área de transferencia comprobada ($A_{T'}$)</p> $A_{T'} = \frac{\dot{Q}_j}{k_G \times DMLT}$	722253.31 mm ²
<p>Longitud de tubería del serpentín (L_t)</p> $L_t = \frac{A_{T'}}{\pi \phi_{es}}$	6883.04 mm
<p>Número de vueltas comprobadas (N')</p> $N' = \frac{L_t}{\sqrt{P_s^2 + (\pi \cdot D_H)^2}}$	5.64 -

ANEXO 10: Hoja de cálculo de Excel para el dimensionamiento del serpentín en el proceso de cocción.

Volumen de líquido (V_f)	180 L
Densidad (ρ_{mosto})	1045 kg/m ³
Masa de líquido (m_f)	188.1 kg
Diámetro interno del tanque (D_t)	540.00 mm
Carga térmica para alcanzar la cocción	
Temperatura mínima del fluido (T_{FS})	62 °C
Temperatura máxima del fluido (T_{CS})	100 °C
Calor específico del fluido ($C_{p_{mosto}}$)	4.19 kJ/kg.°C
Masa de líquido (m_f)	188.1 kg
Calor necesario para la maceración (Q_2)	29949.28 kJ
Tiempo (t)	21 min
Potencia calorífica necesaria para la maceración (\dot{Q}_2)	23.77 kW

Se usa la siguiente ecuación para el cálculo de la potencia calorífica necesaria:

$$\dot{Q} = \frac{m_f \times C_{p_{mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

Dimensionamiento del serpentín de calentamiento	
Para alcanzar los niveles del proceso de cocción	
Diámetro nominal tubería acero inoxidable AISI 316L (SCH 10S)	1 pulg
Diámetro interno (ϕ_{is})	27.86 mm
Diámetro externo (ϕ_{es})	33.40 mm
Potencia calorífica necesaria para la maceración (\dot{Q}_2)	23.77 kW
Vapor de agua para calentamiento	
Presión absoluta ($p_{v.a.}$)	2 bar
Temperatura de saturación ($T_{v.a.}$)	120.21 °C
Entalpía de vapor saturado a la entrada del serpentín (h_g)	2693.11 kJ/kg
Entalpía de vapor saturado a la entrada del serpentín (h_f)	467.13 kJ/kg
Calor latente del vapor de agua (h_{fg})	2225.98 kJ/kg
Flujo del vapor de agua ($\dot{m}_{v.a.}$)	0.011 kg/s
$\dot{m}_{v.a.} = \frac{\dot{Q}}{h_{fg}}$	
Temperatura ingreso del vapor de agua (T_{CE})	120.21 °C
Temperatura salida del vapor de agua (T_{CS})	120.21 °C
Temperatura media de masa (T_{bf})	120.21 °C
$T_{bf} = \frac{T_{CE} + T_{CS}}{2}$	
Viscosidad dinámica de la fase vapor (μ_v)	12.963 N.s/m ²

Viscosidad dinámica de la fase líquida (μ_L)	231.616 N.s/m ²
Número de Prandtl de la fase líquida (Pr_L)	1.439 -
Densidad de la fase líquida (ρ_L)	942.937 kg/m ³
Densidad de la fase vapor (ρ_v)	1.129 kg/m ³
Conductividad térmica de la fase líquida del fluido (k_L)	0.683 W/m.°C
Calidad de entrada del vapor (X_i)	1.000 -
Calidad de salida del vapor (X_s)	0.000 -
Cambio de calidad (Δx)	0.100 -
Calidad promedio (\bar{x})	0.050 -
Velocidad del fluido dentro de la tubería ($v_{v.a.}$)	15.51 m/s
$v_{v.a.} = \frac{4\dot{m}_{v.a.}}{\pi\phi_{is}^2\rho_v} \quad 20 < v_{v.a.} < 30$	
Velocidad de masa superficial (G)	17.51 kg/m ² .s
$G = \frac{4\dot{m}_{v.a.}}{\pi\phi_{is}^2}$	
Número de tramos para el análisis	10.00 -

Cálculo para flujo másico alto

* Las ecuaciones utilizadas para este caso:

$$Re_v = \frac{G\phi_{is}\bar{x}}{\mu_v} \quad Re_v < 35000$$

$$Nu_{1j} = 0,0054 Re_v^{0,9} Pr_L^{0,65} \frac{\mu_v}{\mu_L} \left(\frac{\rho_L}{\rho_v}\right)^{0,5}$$

$$\alpha_{1j} = \frac{Nu_{1j} \times k_L}{\phi_{is}}$$

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1}\right) + \left(\frac{\phi_{is} \ln\left(\frac{\phi_{ss}}{\phi_{is}}\right)}{2k_{ac}}\right)}$$

$$Nu_{2j} = 0,6 Re_f^{0,5} Pr_f^{0,31} \quad \text{para: } 50 < Re_f < 10^4$$

$$Nu_{2j} = 0,36 Re_f^{0,55} Pr_f^{0,33} \left(\frac{\mu_f}{\mu_{w1}}\right)^{0,14} \quad \text{para: } Re_f > 10^4$$

$$\alpha_{2j} = \frac{k_f \times Nu_{2j}}{\phi_{ss}}$$

$$T_{w1j} = \frac{(\alpha_1' \times T_{v.a.} \times \phi_{is}) + (\alpha_2' \times T_{D2} \times \phi_{ss})}{(\alpha_1' \times \phi_{is}) + (\alpha_2' \times \phi_{ss})}$$

$$L_{ij} = \frac{\dot{m}_{v.a.} \times h_{fg} \times \Delta \bar{x}}{\pi \times \phi_{is} \times \alpha_1' \times (T_{v.a.} - T_{w1})}$$

Tramo 1	
Reynolds de vapor (Re_v)	35758.64 -
Nusselt interior (Nu_{1j})	138.66 -

Coeficiente de convección interno (α_{1j})	3399.99 W/m ² .°C
Longitud tramo (L_{ij})	0.78 m
Coeficiente de convección interno parcial (α_{ij})	2226.86 W/m ² .°C
Temperatura superficial (T_{w1j})	104.66 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	268.524 N.s/m ²
Dif. Temperaturas (ΔT)	15.55 °C
Nusselt exterior (Nu_{2j})	869.91 -
Coeficiente de convección externo (α_{2j})	1220.97 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	104.66 °C
Tramo 2	
Reynolds de vapor (Re_v)	31994.57 -

- Para los siguientes tramos se hace uso de la correlación para flujo másico bajo.

Cálculo Para flujo másico bajo	
Tramos restantes teóricos	9 -
Temperatura superficial (T_{w1})	109.34 °C
Temperatura media de película (T_{Ff}) $T_{Ff} = \frac{T_{bf} + T_{w1}}{2}$	114.78 °C
Densidad de la fase líquida a temperatura de Película ($\rho_{L'}$)	947.254 kg/m ³
Conductividad térmica de fase líquida a temperatura de película ($k'_{L'}$)	0.682535 W/m°C
Viscosidad dinámica fase líquida a temperatura de película ($\mu_{L'}$) [x10 ⁻⁶]	243.387 N.s/m ²
Calor especif. a presión const. de fase líquida a temp. de película (C_{pL})	4.23525 kJ/kg°C
Cambio total de entalpía para condensación pelicular (h'_{fg}) $h'_{fg} = h_{fg} + \frac{3}{8} C_{pL} (T_{v.a.} - T_{w1})$	2243.25 kJ/kg°C
Coeficiente de convección interno (α_{1j}) $\alpha_{1j} = 0,555 \left(\frac{\rho_{L'}(\rho_{L'} - \rho_{v'}) g h'_{fg} k_{L'}^3}{\mu_{L'} \phi_{is} (T_{v.a.} - T_{w1})} \right)^{0,25}$	9.48 kW/m ² °C
Coeficiente de convección interno parcial (α_{ij})	3839.49 W/m ² .°C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]	256.336 N.s/m ²
Nusselt exterior (Nu_{2j})	8783.44 -
Coeficiente de convección externo (α_{2j})	1225.673 W/m ² .°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1j})	109.34 °C
Longitud tramo (L_{ij})	5.87 m
Longitud total de tubería (L_i) $L_i = \sum_{j=1}^n L_{ij}$	6.65 m
Coeficiente de convección interior (α_1) $\alpha_1 = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{1j} L_{ij}}{L_i}$	8761.31 W/m ² .°C

Reynolds de fluido a calentar (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times D_E}{\mu_f}$	480074.37 -
Velocidad externa del fluido (v_f)	0.65 m/s
Diámetro equivalente Carcaza (D_E) $D_E = \frac{4 \times V}{\pi \times \phi_{es} \times L_s}$	0.453 m
Volumen libre ocupado por el fluido (V) $V = \frac{\pi}{4} \cdot [N \cdot P_s \cdot (D_t^2) - (\phi_{es}^2 \cdot L_s)]$	0.0871 m ³
Número de espiras (N)	6.00 -
Longitud tubería (L_s) $L_s = N \cdot \sqrt{P_s^2 + (\pi \cdot D_H)^2}$	7328 mm
Paso (P) $P_s = 1,5 \cdot \phi_{es}$	67 mm
D_H $D_H = D_t - 2w_b - 2\phi_{es}$	388 mm
D_{H1} $D_{H1} = D_H - \phi_{es}$	355 mm
D_{H2} $D_{H2} = D_H + \phi_{es}$	422 mm
Temperatura inicial del fluido (T_{FE})	62 °C
Temperatura final del fluido (T_{FS})	100 °C
Temperatura de masa del fluido (T_{bf}) $T_{bf} = \frac{T_{FE} + T_{FS}}{2}$	81 °C
Número de Prandtl del fluido a la temperatura de masa (Pr_f)	4.238 -
Viscosidad dinámica del fluido a la temperatura de masa (μ_f) [x10 ⁻⁶]	640.903 N.s/m ²
Conductividad térmica del fluido a la temperatura de masa (k_f)	0.632 W/m.°C
Conductividad térmica acero (k_{ac})	16.3 W/m.°C
Coeficiente de convección exterior (α_2) $\alpha_2 = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{2j} L_{ij}}{L_i}$	1224.73 W/m ² .°C
Coeficiente global de transmisión (k_G) $k_G = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_2}\right) + \left(\frac{\phi_{es} \ln\left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}}\right)}{2k_{ac}}\right) + \left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}\alpha_1}\right)}$	877.91 W/m ² .°C

DMLT $DMLT = \frac{(T_{CE} - T_{FS}) - (T_{CS} - T_{FE})}{\ln\left(\frac{(T_{CE} - T_{FS})}{(T_{CS} - T_{FE})}\right)}$	35.92 °C
Temperatura de entrada fluido caliente (T_{CE})	120.21 °C
Temperatura de salida fluido caliente (T_{CS})	120.21 °C
Temperatura de entrada fluido frío (T_{FE})	62.00 °C
Temperatura de salida fluido frío (T_{FS})	100.00 °C
Comprobación de las dimensiones del serpentín	
Volumen desplazado por el serpentín (V_{DS}) $V_{DS} = \left(\frac{\pi}{4} \times \phi_{es}^2\right) \times L_S$	6.42 L
Volumen desplazado por los sólidos (V_{DM}) $V_{DM} = V_{azúcar} + V_{jora}$	60.83 L
Volumen del fluido en el cono ($V_{f\ cono}$) $V_{f\ cono} = \frac{\pi}{24} \times \tan(\alpha) \times D_t^3$	36.70 L
Volumen del fluido en el cilindro ($V_{f\ cil}$) $V_{f\ cil} = V_f - V_{f\ cono}$	143.30 L
Altura del fluido en el interior del cilindro (H_{FC}) $H_{FC} = \frac{4V_{f\ cil}}{\pi D_t^2} + \frac{4(V_{DS} + V_{DM})}{\pi D_t^2}$	902.57 mm
Altura del serpentín de calentamiento (H_S) $H_S = (N \cdot P_S) + \phi_{es}$	534.21 mm
Área de transferencia (A_T) $A_T = \pi \times L'_i \times \phi_{es}$	768978.69 mm ²
Área de transferencia comprobada ($A_{T'}$) $A_{T'} = \frac{\dot{Q}_j}{k_G \times DMLT}$	753690.22 mm ²
Longitud de tubería del serpentín (L_t) $L_t = \frac{A_{T'}}{\pi \phi_{es}}$	7182.63 mm
Número de vueltas comprobadas (N') $N' = \frac{L_t}{\sqrt{P_S^2 + (\pi \cdot D_H)^2}}$	5.88 -

ANEXO 11: Hojas de cálculo de Excel para el estimado del agua evaporada en el proceso de cocción.

Volumen de líquido (V _l)	180 L
Densidad (ρ)	1045 kg/m ³
Masa de líquido (m _l)	188.1 kg
Diámetro interno del tanque (D _t)	545.00 mm

Cálculo de coeficiente de convección externo (α_{2e})

Temperatura superficial (T _{w1})	111.39 °C
Temperatura de saturación del fluido (T _f)	100 °C
Presión absoluta del fluido (p _f)	1 bar
Coeficiente convectivo de ebullición (α _{2e}) $\alpha_{2e} = 0,0108491 (T_{w1} - T_f)^{\frac{0,72}{0,28}} p_f^{0,24}$	5.66 kW/m ² .°C
Temperatura de masa del vapor de agua (T _{b_f}) $T_{bf} = \frac{T_{CE} + T_{CS}}{2}$	120.212 °C
Temperatura masa interna recipiente (T _f)	100.00 °C
Flujo de calor evacuado (Q̇ _{ev}) $\dot{Q}_{ev} = \frac{2\pi L_i (T_{v.a.} - T_f)}{\left(\frac{2}{\alpha_1 \phi_{is}}\right) + \left(\frac{\ln\left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}}\right)}{k_{ac}}\right) + \left(\frac{2}{\alpha_2 \phi_{es}}\right)}$	31.13 kW
Temperatura superficial comprobada (T _{w'}) $T_w' = \frac{(\alpha_1 \times \phi_{is} \times T_{v.a.}) + (\alpha_{2e} \times \phi_{es} \times T_f)}{(\alpha_1 \times \phi_{is}) + (\alpha_{2e} \times \phi_{es})}$	111.39 °C
Tiempo de cocción (t _{cocción})	5400 s
Masa de fluido evaporado (m _{ev}) $m_{ev} = \frac{\dot{Q}_{ev} \times t_{cocción}}{h_{fg_{ev}}}$	74.49 kg
Volumen de fluido evaporado	74.49 L

ANEXO 12: Hojas de cálculo de Excel para el estimado del espesor de aislamiento térmico para el calentamiento.

Cálculo espesor de aislante	
Coeficiente de convección de ebullición (α_{2e})	5.66 kW/m ² .°C
Coeficiente de convección fuera del recipiente (α_{3r}) $\alpha_3 = 1,32 \left(\frac{T_{W2} - T_{amb}}{D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c} \right)^{\frac{1}{4}}$ $\alpha_{3r} = \alpha_3 + \frac{\epsilon_r \cdot \sigma \cdot ((T_{W2} + 273)^4 - (T_{amb} + 273)^4)}{T_{W2} - T_{amb}}$	3.79 W/m ² .K
Régimen	Laminar -
Factor C	1.32 -
Temperatura superficial (T_{W2})	41.15 °C
Temperatura ambiente (T_{amb}) <i>* se considera el valor mínimo.</i>	12 °C
Temperatura masa interna recipiente (T_f)	100 °C
Coeficiente de radiación (ϵ)	0.05
Constante de Steffan-Boltzmann (σ)	5.6697E-08 W/m ² K ⁴
Diámetro Externo 1 ($D_{t_{ext}} + 2e$)	601.800 mm
Diámetro Externo 2 ($D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c$)	602.800 mm
Espesor aislante (e)	1 pulg
Conductividad aislante (k_{ai})	0.05 W/m.°C
Diámetro interno del recipiente (D_t)	545.00 mm
Diametro externo del recipiente ($D_{t_{ext}}$)	551.00 mm
Longitud recipiente (L_c)	1076.00 mm
Conductividad térmica acero (k_{ac})	16.3 W/m.°C
Espesor de chapa protectora (e_c)	0.5 mm
Conductividad térmica del aluminio (k_{Al})	209.3 W/m.°C
Flujo de calor evacuado (\dot{Q}_{ex}) $\dot{Q}_{ex} = \frac{2\pi L_r (T_f - T_{amb})}{\left(\frac{2}{\alpha_{2e} D_t} \right) + \left(\frac{\ln \left(\frac{D_{t_{ext}}}{D_t} \right)}{k_{ac}} \right) + \left(\frac{\ln \left(\frac{D_{t_{ext}} + 2e}{D_{t_{ext}}} \right)}{k_{ai}} \right) + \left(\frac{\ln \left(\frac{D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c}{D_{t_{ext}} + 2e} \right)}{k_{ai}} \right) + \left(\frac{2}{\alpha_{3r} (D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c)} \right)}$	0.23 kW
Temperatura superficial comprobada (T'_{W2}) $T'_{W2} = \left(\frac{\dot{Q}_{ex}}{\alpha_{3r} \pi L_c (D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c)} \right) + T_{amb}$	41.19 °C

- Documento de Rockwool referente a las características del aislamiento térmico usado.

MANTA ARMADA 160

DESCRIPCIÓN

Fieltro de lana de roca cosido por una cara a una malla de acero galvanizado. Todos los espesores presentados en una sola capa. Temperatura máxima 650°C (750°C en punta).



APLICACIONES

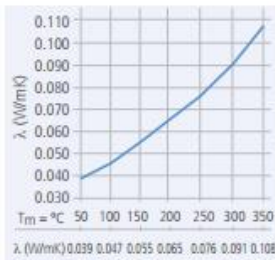
Aislamiento térmico y acústico de conductos de gran diámetro, depósitos, tanques de almacenamiento y equipos industriales con superficies irregulares.

Densidad nominal

70 kg/m³

Conductividad térmica

Ensayo realizado según norma UNE-EN 12667



Dimensiones (mm)

LARGO x ANCHO	4.800 x 1.000
ESPESOR (mm)	40 50 60 70
LARGO x ANCHO	2.400 x 1.000
ESPESOR (mm)	80 100

Aislamiento acústico

La aplicación de mantas armadas contribuye a la reducción del ruido generado por el transporte de fluidos en tuberías.

Concentración de cloruros

< 10 mg/kg.
Calificado como AS, lo que permite su uso sobre superficies de acero inoxidable.

Temperatura de trabajo

600°C en régimen continuo.
Norma EN 14706, 750°C en punta. Norma ASTM C411.

Calor específico

0.84 kJ/kg K a 20°C

Comportamiento al agua

Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura no capilar.

Resistencia al paso del vapor de agua

Similar al del aire μ ± 1.3
Absorción al vapor de agua según ASTM C1104 / C1104M, es de ± 0,02% de su volumen.

Reacción al fuego

Euroclase: A1 (incombustible)
Según norma 13501.1

INSTALACIÓN MANTA 159 - 160

Las mantas se desenrollan, se cortan a la longitud adecuada según el desarrollo del elemento a aislar, y se fija mediante una lazada de hilo de acero de las extremidades de la malla. En caso de aparatos o tuberías verticales, debe preverse el sostén mecánico de las mantas, mediante anillos o elementos similares. La colocación de los productos debe realizarse en seco. Las normas recomiendan el revestimiento del aislante. Consúltenos su problema particular.

- Propiedades y características de los materiales de los aislamientos térmicos. Información obtenida de las separatas del curso de transferencia de calor.

PROPIEDADES DE MATERIALES AISLANTES

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m°C				Rango de Temperatura °C	Densidad kg/m ³	Resistencia a la Compresión kg/cm ²	Agua absorbida en Inmersión % en Volumen
	-70°C	20°C	90°C	260°C				
Fibra de Vidrio	0.029	0.034	0.037	0.072	-30 a 450	40 - 100	0.18 (*)	alta (65%)
Lana Mineral			0.050	0.075	15 a 1000	120 - 130	0.11 (*)	alta (70%)
Vidrio Celular	0.039	0.051	0.061	0.094	-150 a 600	130 - 140	7.10	mínima (0.2%)
Polisocianurato		0.020			-150 a 140	30 - 40	2.05	baja (0.7%)
Poliestireno	0.026	0.033			-40 a 100	30 - 40	3.20	baja
Poliuretano	0.020	0.029	0.036		-50 a 90	30 - 40	2.10	baja (1.6%)
Silicato de Calcio			0.061	0.079	15 a 815	170 - 240	7.1 (**)	alta (75%)
Perlita			0.068	0.084	15 a 815	80 - 200	6.3 (**)	media (16%)
Magnesia (85%)		0.058	0.062	0.072	15 a 350	200	4.3 (**)	media

* 10% de Deformación

** 5% de Deformación

CARACTERISTICAS DE LOS AISLAMIENTOS

MATERIAL	CARACTERISTICAS DE APLICACION
Fibra de Vidrio Lana Mineral	Requiere de barrera de vapor en servicio de baja temperatura. Material de uso general desde baja a media temperatura.
Vidrio Celular	Se deteriora al contacto con soluciones alcalinas (10% NaOH). Muy poca resistencia al desgaste por abrasión.
Polisocianurato	Deterioro significativo con ácidos y soluciones orgánicas. Generalmente puede ser reemplazado por POLIURETANO. Uso principal a bajas temperaturas.
Poliestireno	Excelente comportamiento a bajas temperaturas, menos de 0°C. Es atacado por resinas de fenol.
Poliuretano	Deterioro significativo con ácidos y soluciones orgánicas. Buena resistencia contra el vapor de agua y humedad.
Silicato de Calcio Perlita	Tienen alta absorbencia de agua y humedad, pero fáciles de ser secados sin deterioro significativo. Uso principal a mediana y alta temperatura, fácil empleo.
Magnesia (85%)	Alta absorbencia de agua y humedad. Sufre desmoronamiento. Requiere cubierta de protección, usualmente malla metálica y tela (cañamazo). Aplicación en mediana temperatura.



ANEXO 13: Hoja de cálculo de Excel para dimensionamiento del serpentín de enfriamiento en el proceso de fermentación.

Volumen de líquido (V_f)	100 L
Densidad (ρ_{mosto})	1045 kg/m ³
Masa de líquido (m_f)	104.5 kg
Diámetro interno del recipiente (D_i)	500 mm

Carga térmica fermentación (alcance)

Temperatura mínima del fluido (T_{FS})	7 °C
Temperatura máxima del fluido (T_{CS})	20 °C
Calor específico del fluido ($C_{p\text{mosto}}$)	4.19 kJ/kg.°C
Calor necesario para la fermentación (Q_4)	5692.115 kJ
Tiempo (t)	11 min
Potencia calorífica necesaria para la fermentación (\dot{Q}_4)	8.62 kW

Dimensionamiento del Serpentín

Para alcanzar los niveles del proceso de fermentación	
Diámetro nominal tubería acero inoxidable AISI 316L (SCH 10S)	1 pulg
Diámetro interno (ϕ_{is})	26.64 mm
Diámetro externo (ϕ_{es})	33.50 mm
Velocidad del agua glicolada (v_{ag})	1.50 m/s
Densidad del agua glicolada (ρ_{ag})	1024.45 kg/m ³
Área interior a la tubería: $\left(\frac{\pi\phi_{is}^2}{4}\right)$	0.00056 m ²
Flujo agua glicolada (\dot{m}_{ag}) $\dot{m}_{ag} = \rho_{ag} \times v_{ag} \times \left(\frac{\pi\phi_{is}^2}{4}\right)$	0.86 kg/s
Calor específico del agua glicolada ($C_{p_{ag}}$)	3.900 kJ/kgK
Carga térmica necesaria para enfriar (\dot{Q}_3)	8.62 kW
Temperatura de entrada del refrigerante (T_{EF})	0.00 °C
Temperatura de salida del refrigerante (T_{SF}) $T_{SF} = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_{ag} \times C_{p_{ag}}} + T_{EF}$	2.58 °C
Concentración de propilenglicol	20 %
Temperatura de masa de refrigerante (T_{br}) $T_{br} = \frac{T_{EF} + T_{SF}}{2}$	1.29 °C

Viscosidad dinámica del agua glicolada (μ_{ag}) [$\times 10^{-6}$]	0.004 N.s/m ²
Calor específico del agua glicolada ($C_{p_{ag}}$)	3.932 kJ/kgK
Densidad del agua glicolada (ρ_{ag})	1024.448 kg/m ³
Número de Prandtl del agua glicolada (Pr_{ag}) $Pr_{ag} = \frac{C_{p_{ag}} \mu_{ag}}{k_{ag}}$	33.21 -
Conductividad térmica del agua glicolada (k_{ag})	0.458 W/m.°C
Número de Reynolds del agua glicolada (Re_{ag}) $Re_{ag} = \frac{4\dot{m}_{ag}}{\pi \mu_{ag} \phi_{is}}$	10588.55 -
Número de Nusselt del agua glicolada (Nu_{ag}) $Nu_{ag} = 0,012(Re_{ag}^{0,87} - 280)Pr_{ag}^{0,4}$ Si: $3000 \leq Re_{ag} \leq 10^6$ y $1,5 \leq Pr_{ag} \leq 500$	140.99 -
Coefficiente de convección interior al serpentín (α_1) $\alpha_1 = \frac{Nu_{ag} \times k_{ag}}{\phi_{is}}$	2422.48 W/m ² .°C
Coefficiente de convección interior al serpentín corregido (α'_1) $\alpha'_1 = \alpha_1 \times \left(1 + 3,5 \left(\frac{\phi_{is}}{D_H} \right) \right)$	3081.11 W/m ² .°C
Número de Reynolds del fluido en proceso (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times D_E}{\mu_f}$	36018.27 -
Velocidad externa del fluido (v_f)	0.95 m/s
Diámetro equivalente Carcaza (D_E) $D_E = \frac{4 \times V}{\pi \times \phi_{es} \times L_s}$	0.430 m
Volumen libre ocupado por el fluido (V) $V = \frac{\pi}{4} \cdot [N \cdot P_s \cdot (D_i^2) - (\phi_{es}^2 \cdot L_s)]$	0.0732 m ³
Número de espiras (N)	6.0 -
Longitud tubería (L_s) $L_s = N \cdot \sqrt{P_s^2 + (\pi \cdot D_H)^2}$	6478 mm
Paso (P_s) $P_s = 1,5 \cdot \phi_{es}$	67 mm
D_H $D_H = D_t - 2w_b - 2\phi_{es}$	343 mm

D_{H1}	$D_{H1} = D_H - \phi_{es}$	310 mm
D_{H2}	$D_{H2} = D_H + \phi_{es}$	377 mm
Temperatura inicial del fluido (T_{FE})		20 °C
Temperatura final del fluido (T_{FS})		7 °C
Temperatura de masa del fluido (T_{bf})		13.5 °C
$T_{bf} = \frac{T_{CE} + T_{CS}}{2}$		
Número de Prandtl del fluido a la temperatura de masa (Pr_f)		8.457 -
Viscosidad dinámica del fluido a la temperatura de masa (μ_f) [x10 ⁻⁶]		1184.12 N.s/m ²
Conductividad térmica del fluido a la temperatura de masa (k_f)		0.587 W/m.°C
Temperatura superficial (T_{w1})		8.87 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]		1349.380 N.s/m ²
Número de Nusselt del fluido en proceso (Nu_2)		229.31 -
Conductividad térmica acero (k_{ac})		16.3 W/m.°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1}')		8.87 °C
Coeficiente convectivo Exterior calculado (α_2)		4015.71 W/m ² .°C
$\alpha_2 = \frac{k_f \times Nu_2}{\phi_{es}}$		
Coeficiente global de transmisión (k_G)		1120.62 W/m².°C
$k_G = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_2}\right) + \left(\frac{\phi_{es} \ln\left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}}\right)}{2k_{ac}}\right) + \left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}\alpha_1}\right)}$		
DMLT	$DMLT = \frac{(T_{CE} - T_{FS}) - (T_{CS} - T_{FE})}{\ln\left(\frac{(T_{CE} - T_{FS})}{(T_{CS} - T_{FE})}\right)}$	11.43 °C
Temperatura de entrada fluido caliente (T_{CE})		20.00 °C
Temperatura de salida fluido caliente (T_{CS})		7.00 °C
Temperatura de entrada fluido frío (T_{FE})		0.00 °C
Temperatura de salida fluido frío (T_{FS})		2.58 °C

Comprobación de las dimensiones del serpentín

Volumen desplazado por el serpentín (V_{DS})	5.71 L
$V_{DS} = \left(\frac{\pi}{4} \times \phi_{es}^2\right) \times L_S$	

<p>Volumen desplazado por los sólidos (V_{DM})</p> $V_{DM} = V_{azúcar} + V_{jora}$	21.29 L
<p>Volumen del fluido en el cono ($V_{f\ cono}$)</p> $V_{f\ cono} = \frac{\pi}{24} \times \tan(\alpha) \times D_t^3$	16.36 L
<p>Volumen del fluido en el cilindro ($V_{f\ cil}$)</p> $V_{f\ cil} = V_f - V_{f\ cono}$	83.64 L
<p>Altura del fluido en el interior del cilindro (H_{FC})</p> $H_{FC} = \frac{4V_{f\ cil}}{\pi D_t^2} + \frac{4(V_{DS} + V_{DM})}{\pi D_t^2}$	563.48 mm
<p>Altura del serpentín de enfriamiento (H_S)</p> $H_S = (N \cdot P_S) + \phi_{es}$	535.50 mm
<p>Área de transferencia (A_T)</p> $A_T = \pi \times L'_i \times \phi_{es}$	681754.16 mm ²
<p>Área de transferencia comprobada ($A_{T'}$)</p> $A_{T'} = \frac{\dot{Q}_j}{k_G \times DMLT}$	673402.09 mm ²
<p>Longitud de tubería del serpentín (L_t)</p> $L_t = \frac{A_{T'}}{\pi \phi_{es}}$	6.40 m
<p>Número de vueltas comprobadas (N')</p> $N' = \frac{L_t}{\sqrt{P_S^2 + (\pi \cdot D_H)^2}}$	5.93 -

ANEXO 14: Hoja de cálculo de Excel para dimensionamiento del serpentín de enfriamiento en el proceso de maduración.

Volumen de líquido (V_f)	100 L
Densidad (ρ_{mosto})	1045 kg/m ³
Masa de líquido (m_f)	104.5 kg
Diámetro interno del recipiente (D_i)	500 mm

Carga térmica fermentación (alcance)

Temperatura mínima del fluido (T_{FS})	2 °C
Temperatura máxima del fluido (T_{CS})	8 °C
Calor específico del fluido ($C_{p\text{mosto}}$)	4.19 kJ/kg.°C
Calor necesario para la maduración (Q_5)	2627.13 kJ
Tiempo (t)	14 min
Potencia calorífica necesaria para la maduración (\dot{Q}_5)	3.13 kW

Dimensionamiento del Serpentín

Para alcanzar los niveles del proceso de maduración

Diámetro nominal tubería acero inoxidable AISI 316L (SCH 10S)	1 pulg
Diámetro interno (ϕ_{is})	26.64 mm
Diámetro externo (ϕ_{es})	33.50 mm
Velocidad del agua glicolada (v_{ag})	1.50 m/s
Densidad del agua glicolada (ρ_{ag})	1025.70 kg/m ³
Área interior a la tubería: $\left(\frac{\pi\phi_{is}^2}{4}\right)$	0.00056 m ²
Flujo agua glicolada (\dot{m}_{ag}) $\dot{m}_{ag} = \rho_{ag} \times v_{ag} \times \left(\frac{\pi\phi_{is}^2}{4}\right)$	0.86 kg/s
Calor específico del agua glicolada ($C_{p_{ag}}$)	3.900 kJ/kgK
Carga térmica necesaria para enfriar (\dot{Q}_5)	3.13 kW
Temperatura de entrada del refrigerante (T_{EF})	0.00 °C
Temperatura de salida del refrigerante (T_{SF}) $T_{SF} = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_{ag} \times C_{p_{ag}}} + T_{EF}$	0.93 °C
Concentración de propilenglicol	20 %
Temperatura de masa de refrigerante (T_{br}) $T_{br} = \frac{T_{EF} + T_{SF}}{2}$	0.47 °C

Viscosidad dinámica del agua glicolada (μ_{ag}) [$\times 10^{-6}$]	0.004 N.s/m ²
Calor específico del agua glicolada ($C_{p_{ag}}$)	3.930 kJ/kgK
Densidad del agua glicolada (ρ_{ag})	1025.697 kg/m ³
Número de Prandtl del agua glicolada (Pr_{ag}) $Pr_{ag} = \frac{C_{p_{ag}} \mu_{ag}}{k_{ag}}$	34.28 -
Conductividad térmica del agua glicolada (k_{ag})	0.457 W/m.°C
Número de Reynolds del agua glicolada (Re_{ag}) $Re_{ag} = \frac{4\dot{m}_{ag}}{\pi \mu_{ag} \phi_{is}}$	10291.55 -
Número de Nusselt del agua glicolada (Nu_{ag}) $Nu_{ag} = 0,012(Re_{ag}^{0,87} - 280)Pr_{ag}^{0,4}$ Si: $3000 \leq Re_{ag} \leq 10^6$ y $1,5 \leq Pr_{ag} \leq 500$	138.96 -
Coefficiente de convección interior al serpentín (α_1) $\alpha_1 = \frac{Nu_{ag} \times k_{ag}}{\phi_{is}}$	2381.64 W/m ² .°C
Coefficiente de convección interior al serpentín corregido (α'_1) $\alpha'_1 = \alpha_1 \times \left(1 + 3,5 \left(\frac{\phi_{is}}{D_H}\right)\right)$	3029.17 W/m ² .°C
Número de Reynolds del fluido en proceso (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times D_E}{\mu_f}$	28096.89 -
Velocidad externa del fluido (v_f)	0.95 m/s
Diámetro equivalente Carcaza (D_E) $D_E = \frac{4 \times V}{\pi \times \phi_{es} \times L_s}$	0.430 m
Volumen libre ocupado por el fluido (V) $V = \frac{\pi}{4} \cdot \left[N \cdot P_s \cdot (D_t^2) - (\phi_{es}^2 \cdot L_s) \right]$	0.0732 m ³
Número de espiras (N)	6.0 -
Longitud tubería (L_s) $L_s = N \cdot \sqrt{P_s^2 + (\pi \cdot D_H)^2}$	6478 mm
Paso (P) $P_s = 1,5 \cdot \phi_{es}$	67 mm
D_H $D_H = D_t - 2w_b - 2\phi_{es}$	343 mm

D_{H1}	$D_{H1} = D_H - \phi_{es}$	310 mm
D_{H2}	$D_{H2} = D_H + \phi_{es}$	377 mm
Temperatura inicial del fluido (T_{FE})		8 °C
Temperatura final del fluido (T_{FS})		2 °C
Temperatura de masa del fluido (T_{bf})		5 °C
$T_{bf} = \frac{T_{CE} + T_{CS}}{2}$		
Número de Prandtl del fluido a la temperatura de masa (Pr_f)		11.185 -
Viscosidad dinámica del fluido a la temperatura de masa (μ_f) [x10 ⁻⁶]		1517.96 N.s/m ²
Conductividad térmica del fluido a la temperatura de masa (k_f)		0.571 W/m.°C
Temperatura superficial (T_{w1})		3.24 °C
Viscosidad dinámica a la temperatura superficial (μ_w) [x10 ⁻⁶]		1606.080 N.s/m ²
Número de Nusselt del fluido en proceso (Nu_2)		221.66 -
Conductividad térmica acero (k_{ac})		16.3 W/m.°C
Temperatura superficial comprobada (T_{w1}')		3.24 °C
Coeficiente convectivo Exterior calculado (α_2)		3778.11 W/m ² .°C
$\alpha_2 = \frac{k_f \times Nu_2}{\phi_{es}}$		
Coeficiente global de transmisión (k_G)		1092.87 W/m ² .°C
$k_G = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_2}\right) + \left(\frac{\phi_{es} \ln\left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}}\right)}{2k_{ac}}\right) + \left(\frac{\phi_{es}}{\phi_{is}\alpha_1}\right)}$		
DMLT		4.01 °C
$DMLT = \frac{(T_{CE} - T_{FS}) - (T_{CS} - T_{FE})}{\ln\left(\frac{(T_{CE} - T_{FS})}{(T_{CS} - T_{FE})}\right)}$		
Temperatura de entrada fluido caliente (T_{CE})		8.00 °C
Temperatura de salida fluido caliente (T_{CS})		2.00 °C
Temperatura de entrada fluido frío (T_{FE})		0.00 °C
Temperatura de salida fluido frío (T_{FS})		0.93 °C

Comprobación de las dimensiones del serpentín

Volumen desplazado por el serpentín (V_{DS})		5.710 L
$V_{DS} = \left(\frac{\pi}{4} \times \phi_{es}^2\right) \times L_S$		

<p>Volumen desplazado por los sólidos (V_{DM})</p> $V_{DM} = V_{azúcar} + V_{jora}$	21.292 L
<p>Volumen del fluido en el cono ($V_{f\ cono}$)</p> $V_{f\ cono} = \frac{\pi}{24} \times \tan(\alpha) \times D_t^3$	16.362 L
<p>Volumen del fluido en el cilindro ($V_{f\ cil}$)</p> $V_{f\ cil} = V_f - V_{f\ cono}$	83.638 L
<p>Altura del fluido en el interior del cilindro (H_{FC})</p> $H_{FC} = \frac{4V_{f\ cil}}{\pi D_t^2} + \frac{4(V_{DS} + V_{DM})}{\pi D_t^2}$	563.482 mm
<p>Altura del serpentín de enfriamiento (H_S)</p> $H_S = (N \cdot P_S) + \phi_{es}$	535.500 mm
<p>Área de transferencia (A_T)</p> $A_T = \pi \times L'_i \times \phi_{es}$	681754.16 mm ²
<p>Área de transferencia comprobada ($A_{T'}$)</p> $A_{T'} = \frac{\dot{Q}_j}{k_G \times DMLT}$	713031.82 mm ²
<p>Longitud de tubería del serpentín (L_t)</p> $L_t = \frac{A_{T'}}{\pi \phi_{es}}$	6.78 m
<p>Número de vueltas comprobadas (N')</p> $N' = \frac{L_t}{\sqrt{P_S^2 + (\pi \cdot D_H)^2}}$	6.28 -

- Tablas de la mezcla de agua y propilenglicol sacada del Handbook de ASHRAE.

a) Densidad del agua glicolada.

Table 10 Density of Aqueous Solutions of an Industrially Inhibited Propylene Glycol

Temperature, °C	Concentrations in Volume Percent Propylene Glycol								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
-35						1072.92	1079.67	1094.50	1092.46
-30						1071.31	1077.82	1090.85	1088.82
-25					1062.11	1069.58	1075.84	1087.18	1085.15
-20					1060.49	1067.72	1073.74	1083.49	1081.46
-15				1050.43	1058.73	1065.73	1071.51	1079.77	1077.74
-10			1039.42	1048.79	1056.85	1063.61	1069.16	1076.04	1074.00
-5		1027.24	1037.89	1047.02	1054.84	1061.37	1066.69	1072.27	1070.24
0	1013.85	1025.84	1036.24	1045.12	1052.71	1059.00	1064.09	1068.49	1066.46
5	1012.61	1024.32	1034.46	1043.09	1050.44	1056.50	1061.36	1064.68	1062.65
10	1011.24	1022.68	1032.55	1040.94	1048.04	1053.88	1058.51	1060.85	1058.82
15	1009.75	1020.91	1030.51	1038.65	1045.52	1051.13	1055.54	1057.00	1054.96
20	1008.13	1019.01	1028.35	1036.24	1042.87	1048.25	1052.44	1053.12	1051.09
25	1006.40	1016.99	1026.06	1033.70	1040.09	1045.24	1049.22	1049.22	1047.19
30	1004.54	1014.84	1023.64	1031.03	1037.18	1042.11	1045.87	1045.30	1043.26
35	1002.56	1012.56	1021.09	1028.23	1034.15	1038.85	1042.40	1041.35	1039.32
40	1000.46	1010.16	1018.42	1025.30	1030.98	1035.47	1038.81	1037.38	1035.35
45	998.23	1007.64	1015.62	1022.24	1027.69	1031.95	1035.09	1033.39	1031.35
50	995.88	1004.99	1012.69	1019.06	1024.27	1028.32	1031.25	1029.37	1027.34
55	993.41	1002.21	1009.63	1015.75	1020.72	1024.55	1027.28	1025.33	1023.30
60	990.82	999.31	1006.44	1012.30	1017.04	1020.66	1023.19	1021.27	1019.24
65	988.11	996.28	1003.13	1008.73	1013.23	1016.63	1018.97	1017.19	1015.15
70	985.27	993.12	999.69	1005.03	1009.30	1012.49	1014.63	1013.08	1011.04
75	982.31	989.85	996.12	1001.21	1005.24	1008.21	1010.16	1008.95	1006.91
80	979.23	986.44	992.42	997.25	1001.05	1003.81	1005.57	1004.79	1002.76
85	976.03	982.91	988.60	993.17	996.73	999.28	1000.86	1000.62	998.58
90	972.70	979.25	984.65	988.95	992.28	994.63	996.02	996.41	994.38
95	969.25	975.47	980.57	984.61	987.70	989.85	991.06	992.19	990.16
100	965.68	971.56	976.36	980.14	983.00	984.94	985.97	987.94	985.91
105	961.99	967.53	972.03	975.54	978.16	979.90	980.76	983.68	981.64
110	958.17	963.37	967.56	970.81	973.20	974.74	975.42	979.38	977.35
115	954.24	959.09	962.97	965.95	968.11	969.45	969.96	975.07	973.03
120	950.18	954.67	958.26	960.97	962.89	964.03	964.38	970.73	968.69
125	945.99	950.14	953.41	955.86	957.55	958.49	958.67	966.37	964.33

Source: Dow Chemical (2001a)

Note: Density in kg/m³.

b) Calor específico del agua glicolada.

Table 11 Specific Heat of Aqueous Solutions of Propylene Glycol

Temperature, °C	Concentrations in Volume Percent Propylene Glycol								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
-35						3.096	2.843	2.572	2.264
-30						3.118	2.868	2.600	2.295
-25					3.358	3.140	2.893	2.627	2.326
-20					3.378	3.162	2.918	2.655	2.356
-15				3.586	3.397	3.184	2.943	2.683	2.387
-10			3.765	3.603	3.416	3.206	2.968	2.710	2.417
-5		3.918	3.779	3.619	3.435	3.228	2.993	2.738	2.448
0	4.042	3.929	3.793	3.636	3.455	3.250	3.018	2.766	2.478
5	4.050	3.940	3.807	3.652	3.474	3.272	3.042	2.793	2.509
10	4.058	3.951	3.820	3.669	3.493	3.295	3.067	2.821	2.539
15	4.067	3.962	3.834	3.685	3.513	3.317	3.092	2.849	2.570
20	4.075	3.973	3.848	3.702	3.532	3.339	3.117	2.876	2.600
25	4.083	3.983	3.862	3.718	3.551	3.361	3.142	2.904	2.631
30	4.091	3.994	3.875	3.735	3.570	3.383	3.167	2.931	2.661
35	4.099	4.005	3.889	3.751	3.590	3.405	3.192	2.959	2.692
40	4.107	4.016	3.903	3.768	3.609	3.427	3.217	2.987	2.723
45	4.115	4.027	3.917	3.784	3.628	3.449	3.242	3.014	2.753
50	4.123	4.038	3.930	3.801	3.648	3.471	3.266	3.042	2.784
55	4.131	4.049	3.944	3.817	3.667	3.493	3.291	3.070	2.814
60	4.139	4.060	3.958	3.834	3.686	3.515	3.316	3.097	2.845
65	4.147	4.071	3.972	3.850	3.706	3.537	3.341	3.125	2.875
70	4.155	4.082	3.985	3.867	3.725	3.559	3.366	3.153	2.906
75	4.163	4.093	3.999	3.883	3.744	3.581	3.391	3.180	2.936
80	4.171	4.104	4.013	3.900	3.763	3.603	3.416	3.208	2.967
85	4.179	4.115	4.027	3.916	3.783	3.625	3.441	3.236	2.997
90	4.187	4.126	4.040	3.933	3.802	3.647	3.465	3.263	3.028
95	4.195	4.136	4.054	3.949	3.821	3.670	3.490	3.291	3.058
100	4.203	4.147	4.068	3.966	3.841	3.692	3.515	3.319	3.089
105	4.211	4.158	4.082	3.982	3.860	3.714	3.540	3.346	3.119
110	4.219	4.169	4.095	3.999	3.879	3.736	3.565	3.374	3.150
115	4.227	4.180	4.109	4.015	3.898	3.758	3.590	3.402	3.181
120	4.235	4.191	4.123	4.032	3.918	3.780	3.615	3.429	3.211
125	4.243	4.202	4.137	4.049	3.937	3.802	3.640	3.457	3.242

Source: Dow Chemical (2001a)

Note: Specific heat in kJ/(kg·K).

c) Conductividad térmica del agua glicolada

Table 12 Thermal Conductivity of Aqueous Solutions of Propylene Glycol

Temperature, °C	Concentrations in Volume Percent Propylene Glycol								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-35						0.269	0.242	0.220	0.203
-30					0.302	0.272	0.245	0.222	0.204
-25					0.306	0.275	0.247	0.224	0.205
-20				0.346	0.311	0.278	0.250	0.226	0.206
-15				0.351	0.315	0.282	0.252	0.227	0.207
-10			0.397	0.356	0.319	0.285	0.254	0.229	0.208
-5		0.449	0.403	0.361	0.323	0.288	0.256	0.230	0.209
0	0.510	0.456	0.409	0.366	0.327	0.291	0.259	0.232	0.210
5	0.518	0.463	0.415	0.371	0.331	0.294	0.261	0.233	0.211
10	0.526	0.470	0.421	0.376	0.334	0.297	0.263	0.235	0.212
15	0.534	0.477	0.426	0.380	0.338	0.299	0.265	0.236	0.213
20	0.541	0.483	0.431	0.384	0.341	0.302	0.267	0.237	0.214
25	0.548	0.489	0.436	0.388	0.344	0.304	0.268	0.239	0.215
30	0.555	0.494	0.441	0.392	0.347	0.307	0.270	0.240	0.215
35	0.561	0.500	0.445	0.396	0.350	0.309	0.272	0.241	0.216
40	0.567	0.505	0.450	0.399	0.353	0.311	0.273	0.242	0.216
45	0.573	0.509	0.453	0.402	0.355	0.313	0.274	0.242	0.217
50	0.578	0.514	0.457	0.405	0.358	0.314	0.275	0.243	0.217
55	0.583	0.518	0.460	0.408	0.360	0.316	0.277	0.244	0.218
60	0.587	0.521	0.463	0.410	0.362	0.317	0.277	0.244	0.218
65	0.591	0.525	0.466	0.413	0.363	0.319	0.278	0.245	0.218
70	0.595	0.528	0.469	0.415	0.365	0.320	0.279	0.245	0.218
75	0.598	0.531	0.471	0.416	0.366	0.321	0.280	0.246	0.218
80	0.601	0.533	0.473	0.418	0.367	0.321	0.280	0.246	0.218
85	0.604	0.535	0.474	0.419	0.368	0.322	0.281	0.246	0.218
90	0.606	0.537	0.476	0.420	0.369	0.323	0.281	0.246	0.218
95	0.608	0.538	0.477	0.421	0.370	0.323	0.281	0.246	0.218
100	0.609	0.540	0.478	0.422	0.370	0.323	0.281	0.246	0.218
105	0.611	0.541	0.479	0.423	0.371	0.323	0.281	0.246	0.218
110	0.612	0.542	0.480	0.423	0.371	0.323	0.281	0.246	0.217
115	0.613	0.542	0.480	0.423	0.371	0.323	0.281	0.245	0.217
120	0.613	0.543	0.480	0.423	0.371	0.323	0.280	0.245	0.216

Source: Dow Chemical (2001a)

Note: Thermal conductivity in W/(m·K).

d) Viscosidad dinámica del agua glicolada

Table 13 Viscosity of Aqueous Solutions of Propylene Glycol

Temperature, °C	Concentrations in Volume Percent Propylene Glycol								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-35						524.01	916.18	1434.22	3813.29
-30					171.54	330.39	551.12	908.47	2071.34
-25					109.69	211.43	340.09	575.92	1176.09
-20				48.90	72.42	137.96	215.67	368.77	696.09
-15				33.07	49.29	92.00	140.62	239.86	428.19
-10			11.84	23.11	34.51	62.78	94.23	159.02	272.94
-5		4.98	9.07	16.63	24.81	43.84	64.83	107.64	179.78
0	2.68	4.05	7.07	12.30	18.28	31.32	45.74	74.45	122.03
5	2.23	3.34	5.61	9.32	13.77	22.87	33.04	52.63	85.15
10	1.89	2.79	4.52	7.21	10.59	17.05	24.41	37.99	60.93
15	1.63	2.36	3.69	5.70	8.30	12.96	18.41	28.00	44.62
20	1.42	2.02	3.06	4.59	6.62	10.04	14.15	21.04	33.38
25	1.25	1.74	2.57	3.75	5.36	7.91	11.08	16.10	25.45
30	1.11	1.52	2.19	3.12	4.41	6.34	8.81	12.55	19.76
35	0.99	1.34	1.88	2.62	3.68	5.15	7.12	9.94	15.60
40	0.89	1.18	1.63	2.24	3.10	4.25	5.84	7.99	12.49
45	0.81	1.06	1.43	1.93	2.65	3.55	4.85	6.52	10.15
50	0.73	0.95	1.26	1.68	2.28	3.00	4.08	5.39	8.35
55	0.67	0.86	1.13	1.48	1.99	2.57	3.46	4.51	6.95
60	0.62	0.78	1.01	1.31	1.75	2.22	2.98	3.82	5.85
65	0.57	0.71	0.92	1.18	1.55	1.93	2.58	3.28	4.97
70	0.53	0.66	0.83	1.06	1.38	1.70	2.26	2.83	4.26
75	0.49	0.60	0.76	0.96	1.24	1.51	1.99	2.47	3.69
80	0.46	0.56	0.70	0.88	1.12	1.35	1.77	2.18	3.22
85	0.43	0.52	0.65	0.81	1.02	1.22	1.59	1.94	2.83
90	0.40	0.49	0.60	0.75	0.93	1.10	1.43	1.73	2.50
95	0.38	0.45	0.56	0.69	0.86	1.01	1.30	1.56	2.23
100	0.35	0.43	0.53	0.65	0.79	0.92	1.18	1.42	2.00
105	0.33	0.40	0.50	0.60	0.74	0.85	1.08	1.29	1.80
110	0.32	0.38	0.47	0.57	0.69	0.79	1.00	1.19	1.63
115	0.30	0.36	0.45	0.54	0.64	0.74	0.93	1.09	1.48
120	0.28	0.34	0.42	0.51	0.60	0.69	0.86	1.02	1.35

Source: Dow Chemical (2001a)

Note: Viscosity in mPa·s.

ANEXO 15: Hoja de cálculo de Excel con el estimado del espesor de aislamiento térmico en el recipiente de enfriamiento.

Espesor aislante

Coeficiente de convección en la maduración (α_2)	3778.11 W/m ² .°C
Coeficiente convectivo fuera del recipiente (α_{3r}) $\alpha_3 = 1,32 \left(\frac{T_{amb} - T_{w2}}{D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c} \right)^{\frac{1}{4}}$ $\alpha_{3r} = \alpha_3 + \frac{\epsilon_r \cdot \sigma \cdot ((T_{w2} + 273)^4 - (T_{amb} + 273)^4)}{T_{w2} - T_{amb}}$	3.11 W/m ² .K
Régimen	Laminar -
Factor C	1.32 -
Temperatura superficial (T_{w2})	20.70 °C
Temperatura ambiente (T_{amb}) * se considera el valor máximo.	32 °C
Temperatura masa interna recipiente (T_f)	2.00 °C
Coeficiente de radiación (ϵ_r)	0.05 -
Constante de Steffan-Boltzmann (σ)	5.6697E-08 W/m ² .K ⁴
Diámetro Externo 1 ($D_{t_{ext}} + 2e$)	556.8 mm
Diámetro Externo 2 ($D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c$)	557.8 mm
Espesor aislante (e)	1 pulg
Conductividad aislante (k_{ai})	0.05 W/m.°C
Diámetro interno del recipiente (D_t)	500 mm
Diametro externo del recipiente ($D_{t_{ext}}$)	506.00 mm
Longitud recipiente (L_c)	750.00 mm
Conductividad térmica acero (k_{ac})	16.3 W/m.°C
Espesor de chapa protectora (e_c)	0.5 mm
Conductividad térmica del aluminio (k_{Al})	209.3 W/m.°C
Flujo de calor evacuado (\dot{Q}_{ex}) $\dot{Q}_{ex} = \frac{2\pi L_r (T_{amb} - T_f)}{\left(\frac{2}{\alpha_2 e D_t} \right) + \left(\frac{\ln \left(\frac{D_{t_{ext}}}{D_t} \right)}{k_{ac}} \right) + \left(\frac{\ln \left(\frac{D_{t_{ext}} + 2e}{D_{t_{ext}}} \right)}{k_{ai}} \right) + \left(\frac{\ln \left(\frac{D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c}{D_{t_{ext}} + 2e} \right)}{k_{Al}} \right) + \left(\frac{2}{\alpha_{3r} (D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c)} \right)}$	46.06 W
Temperatura superficial comprobada (T'_{w2}) $T'_{w2} = T_{amb} - \left(\frac{\dot{Q}_{ex}}{\alpha_{3r} \pi L_c (D_{t_{ext}} + 2e + 2e_c)} \right)$	20.70 °C

ANEXO 16: Hoja de cálculo Excel con los espesores del recipiente de calentamiento para presión interna.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL		
Material del recipiente de calentamiento	Acero Inox.	
Densidad del acero (ρ_{Ac})	7850.00	kg/m ³
Esfuerzo admisible del acero AISI SAE 316 L (σ_{Adm})	115.11	MPa
Módulo de elasticidad del acero AISI SAE 316 L (E_{acero})	193000.00	MPa

CARACTERÍSTICAS DEL RECIPIENTE		
Diámetro interno del recipiente (D_i)	0.545	m
Altura cilíndrica (H_{cil})	1.076	m
Volumen nominal del recipiente (V)	0.28	m ³
Nivel del fluido (H_F)	1374.55	m
Sobre-espesor de corrosión (e_{co})	1.50	mm
Presión de diseño (p_{di})	100.02	kPa (g)
MAWP	349.48	kPa (g)
Espesor de techo (t_{techo})	3.00	mm
Espesor de cilindro (t_{cil})	3.00	mm
Espesor de fondo (t_{fondo})	3.00	mm
Servicio del recipiente	Bebidas	-
Densidad relativa (γ)	1.00	-
* Considerando al agua como fluido referencial		
INSPECCIÓN DE LA SOLDADURA		
Nivel de inspección	Radiografiado de juntas a tope	
Eficiencia de la soldadura (E)	0.85	-
* Obtenido de la tabla UW-12 del Cód. ASME Sec. VIII Div.1		

CÁLCULO DEL ESPESOR PARA EL CUERPO CILÍNDRICO		
Volumen total del cilindro	0.25	m ³
Altura del fluido en el cilindro (H_{FC})	902.57	mm
* Altura que alcanza el fluido en el recipiente		
Presión hidrostática máxima (p_h) $p_h = H_{FC} \times g \times \gamma$	8.85	kPa (g)
Presión total de diseño (P) $P = p_h + p_{di}$	108.87	kPa (g)
Espesor calculado (t_r) $t_r = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot (\sigma_{Adm} \cdot E - 0,6 \cdot P)}$ $t_r = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot (2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E + 0,4 \cdot P)}$	0.30	mm
* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.		

<p>Espesor total (t_T)</p> $t_T = t_r + e_c \quad t_T = 3 + \frac{D_t}{e_c}$ <p>* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.</p>	1.80	mm
<p>Espesor comercial (t_{com})</p>	3.00	mm
<p>Espesor corroído (t_{corr})</p> $t_{corr} = t_{com} - e_c$	1,50	mm
<p>MAWP (en cuerpo)</p> $MAWP = \frac{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr}}{\frac{D_t}{2} - 0,4 \cdot t_{corr}} - p_h$ $MAWP = \frac{\sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr}}{\frac{D_t}{2} + 0,6 \cdot t_{corr}} - p_h$ <p>* Se escogerá el menor de los valores obtenidos.</p>	527.96	kPa (g)
TECHO		
<p>Presión total de diseño (P)</p> $P = p_{di}$	100.02	kPa (g)
<p>Tipo de techo</p> <p style="text-align: center;">Torispherical head DIN 28011</p>	Torisférico	
<p>Altura del techo (h_2)</p> $h_2 = 0,1935D_t + 0,455t_{com}$	104.09	mm
<p>Altura de la pestaña (h_1)</p> $h_1 = h + 3,5t_{com}$	20.50	mm
<p>Altura total de la tapa (h_3)</p> $h_3 = h_1 + h_2$	124.59	mm
<p>Radio de curvatura menor (r_2)</p> $r_2 = 0,1D_t$	0.0545	m
<p>Radio de curvatura de la toriesfera (r_1)</p> $r_1 = D_t$	0.545	m
<p>Relación Longitud toriesfera-radio de curvatura menor</p>	10.00	-
<p>Factor M</p> $M = 0,25 \left(3 + \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \right)$	1.54	-
<p>Espesor calculado (t_r)</p> $t_r = \frac{P \cdot M \cdot r_1}{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E - 0,2 \cdot P}$	0.43	mm

<p>Esesor total (t_T)</p> $t_T = t_r + e_c \quad t_T = 3 + \frac{D_t}{e_c}$ <p>* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.</p>	1.93	mm
Esesor comercial (t_{com})	3.00	mm
Esesor corroido (t_{corr})	1.50	mm
<p>MAWP</p> $MAWP = \frac{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr}}{r_i \cdot M + 0,2 \cdot t_{corr}}$	349.48	kPa (g)
FONDO		
<p>Presión hidrostática máxima (p_h)</p> $p_h = (H_{FC} + H_{Fcono}) \times g \times \gamma$	13.48	kPa (g)
<p>Presión total de diseño (P)</p> $P = p_h + p_{di}$	113.49	kPa (g)
Tipo de fondo	Cónico	
Volumen alojado en el cono	0.04	m ³
Ángulo del cono (α)	60.00	°
Altura del fondo (cono) (H_{Fcono})	0.47	m
<p>Esesor calculado (t)</p> $t_r = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\sigma_{Adm} \cdot E - 0,6 \cdot P)}$	0.37	mm
<p>Esesor total (t_T)</p> $t_T = t_r + e_c \quad t_T = 3 + \frac{D_t}{e_c}$ <p>* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.</p>	1.87	mm
Esesor comercial (t_{com})	3.00	mm
Esesor corroido (t_{corr})	1.50	mm
<p>MAWP</p> $MAWP = \frac{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr} \cdot \cos \alpha}{D_i + (1,2 \cdot t_{corr} \cdot \cos \alpha)} - p_h$	451.63	kPa (g)

ANEXO 17: Hoja de cálculo de Excel con los espesores del recipiente de calentamiento para presión externa.

DATOS DE DISEÑO

Recipiente	Tanque Calentamiento
Material	Acero Inox.
Presión de diseño	-15.03 kPa(g)
MAWP	-26.3 kPa(g)
Sobre-espesor corrosión	1.5 mm
Espesor del cuerpo	3.0 mm
Espesor del techo y fondo	3.0 mm

Cálculo del espesor del cuerpo cilíndrico

Paso 1. Asumir espesor de plancha para el cuerpo y obtener valores

* Se tomará el valor del espesor afectado por la corrosión (t_{corr})

Se asume:

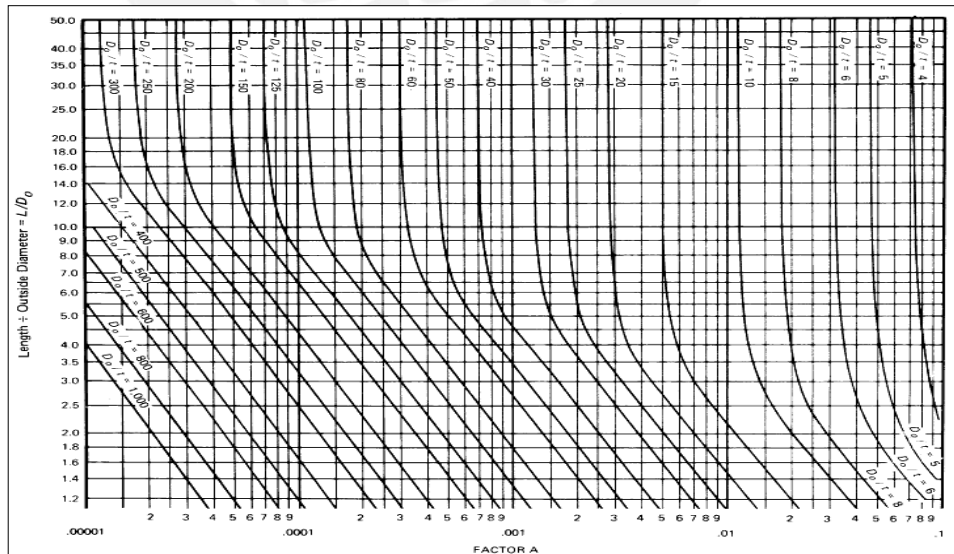
Espesor (t_{corr}) 1.50 mm Por presión interna 1.5 mm

D_t/t_{corr} 363.3

L_{cil}/D_t 2.8

Nota: Se considera una longitud L de 1686 mm, esta fue corregida al determinar la geometría del techo plano y fondo cónico.

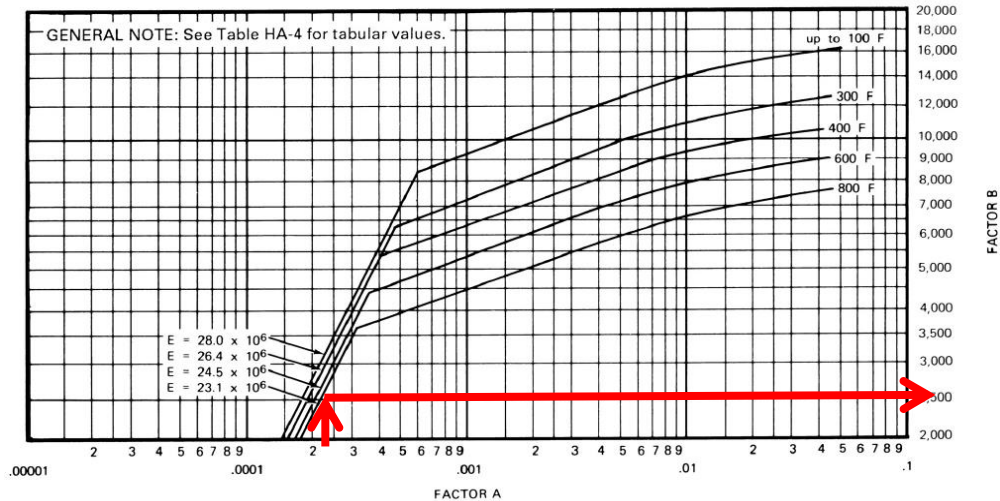
Paso 2. Entrar a la figura G de la Sub-Parte 3 de la Sección II Parte D, con los valores D/t y L/D determinados en el paso anterior.



Del gráfico obtenemos el factor A: Factor A 0.000075

Paso 3. Con el valor del factor A determinado en Paso 2., se deberá identificar el diagrama correspondiente al material analizado

FIG. HA-4 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF COMPONENTS UNDER EXTERNAL PRESSURE DEVELOPED FOR AUSTENITIC STEEL 18Cr-8Ni-Mo-0.035 MAXIMUM CARBON, TYPE 316L



Gráficamente:

Factor B 2600
E_{acero} 27500000 psi

Paso 4. Con el valor de B obtenido del Paso 3. se calculará la presión externa admisible mediante la ecuación mostrada.

$$P_{eadm} = \frac{4 \cdot B}{3 \cdot \left(\frac{D_t}{t_{corr}} \right)}$$

Presión admisible (P_{eadm}) 9.5 psi

Paso 5. Con los valores de A, obtenido del Paso 2. y el valor de E, obtenido del Paso 3. se calculará la presión externa admisible del recipiente.

$$P_{eadm} = \frac{2 \cdot A \cdot E_{acero}}{3 \cdot \left(\frac{D_t}{t_{corr}} \right)}$$

Presión admisible (P_{eadm}) 3.8 psi

Paso 6. Comparar las presiones admisibles obtenidas en Paso 4. y Paso 5. con la presión de diseño.

Presión admisible 26.1 kPa(g)

* Esta será la menor de las dos presiones admisibles calculadas anteriormente.

¿Respecto presión de diseño? OK

$$P_{de} > P_{eadm}$$

Cálculo del espesor para el techo torisférico

Nota: Se consideró 3 mm de espesor para el techo. Esto derivó de restar el sobre-espesor de corrosión (1,5 mm) del espesor calculado para el cuerpo (3 mm).

Nota: Se calculará el espesor requerido para el techo, se considerará el mismo espesor para el fondo aunque en realidad el techo esté menos solicitado que el fondo debido a la presión hidrostática ejercida por el fluido.

Paso 1. Asumir espesor para el techo torisférico y calcular el factor A según fórmula.

Espesor (t_{corr}) 1.50 mm Por presión interna 1.5 mm

R/t_{corr} 181.7

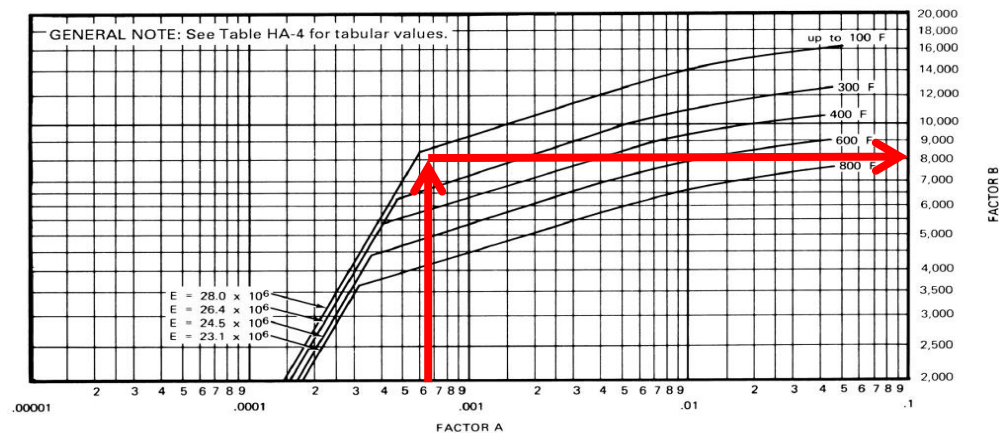
* R corresponde al radio mayor de curvatura de la cabeza torisférica (r_1)

Factor A 0.00069

$$A = \frac{0,125}{R/t_{corr}}$$

Paso 2. Obtener el factor B, del diagrama para determinar el espesor de cascarón bajo presión externa del material del recipiente.

FIG. HA-4 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF COMPONENTS UNDER EXTERNAL PRESSURE DEVELOPED FOR AUSTENITIC STEEL 18Cr-8Ni-Mo-0.035 MAXIMUM CARBON, TYPE 316L



Factor B 8000 -
 E_{acero} 27500000 psi

* ASME Code, Section II, Part D, Subpart 3 pág 755(791) FIG. HA-4

Paso 3. Con el factor B obtenido en el Paso 2. obtener la presión externa admisible.

$$P_{eadm} = \frac{B}{R/t_{corr}}$$

"Handbook Pressure vessels manual" pág. 25(38)

Presión admisible 44.0 psi

Paso 4. Con el módulo de elasticidad a la temperatura de diseño obtenido en el Paso 2. obtener la presión externa admisible.

$$P_{eadm} = \frac{0,0625 \cdot E}{\left(\frac{R}{t_{corr}}\right)^2} \quad \text{"Handbook Pressure vessels manual" pág. 25(38)}$$

Presión admisible 52.1 psi

Paso 5. Comparar las presiones admisibles obtenidas en Paso 3. y Paso 4. con la presión atmosférica.

Presión admisible **303.5 kPa(g)** "Handbook Pressure vessels manual" pág. 25(38)

OK

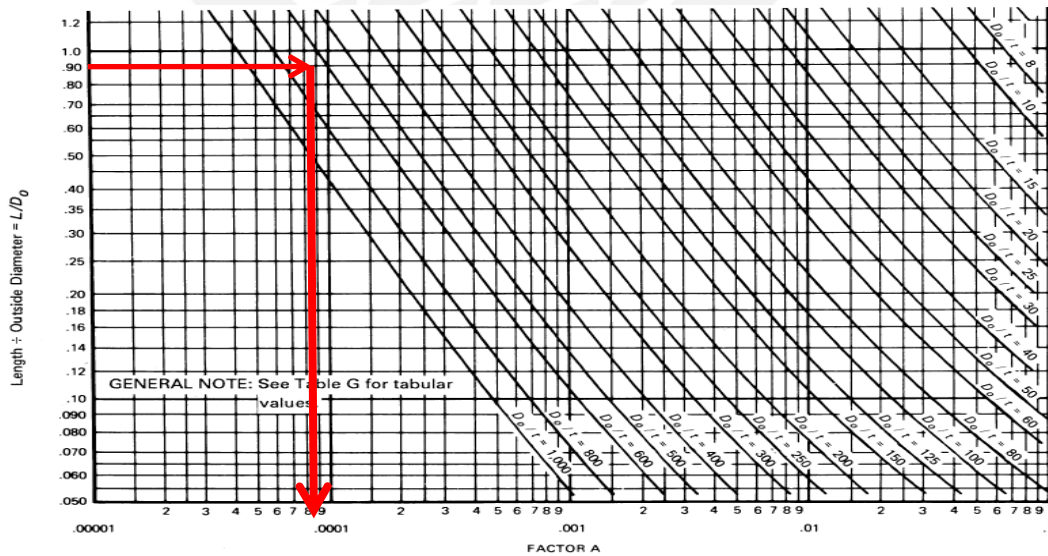
Cálculo del espesor para el fondo cónico

Paso 1. Asumir espesor para el techo torisférico y calcular el factor A según fórmula.

Esesor (t_{corr})	1.50 mm	Por presión interna	1.5 mm
D/t_e	726.7		
L_e/D	0.9		

- * Se asume que el espesor equivalente t_e será $t_e = t_{corr} \cdot \cos \alpha$
- * Se asume que la longitud equivalente L_e sería la altura del cono.

Paso 2. Entrar a la figura G de la Sub-Parte 3 de la Sección II Parte D, con los valores D/t y L/D determinados en el paso anterior.



Del gráfico obtenemos el factor A: Factor A 0.000089

- Tabla referenciada de las especificaciones de REPSOL con los valores de sobre espesores de corrosión recomendados.

SOBRESPESOR DE CORROSIÓN MÍNIMO

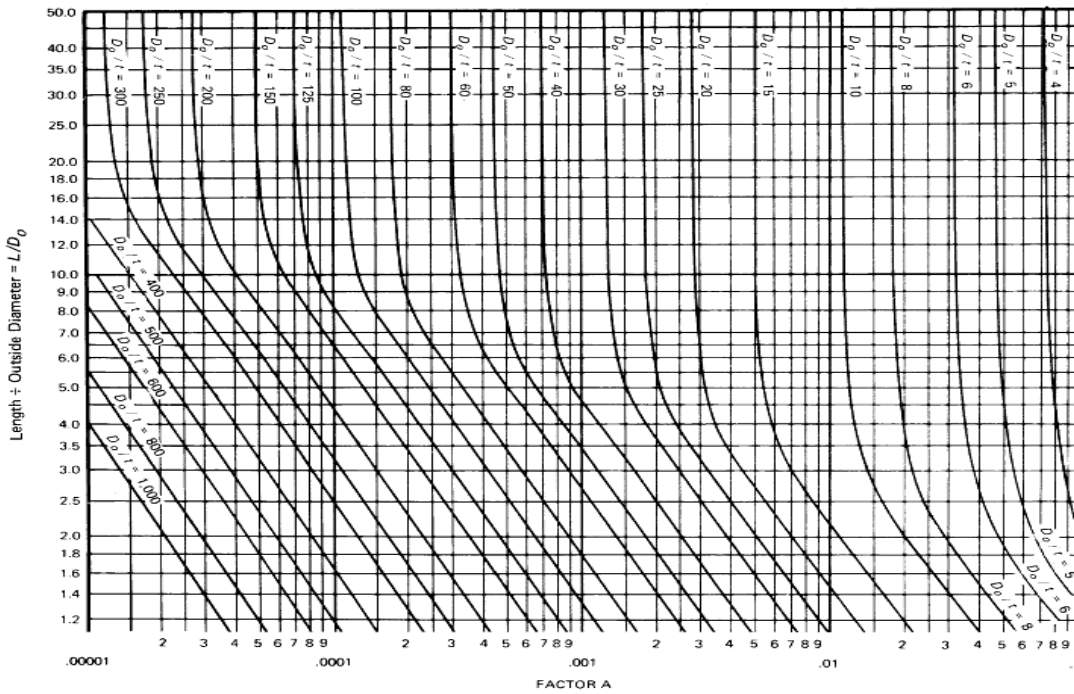
Material del recipiente	Notas	Sobreespesor de corrosión mínimo (mm.)
Aceros al carbono	(1)	3
Aceros de baja aleación	(2)	3
Aceros de aleación media	(3)	1,5
Aceros de alta aleación	(4) y (5)	1,5
Materiales no féreos	(5)	0,5
Recipientes con recubrimiento interior	(6)	0

NOTAS:

- (1) Comprende cualquier tipo de acero al carbono, incluso los aceros al carbono-manganeso y los aceros al carbono microaleados.
- (2) Comprende los aceros aleados $\frac{1}{2}\%$ Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo; 1% Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo; $1\frac{1}{4}\%$ Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo y $2\frac{1}{4}\%$ Cr - 1% Mo.
- (3) Comprende los aceros aleados 5% Cr - $\frac{1}{2}\%$ Mo y 9% Cr - 1% Mo.
- (4) Comprende los aceros aleados con más de 9% de Cr, incluso los inoxidable de cualquier tipo.
- (5) Cuando el material se haya seleccionado por motivos de contaminación del fluido, el sobreespesor de corrosión será 0 mm.
- (6) Se refiere a recubrimientos, tanto metálicos como no metálicos, resistentes al medio corrosivo en las condiciones de operación, y siempre que impidan totalmente el contacto del medio con el material resistente que recubra.

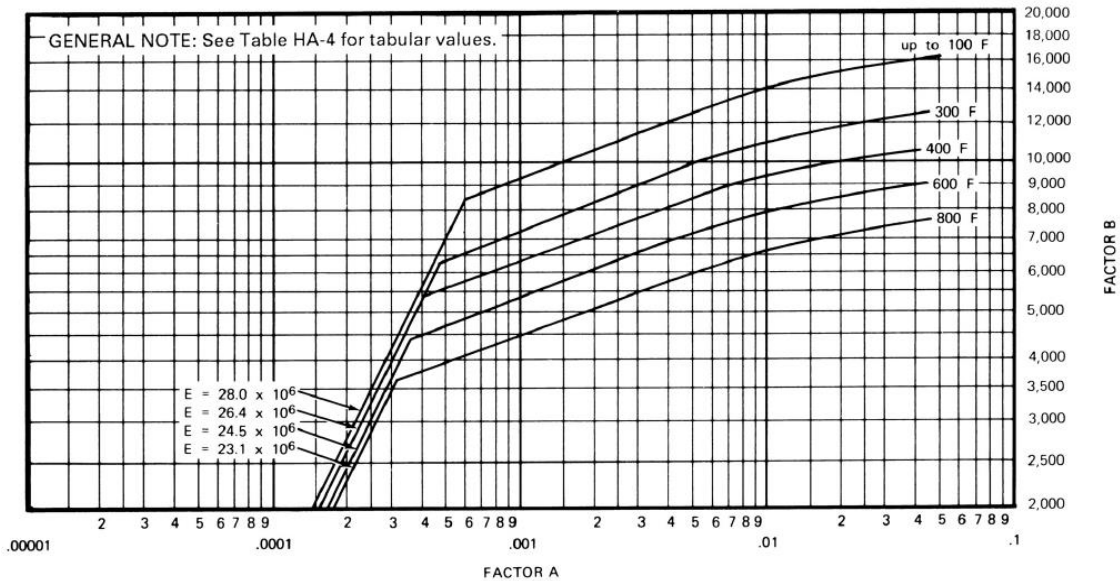


- Tabla para estimar el factor A utilizado en el cálculo de recipientes a presión por efecto de la presión externa para el acero AISI 316L. Fue tomada del código ASME Sec. VIII Div.1.



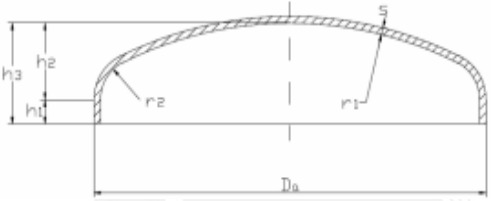
- Tabla para estimar el factor B utilizado en el cálculo de recipientes a presión por efecto de la presión externa para el acero AISI 316L. Fue tomada del código ASME Sec. VIII Div.1.

FIG. HA-4 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF COMPONENTS UNDER EXTERNAL PRESSURE DEVELOPED FOR AUSTENITIC STEEL 18Cr-8Ni-Mo-0.035 MAXIMUM CARBON, TYPE 316L



ANEXO 18: Hoja de cálculo de Excel con los espesores del recipiente de enfriamiento para presión interna.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL		
Material del recipiente de calentamiento	Acero Inox.	
Densidad del acero	7850.00	kg/m ³
Esfuerzo admisible del acero AISI SAE 316 (σ_{Adm})	115.11	MPa
Módulo de elasticidad del acero AISI SAE 316 (E_{acero})	193000.00	MPa
CARACTERÍSTICAS DEL RECIPIENTE		
Diámetro interno del recipiente (D_i)	0.50	m
Altura cilíndrica (H_{cil})	0.75	m
Volumen nominal del recipiente (V)	0.16	m ³
Nivel del fluido (H_F)	813.48	m
Sobre-espesor de corrosión (e_c)	1.50	mm
Presión de diseño (p_{di})	200.03	kPa (g)
MAWP	380.92	kPa (g)
Espesor de techo (t_{techo})	3.00	mm
Espesor de cilindro (t_{cil})	3.00	mm
Espesor de fondo (t_{fondo})	3.00	mm
INSPECCIÓN DE LA SOLDADURA		
Nivel de inspección	Radiografiado de juntas a tope	
Eficiencia de la soldadura (E) * Obtenido de la tabla UW-12 del Cód. ASME Sec. VIII Div.1	0.85	-
CÁLCULO DEL ESPESOR PARA EL CUERPO CILÍNDRICO		
Volumen total del cilindro	0.15	m ³
Altura del fluido en el cilindro (H_{FC})	563.48	mm
* Altura que alcanza el fluido en el recipiente		
Presión hidrostática máxima (p_h) $p_h = H_{FC} \times g \times \gamma$	5.53	kPa (g)
Presión total de diseño (P) $P = p_h + p_{di}$	205.56	kPa (g)
Espesor calculado (t_r) $t_r = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot (\sigma_{Adm} \cdot E - 0,6 \cdot P)}$	0.53	mm
* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.		
Espesor total (t_T) $t_T = t_r + e_c \quad t_T = 3 + \frac{D_i}{e_c}$	2.03	mm
* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.		
Espesor comercial (t_{com})	3.00	mm

Espesor corroído (t_{corr}) $t_{corr} = t_{com} - e_c$	1.50	mm
MAWP (en cuerpo) $MAWP = \frac{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr}}{\frac{D_t}{2} - 0,4 \cdot t_{corr}} - p_h$ $MAWP = \frac{\sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr}}{\frac{D_t}{2} + 0,6 \cdot t_{corr}} - p_h$ * Se escogerá el menor de los valores obtenidos.	579.43	kPa (g)
TECHO		
Presión total de diseño (P) $P = p_{di}$	200.03	kPa (g)
Tipo de techo Torispherical head DIN 28011 	Torisférico	
Altura del techo (h_2) $h_2 = 0,1935D_t + 0,455t_{com}$	95.39	mm
Altura de la pestaña (h_1) $h_1 = h + 3,5t_{com}$	10.50	mm
Altura total de la tapa (h_3) $h_3 = h_1 + h_2$	105.89	mm
Radio de curvatura menor (r_2) $r_2 = 0,1D_t$	0.050	m
Longitud de la toriesfera (r_1) $r_1 = D_t$	0.50	m
Relación Longitud toriesfera-radio de curvatura menor	10.00	-
Factor M $M = 0,25(3 + \sqrt{\frac{r_1}{r_2}})$	1.54	-
Espesor calculado (t_r) $t_r = \frac{P \cdot M \cdot r_1}{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E - 0,2 \cdot P}$	0.79	mm

Espesor total (t_T) $t_T = t_r + e_c \quad t_T = 3 + \frac{D_t}{e_c}$	2.29	mm
* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.		
Espesor comercial (t_{com})	3.00	mm
Espesor corroído (t_{corr}) $t_{corr} = t_{com} - e_c$	1.50	mm
MAWP $MAWP = \frac{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr}}{r_1 \cdot M + 0,2 \cdot t_{corr}}$	380.92	kPa (g)
FONDO		
Presión hidrostática máxima (p_h) $p_h = (H_{FC} + H_{Fcono}) \times g \times \gamma$	7.98	kPa (g)
Presión total de diseño (P) $P = p_h + p_{di}$	208.01	kPa (g)
Tipo de fondo	Cónico	
Volumen alojado en el cono	0.02	m ³
Ángulo del cono (α)	45.00	°
Altura del fondo (cono) (H_{Fcono})	0.25	m
Espesor calculado (t_r) $t_r = \frac{P \cdot D_t}{2 \cdot \cos \alpha \cdot (\sigma_{Adm} \cdot E - 0,6 \cdot P)}$	0.75	mm
Espesor total (t_T) $t_T = t_r + e_c \quad t_T = 3 + \frac{D_t}{e_c}$	2.25	mm
* Se escoge el valor máximo de los obtenidos.		
Espesor comercial (t_{com})	3.00	mm
Espesor corroído (t_{corr}) $t_{corr} = t_{com} - e_c$	1.50	mm
MAWP $MAWP = \frac{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E \cdot t_{corr} \cdot \cos \alpha}{D_t + (1,2 \cdot t_{corr} \cdot \cos \alpha)} - p_h$	406.08	kPa (g)

ANEXO 19: Hoja de cálculo de Excel con los espesores del recipiente de enfriamiento para presión externa.

DATOS DE DISEÑO

Recipiente	Tanque Calentamiento
Material	Acero Inox.
Presión de diseño	-15.03 kPa(g)
MAWP	-26.3 kPa(g)
Sobre-espesor corrosión	1.5 mm
Espesor del cuerpo	3.0 mm
Espesor del techo y fondo	3.0 mm

Cálculo del espesor del cuerpo cilíndrico

Paso 1. Asumir espesor de plancha para el cuerpo y obtener valores

* Se tomará el valor del espesor afectado por la corrosión (t_{corr})

Se asume:

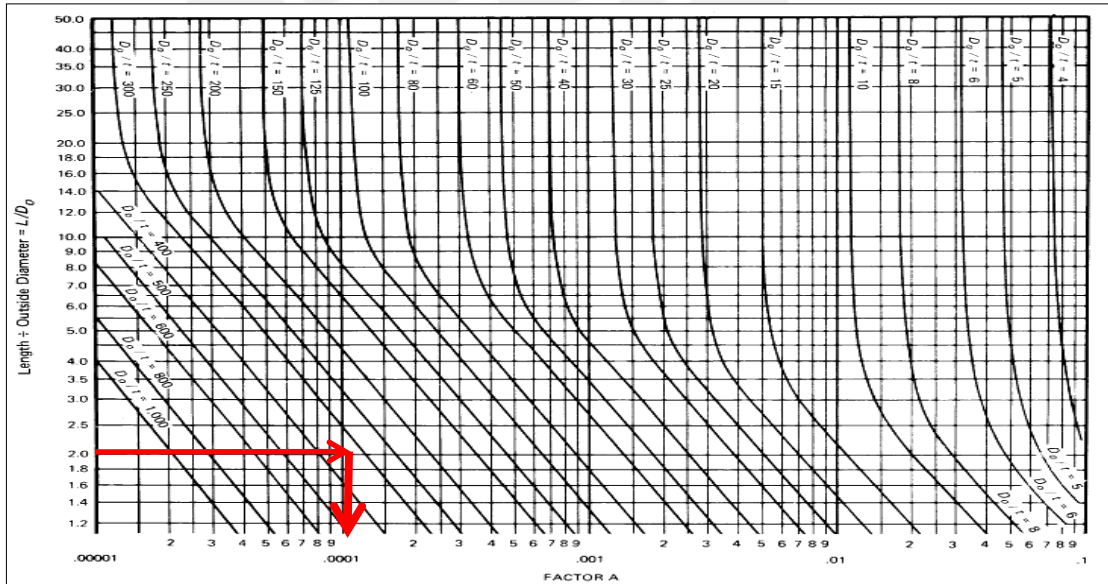
Espesor (t_{corr}) 1.50 mm Por presión interna 1.5 mm

D_t/t_{corr} 333.3

L_{cil}/D_t 2.0

Nota: Se considera una longitud L de 1686 mm, esta fue corregida al determinar la geometría del techo plano y fondo cónico.

Paso 2. Entrar a la figura G de la Sub-Parte 3 de la Sección II Parte D, con los valores D/t y L/D determinados en el paso anterior.



Del gráfico obtenemos el factor A: Factor A 0.0001

Cálculo del espesor para el techo toriesférico

Nota: Se consideró 3 mm de espesor para el techo. Esto derivó de restar el sobre-espesor de corrosión (1,5 mm) del espesor calculado para el cuerpo (3 mm).

Nota: Se calculará el espesor requerido para el techo, se considerará el mismo espesor para el fondo aunque en realidad el techo esté menos solicitado que el fondo debido a la presión hidrostática ejercida por el fluido.

Paso 1. Asumir espesor para el techo toriesférico y calcular el factor A según fórmula.

Espesor (t_{corr}) 1.50 mm Por presión interna 1.5 mm

R/t_{corr} 166.7

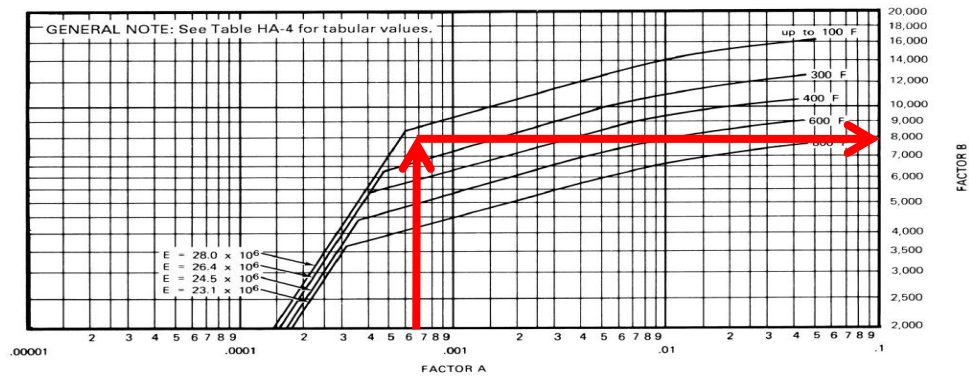
* R corresponde al radio mayor de curvatura de la cabeza toriesférica (r_1)

Factor A 0.00075

$$A = \frac{0,125}{R/t_{corr}}$$

Paso 2. Obtener el factor B, del diagrama para determinar el espesor de cascarón bajo presión externa del material del recipiente.

FIG. HA-4 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF COMPONENTS UNDER EXTERNAL PRESSURE DEVELOPED FOR AUSTENITIC STEEL 18Cr-8Ni-Mo-0.035 MAXIMUM CARBON, TYPE 316L



Factor B 8000 -

E_{acero} 27500000 psi

ASME Code, Section II, Part D, Subpart 3 pág 755(791) FIG. HA-4

Paso 3. Con el factor B obtenido en el Paso 2. obtener la presión externa admisible.

$$p_{adm} = \frac{B}{R/t_{corr}}$$

"Handbook Pressure vessels manual" pág. 25(38)

Presión admisible 48.0 psi

Paso 4. Con el módulo de elasticidad a la temperatura de diseño obtenido en el Paso 2, obtener la presión externa admisible.

$$P_{eadm} = \frac{0,0625 \cdot E}{\left(\frac{R}{t_{corr}}\right)^2}$$

"Handbook Pressure vessels manual" pág. 25(38)

Presión admisible 61.9 psi

Paso 5. Comparar las presiones admisibles obtenidas en Paso 3. y Paso 4. con la presión atmosférica.

Presión admisible **330.9 kPa(g)** "Handbook Pressure vessels manual" pág. 25(38)

OK

Cálculo del espesor para el fondo cónico

Paso 1. Asumir espesor para el techo torisférico y calcular el factor A según fórmula.

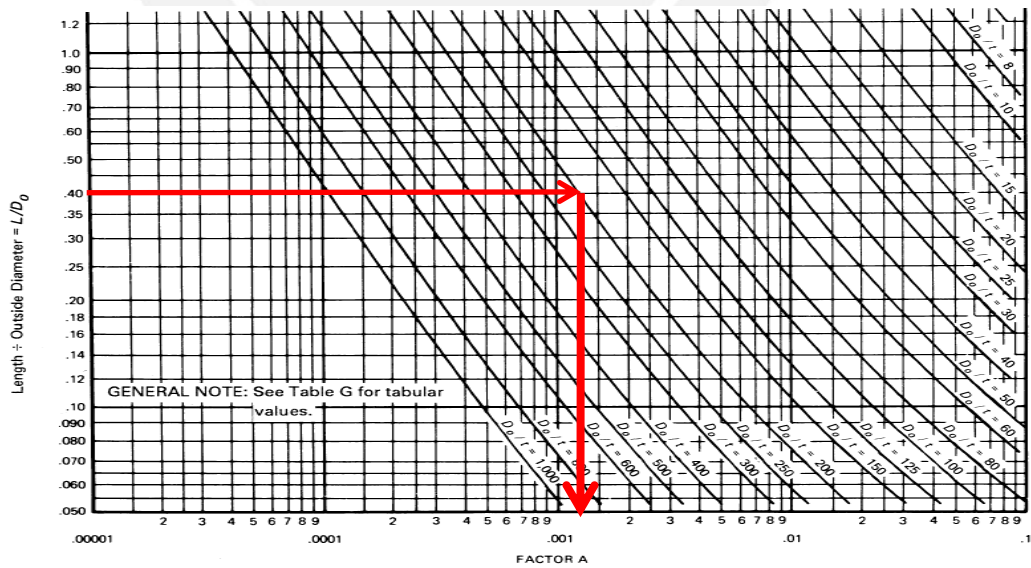
Esesor (t_{corr})	1.50 mm	Por presión interna	1.5 mm
D/ t_e	216.9		
L_e/D	0.5		

* Se asume que el espesor equivalente te será

$$t_e = t_{corr} \cdot \cos \alpha$$

* Se asume que la longitud equivalente L_e sería la altura del cono.

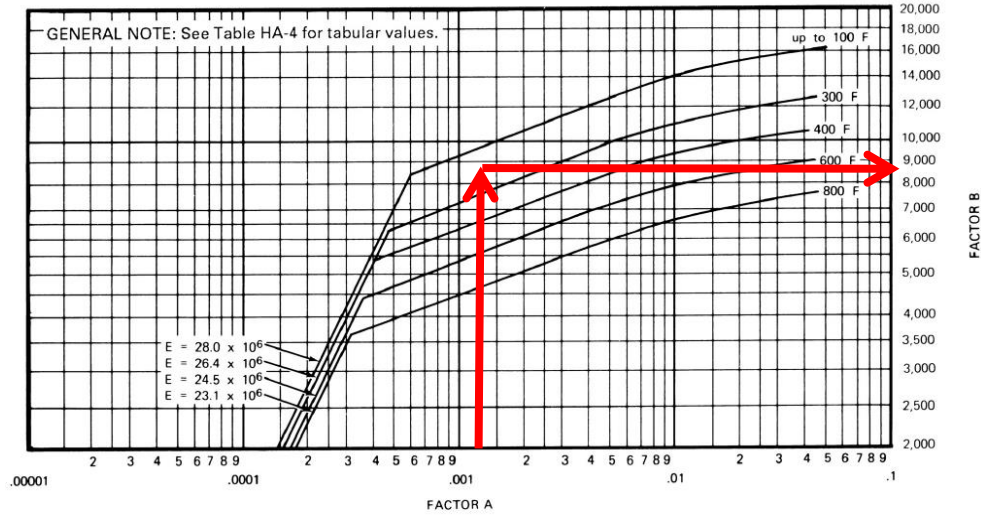
Paso 2. Entrar a la figura G de la Sub-Parte 3 de la Sección II Parte D, con los valores D/t y L/D determinados en el paso anterior.



Del gráfico obtenemos el factor A: Factor A 0.0013

Paso 3. Con el valor del factor A determinado en Paso 2., se deberá identificar el diagrama correspondiente al material analizado y en dicho gráfico se estimará el valor del factor B a la temperatura de operación del recipiente.

FIG. HA-4 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF COMPONENTS UNDER EXTERNAL PRESSURE DEVELOPED FOR AUSTENITIC STEEL 18Cr-8Ni-Mo-0.035 MAXIMUM CARBON, TYPE 316L



Gráficamente:

Factor B 8500
E_{acero} 27000000 psi

Paso 4. Con el valor de B obtenido del Paso 3. se calculará la presión externa admisible mediante la ecuación mostrada.

$$P_{eadm} = \frac{B}{R/t_e}$$

Presión admisible (P_{eadm}) 52.3 psi

Paso 5. Con los valores de A, obtenido del Paso 2. y el valor de E, obtenido del Paso 3. se calculará la presión externa admisible del recipiente.

$$P_{eadm} = \frac{2 \cdot A \cdot E_{acero}}{3 \cdot D_t}$$

Presión admisible (P_{eadm}) 109.9 psi

Paso 6. Comparar las presiones admisibles obtenidas en Paso 4. y Paso 5. con la presión de diseño.

Presión admisible 360.2 kPa(g)

* Esta será la menor de las dos presiones admisibles calculadas anteriormente.

¿Respecto presión de diseño? OK $P_{ds} > P_{eadm}$

ANEXO 20: Cálculo del soporte para el recipiente de calentamiento.

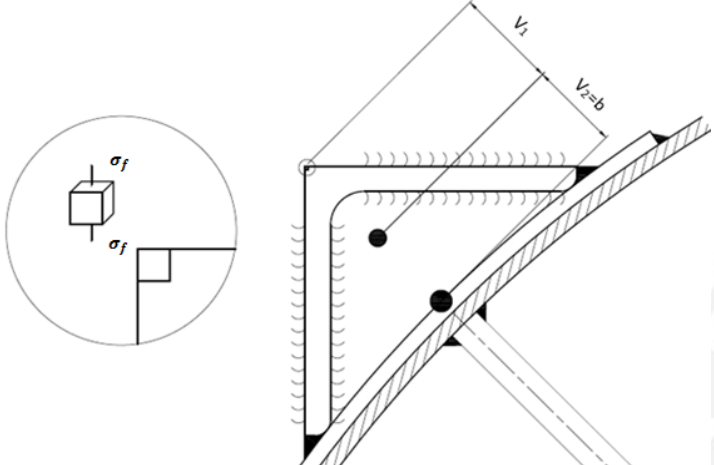
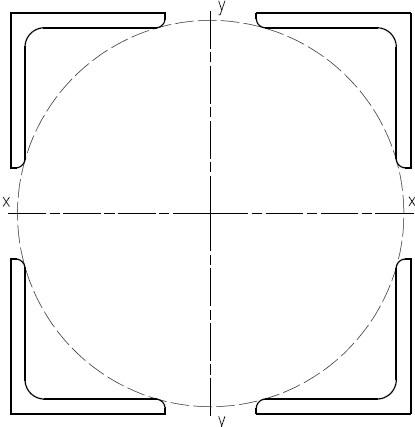
- a. Hoja de Excel con los cálculos de los pesos totales que soportarán las patas del recipiente de calentamiento.

PESOS	
Peso del fluido $W_f = 1000 \times \gamma \times g \times V$ * Se considera que el tanque está totalmente lleno para este cálculo.	2.75 kN
Peso del serpentín $W_s = \rho_{ac} \times L_s \times \left(\frac{\pi \times (\phi_{ex}^2 - \phi_{is}^2)}{4} \right) \times g$ * Los diámetros usados en esta ecuación son los de la tubería usada para el serpentín.	0.15 kN
Peso del agitador Peso del aislamiento	0.30 kN
$W_{ais} = \rho_{ais} \times (\pi \times D_{t_{ext}}) \times H_{cil} \times e \times g$	0.06 kN
Peso de las bridas EN OPERACIÓN NORMAL	1.26 kN
Peso del cuerpo $W_{cil} = \pi \times D_t \times H_{cil} \times t_{com} \times \rho_{ac} \times g$	0.43 kN
Peso del techo $W_{techo} = 0,917 \times D_t^2 \times t_{com} \times \rho_{ac} \times g$	0.06 kN
Peso del fondo $W_{fondo} = \frac{\pi \times D_t^2 \times t_{com} \times \rho_{ac} \times g}{4 \times \cos(\alpha)}$	0.11 kN
PESOS TOTALES (P_t)	
Peso operación nuevo * El peso total se estima sumando todas las cargas antes calculadas con un 20% adicional.	4.72 kN

- b. Hoja de Excel con los cálculos de resistencia mecánica y de pandeo de las patas del recipiente de calentamiento.

Evaluación de Soportes por cálculos de resistencia de materiales	
Cálculo del esfuerzo normal por efecto de la carga axial	
* Se calculó el esfuerzo axial según la teoría clásica de la Resistencia de Materiales	
Peso total del equipo (W_T)	4717.17 N
Número de soportes (#S)	4 -
Carga sobre una pata (W_{Ti})	1179.29 N
	$W_{Ti} = \frac{W_T}{\#S}$
Tipo de soporte	Perfiles
Características del soporte	L 50x5
Área del soporte (A_s)	4,80 cm ²
Esfuerzo normal debido a la carga axial	2,46 MPa
	$\sigma_n = \frac{W_T}{\#S \cdot A_s}$

Cálculo del esfuerzo normal por efecto del momento de flexión	
* Se calculó el esfuerzo por flexión según la teoría clásica de la Resistencia de Materiales	
Carga sobre una pata (W_{Ti})	1179.29 N
Brazo de palanca ($b=v_2$)	0.018 m
Momento de volteo en la pata (M_f)	21 N.m
	$M_f = \frac{W_T}{\#S} \times b$
Momento de inercia de la pata (I_n)	4,59 cm ⁴
	* Correspondiente al eje neutro.
Distancia de la carga al eje neutro (v_1)	19,50 mm

<p>Esfuerzo normal debido al momento flector (σ_f)</p> $\sigma_f = \frac{M_f \cdot v_1}{I_n}$	<p>8,8 MPa</p>
<p>Esfuerzo combinado (σ_{nr}) $\sigma_{nr} = \sigma_f + \sigma_n$</p> $\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{nr}^2 + 3(\tau_t^2 + \tau_c^2)} = \sigma_{nr}$  <p>* En este caso el esfuerzo combinado es igual al esfuerzo equivalente debido a la ausencia de esfuerzos cortantes.</p>	<p>11,3 MPa</p>
<p>Esfuerzo admisible (σ_{Adm})</p>	<p>205 MPa</p>
<p>Factor de seguridad (FS)</p> $FS = \frac{\sigma_{Adm}}{\sigma_{eq}}$	<p>18,2 -</p>
<p>Factor de seguridad recomendado (FS_r)</p> $FS_r \leq FS$	<p>1,5 -</p>
<p>Confiable</p>	
<p>Verificación por pandeo</p>	
<p>Cálculo como conjunto</p>	
<p>Peso total del equipo (W_T)</p>	<p>4717.1 N 7</p>
<p>Caso no hay eje material</p> 	

Pandeo alrededor de x-x	- -
Distancia al eje principal (d_{eje}) * Distancia de los centroides de cada perfil al eje x del conjunto.	41.30 cm
Inercia individual (I_{xi}) * Valor obtenido de tabla.	11 cm ⁴
Inercia conjunto (I_x) $I_x = 4I_{xi} + A_s \cdot d_{eje}^2$	8229.3 cm ⁴ 4
Radio de giro (i_x) $i_x = \sqrt{\frac{4I_{xi} + A_s \cdot d_{eje}^2}{4A_s}}$	20,70 cm
Longitud de pandeo (L_p) * La longitud de pandeo es considerada igual a la longitud de la pata.	80.00 cm
Grado de esbeltez (λ_x) $\lambda_x = \frac{L_p}{i_x}$	3,86 -
Factor M * Considerar que no hay eje material	2 -
Grado de esbeltez corregido (λ_{xi}) $\lambda_{xi} = \sqrt{\lambda_x^2 + 25M}$	50.15 -
Omega (ω) * Valor obtenido de tabla adjunta en el anexo	1.22 -
Esfuerzo de pandeo (σ_p) $\sigma_p = \omega \cdot \frac{W_T}{4A_s}$	3.00 N/mm ²
Esfuerzo admisible (σ_{Adm})	205 N/mm ²
Confiable	
Pandeo alrededor de y-y	
Distancia al eje principal (d_{eje}) * Distancia de los centroides de cada perfil al eje y del conjunto.	41.30 cm
Inercia individual (I_{yi}) * Valor obtenido de tabla.	11 cm ⁴
Inercia conjunto (I_y) $I_y = 4I_{yi} + A_s \cdot d_{eje}^2$	8229.3 cm ⁴ 4
Radio de giro (i_y) $i_y = \sqrt{\frac{4I_{yi} + A_s \cdot d_{eje}^2}{4A_s}}$	20,70 cm

Longitud de pandeo (L_p) * La longitud de pandeo es considerada igual a la longitud de la pata.	80.00 cm
Grado de esbeltez (λ_y) $\lambda_y = \frac{L_p}{i_y}$	3,86 -
Factor M * Considerar que no hay eje material	2 -
Grado de esbeltez corregido (λ_{yi}) $\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + 25M}$	50.15 -
Omega (ω) * Valor obtenido de tabla adjunta en el anexo	1.22
Esfuerzo de pandeo (σ_p) $\sigma_p = \omega \cdot \frac{W_T}{4A_S}$	3,00 N/mm ₂
Esfuerzo admisible (σ_{Adm})	205 N/mm ₂

Cálculo individual	
Carga sobre una pata (W_{Ti}) $W_{Ti} = \frac{W_T}{\#S}$	1179 N
Inercia individual (I_η)	4,59 cm ⁴
Radio de giro (i_η) $i_\eta = \sqrt{\frac{I_\eta}{A_S}}$	0,98 cm
Longitud de pandeo (L_p) * La longitud de pandeo es considerada igual a la longitud de la pata.	80.00 cm
Grado de esbeltez (λ_η) $\lambda_\eta = \frac{L_p}{i_\eta}$	81,81 -
Omega (ω) * Valor obtenido de tabla adjunta en el anexo	1,58 -
Esfuerzo de pandeo (σ_p) $\sigma_p = \omega \cdot \frac{W_T}{\#S \cdot 4A_S}$	3,88 N/mm ₂
Esfuerzo admisible (σ_{Adm})	205 N/mm ₂
CONFIABLE	

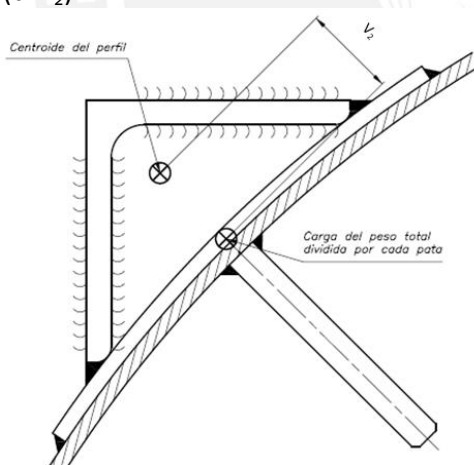
ANEXO 21: Cálculo del soporte para el recipiente de enfriamiento.

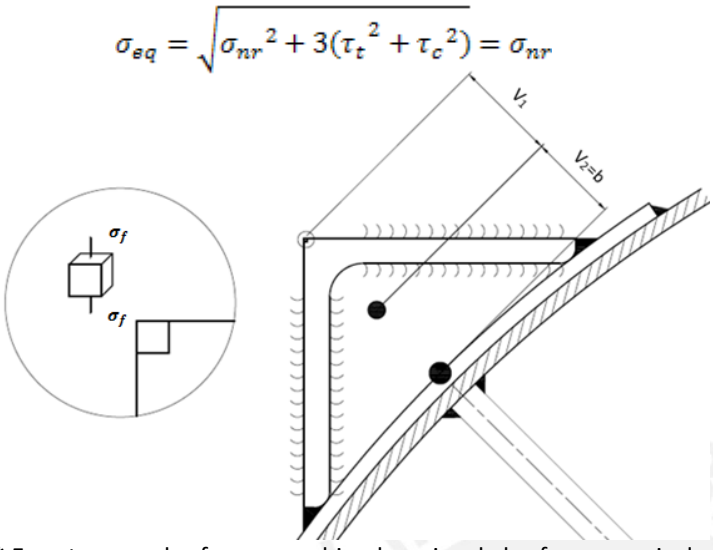
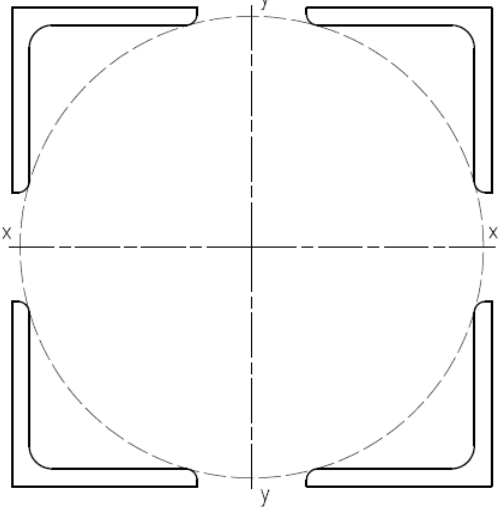
- a. Hoja de Excel con los cálculos de los pesos totales que soportarán las patas del recipiente de enfriamiento.

PESOS	
Peso del fluido $W_f = 1000 \times \gamma \times g \times V$ * Se considera que el tanque está totalmente lleno para este cálculo.	1.57 kN
Peso del serpentín $W_s = \rho_{ac} \times L_s \times \left(\frac{\pi \times (\phi_{ex}^2 - \phi_{is}^2)}{4} \right) \times g$ * Los diámetros usados en esta ecuación son los de la tubería usada para el serpentín.	0.16 kN
Peso del agitador	0.30 kN
Peso del aislamiento $W_{ais} = \rho_{ais} \times (\pi \times D_{t_{ext}}) \times H_{cil} \times e \times g$	0.04 kN
Peso de las bridas	1.26 kN
EN OPERACIÓN NORMAL	
Peso del cuerpo $W_{cil} = \pi \times D_t \times H_{cil} \times t_{com} \times \rho_{ac} \times g$	0.27 kN
Peso del techo $W_{techo} = 0,917 \times D_t^2 \times t_{com} \times \rho_{ac} \times g$	0.05 kN
Peso del fondo $W_{fondo} = \frac{\pi \times D_t^2 \times t_{com} \times \rho_{ac} \times g}{4 \times \cos(\alpha)}$	0.06 kN
PESOS TOTALES	
Peso operación nuevo * El peso total se estima sumando todas las cargas antes calculadas con un 20% adicional.	3.05 kN

- b. Hoja de Excel con los cálculos de resistencia mecánica y de pandeo de las patas del recipiente de enfriamiento.

Evaluación de Soportes por cálculos de resistencia de materiales	
Cálculo del esfuerzo normal por efecto de la carga axial	
* Se calculó el esfuerzo axial según la teoría clásica de la Resistencia de Materiales	
Peso total del equipo (W_T)	3045.96 N
Número de soportes (#S)	4 -
Carag sobre una pata (W_{Ti})	761 N
	$W_{Ti} = \frac{W_T}{\#S}$
Tipo de soporte	Perfiles
Características del soporte	L 50x5
Área del soporte (A_s)	4,80 cm ²
Esfuerzo normal debido a la carga axial	1,59 MPa
	$\sigma_n = \frac{W_T}{\#S \cdot A_s}$

Cálculo del esfuerzo normal por efecto del momento de flexión	
* Se calculó el esfuerzo por flexión según la teoría clásica de la Resistencia de Materiales	
Carga sobre una pata (W_{Ti})	761 N
Brazo de palanca ($b=v_2$)	0.018 m
	 <p>Centroide del perfil</p> <p>Carga del peso total dividida por cada pata</p>
Momento de volteo en la pata (M_f)	13 N.m
	$M_f = \frac{W_T}{\#S} \times b$
Momento de inercia de la pata (I_n)	4,59 cm ⁴
* Correspondiente al eje neutro.	
Distancia de la carga al eje neutro (v_1)	19,50 mm
Esfuerzo normal debido al momento flector (σ_f)	5,7 MPa
	$\sigma_f = \frac{M_f \cdot v_1}{I_n}$

<p>Esfuerzo combinado (σ_{nr}) $\sigma_{nr} = \sigma_f + \sigma_n$</p> $\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{nr}^2 + 3(\tau_t^2 + \tau_c^2)} = \sigma_{nr}$  <p>* En este caso el esfuerzo combinado es igual al esfuerzo equivalente debido a la ausencia de esfuerzos cortantes.</p>	<p>7,3 MPa</p>
<p>Esfuerzo admisible (σ_{Adm})</p>	<p>205 MPa</p>
<p>Factor de seguridad (FS)</p> $FS = \frac{\sigma_{Adm}}{\sigma_{eq}}$	<p>28,2 -</p>
<p>Factor de seguridad recomendado (FS_r)</p> $FS_r \leq FS$	<p>1,5 -</p>
<p>Confiable</p>	
<p>Verificación por pandeo</p>	
<p>Cálculo como conjunto</p>	
<p>Peso total del equipo (W_T)</p>	<p>3045.96 N</p>
<p>Caso no hay eje material</p> 	

Pandeo alrededor de x-x	- -
Distancia al eje principal (d_{eje}) * Distancia de los centroides de cada perfil al eje x del conjunto.	19,06 cm
Inercia individual (I_{xi}) * Valor obtenido de tabla.	11 cm ⁴
Inercia conjunto (I_x) $I_x = 4I_{xi} + A_s \cdot d_{eje}^2$	1787,13 cm ⁴
Radio de giro (i_x) $i_x = \sqrt{\frac{4I_{xi} + A_s \cdot d_{eje}^2}{4A_s}}$	9,65 cm
Longitud de pandeo (L_p) * La longitud de pandeo es considerada igual a la longitud de la pata.	50,00 cm
Grado de esbeltez (λ_x) $\lambda_x = \frac{L_p}{i_x}$	5,18 -
Factor M * Considerar que no hay eje material	2
Grado de esbeltez corregido (λ_{xi}) $\lambda_{xi} = \sqrt{\lambda_x^2 + 25M}$	50,27
Omega (ω) * Valor obtenido de tabla adjunta en el anexo	1.22
Esfuerzo de pandeo (σ_p) $\sigma_p = \omega \cdot \frac{W_T}{4A_s}$	1,94 N/mm ²
Esfuerzo admisible (σ_{Adm})	205 N/mm ²
Confiable	
Pandeo alrededor de y-y	
Distancia al eje principal (d_{eje}) * Distancia de los centroides de cada perfil al eje y del conjunto.	19,06 cm
Inercia individual (I_{yi}) * Valor obtenido de tabla.	11 cm ⁴
Inercia conjunto (I_y) $I_y = 4I_{yi} + A_s \cdot d_{eje}^2$	1787,13 cm ⁴
Radio de giro (i_y) $i_y = \sqrt{\frac{4I_{yi} + A_s \cdot d_{eje}^2}{4A_s}}$	9,65 cm

Longitud de pandeo (L_p) * La longitud de pandeo es considerada igual a la longitud de la pata.	50.00 cm
Grado de esbeltez (λ_y) $\lambda_y = \frac{L_p}{i_y}$	5,18 -
Factor M * Considerar que no hay eje material	2 -
Grado de esbeltez corregido (λ_{yi}) $\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + 25M}$	50,27 -
Omega (ω) * Valor obtenido de tabla adjunta en el anexo	1.22 -
Esfuerzo de pandeo (σ_p) $\sigma_p = \omega \cdot \frac{W_T}{4A_S}$	1,94 N/mm ²
Esfuerzo admisible (σ_{Adm})	205 N/mm ²
Cálculo individual	
Carag sobre una pata (W_{Ti}) $W_{Ti} = \frac{W_T}{\#S}$	761 N
Inercia individual (I_η)	4,59 cm ⁴
Radio de giro (i_η) $i_\eta = \sqrt{\frac{I_\eta}{A_S}}$	0,98 cm
Longitud de pandeo (L_p) * La longitud de pandeo es considerada igual a la longitud de la pata.	50.00 cm
Grado de esbeltez (λ_η) $\lambda_\eta = \frac{L_p}{i_\eta}$	51,13 -
Omega (ω) * Valor obtenido de tabla adjunta en el anexo	2,39 -
Esfuerzo de pandeo (σ_p) $\sigma_p = \omega \cdot \frac{W_T}{\#S \cdot 4A_S}$	3,79 N/mm ²
Esfuerzo admisible (σ_{Adm})	205 N/mm ²
CONFIABLE	

ANEXO 22: Verificación por resonancia

a. Recipiente de calentamiento

$$I_{Sistema} = 81287000 \text{ mm}^4$$

$$L_p = 720 \text{ mm}$$

$$m_{eq} = 480 \text{ kg}$$

$$k_{eq} = \frac{3 \cdot E_{Acero} \cdot I_{Sistema}}{L_p^3} = \frac{3 \cdot 193000 \text{ N/mm}^2 \cdot 81287000 \text{ mm}^4}{(720 \text{ mm})^3} = 126096,25 \text{ N/mm}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_{eq}}{m_{eq}}} = \sqrt{\frac{126096,25 \text{ N/mm} \cdot (1000 \text{ mm/1m})}{480 \text{ kg}}} = 512,54 \text{ rad/s}$$

b. Recipiente de enfriamiento

$$I_{Sistema} = 69324700 \text{ mm}^4$$

$$L_p = 500 \text{ mm}$$

$$m_{eq} = 310 \text{ kg}$$

$$k_{eq} = \frac{3 \cdot E_{Acero} \cdot I_{Sistema}}{L_p^3} = \frac{3 \cdot 193000 \text{ N/mm}^2 \cdot 69324700 \text{ mm}^4}{(500 \text{ mm})^3} = 321112,01 \text{ N/mm}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_{eq}}{m_{eq}}} = \sqrt{\frac{321112,01 \text{ N/mm} \cdot (1000 \text{ mm/1m})}{310 \text{ kg}}} = 1017,76 \text{ rad/s}$$

ANEXO 23: Cálculo para verificación de la unión soldada

- a. Hoja de cálculo para la verificación de la unión soldada en los soportes del recipiente de calentamiento

Unión soldada soportes para el recipiente de calentamiento			
Dimensiones	Valor	Unidades	Observaciones
Espesor de garganta (a_G)	2.5	mm	ADECUADO
Largo (L_c)	75	mm	ADECUADO
Área $A_{sol} = 2 \cdot a_G \cdot L_c$	375	mm ²	
Inercia $I_{sol} = 2 \cdot \frac{a_G \cdot L_c^3}{12}$	175781.25	mm ⁴	
Cargas			
Fuerza (W_{Ti})	1179.29	N	
Momento (M_f)	321.36	N.m	
Factor de carga estática (v)	0.8	-	
Factor de calidad de la unión (v_2)	1	-	
Resistencia a la fluencia del material de aporte (σ_F)	205	N/mm ²	
Factor de seguridad recomendado (FS_R)	1.5	-	CONFIABLE
Esfuerzos en el plano del cateto			
Esfuerzo normal al cateto (n) $n = \frac{M_f \cdot L_c}{2 \cdot I_{sol}}$	68.56	N/mm ²	
Esfuerzo paralelo al cateto y longitudinal al cordón (t_a) $t_a = \frac{W_{Ti}}{2 \cdot a_G \cdot L_c}$	3.14	N/mm ²	
Esfuerzo equivalente (σ_{eq}) $\sigma_{eq} = \sqrt{n^2 + 1,8t_a^2}$	68.69	N/mm ²	
Esfuerzo admisible (σ_{Adm}) $\sigma_{Adm} = \frac{v \cdot v_2 \cdot \sigma_F}{FS_R}$	109.33	N/mm ²	
Comprobación			
CONFIABLE			
Espesor plancha recipiente	4	mm	
Espesor perfil	12	mm	
Espesor de garganta mínimo	2.5	mm	
Espesor de garganta máximo	2.8	mm	

- b. Hoja de cálculo para la verificación de la unión soldada en los soportes del recipiente de calentamiento

Unión soldada			
Dimensiones	Valor	Unidades	Observaciones
Espesor de garganta (a_G)	2.5	mm	ADECUADO
Largo (L_c)	75	mm	ADECUADO
Área $A_{sol} = 2 \cdot a_G \cdot L_c$	375	mm ²	
Inercia $I_{sol} = 2 \cdot \frac{a_G \cdot L_c^3}{12}$	175781.25	mm ⁴	
Cargas			
Fuerza (W_{Ti})	761.49	N	
Momento (M_f)	190.37	N.m	
Factor de carga estática (v)	0.8	-	
Factor de calidad de la unión (v_2)	1	-	
Resistencia a la fluencia del material de aporte (σ_f)	205	N/mm ²	
Factor de seguridad recomendado (FS_R)	1.5	-	CONFIABLE
Esfuerzos en el plano del cateto			
Esfuerzo normal al cateto (n) $n = \frac{M_f \cdot L_c}{2 \cdot I_{sol}}$	40.61	N/mm ²	
Esfuerzo paralelo al cateto y longitudinal al cordón (t_a) $t_a = \frac{W_{Ti}}{2 \cdot a_G \cdot L_c}$	2.03	N/mm ²	
Esfuerzo equivalente (σ_{eq}) $\sigma_{eq} = \sqrt{n^2 + 1,8t_a^2}$	40.70	N/mm ²	
Esfuerzo admisible (σ_{Adm}) $\sigma_{Adm} = \frac{v \cdot v_2 \cdot \sigma_f}{FS_R}$	109.33	N/mm ²	
Comprobación			
CONFIABLE			
Espesor plancha recipiente	4	mm	
Espesor perfil	12	mm	
Espesor de garganta mínimo	2.5	mm	
Espesor de garganta máximo	2.8	mm	

c. Tabla del factor de carga estática

TIPO DE UNIÓN	ESFUERZO	v
A tope	Tracción	1,0
	Compresión	1,0
	Flexión	1,0
	Corte	0,8
En ángulo	Todos	0,8

d. Tabla del factor de la calidad de la unión soldada

CALIDAD	v ₂
I	1,0
II	0,8
III	0,5

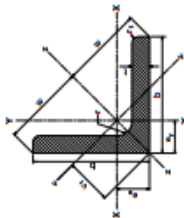
Guía para determinar la calidad de uniones soldadas (DIN 1912)

		Calidad		
		I	II	III
Material	Garantizado para soldar	•	•	•
Preparación	Dirigida por especialista	•	•	•
	Vigilada	•	•	
Método de soldadura	Seleccionado de acuerdo con las propiedades del material, el espesor de las piezas y las cargas de la unión soldada.	•	•	•
Material de aporte	Seleccionado de acuerdo al material base	•	•	•
	Selección verificada y garantizada.	•	•	
Personal	Soldador calificado con supervisión en su Trabajo	•	•	
Verificación	Comprobación de ausencia de fallas (ultrasonido, rayos x, etc.)	•		

ANEXO 24: Tablas y gráficos utilizados en la verificación de los soportes

c. Tabla de dimensiones de perfiles angulares a utilizar en la construcción de las patas para los recipientes de calentamiento y de enfriamiento.

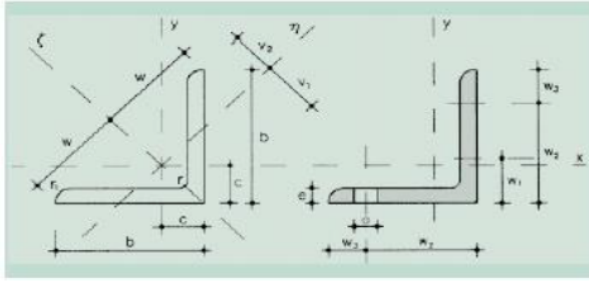
A_g = Área bruta de la sección transversal.
 I = Momento de inercia de la sección, respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
 S = Módulo resistente elástico de la sección.
 Q = Momento estático de media sección.
 Z = Módulo plástico de la sección.
 J = Módulo de torsión.
 C_w = Módulo de abateo.



Perfiles Angulo
 según
IRAM-IAS
U 500-558

Designación del perfil	Designación Comercial	Dimensiones		Radio de acuerdo		Relación		Ag	Peso	Distancias al centro de gravedad			X · X = Y · Y			v · v			z · z			J	Cw
		b	t	r	r1	h	t1			axey	w	v1	ix = iy	Sx = Sy	ix = iy	ix = iy	iv	iv	iv	iv	iv		
L 16x16 x 3,2*	L 56 x 56 x 168	15,9	3,2	4	2	5,0	0,94	0,74	0,50	1,13	0,71	0,20	0,18	0,46	0,08	0,12	0,30	0,31	0,57	0,031	0,005		
L 19 x 19 x 3,2 *	L 34 x 34 x 118	19	3,2	4	2	5,9	1,13	0,89	0,58	1,34	0,82	0,35	0,36	0,55	0,14	0,18	0,36	0,55	0,70	0,038	0,010		
L 22 x 22 x 3,2 *	L 76 x 76 x 118	22,2	3,2	4	2	6,9	1,32	1,04	0,85	1,56	0,92	0,56	0,36	0,85	0,23	0,25	0,42	0,89	0,82	0,045	0,016		
L 25 x 25 x 3,2 *	L 11 x 11 x 118	25,4	3,2	4	2	7,9	1,51	1,19	0,73	1,77	1,03	0,84	0,48	0,75	0,34	0,34	0,48	1,34	0,94	0,052	0,025		
x 4,8*	x 3716	25,4	4,8	4	2	5,3	2,19	1,72	0,79	1,77	1,11	1,17	0,68	0,73	0,5	0,45	0,48	1,84	0,92	0,170	0,075		
x 6,4*	x 104	25,4	6,4	4	2	4,0	2,81	2,2	0,85	1,77	1,19	1,44	0,87	0,72	0,66	0,55	0,48	2,23	0,89	0,388	0,159		
L 29 x 29 x 3,2	L 118 x 118 x 118	28,6	3,2	5	2,5	8,9	1,65	1,3	0,77	1,91	1,09	1,06	0,55	0,80	0,42	0,39	0,51	1,70	1,01	0,059	0,036		
L 32 x 32 x 3,2 *	L 114 x 114 x 118	31,7	3,2	5	2,5	9,9	1,97	1,55	0,89	2,26	1,26	1,83	0,79	0,96	0,72	0,57	0,61	2,93	1,22	0,066	0,050		
x 4,8 *	x 3716	31,7	4,8	5	2,5	6,6	2,87	2,25	0,96	2,26	1,35	2,58	1,15	0,95	1,06	0,78	0,61	4,10	1,20	0,216	0,155		
x 6,4 *	x 104	31,7	6,4	5	2,5	5,0	3,71	2,91	1,02	2,26	1,44	3,24	1,49	0,83	1,38	0,96	0,61	5,09	1,17	0,498	0,337		
L 38 x 38 x 3,2*	L 112 x 112 x 118	38,1	3,2	6	3	11,9	2,37	1,86	1,03	2,69	1,46	3,11	1,12	1,15	1,2	0,82	0,71	5,02	1,46	0,880	0,689		
x 4,8	x 3716	38,1	4,8	6	3	7,9	3,46	2,71	1,10	2,69	1,56	4,45	1,65	1,13	1,78	1,14	0,72	7,12	1,44	0,263	0,280		
x 6,4	x 104	38,1	6,4	6	3	6,0	4,49	3,53	1,17	2,69	1,85	5,63	2,14	1,12	2,33	1,42	0,72	8,93	1,41	0,610	0,619		
L 45 x 45 x 3,2*	L 134 x 134 x 118	44,4	3,2	7	3,5	13,9	2,83	2,22	1,19	3,18	1,88	6,24	1,58	1,36	1,98	1,18	0,84	8,50	1,73	0,693	0,143		
x 4,8*	x 3716	44,4	4,8	7	3,5	9,3	4,14	3,25	1,27	3,18	1,79	7,57	2,34	1,35	2,97	1,66	0,85	12,17	1,71	0,310	0,455		
x 6,4*	x 104	44,4	6,4	7	3,5	6,9	5,40	4,24	1,34	3,18	1,88	9,67	3,06	1,34	3,9	2,07	0,85	15,43	1,69	0,720	1,018		
L 51 x 51 x 3,2*	L 2 x 2 x 118	50,8	3,2	8	4	15,9	3,21	2,52	1,34	3,16	1,89	7,76	2,07	1,55	2,95	1,56	0,96	12,58	1,98	0,107	0,217		
x 4,8*	x 3716	50,8	4,8	8	4	10,6	4,72	3,7	1,42	3,61	2	11,26	3,06	1,54	4,41	2,2	0,97	18,12	1,96	0,357	0,697		
x 6,4*	x 104	50,8	6,4	7	3,5	7,9	6,17	4,84	1,49	3,61	2,1	14,45	4,00	1,53	5,8	2,77	0,97	23,10	1,93	0,832	1,571		
x 7,9	x 5716	50,8	7,9	8	4	6,4	7,49	5,88	1,54	3,61	2,18	17,19	4,83	1,52	7,06	3,24	0,97	27,32	1,91	1,540	2,817		
x 9,5	x 38	50,8	9,5	8	4	5,3	8,84	6,94	1,60	3,61	2,26	19,67	5,68	1,50	8,38	3,7	0,97	31,35	1,88	2,632	4,651		
L 57 x 57 x 3,2*	L 2 1/4 x 2 1/4 x 118	57,1	3,2	9	4	17,8	3,61	2,84	1,48	4,03	2,68	10,88	2,58	1,73	4,05	1,95	1,06	17,70	2,21	0,121	0,311		
x 4,8 *	x 3716	57,1	4,8	8	4	11,9	5,31	4,17	1,56	4,03	2,2	15,88	3,84	1,73	6,13	2,79	1,07	25,64	2,20	0,403	1,006		
x 6,4*	x 104	57,1	6,4	8	4	8,9	6,96	5,46	1,63	4,03	2,3	20,49	5,03	1,72	8,1	3,53	1,08	32,87	2,17	0,942	2,281		

- Extracto de tabla tomada de CIRSOC (abajo).
<http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/publicom/tablas.pdf>



A = Área de la sección
 I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X
 I_z = Momento de inercia de la sección, respecto a Z
 I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
 $W_x = I_x / (b - c)$, Módulo resistente de la sección, respecto a X
 $W_y = I_y / v_1$, Módulo resistente de la sección, respecto a Y
 $i_x = \sqrt{I_x / A}$, Radio de giro de la sección, respecto a X
 $i_z = \sqrt{I_z / A}$, Radio de giro de la sección, respecto a Z
 $i_y = \sqrt{I_y / A}$, Radio de giro de la sección, respecto a Y
 u = Perímetro
 p = Peso por m
 a = Diámetro del agujero del roblón normal

Perfil	Dimensiones					Posición del centro				Términos de sección										Agujeros			Peso	
	b	e	r	r ₁	u	c	v ₁	v ₂	w	A	I _x	I _z	I _y	W _x	W _y	i _x	i _z	i _y	W ₁	W ₂	W ₃	a	p	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kp/m
40x40x4	40	4	6	3	155	1.1	1.6	1.4	2.83	3.08	4.47	7.09	1.86	1.55	1.17	1.2	1.5	0.8	22	-	18	11	2.42	P
40x40x5	40	5	6	3	155	1.2	1.6	1.4	2.83	3.79	5.43	8.6	2.26	1.91	1.37	1.2	1.5	0.8	22	-	18	11	2.97	C
40x40x6	40	6	6	3	155	1.2	1.7	1.4	2.83	4.48	6.31	9.98	2.65	2.26	1.56	1.2	1.5	0.8	22	-	18	11	3.52	C
45x45x4	45	4	7	3.5	174	1.2	1.8	1.6	3.18	3.49	6.43	10.2	2.67	1.97	1.53	1.4	1.7	0.9	25	-	20	13	2.74	P
45x45x5	45	5	7	3.5	174	1.3	1.8	1.6	3.16	4.3	7.84	12.4	3.26	2.43	1.8	1.4	1.7	0.9	25	-	20	13	3.38	P
45x45x6	45	6	7	3.5	174	1.3	1.9	1.6	3.18	5.09	9.16	14.5	3.82	2.88	2.05	1.3	1.7	0.9	25	-	20	13	4	C
50x50x4	50	4	7	3.5	194	1.4	1.9	1.8	3.54	3.89	8.97	14.2	3.72	2.46	1.94	1.5	1.9	1	30	-	20	13	3.06	P
50x50x5	50	5	7	3.5	194	1.4	2	1.8	3.54	4.8	11	17.4	4.54	3.05	2.29	1.5	1.9	1	30	-	20	13	3.77	P
50x50x6	50	6	7	3.5	194	1.5	2	1.8	3.54	5.69	12.8	20.3	5.33	3.61	2.61	1.5	1.9	1	30	-	20	13	4.47	C
50x50x7	50	7	7	3.5	194	1.5	2.1	1.8	3.54	6.56	14.6	23.1	6.11	4.16	2.91	1.5	1.9	1	30	-	20	13	5.15	C
50x50x8	50	8	7	3.5	194	1.5	2.2	1.8	3.54	7.41	16.3	25.7	6.87	4.68	3.19	1.5	1.9	1	30	-	20	13	5.82	C
60x60x5	60	5	8	4	233	1.6	2.3	2.1	4.24	5.82	19.4	30.7	8.02	4.45	3.45	1.8	2.3	1.2	35	-	25	17	4.57	P
60x60x6	60	6	8	4	233	1.7	2.4	2.1	4.24	6.91	22.8	36.2	9.43	5.29	3.95	1.8	2.3	1.2	35	-	25	17	5.42	P
60x60x8	60	8	8	4	233	1.8	2.5	2.1	4.24	9.03	29.2	46.2	12.2	6.89	4.66	1.8	2.3	1.2	35	-	25	17	7.09	C
60x60x10	60	10	8	4	233	1.9	2.6	2.2	4.24	11.1	34.9	55.1	14.8	8.41	5.67	1.8	2.2	1.2	35	-	25	17	8.69	C
70x70x6	70	6	9	4.5	272	1.9	2.7	2.5	4.95	8.13	36.9	58.5	15.3	7.27	5.59	2.1	2.7	1.4	40	-	30	21	6.38	P
70x70x7	70	7	9	4.5	272	2	2.8	2.5	4.95	9.4	42.3	67.1	17.5	8.41	6.27	2.1	2.7	1.4	40	-	30	21	7.38	P
70x70x8	70	8	9	4.5	272	2	2.9	2.5	4.95	10.6	47.5	75.3	19.7	9.52	6.91	2.1	2.7	1.4	40	-	30	21	8.36	C
70x70x10	70	10	9	4.5	272	2.1	3	2.5	4.95	13.1	57.2	90.5	23.9	11.7	8.1	2.1	2.6	1.4	40	-	30	21	10.3	C

- Extracto de tabla tomada de IIT (abajo).
http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/perfiles_ea_95.pdf

d. Tablas para el factor ω utilizado en el cálculo de verificación por pandeo de los perfiles utilizados como patas para los recipientes.

Tabla 6.5 Coeficientes de pandeo ω para los aceros St 33 y St 37 según DIN 4114, hoja 1.

λ	$\lambda +$									λ	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	20
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	30
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	40
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	50
60	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	60
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	70
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69	80
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	90
100	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,09	100
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	110
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81	120
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26	130
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75	140
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27	150
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82	160
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41	170
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03	180
190	6,10	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69	190
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10	210
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86	220
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65	230
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47	240
250	10,55										250

Valores intermedios no necesitan ser interpolados

ANEXO 25: Cálculo de las placas base para las patas del recipiente.

- a. Hoja de Excel con los valores calculados referidos al cálculo para el dimensionamiento de las placas base para las patas del recipiente de calentamiento.

CÁLCULO DE LAS PATAS				
* Los cálculos están basados en el procedimiento de cálculo según el libro de Moss y en unidades imperiales.				
Tipo de patas	Perfiles	-		
Tamaño	L 2"x 2"	-		
Dimensions for Angle Legs				
Leg Size	D	X	m	Min. Plate Thk
L2 in. x 2 in.	4 in.	1.5	1	½ in.
L2½ in. x 2½ in.	5 in.	1.5	1.25	½ in.
L3 in. x 3 in.	6 in.	1.75	1.5	½ in.
L4 in. x 4 in.	8 in.	2	2	5/8 in.
L5 in. x 5 in.	9 in.	2.75	2	5/8 in.
L6 in. x 6 in.	10 in.	3.5	2	¾ in.
Longitud de la placa (D)	4 pulg			101.6 mm
Longitud m	1 pulg			25.4 mm
Longitud X	1.5 pulg			38.1 mm
Diámetro externo del tanque (D _{text})	21.46 pulg			545 mm
Esfuerzo de flexión admisible (F _b)	29732,73 lb/pulg ²			205,01 N/mm ²
Carga axial (F _{ax})	265.04 lb			1176.02 N
Momento de fuerza (M _f)	183.66 lb-pulg			20.8 N.m
Distancia al borde (a) $a = m\sqrt{2}$	1.41 pulg			35.9 mm
Diámetro de pernos (D _p)	3/8 pulg			9,5 mm
Número de pernos (# _p)	1 -			

Área total de los pernos (A_p) $A_p = \#_p \cdot A_{PE}$	0.078 pulg ²	50,3 mm ²																									
* A_{PE} : área de un solo perno Excentricidad (e_{ex}) $e_{ex} = \frac{M_f}{F_{ax}}$	0.69 pulg	17.6 mm																									
Factor n (c) $n = \frac{E_{acero}}{E_{concreto}}$	9,37 -																										
f'_c (Resistencia compresión concreto)	2000 lb/pulg ²																										
Average Properties of Concrete																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Water Content/Bag</th> <th>Ult f'_c 28-Day Str (psi)</th> <th>Allowable Compression, F_c (psi)</th> <th>Allowable B_p (psi)</th> <th>Coefficient, n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.5</td> <td>2000</td> <td>800</td> <td>500</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>6.75</td> <td>2500</td> <td>1000</td> <td>625</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>3000</td> <td>1200</td> <td>750</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3750</td> <td>1400</td> <td>938</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>			Water Content/Bag	Ult f'_c 28-Day Str (psi)	Allowable Compression, F_c (psi)	Allowable B_p (psi)	Coefficient, n	7.5	2000	800	500	15	6.75	2500	1000	625	12	6	3000	1200	750	10	5	3750	1400	938	8
Water Content/Bag	Ult f'_c 28-Day Str (psi)	Allowable Compression, F_c (psi)	Allowable B_p (psi)	Coefficient, n																							
7.5	2000	800	500	15																							
6.75	2500	1000	625	12																							
6	3000	1200	750	10																							
5	3750	1400	938	8																							
Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.																											
E_{acero} AISI SAE 316	27992276 lb/pulg ²																										
$E_{concreto}$	2986902 lb/pulg ²																										

Elegir tipo de carga		Axial con flexión	
Carga axial			
Dimensión m		1.00 pulg	25.4 mm
f_c	$f_c = \frac{F_{ax}}{BD}$	16.53 lb/pulg ²	0.11 N/mm ²

t_p	$t_p = \sqrt{\frac{3 \cdot f_c \cdot m^2}{F_b}}$	0,041 pulg	1,04 mm
-------	--	------------	---------

Carga axial con flexión			
Tipo de compresión		PARCIAL	
Dimensión f_a	$f_a = D_t - x\sqrt{2}$	19.34 pulg	491.1 mm
Factores			
k_1	$K_1 = 3 \cdot (e_{ex} + \frac{D}{2})$	8,1 pulg	205,20 mm
k_2	$K_2 = \frac{6 \cdot n \cdot A_s}{B} \cdot (f + e_{ex})$	22.0 pulg ²	14168,20 mm ²
k_3	$K_3 = (-)K_2 \cdot (\frac{D}{2} + f)$	-468.5 pulg ³	-7678013.11 mm ³
Y	$Y^3 + K_1Y^2 + K_2Y + K_3 = 0$ * Despejar Y de la ecuación.	5,17 pulg	131.3 mm
Fuerza de tensión (T)	$T = (-)F_{ax} \cdot \left[\frac{\frac{D}{2} - \frac{Y}{3} - e_{es}}{\frac{D}{2} - \frac{Y}{3} + f} \right]$	5,63 lb	25.03 N
Presión de apoyo (f_c)	$f_c = \frac{2 \cdot (F_{ax} + T)}{Y \cdot B} < f_c'$	26,18 lb/pulg ²	0,18 N/mm ²
Confiable			
x	$x = 0.5D + f - Y$	16,17 pulg	410,60 mm
M_t	$M_t = T x$	90,94 lb.pulg	10,3 N.m
f_1	$f_1 = f_c \left(\frac{Y - a}{Y} \right)$	19,02 lb/pulg ²	0,13 N/mm ²
M_c	$M_c = \frac{a^2 B}{6} (f_1 + 2f_c)$	95,16 lb.pulg	10,80 N.m

Distancia al borde (a) $a = m\sqrt{2}$	1.41 pulg	35.9 mm																									
Diámetro de pernos (D_p)	3/8 pulg	9,5 mm																									
Número de pernos ($\#_p$)	1 -																										
Area total de los pernos (A_s) $A_s = \#_p \cdot A_{SE}$	0,078 pulg ²	50,3 mm ²																									
* A_{SE} : área de un solo perno.																											
Excentricidad (e) $e_{ex} = \frac{M_f}{F_{ax}}$	0.69 pulg	17.6 mm																									
Factor n ($E_{acero}/E_{concreto}$) $n = \frac{E_{acero}}{E_{concreto}}$	9,37 -																										
f'_c (Resistencia compresion concreto)	2000 lb/pulg ²																										
Average Properties of Concrete																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Water Content/Bag</th> <th>Ult f'_c 28-Day Str (psi)</th> <th>Allowable Compression, F_c (psi)</th> <th>Allowable B_p (psi)</th> <th>Coefficient, n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.5</td> <td>2000</td> <td>800</td> <td>500</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>6.75</td> <td>2500</td> <td>1000</td> <td>625</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>3000</td> <td>1200</td> <td>750</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3750</td> <td>1400</td> <td>938</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>			Water Content/Bag	Ult f'_c 28-Day Str (psi)	Allowable Compression, F_c (psi)	Allowable B_p (psi)	Coefficient, n	7.5	2000	800	500	15	6.75	2500	1000	625	12	6	3000	1200	750	10	5	3750	1400	938	8
Water Content/Bag	Ult f'_c 28-Day Str (psi)	Allowable Compression, F_c (psi)	Allowable B_p (psi)	Coefficient, n																							
7.5	2000	800	500	15																							
6.75	2500	1000	625	12																							
6	3000	1200	750	10																							
5	3750	1400	938	8																							
Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.																											
E_{acero} AISI SAE 316 L	27992276 lb/pulg ²																										
$E_{concreto}$	2986902 lb/pulg ²																										
Elegir tipo de carga	Axial con flexión																										
<p>Full compression, no uplift, $e_{ex} \leq D/6$ Partial compression, uplift, $e_{ex} > D/6$</p>																											
Carga axial																											
Dimensión m	1.00 pulg	25.4 mm																									

f_c	$f_c = \frac{F_{ax}}{BD}$	10,70 lb/pulg ²	0,07 N/mm ²
t_p	$t_p = \sqrt{\frac{3 \cdot f_c \cdot m^2}{F_b}}$	0,033 pulg	0,83 mm

Carga axial con flexión			
Tipo de compresión		PARCIAL	
Dimensión f		17,56 pulg	446.1 mm
$f_a = D_t - x\sqrt{2}$			
Factores			
K_1	$K_1 = 3 \cdot (e_{ex} + \frac{D}{2})$	8,10 pulg	205,20 mm
K_2	$K_2 = \frac{6 \cdot n \cdot A_s}{B} \cdot (f + e_{ex})$	20,0 pulg ²	12914.9 mm ²
K_3	$K_3 = (-)K_2(0.5D + f)$	-391,60 pulg ³	-6417664,04 mm ³
Y	$Y^3 + K_1Y^2 + K_2Y + K_3 = 0$ * Despejar Y de la ecuación.	4,79 pulg	121,7 mm
Fuerza de tensión (T)		2,76 lb	12,27 N
$T = (-)F_{ax} \cdot \left[\frac{\frac{D}{2} - \frac{Y}{3} - e_{es}}{\frac{D}{2} - \frac{Y}{3} + f} \right]$			
Presión de apoyo (f_c)		18.16 lb/pulg ²	0.13 N/mm ²
$f_c = \frac{2 \cdot (F_{ax} + T)}{Y \cdot B} < f_c'$			
Confiable			
x	$x = 0.5D + f - Y$	14,77 pulg	375,3 mm
M_t	$M_t = T_x$	40,76 lb.pulg	4,6 N.m
f_1	$f_1 = f_c \left(\frac{Y - a}{Y} \right)$	12,80 lb/pulg ²	0,09 N/mm ²

M_c $M_c = \frac{a^2 B}{6} (f_1 + 2f_c)$	65,48 lb.pulg	7,40 N.m
t_p (espesor compresión parcial) $t_p = \sqrt{\frac{6 \cdot \sqrt{(M_t^2 + M_c^2)}}{B \cdot F_b}}$	0,062 pulg	1,6 mm
Espesor mínimo	0.5 pulg	12.7 mm



ANEXO 26: Selección del agitador para el recipiente de calentamiento

- a. Hoja de Excel con el estimado de la potencia consumida por el agitador en el recipiente de calentamiento

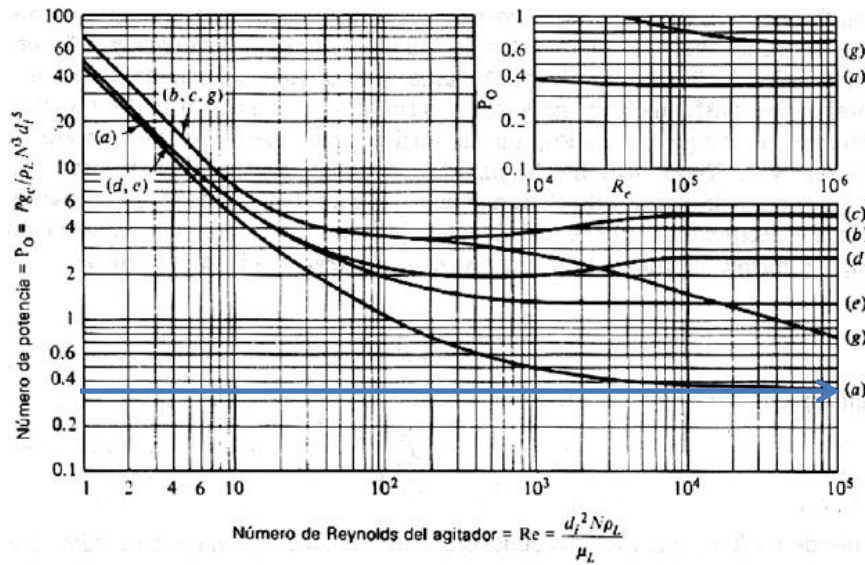
Primero se estima el Número de Reynolds del fluido Re_f :

$$Re_f = \frac{D_a^2 \cdot N_{rev} \cdot \rho_f}{\mu_f}$$

$$Re_f = \frac{(240mm \cdot \frac{1m}{1000mm})^2 \cdot 68rpm \cdot 1030kg/m^3}{1,6758mPa \cdot s} \cdot \frac{1000mPa \cdot s}{1Pa \cdot s} \cdot \frac{2\pi rad}{1rev} \cdot \frac{1min}{60s}$$

$$Re_f = 255773$$

Del gráfico estimamos el número de potencia N_p :



Para el valor de Re_f calculado y para el rotor de hélice marina el número de potencia N_p es 0,35.

Para el cálculo de potencia consumida por el agitador se usará la siguiente ecuación:

$$P_r = \rho_f \cdot N_p \cdot N_{rev}^3 \cdot D_a^5$$

$$P_r = 1030 \cdot 0,35 \cdot 68^3 \cdot 0,24^5$$

$$P_r = 0,11kW$$

b. Información suministrada por ABS del agitador para el recipiente de calentamiento.



REF: LAC13 005
PAG.: 02

REF.: AGITADOR TIPO TURBINA AXIAL, MARCA AGITASER MODELO S.S.C. DE FABRICACIÓN ESPAÑOLA

Estimados señores

Por medio de la presente les hacemos llegar nuestra mejor oferta por lo siguiente:

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
02	01	<p>AGITADOR TIPO TURBINA AXIAL, MARCA AGITASER MODELO S.S.C. DE FABRICACION ESPAÑOLA. EJE DESMONTABLE Y TURBINA EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 L CON TAPA SUPERIOR BRIDADA DE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:</p> <p>MOTOR ELECTRICO</p> <p>POTENCIA ABSORBIDA : 0.5 HP VELOCIDAD : 1400 A 1500 RPM TENSION : 440 V, 60 Hz, TRIFASICO PROTECCION : IP-55</p> <p>REDUCTOR</p> <p>MARCA : NORD TIPO : CO-AXIAL VELOCIDAD DE SALIDA : 60 A 80 RPM</p> <p>BRIDA</p> <p>TIPO : DIN 2576 DN 125 PN 10 MATERIAL : ACERO INOX 304L</p> <p>ELEMENTO AGITADOR</p> <p>TIPO : TURBINA AXIAL POSICION : INFERIOR DIAMETRO : 240 A 270 mm NUMERO DE PALAS : 2 a 3</p> <p>EJE</p> <p>TIPO : RIGIDO MATERIAL : ACERO INOX AISI 304L RECUBRIMIENTO : CON CERAMICA EN ZONA DE RETEN LONGITUD TOTAL : 1000 A 1200 mm DIAMETRO DEL EJE : 20 A 30 mm.</p> <p>PRODUCTO : MOSTO CERVEZA</p> <p>CANTIDAD : 220 L DENSIDAD : 1000 Kg/m3 VISCOSIDAD : 10 mPa.s TEMPERATURA : 25°C</p> <p>DEPOSITO: CILINDRICO</p> <p>DIAMETRO : 0.5 A 0.6 m ALTURA : 1.085 m VOLUMEN DE TRABAJO : 220 L</p>	US\$ 2,980.00	US\$ 2,980.00

MÁS I.G.V

ANEXO 27: Selección del agitador para el recipiente de enfriamiento

- a. Hoja de Excel con el estimado de la potencia consumida por el agitador en el recipiente de enfriamiento.

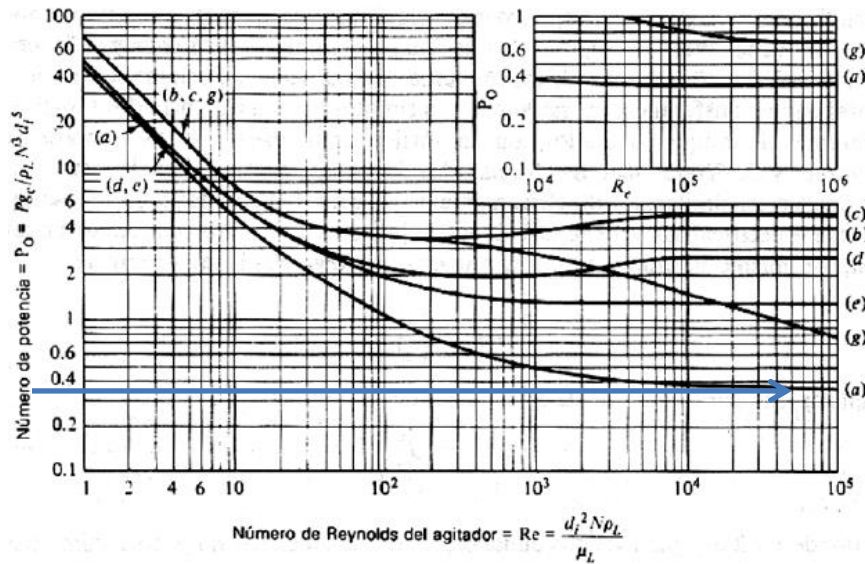
Primero se estima el Número de Reynolds del fluido Re:

$$Re_f = \frac{D_a^2 \cdot N_{rev} \cdot \rho_f}{\mu_f}$$

$$Re_f = \frac{(250mm \cdot \frac{1m}{1000mm})^2 \cdot 100rpm \cdot 1030kg/m^3}{1,6758mPa \cdot s} \cdot \frac{1000mPa \cdot s}{1Pa \cdot s} \cdot \frac{2\pi rad}{1rev} \cdot \frac{1min}{60s}$$

$$Re_f = 408134$$

Del gráfico estimamos el número de potencia N_p :



Para el valor de Re calculado y para el rotor de hélice marina el número de potencia N_p es 0,35.

Para el cálculo de potencia consumida por el agitador se usará la siguiente ecuación:


$$P_r = \rho_f \cdot N_p \cdot N_{rev}^3 \cdot D_a^5$$

$$P_r = 1030 \cdot 0,35 \cdot 100^3 \cdot 0,25^5$$

$$P_r = 0,94kW$$

b. Información suministrada por ABS del agitador para el recipiente de enfriamiento.

CALLE LAS BALSAS MZ.B LT.13 URB. SAN JUAN BAUTISTA DE VILLA - CHORRILLOS - PERU
 Teléfono: 254-4818 Anexo: 211 / Fax: 254-1250
 Celular: 973862381
 RPM: #944497267
 E-mail: lavarez@absperu.com
www.absperu.com



ABS Importaciones y Representaciones S.A.C.

FECHA: 07/05/2013
REF: LAC13 005

Señores:
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Av. Universitaria 1801, San Miguel, Lima 32, Perú

ATT: ING. DIEGO RIOS

REF: AGITADOR TIPO TURBINA AXIAL, MARCA AGITASER MODELO S.S.C. DE FABRICACIÓN ESPAÑOLA

Estimados señores

Por medio de la presente les hacemos llegar nuestra mejor oferta por lo siguiente:

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
01	01	AGITADOR TIPO TURBINA AXIAL, MARCA AGITASER MODELO S.S.C. DE FABRICACION ESPAÑOLA. EJE DESMONTABLE Y TURBINA EN ACERO INOXIDABLE AISI 316 L CON TAPA SUPERIOR BRIDADA DE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:		
		MOTOR ELECTRICO		
		POTENCIA ABSORBIDA : 0.5 HP		
		VELOCIDAD : 1400 A 1500 RPM		
		TENSION : 440 V, 60 Hz, TRIFASICO		
		PROTECCION : IP-55		
		REDUCTOR		
		MARCA : NORD		
		TIPO : CO-AXIAL		
		VELOCIDAD DE SALIDA : 80 A 120 RPM		
		BRIDA		
		TIPO : DIN 2576 DN 125 PN 10		
		MATERIAL : ACERO INOX 304L		
		ELEMENTO AGITADOR		
		TIPO : TURBINA AXIAL		
		POSICION : INFERIOR		
		DIAMETRO : 250 mm		
		NUMERO DE PALAS : 2 A 3		
		EJE		
		TIPO : RIGIDO		
		MATERIAL : ACERO INOX AISI 304L		
		RECUBRIMIENTO : CON CERAMICA EN ZONA DE RETEN		
		LONGITUD TOTAL : 600 A 1000 mm		
		DIAMETRO DEL EJE : 20 A 30 mm		
		PRODUCTO : MOSTO CERVEZA		
		CANTIDAD : 120 L		
		DENSIDAD : 1000 Kg/m3		
		VISCOSIDAD : 10 mPa.s		
		TEMPERATURA : 25°C		
		DEPOSITO: CILINDRICO		
		DIAMETRO : 0.4m A 0.6m		
		ALTURA : 0.745 m		
		VOLUMEN DE TRABAJO : 120L	US\$ 2,950.00	US\$ 2,950.00

MÁS I.G.V.

ANEXO 28: Cálculos y selección de bomba para mosto.

a. Hoja de cálculo de Excel para la selección de la bomba de mosto.

I. DATOS INICIALES

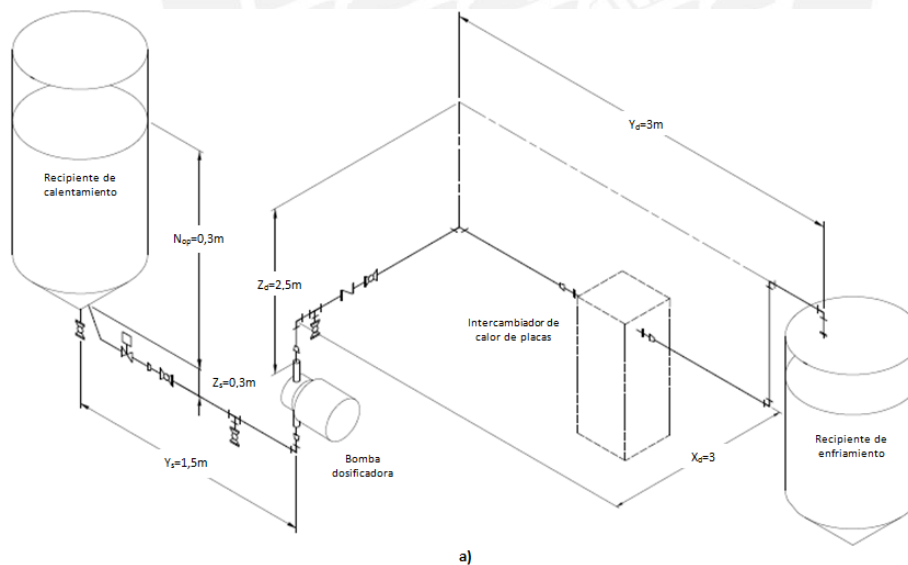
Nombre del equipo	Bomba para Glicol
Presión en el techo de la succión (p_s)	101.3 kPa
Temperatura ambiente mínima ($T_{amb. min.}$)	15 °C
Temperatura ambiente máxima ($T_{amb. máx.}$)	32 °C
Servicio de la bomba	Mosto
Caudal de operación (Q_{op})	0.45 m ³ /hr

II. PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL FLUIDO

Servicio	Agua	
Temperatura de diseño (T_d)	100 °C	
Densidad (ρ_f)	958.6 kg/m ³	
Viscosidad dinámica (μ_f)	2.820E-04 Pa.s	(0.28 cP)

III. RANGO DE CAUDALES

Caudal de operación (Q_{op})	1.25E-04 m ³ /s
Caudal mínimo	1.13E-04 m ³ /s
Caudal máximo (Q_d)	1.50E-04 m ³ /s



IV. DATOS DE LA SUCCIÓN

Material de la tubería	Acero inoxidable
Rugosidad absoluta (ϵ)	0.085 mm
Diámetro nominal de la tubería	1 pulg
Diámetro exterior (ϕ_{ex})	33.40 mm

Espesor nominal (t_t)	2.77 mm
Diámetro interior (ϕ_{in})	27.86 mm
Velocidad (v_f) $v_f = \frac{4 \times Q_d}{\pi \times \phi_{in}^2}$	0.25 m/s
Número de Reynolds (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times \phi_i}{\mu_f}$	23301.8 -
Tipo de régimen del flujo	Turbulento
Coeficiente de fricción (f) $f = \frac{64}{Re_f}$ $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 \phi_i} + \frac{2.51}{Re_f \sqrt{f}} \right)$ Régimen laminar Régimen turbulento	0.0309 -
Nivel de operación del tanque (N_{op})	0.3 m
Altura al eje de la bomba (Z_s)	0.3 m
Longitud a la succión de la bomba (Y_s)	1.5 m
Longitud de la línea de succión $L_s = Z_s + Y_s$	1.8 m

METRADO DE ACCESORIOS EN LA SUCCIÓN					
Accesorio	Cantidad	Diámetro (pulg)	Velocidad (m/s)	L_{eq} / ϕ_{in}	Caída de presión (m)
Tubería	1	1	0.25	80.2	0.006
Codo 90° de radio largo	3	1	0.25	20	0.006
Tee estándar con flujo directo	1	1	0.25	20	0.002
Válvula compuerta abierta por completo	2	1	0.25	8	0.002
Entrada normal	1	1	0.25	10.77	0.001
$h_{ft} = f \times \frac{L_t \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}}$ * Pérdidas en la tubería $h_{fa} = \sum f \times \frac{L_{eq} \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}}$ * Pérdidas en los accesorios $h_{fp} = h_{ft} + h_{fa} + h_{ac}$ * Caída de presión total					
Pérdida por aceleración del fluido (h_{ac}) $h_{ac} = \frac{L_t \cdot R \cdot \gamma \cdot Q_d}{640 \cdot \phi_{is}^2}$	0,14 (1,44) Bar (m)				
Frecuencia de embolada (R)	72 carrera/min				
Densidad relativa del mosto (γ)	0,96 -				
Caída de presión total (h_{fp})	1,46 m				

V. CÁLCULO DEL NPSH_{disponible}

$$NPSH_{disponible} = h_{sp} \pm h_s - h_{fp} - h_v$$

Dónde:

h_{sp} : Cabeza de presión estática aplicada al fluido (en escala absoluta) expresada en metros de altura de columna de fluido.

h_s : Diferencia de elevación entre el nivel del fluido en el depósito y la entrada a la bomba. Positivo cuando la bomba está por debajo del depósito (preferido) y negativa cuando está por encima del mismo.

h_{fp} : Pérdida por fricción en la tubería de succión, expresada en metros.

h_v : Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo expresada en metros de altura de columna del fluido.

Cabeza de presión estática (h_{sp})	10.8 m
Diferencia de niveles (h_s) $h_s = N_{op} + Z_s$	0.6 m
Caída de presión (h_{fp})	1,46 m
Presión de vapor (h_v)	0.1 m
NPSH _{disponible}	9.8 m

VI. DATOS DE LA DESCARGA

Material de la tubería	Acero inoxidable
Rugosidad absoluta (ϵ)	0.085 mm
Diámetro nominal de la tubería	3/4 pulg
Diámetro exterior (ϕ_{ex})	26.67 mm
Espesor nominal (t_t)	2.11 mm
Diámetro interior (ϕ_{in})	22.45 mm
Velocidad (v_f) $v_f = \frac{4 \times Q_d}{\pi \times \phi_{in}^2}$	0.38 m/s
Número de Reynolds (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times \phi_i}{\mu_f}$	28914.0 -
Tipo de régimen del flujo	Turbulento
Coefficiente de fricción (f) $f = \frac{64}{Re_f}$ Régimen laminar $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 \phi_i} + \frac{2.51}{Re_f \sqrt{f}} \right)$ Régimen turbulento	0.0343 -
Altura en la descarga (Z_d)	2.5 m
Diferencia de cotas S-D	1.9 m
Largo de la descarga (Y_d)	3.0 m
Ancho de la descarga (X_d)	3.0 m
Longitud de la línea de descarga $L_d = 1,5(Y_d + X_d)$	9.0 m

METRADO DE ACCESORIOS EN LA DESCARGA					
Accesorio	Cantidad	Diámetro (pulg)	Velocidad (m/s)	L_{eq}/ϕ_{in}	Cáida de presión (m)
Tubería	1	3/4	0.38	400.8	0.091
Codo 90° de radio largo	6	3/4	0.38	20	0.027
Válvula compuerta 1/4 abierta	2	3/4	0.38	900	0.407
Válvula check	1	3/4	0.38	80	0.018
Tee estándar con flujo directo	2	3/4	0.38	20	0.009
Salida de tubería	1	3/4	0.38	22.27	0.005

CAÍDA DE PRESIÓN EN EQUIPOS			
Equipo	Cantidad	Estimado (m)	Cáida de presión (m)
Intercambiador de calor de placas	1	8.93	8.9

$$h_{ft} = f \times \frac{L_t \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}} \quad * \text{ Pérdidas en la tubería}$$

$$h_{fa} = \sum f \times \frac{L_{eq} \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}} + h_e \quad * \text{ Pérdidas en los accesorios}$$

$$h_{fp} = h_{ft} + h_{fa} \quad * \text{ Caída de presión}$$

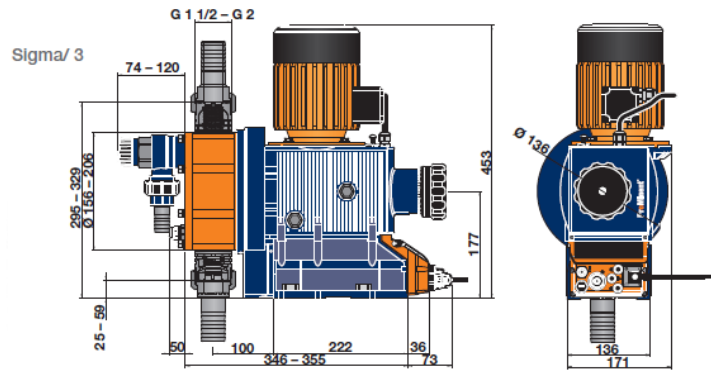
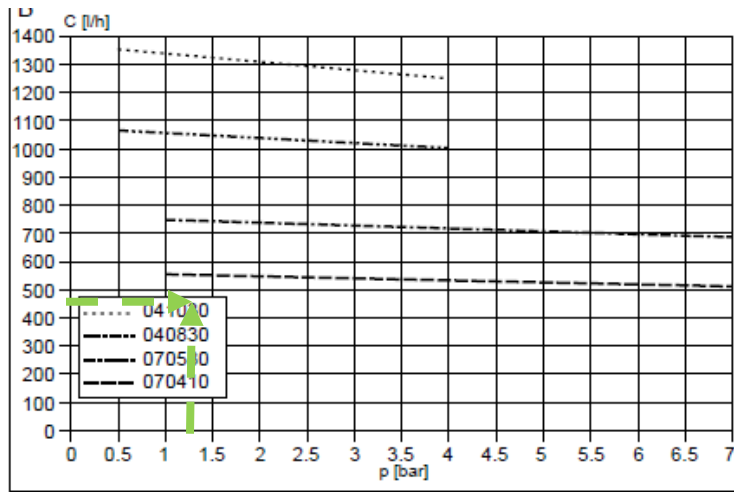
VII. CÁLCULO DEL ADT

Altura estática total (h_T)	1.9 m
Pérdidas por fricción en accesorios (h_{fp})	0.6 m
Presión requerida a la salida (h_{sal})	3.0 m
Altura Dinámica Total $ADT = h_T + h_{fp} + h_{sal}$	14.4 m
Presión en la descarga $p_d = (\rho_f \times g \times ADT)$	1.35 bar (g)

VIII. POTENCIA HIDRÁULICA

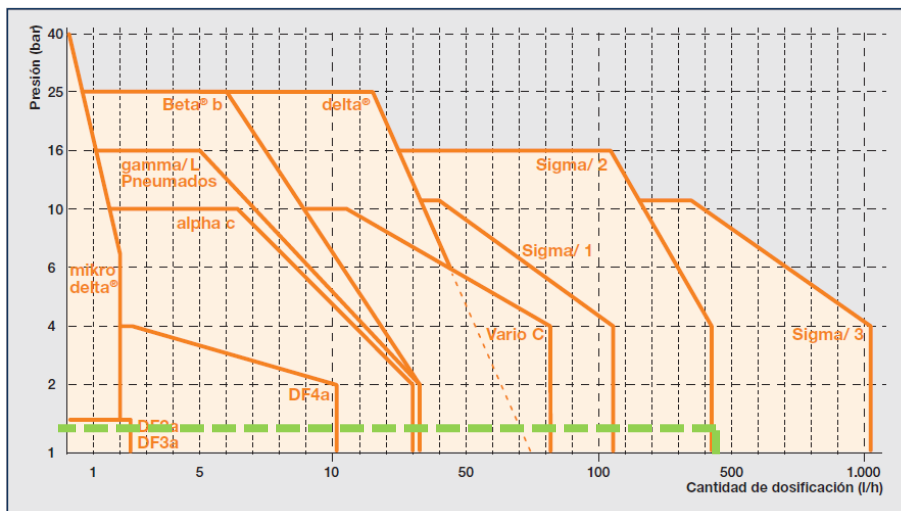
Potencia hidráulica (P_h) $P_h = \rho_f \times g \times Q_d \times ADT$	20 W
--	------

b. Curva de la bomba para la selección de la bomba para el mosto.



Geometría de la bomba

Resumen de potencias de las bombas de dosificación



Curvas características

Sigma							
Tipo de bomba	Con motor de 1.500 rpm a 50 Hz Capacidad de bombeo a máx. contrapresión				Altura de aspiración mWS	Presión inicial autorizada, lado de aspiración bar	Conexión del lado de aspiración/impulsión G-DN
	bar	l/h	ml/carrera	Carr./min			
Sigma/ 1							
12017	12	17	4,0	73	7	1	¾-10
12035	12	35	4,0	143	7	1	¾-10
10050	10	50	4,0	200	7	1	¾-10
10022	10	22	5,1	73	6	1	¾-10
10044	10	44	5,1	143	6	1	¾-10
07065	7	65	5,1	200	6	1	¾-10
07042	7	42	9,7	73	3	1	1-15
04084	4	84	9,7	143	3	1	1-15
04120	4	120	9,7	200	3	1	1-15
Sigma/ 2							
16050	16	48	11,4	73	7	3	1-15
16090	16	86	11,4	132	7	3	1-15
16130	16	125	10,9	198	7	3	1-15
07120	7	120	27,4	73	5	1	1½-25
07220	7	220	27,7	132	5	1	1½-25
04350	4	350	29,4	198	5	1	1½-25
Sigma/ 3							
120145	12	145	31,5	72	2	5	1½-25
120190	12	190	31,5	103	2	5	1½-25
120270	12	270	31,5	144	2	5	1½-25
120330	12	330	31,5	180	2	5	1½-25
070410	7	410	95,1	72	1	4	2-32
070580	7	580	95,1	103	1	4	2-32
040830	4	830	95,1	144	1	3	2-32
041030	4	1.030	95,1	180	1	3	2-32

Versiones de control y básica de Sigma a 60 Hz aprox. 20 % más de capacidad de dosificación. Sigma/ 2 y Sigma/ 3 en versión de PVDF, máx. 10 bar.

Materiales en contacto con los medios

Material	Cabezal dosificador	Conexión de aspiración/impulsión	Juntas / asiento de bola	Bolas	Válvula de rebose integrada
Sigma/ 1 + Sigma/ 2					
PVT	PVDF	PVDF	PTFE/PTFE	Cerámica	PVDF/FPM o EPDM
SST	Acero fino 1.4404	Acero inoxidable 1.4581	PTFE/PTFE	Acero inoxidable 1.4404	Acero inoxidable/FPM o EPDM

Material	Conexión de aspiración/impulsión del cabezal dosificador	Válvulas de bola DN 25			Válvulas de disco DN 32			Válvula de rebose integrada
		Juntas	Bolas de válvula	Asiento de la válvula	Juntas	Discos de válvula / Resortes de válvula	Asiento de la válvula	
PVT	PVDF	PTFE	Vidrio	PTFE	PTFE	Cerámica/Hast C.	PTFE	PVDF/FPM o EPDM
SST	Acero inoxidable 1.4581	PTFE	Acero inoxidable 1.4404	PTFE	PTFE	Acero inoxidable 1.4404/Hast.	PTFE	Acero inoxidable/ FPM o EPDM

Membrana de dosificación DEVELOPAN® con revestimiento PTFE en todas las versiones. FPM: Caucho fluorado

ANEXO 29: Cálculos y selección de bomba para agua glicolada

a. Hoja de cálculo para la selección de la bomba de agua glicolada.

I. DATOS INICIALES

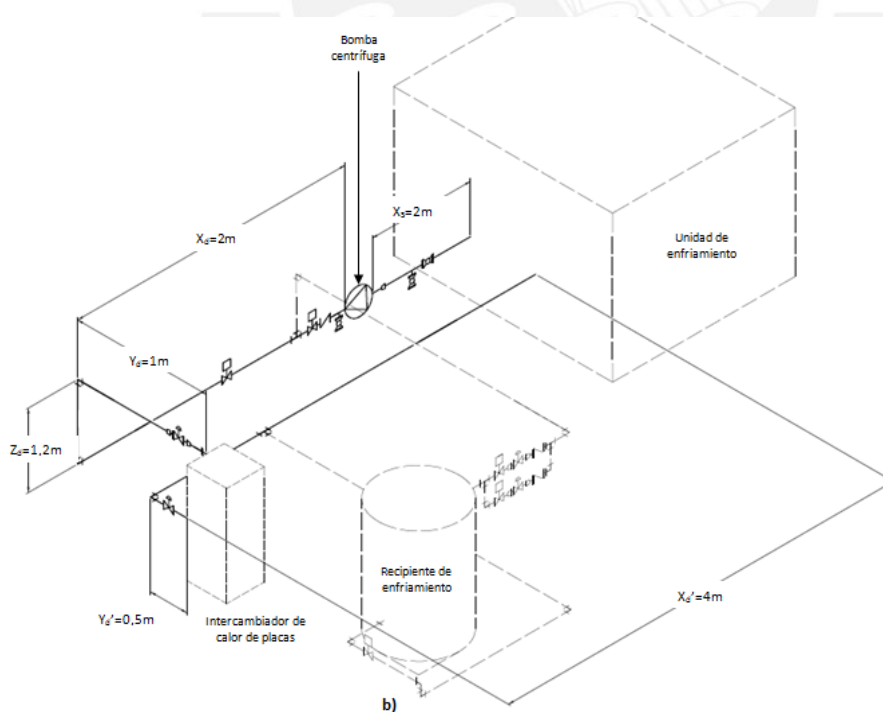
Nombre del equipo	Bomba para Glicol
Presión en el techo de la succión (p_s)	101.3 kPa
Temperatura ambiente mínima ($T_{amb. mín.}$)	15 °C
Temperatura ambiente máxima ($T_{amb. máx.}$)	32 °C
Servicio de la bomba	Agua glicolada
Caudal de operación (Q_{op})	3.00 m ³ /hr

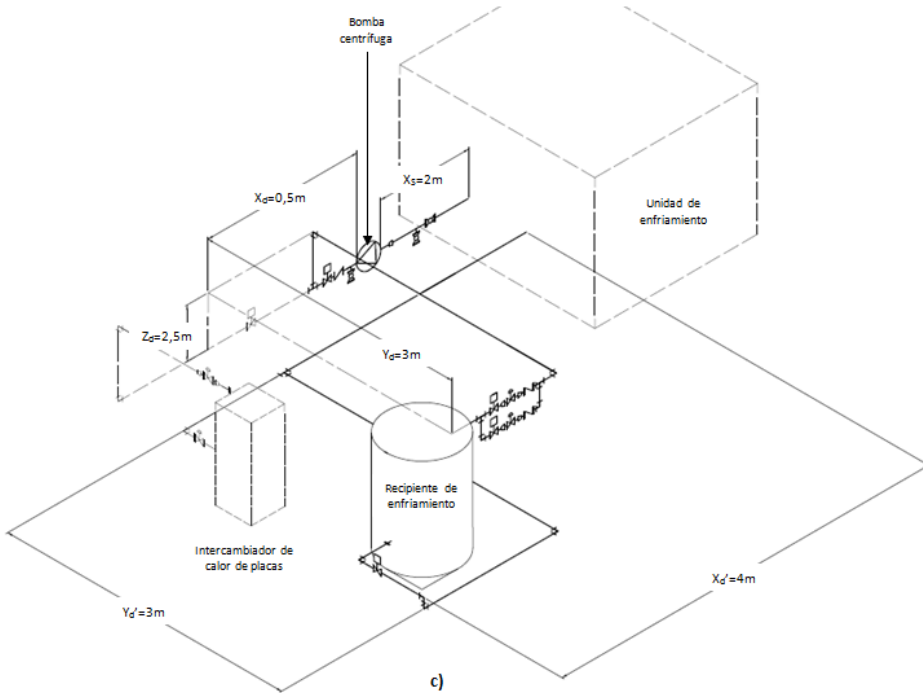
II. PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL FLUIDO

Servicio	Propilenglicol
Temperatura de diseño (T_d)	0 °C
Densidad (ρ_f)	1025.8 kg/m ³
Viscosidad dinámica (μ_f)	4.050E-03 Pa.s

III. RANGO DE CAUDALES

Caudal de operación (Q_{op})	8.33E-04	m ³ /s
Caudal mínimo	7.50E-04	m ³ /s
Caudal máximo (Q_d)	1.00E-03	m ³ /s





IV. DATOS DE LA SUCCIÓN

Material de la tubería	Acero inoxidable	
Rugosidad absoluta (ϵ)	0.085 mm	
Diámetro nominal de la tubería	1 1/2 pulg	
Diámetro exterior (ϕ_{ex})	48.26 mm	
Espesor nominal (t_t)	2.77 mm	
Diámetro interior (ϕ_{in})	42.72 mm	
Velocidad (v_f) $v_f = \frac{4 \times Q_d^3}{\pi \times \phi_{in}^3}$	0.70 m/s	
Número de Reynolds (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times \phi_i}{\mu_f}$	7548.9	-
Tipo de régimen del flujo	Turbulento	
Coefficiente de fricción (f)	0.0359	-
$f = \frac{64}{Re_f}$ Régimen laminar $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,7\phi_i} + \frac{2,51}{Re_f \sqrt{f}} \right)$ Régimen turbulento		
Nivel de operación del tanque (N_{op})	0.5	m
Altura al eje de la bomba (Z_s)	0.3	m
Longitud a la succión de la bomba (Y_s)	2.0	m
Longitud de la línea de succión $L_s = Z_s + Y_s$	2.3	m

METRADO DE ACCESORIOS EN LA SUCCIÓN

Accesorio	Cantidad	Diámetro (pulg)	Velocidad (m/s)	L_{eq}/ϕ_{in}	Caída de presión (m)
Tubería	1	1 1/2	0.70	53.8	0.048
Codo 90° de radio largo	3	1 1/2	0.70	20	0.053
Válvula compuerta 1/2 abierta	1	1 1/2	0.70	160	0.142
Entrada normal	1	1 1/2	0.70	11.70	0.010
Válvula de pie	1	1 1/2	0.70	271.52	0.242

$$h_{ft} = f \times \frac{L_t \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}}$$

* Pérdidas en la tubería

$$h_{fa} = \sum f \times \frac{L_{eq} \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}}$$

* Pérdidas en los accesorios

$$h_{fp} = h_{ft} + h_{fa} + h_{ac}$$

* Caída de presión

Caída de presión total (h_{fp})	0.50	m
-------------------------------------	------	---

V. CÁLCULO DEL $NPSH_{disponible}$

$$NPSH_{disponible} = h_{sp} \pm h_s - h_{fp} - h_v$$

Dónde:

h_{sp} : Cabeza de presión estática aplicada al fluido (en escala absoluta) expresada en metros de altura de columna de fluido.

h_s : Diferencia de elevación entre el nivel del fluido en el depósito y la entrada a la bomba. Positivo cuando la bomba está por debajo del depósito (preferido) y negativa cuando está por encima del mismo.

h_{fp} : Pérdida por fricción en la tubería de succión, expresada en metros.

h_v : Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo expresada en metros de altura de columna del fluido.

Cabeza de presión estática (h_{sp})	10.1 m
Diferencia de niveles (h_s) $h_s = N_{op} + Z_s$	0.8 m
Caída de presión (h_{fp})	0.5 m
Presión de vapor (h_v)	0.1 m
$NPSH_{disponible}$	10.3 m

VI. DATOS DE LA DESCARGA

Material de la tubería	Acero inoxidable
Rugosidad absoluta (ϵ)	0.085 mm
Diámetro nominal de la tubería	1 pulg
Diámetro exterior (ϕ_{ex})	33.40 mm
Espesor nominal (t_t)	2.77 mm

Diámetro interior (ϕ_{in})	27.86 mm
Velocidad (v_f) $v_f = \frac{4 \times Q_d^2}{\pi \times \phi_{in}^2}$	1.64 m/s
Número de Reynolds (Re_f) $Re_f = \frac{\rho_f \times v_f \times \phi_i}{\mu_f}$	11575.0 -
Tipo de régimen del flujo	Turbulento
Coeficiente de fricción (f) $f = \frac{64}{Re_f}$ Régimen laminar $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 \phi_i} + \frac{2.51}{Re_f \sqrt{f}} \right)$ Régimen turbulento	0.0343 -
Altura en la descarga (Z_d)	2.5 m
Diferencia de cotas S-D	1.7 m
Largo de la descarga (Y_d)	3.0 m
Largo de la descarga (Y_d')	3.0 m
Ancho de la descarga (X_d)	0.5 m
Ancho de la descarga (X_d')	4.0 m
Longitud del serpentín (L_s)	6.5 m
Longitud de la línea de descarga $L_d = 2,0(L_s + Y_d + X_d + Y_d' + X_d')$	34.0 m

METRADO DE ACCESORIOS EN LA DESCARGA					
Accesorio	Cantidad	Diámetro (pulg)	Velocidad (m/s)	L_{eq} / ϕ_{in}	Caída de presión (m)
Tubería	1	1	1.64	1220.3	6.003
Codo 90° de radio largo	8	1	1.64	20	0.787
Válvula compuerta 1/2 abierta	6	1	1.64	160	4.723
Válvula check	2	1	1.64	80	0.787
Tee estándar con flujo directo	1	1	1.64	20	0.098
Tee estándar con flujo en ramal	4	1	1.64	60	1.181

CAÍDA DE PRESIÓN EN EQUIPOS			
Equipo	Cantidad	Estimado (m)	Cáida de presión (m)
Intercambiador de calor de placas	1	3.68	3.7

$$h_{ft} = f \times \frac{L_t \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}}$$

* Pérdidas en la tubería

$$h_{fa} = \sum f \times \frac{L_{eq} \times v_f^2}{2 \times g \times \phi_{in}} + h_e$$

* Pérdidas en los accesorios

$$h_{fp} = h_{ft} + h_{fa}$$

* Caída de presión


CÁLCULO DEL ADT	
Altura estática total (h_T)	1.7 m
Pérdidas por fricción en accesorios (h_{fp})	13.6 m
Presión requerida a la salida (h_{sal})	2.0 m
Altura Dinámica Total $ADT = h_T + h_{fp} + h_{sal}$	21.0 m
Presión en la descarga $p_d = (\rho_f \times g \times ADT)$	2.11 bar (g)


VIII. POTENCIA HIDRÁULICA

Potencia hidráulica (P_h)	211 W
$P_h = \rho_f \times g \times Q_d \times ADT$	

b. Curvas características de la bomba centrífuga seleccionada para el agua glicolada.

C 60 Hz **Centrifugal Pumps with open impeller**





Construction
Close-coupled centrifugal pumps with open impeller. Free-flow impeller (vortex or recessed impeller) for type C 161E. C-version with pump casing and lantern bracket in cast iron. B-C-version with pump casing and lantern bracket in bronze (the pumps are supplied fully painted).

Applications
For moderately dirty liquids or emulsions. For industry and agriculture.

Operating conditions
Liquid temperature from -10 °C to +90 °C. Ambient temperature up to 40 °C. Total suction lift up to 8 m. Maximum permissible working pressure: 6 bar. Maximum size of solids: 4 mm. Continuous duty.

Motor
2-pole induction motor, 60 Hz (n = 3450 rpm). C: three-phase 220/380 V. CM: single-phase 220 V, with thermal protector. Capacitor inside the terminal box. Insulation class F. Protection IP 54. **Classification scheme IE2 for three-phase motors from 0.75 kW.** Constructed in accordance with: EN 60034-1, EN 60034-30, EN 60335-1, EN 60335-2-41.

Special features on request

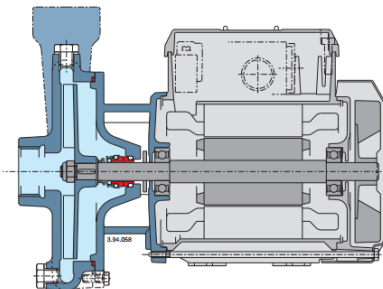
- Other voltages.
- Protection IP 55.
- Special mechanical seal
- Higher or lower liquid or ambient temperatures.

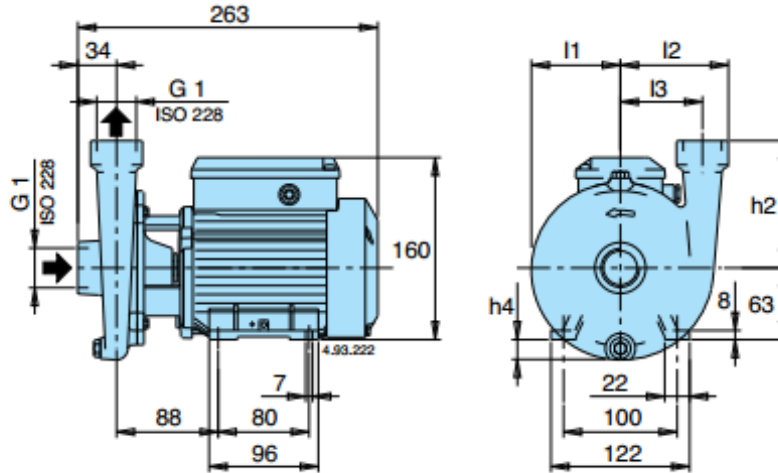
Component	C	B-C
Pump casing	Cast Iron G.J.L 200 EN 1561	Bronze G-Cu Sn 10 EN 1982
Lantern bracket	Cast Iron G.J.L 200 EN 1561	Bronze G-Cu Sn 10 EN 1982
Impeller	Brass P-Cu Zn 40 Pb 2 UNI 5705	
Shaft	Chrome steel AISI 430 Cr-Ni steel AISI 303 for C 41E	Cr-Ni-Mo steel AISI 316
Mechanical seal	Carbon - Ceramic - NBR	

C 60 Hz **Centrifugal Pumps with open impeller**



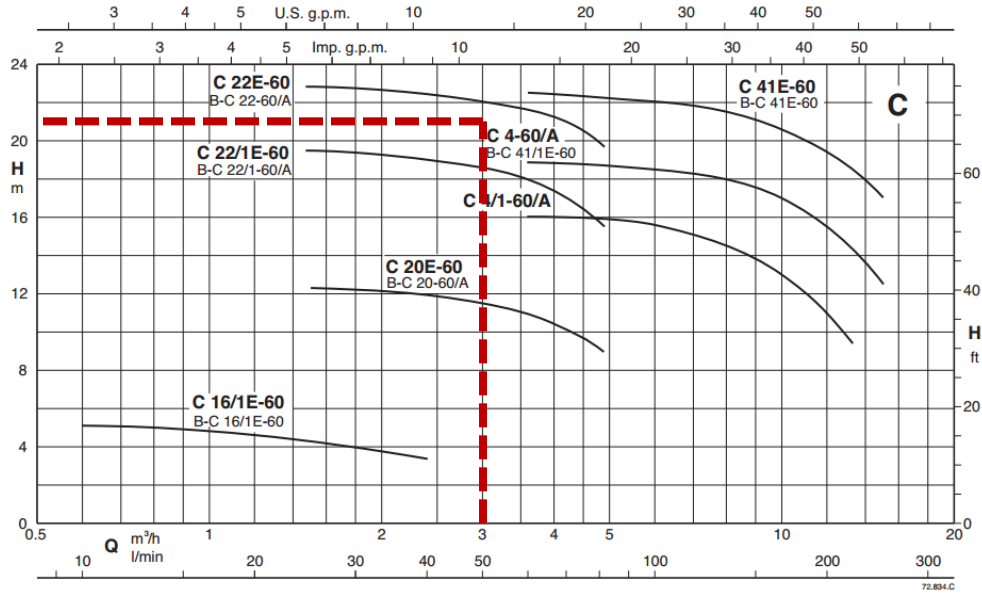
Features

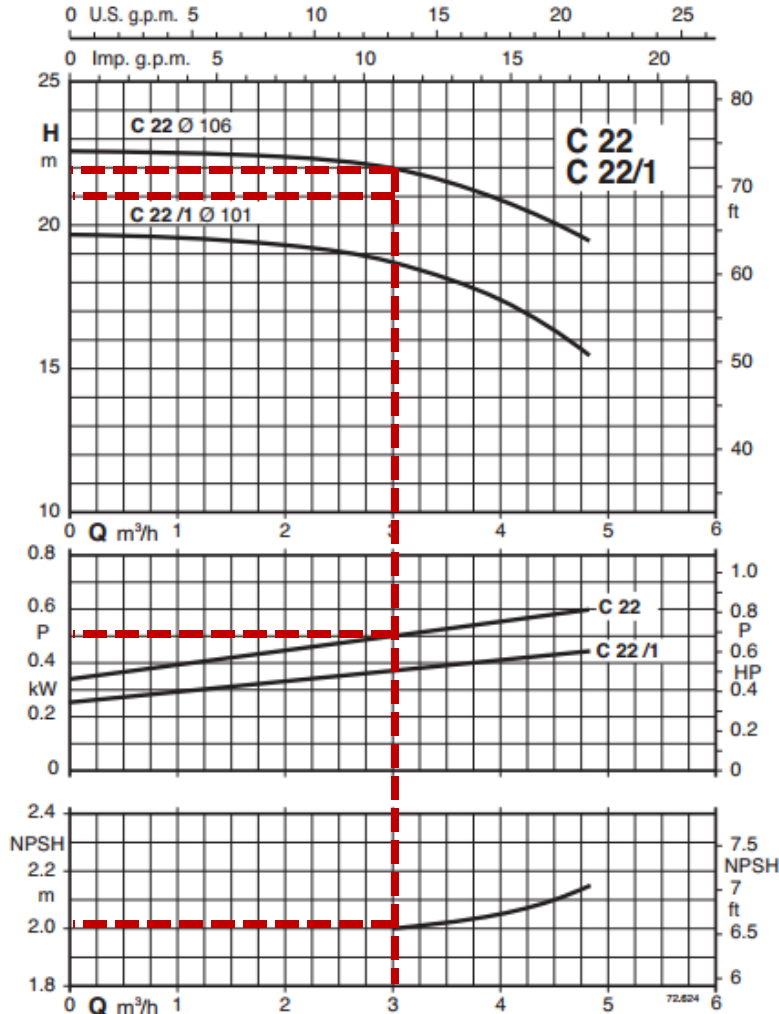




TYPE	mm					kg	
	h2	h4	I1	I2	I3	C	CM
C 20E-60	90	5	67	82	60	6,8	6,8
C 22/1E-60 - C 22E-60	110	17	77	94	71	8 - 8,3	8 - 8,3

Coverage chart n = 3450 rpm





C 60 Hz

**Centrifugal Pumps
with open impeller**



Performance n = 3450 rpm

3 ~	220V 380V			1 ~	220V			P ₂	Q																			
	A	A	IA/IN		A	IA/IN	kW			HP	m³/h	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3	3,6	4,8	6	6,6	8,4	9,6	10,8	12	13,2	15
C 16/1E-60 B-C 16/1E-60	2	1,2	4	CM 16/1E-60 B-CM 16/1E-60	1,5	2,7	0,15	0,2	H m	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	110	140	160	180	200	220	250		
C 20E-60 B-C 20-60/A	2,3	1,3	3,5	CM 20E-60 B-CM 20-60/A	3,1	2,5	0,37	0,5		5	4,7	4,4	4,2	4	3,3													
C 22/1E-60 B-C 22/1-60/A	3	1,7	3,8	CM 22/1E-60 B-CM 22/1-60/A	4,1	2,7	0,45	0,6					12,3	12,2	12	11,5	10,8	9										
C 22E-60 B-C 22-60/A	3,5	2	4,5	CM 22E-60 B-CM 22-60/A	4,3	2,6	0,55	0,75					19,5	19,4	19,1	18,7	17,9	15,3										
C 4/1-60/A	3,6	2,1	3,7	CM 4/1-60/A	5,2	3,1	0,55	0,75					22,5	22,5	22,4	22	21,5	19,5										
C 4-60/A B-C 41/1E-60	4,5	2,6	6,8	CM 4-60/A B-CM 41/1E-60	6,9	3,1	0,75	1									16	15,8	15,5	15,1	14,3	13,5	12,2	11	9,5			
C 41E-60 B-C 41E-60	5,7	3,3	5,5	CM 41E-60 B-CM 41E-60	8,5	3	1,1	1,5									19	18,8	18,5	18,3	17,7	17,2	16,5	15,5	14,4	12,5		
																	22,6	22,3	22,1	22	21,5	21	20,3	19,5	18,5	17		

P₂: Rated motor power output. B-C, B-CM = Bronze construction. ρ = Density 1000 kg/m³. Tolerances according to ISO 9906, annex A.
IA/IN = D.O.L. starting current / Rated current. H Total head in m. υ = Kinematic viscosity max 20 mm²/sec.

ANEXO 30: Tablas para el sistema de tuberías

Tablas con los valores de las longitudes equivalentes de los accesorios de tuberías.

Tabla 1. Longitudes equivalentes para distintos accesorios.

Tipo	(L/D) _{eq}
Válvula de globo-abierta por completo	340
Válvula de ángulo abierta por completo	150
Válvula de compuerta-abierta por completo	8
¼ abierta	35
½ abierta	160
¾ abierta	900
Válvula de verificación tipo giratoria	100
Válvula de verificación tipo bola	150
Válvula de mariposa abierta ,por completo (2 a 8 pulg)	45
10 a 14 pulg	35
16 a 24 pulg	25
Válvula de pie tipo disco de vástago	420
Válvula de pie tipo disco de bisagra	75
Codo estándar de 90	30
Codo de 90 de radio largo	20
Codo roscado a 90	50
Codo estándar a 45	16
Codo roscado a 45	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar con flujo directo	20
Con flujo en el ramal	60

Tabla extraída de Curso de tuberías para platas de proceso

Longitudes equivalentes a pérdidas locales. (expresadas en metros de tubería rectilínea)*

DIAMETRO D mm pulg.	Codo Radio largo	Codo Radio medio 90°	Codo Radio corto 90°	Codo Radio corto 45°	Curva 90° R/D=1/4	Curva 90° R/D=1	Curva 45°	Entrada normal	Entrada de Borda	Válvula de compuerta abierta	Válvula tipo globo abier- ta	Válvula de ángulo abierta	Té paso directo	Té salida lateral	Té salida bilateral	Válvula de pie	Salida de Tubería	Válvula de retención tipo liviana	Válvula de retención tipo pesado	
13	1/2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.1	4.9	2.6	0.3	1.0	1.0	3.6	0.4	1.1	1.6
19	3/4	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.5	0.1	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6	0.5	1.6	2.4
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2
32	1 1/4	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.9	0.2	11.3	5.6	0.7	2.3	2.3	10.0	0.9	2.7	4.0
38	1 1/2	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	1.0	0.3	13.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6	1.0	3.2	4.8
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	1.5	0.4	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14.0	1.5	4.2	6.4
63	2 1/2	1.3	1.7	2.0	0.9	0.8	1.0	0.5	0.9	1.9	0.4	21.0	10.0	1.3	4.3	4.3	17.0	1.9	5.2	8.1
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2	1.0	1.3	0.6	1.1	2.2	0.5	26.0	13.0	1.6	5.2	5.2	20.0	2.2	6.3	9.7
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.3	1.6	0.7	1.6	3.2	0.7	34.0	17.0	2.1	6.7	6.7	23.0	3.2	6.4	12.9
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9	1.6	2.1	0.9	2.0	4.0	0.9	43.0	21.0	2.7	8.4	8.4	30.0	4.0	10.4	16.1
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	2.5	1.1	2.5	5.0	1.1	51.0	26.0	3.4	10.0	10.0	39.0	5.0	12.5	19.3
200	8	4.3	5.5	6.4	3.0	2.4	3.3	1.5	3.5	6.0	1.4	67.0	34.0	4.3	13.0	13.0	52.0	6.0	16.0	25.0
250	10	5.5	6.7	7.9	3.8	3.0	4.1	1.8	4.5	7.5	1.7	85.0	43.0	5.5	16.0	16.0	65.0	7.5	20.0	32.0
300	12	6.1	7.9	9.5	4.6	3.6	4.8	2.2	5.5	9.0	2.1	102.0	51.0	6.1	19.0	19.0	78.0	9.0	24.0	38.0
350	14	7.3	9.5	10.5	5.3	4.4	5.4	2.5	6.2	11.0	2.4	120.0	60.0	7.3	22.0	22.0	90.0	11.0	28.0	45.0

* Los valores indicados para válvulas tipo globo se aplican también a llaves para regaderas y válvulas o llaves de descarga.

Tabla extraída de Tablas y gráficos de Mecánica de fluidos

ANEXO 31: Cálculo para la unión atornillada de las tapas al cuerpo cilíndrico.

a. Hoja de cálculo de Excel de la unión atornillada para ambos recipientes

Presión en el recipiente (p_f) * La presión utilizada para el diseño fue la de 30 psi.	2 bar
Área proyectada de la tapa (A_t) $A_t = \frac{\pi \cdot D_t^2}{4}$	233282.89 mm ²
Fuerza total (F)	46656.58 N
Tipo de tornillo (Según DIN 931)	M6 X 50 -
Número de tornillos ($\#t$)	16 -
Fuerza por unión (F_{ext}) $F_{ext} = \frac{F}{\#t}$	2916.04 N

Tornillo cabeza hexagonal

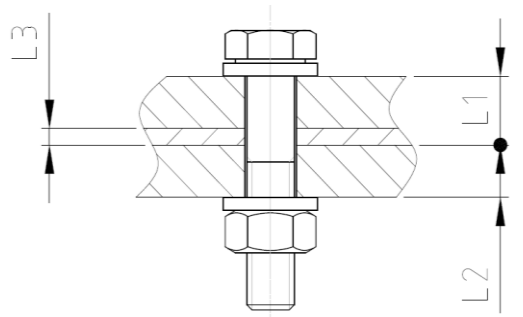
Tipo de unión	UTT -
---------------	-------

Geometría del tornillo

Diámetro nominal (d) * Según ISO 4014	6 mm
Diámetro primitivo (d_2) * Según DIN13	5.350 mm
Diámetro de raíz (d_3) * Según DIN13	4.773 mm
Diám. superf. apoyo de la cabeza (d_1) * Según ISO 4014	10 mm
Ángulo de hélice (φ) * Según DIN13	3.41 °
Ángulo entre flancos (α_f) * Según DIN13	60 °
Diámetro resistente (d_0) $d_0 = \frac{(d_2 + d_3)}{2}$	5.0615 mm
Diámetro externo arandela	12 mm
Diámetro interno arandela	6.4 mm

Geometría de las placas

Longitud placa 1 (L_{p1})	6.35 mm
Longitud placa 2 (L_{p2})	6.35 mm
Longitud empaquetadura (L_3)	2 mm

<p>Longitud de las placas (L_{Tp})</p>  <p>* $L_{Tp} = L_{p1} + L_{p2} + L_3$</p>	14.7 mm
<p>Beta (β_L)</p> $\beta_L = L_p / d_1$	1.47 -
<p>Epsilon (ϵ_t)</p> $\epsilon_t = D_{ext} / d_1$	5.00 -
<p>Gamma (γ)</p> $tgy = 0,362 + 0,032 \ln\left(\frac{\beta_L}{2}\right) + 0,153 \ln \epsilon_t$ <p>* Despejar el valor de " γ " de la ecuación</p>	0.54 rad
<p>Diámetro exterior de placas (D_{ext})</p>	50 mm
<p>Diámetro máximo ($D_{máx}$)</p> $D_{máx} = d_1 + L_p \operatorname{tg}\gamma$	20.80 mm
<p>Diámetro del agujero (D_{ag})</p> <p>* Según DIN69</p>	6.6 mm

Características del material

Esfuerzo máximo de tracción (σ_B)	490 N/mm ²
Esfuerzo de fluencia (σ_F)	205 N/mm ²
Módulo de elasticidad acero (E_{ac})	210000 N/mm ²
Módulo de elasticidad empaquetadura (E_{em})	4200 N/mm ²
Coefficiente de fricción Tornillo-placa (μ_{fr})	0.16 -
Coefficiente de fricción en los hilos (μ_h)	0.08 -

Constantes de rigidez

Constante de rigidez del tornillo

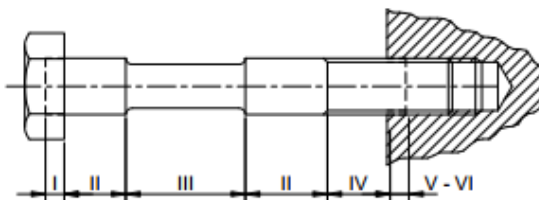


Ecuación para estimar el área transversal

$$A_i = \pi d_i^2 / 4$$

Ecuación para estimar la constante de rigidez de cada tramo

$$c_i = E \cdot A_i / L_{it}$$



Ecuación para estimar la constante rigidez del tornillo

$$\frac{1}{c_t} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{c_i}$$



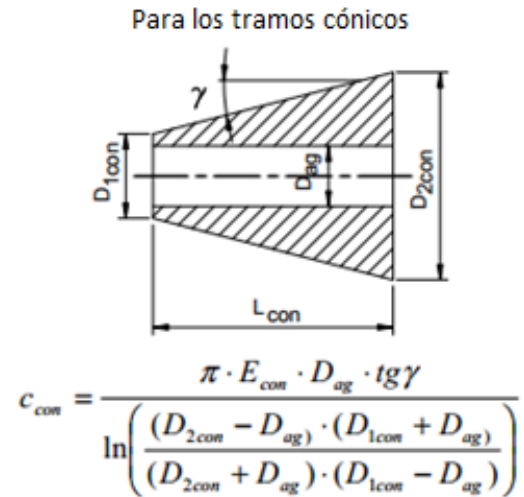
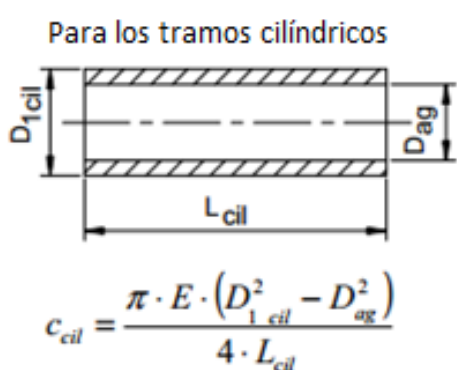
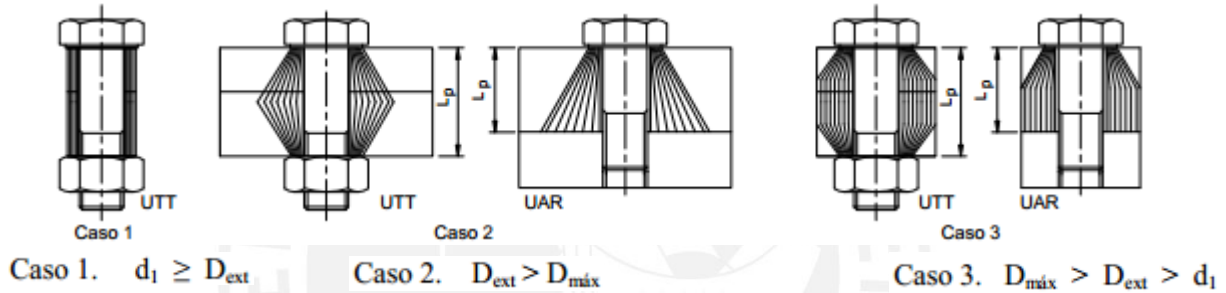
Tramo	Longitud L_{it} (mm)	Área A_i (mm ²)	C_i (N/mm)
I*	2.4	28.27	2474004.21
II	20	28.27	296880.51
III	-	-	1.00
IV	8.4	17.89	447314.28
V**	3	17.89	1252479.97
VI***	2.4	28.27	2474004.21

* Para el tramo I, la longitud $L_{it}=0,5d$
 **Para el tramo V, la longitud $L_{it}=0,5d$
 *** Para el tramo VI, la longitud $L_{it}=0,4d$

Constante de rigidez del tornillo (C_t)	138681.92	N/mm
---	-----------	------

Constante de rigidez de las placas

Tipo de caso	Caso 2	-
Constante de rigidez de las placas (C_p)	481432.95	N/mm



Tramo	D_{1con} (mm)	D_{2con} (mm)	C_i (N/mm)
I (Tronco cono) - Acero	12	19.60	4861672.05
II (Tronco cono) - Empaque	19.60	20.80	1200659.41
III (Tronco cono) - Acero	12	19.60	4861672.05
IV (Tronco cono) - Empaque	19.60	20.80	1200659.41

Factor de distribución de carga (ϕ) $\phi = \frac{c_t}{c_t + c_p}$	0.22 -
Fuerza exterior en el tornillo ($F_{ext/t}$) $F_{ext/t} = \frac{c_t}{c_t + c_p} \cdot F_{ext} = \phi \cdot F_{ext}$	652.14 N
Fuerza exterior en las placas ($F_{ext/p}$) $F_{ext/p} = \frac{c_p}{c_t + c_p} \cdot F_{ext} = (1 - \phi) \cdot F_{ext}$	2263.90 N
Factor de ajuste α_A $\alpha_A = \frac{F_{M \text{ máx}}}{F_{M \text{ mín}}}$ * Este valor se obtiene de la tabla para factor de ajuste	1.4 -
Asentamiento $\delta_{as} = \sum_{i=1}^n \delta_i$	0.010 mm
Placa-Empaque (δ_1)	0.002 mm
Placa-Tornillo (δ_2)	0.003 mm
Placa tuerca (δ_3)	0.003 mm

Anexo 3
Valores recomendados para el asentamiento.

Altura promedio de la rugosidad R_z (μm)	Carga	Valores para el asentamiento δ_{as} . Por par de superficies. (μm)		
		En los hilos	Cabeza o tuerca	Entre placas
$R_z < 10$	Normal	3,0	2,5	1,5
	Transversal (corte)	3,0	3,0	2,0
$10 \leq R_z < 40$	Normal	3,0	3,0	2,0
	Transversal (corte)	3,0	4,5	2,5
$40 \leq R_z < 160$	Normal	3,0	2,0	3,0
	Transversal (corte)	3,0	2,5	3,5

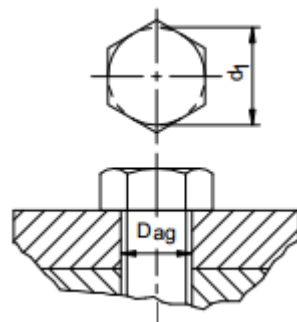
R_z : promedio de la profundidad de la rugosidad. Promedio aritmético de cinco profundidades significativas consecutivas en la longitud de medición.

VDI 2230 Parte 1 – Febrero 2003
VDI: Verein Deutscher Ingenieure (Sociedad de Ingenieros Alemanes)

Fuerza de asentamiento (F_{os}) $F_{as} = \frac{c_p \cdot c_t}{c_t + c_p} \cdot \delta_{as}$	1076.67 N
Ángulo efectivo de fricción (ρ') $\text{tg } \rho' = \mu (1 + \text{tg}^2 (\alpha/2))^{1/2} = \mu / \cos (\alpha/2)$ * ρ' se despeja de la ecuación mostrada, Para este caso el valor de μ es entre la superficie de los hilos de la rosca.	0.09 rad

Evaluación por Tornillo sometido a esfuerzo en el montaje	
Fuerza de montaje máxima ($F_{M\text{máx}}$) $F_{M\text{máx}} = \frac{0,9 \cdot \sigma_F}{\sqrt{\left(\frac{4}{\pi \cdot d_0^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{8 \cdot d_2 \cdot \tan(\varphi + \rho')}{\pi \cdot d_0^3}\right)^2}}$	3239.71 N
Fuerza de montaje mínima ($F_{M\text{mín}}$) $F_{M\text{mín}} = \frac{F_{M\text{máx}}}{\alpha_A}$	2314.08 N
Momento torsor de montaje (M_{tM}) $M_{tM} = F_{M\text{máx}} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho')$	1324.23 N.mm
Evaluación por Tornillo sometido a esfuerzo con carga exterior estática	
Fuerza máxima en el tornillo ($F_{máx/t}$) $F_{máx/t} = F_{M\text{máx}} + F_{ext/t}$	3891.85 N
Esfuerzo normal máximo debido a la fuerza de tracción ($\sigma_{máx/t}$) $\sigma_{máx/t} = \frac{4 \cdot F_{M\text{máx}}}{\pi \cdot d_0^2}$	193.42 N/mm ²
Esfuerzo cortante debido al momento torsor de montaje (τ_{tM}) $\tau_{tM} = \frac{16 \cdot M_{tM}}{\pi \cdot d_0^3}$	52.01 N/mm ²
Esfuerzo equivalente (σ_{eqM}) $\sigma_{eqM} = \sqrt{\sigma_M^2 + 3(k \tau_{tM})^2} \leq \sigma_F$ donde $k = 0,5$	198.60 N/mm ²
CONFIABLE	

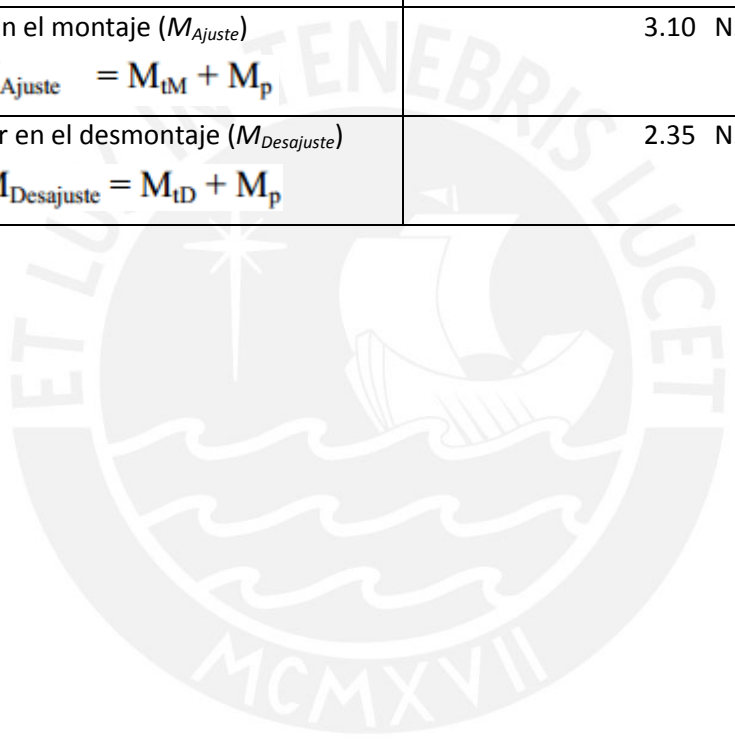
Evaluación del aplastamiento en las placas



Área de contacto (A_c) $A_c = \pi (d_1^2 - d_{ag}^2) / 4$	7923.25 mm ²
Presión de contacto (p) $p = F_c / A_c \leq p_{Adm}$	0.41 N/mm ²
Presión admisible (p_{Adm})	1000 N/mm ²
CONFIABLE	

Montaje y desmontaje

Momento para vencer la fricción (M_p) $M_p = \mu_r F_M D_{fim} / 2 \quad D_{fim} = (d_1 + d_{ag}) / 2$	2.15 N.m
Torque de ajuste en el montaje (M_{Ajuste}) $M_{Ajuste} = M_{tM} + M_p$	3.10 N.m
Torque para aflojar en el desmontaje ($M_{Desajuste}$) $M_{Desajuste} = M_{tD} + M_p$	2.35 N.m



b. Presión superficial de algunos materiales

Presión superficial admisible

MATERIAL	$p_{Adm} (N/mm^2)$
St37	260
St50	420
C45	700
42CrMo4	850
30CrNiMo8	750
X5CrNiMo1810	210
X10CrNiMo189	220
Acero inoxidable	1000 a 1250
Titanio sin alear	300
T-6Al-4V	1000
GG15	600
GG25	800
GG35	900
GG40	1100
GGG35.3	480
GD MgAl9	220 (140)
GK MgAl9	140 (220)
GKAlSi6Cu4	200
AlZnMgCu0,5	370
Al99	140

Extracto de VDI 2230 Julio 1986
Verein Deutscher Ingenieure (Sociedad Alemana de Ingenieros)

c. Coeficientes de fricción

Coefficiente de fricción entre filetes / Coeficientes de fricción entre tuerca (o cabeza de tornillo) y placa.

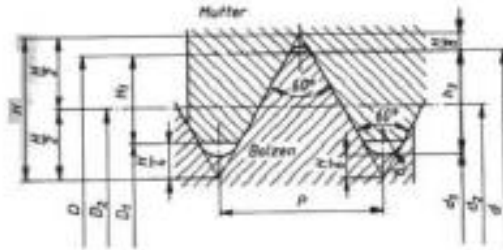
Clase	Rango para los coeficientes de fricción	Ejemplos típicos	
		Material / superficie	Lubricantes
A	0,04 a 0,10	Brillo metálico, fosfatado, galvanizado,	Lubricante sólido (MoS, grafito, PTFE, PA, PE, PI), barnices lubricados, protección en pasta.
		Brillo metálico, fosfatado, galvanizado.	Lubricante sólido (MoS, grafito, PTFE, PA, PE, PI), barnices lubricados, protección en pasta.
B	0,08 a 0,16	Galvanizado en caliente	MoS, grafito
		Recubrimientos orgánicos	Con lubricante sólido integrado
		Acero austenítico	Lubricante sólido
C	0,14 a 0,24	Acero austenítico	Cera en pasta
		Brillo metálico. Fosfatado	Estado de entrega (ligeramente aceitado)
		Galvanizado	Ninguno
D	0,20 a 0,35	Acero austenítico	Aceite
		Galvanizado o galvanizado en caliente	Ninguno
E	$\geq 0,30$	Galvanizado	Ninguno

Se debe tender hacia el uso de la clase B, con el fin de aplicar una precarga lo más alta posible con baja dispersión.

Los valores se aplican a temperatura ambiente.

VDI 2230 Parte 1 – Febrero 2003
VDI: Verein Deutscher Ingenieure (Sociedad de Ingenieros Alemanes)

d. Características geométricas de la rosca V(DIN13)



$$H = 0,86603 P$$

$$h_3 = 0,61343 P$$

$$H_1 = 0,54127 P$$

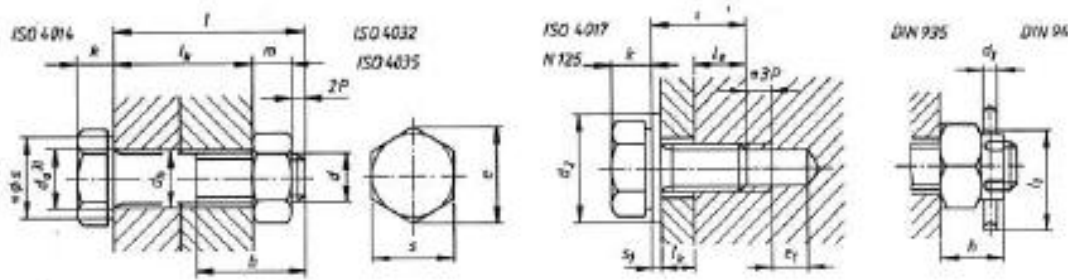
$$R = \frac{H}{6} = 0,14434 P$$

Maße in mm

Gewinde-Nenn-durchmesser $d = D$		Steigung P	Flanken-durchmesser $d_2 = D_2$	Kern-durchmesser		Gewindetiefe		Spannungs-quer-schnitt ¹⁾ A_s mm ²	Kern-quer-schnitt ¹⁾ A_3 mm ²	Steigungs-winkel ¹⁾ ϕ Grad
Reihe 1	Reihe 2			d_3	D_1	h_3	H_1			
1		0,25	0,838	0,693	0,729	0,153	0,135	0,460	0,377	5,43
1,2		0,25	1,038	0,893	0,929	0,153	0,135	0,732	0,626	4,38
1,6		0,35	1,373	1,170	1,221	0,215	0,189	1,27	1,075	4,64
2		0,4	1,740	1,509	1,567	0,245	0,217	2,07	1,788	4,19
2,5		0,45	2,208	1,948	2,013	0,276	0,244	3,39	2,980	3,71
3		0,5	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271	5,03	4,475	3,41
	3,5	0,6	3,110	2,765	2,850	0,368	0,325	6,78	6,000	3,51
4		0,7	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379	8,78	7,749	3,60
	4,5	0,75	4,013	3,580	3,688	0,460	0,406	11,3	10,07	3,41
5		0,8	4,480	4,019	4,134	0,491	0,433	14,2	12,69	3,25
6		1	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541	20,1	17,89	3,41
8		1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677	36,6	32,84	3,17
	(9)	1,25	8,188	7,466	7,647	0,767	0,677	48,1	43,78	2,78
10		1,5	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812	58,0	52,30	3,03
	(11)	1,5	10,026	9,160	9,376	0,920	0,812	72,3	65,90	2,73
12		1,75	10,863	9,853	10,106	1,074	0,947	84,3	76,25	2,94
	14	2	12,701	11,546	11,835	1,227	1,083	115	104,7	2,87
16		2	14,701	13,546	13,835	1,227	1,083	157	144,1	2,48
	18	2,5	16,376	14,933	15,294	1,534	1,353	193	175,1	2,78
20		2,5	18,376	16,933	17,294	1,534	1,353	245	225,2	2,48
	22	2,5	20,376	18,933	19,294	1,534	1,353	303	281,5	2,24
24		3	22,051	20,319	20,752	1,840	1,624	353	324,3	2,48
	27	3	25,051	23,319	23,752	1,840	1,624	459	427,1	2,18
30		3,5	27,727	25,706	26,211	2,147	1,894	561	519,0	2,30
	33	3,5	30,727	28,706	29,211	2,147	1,894	694	647,2	2,08
36		4	33,402	31,093	31,670	2,454	2,165	817	759,3	2,19
	39	4	36,402	34,093	34,670	2,454	2,165	976	913,0	2,00
42		4,5	39,077	36,479	37,129	2,760	2,436	1121	1045	2,10
	45	4,5	42,077	39,479	40,129	2,760	2,436	1306	1224	1,95
48		5	44,752	41,866	42,587	3,067	2,706	1473	1377	2,04
	52	5	48,752	45,866	46,587	3,067	2,706	1758	1652	1,87
56		5,5	52,428	49,252	50,046	3,374	2,977	2030	1905	1,91
	60	5,5	56,428	53,252	54,046	3,374	2,977	2362	2227	1,78
64		6	60,103	56,639	57,505	3,681	3,248	2676	2520	1,82
	68	6	64,103	60,639	61,505	3,681	3,248	3055	2888	1,71

Maschinenelemente-Rolof Matek

e. Dimensiones de tornillo cabeza hexagonal



Dimensiones en mm

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ISO DIN EN DIN	272, 4014, 4032 u.n. 24014, 24032 u.n. 475	4014 24014	4014 24014	4017 24017	4014 24014	4014 24014	4032 24032	4035 24035	935	94	125		
						$l \leq 125$ mm	$l > 125$ bis 200						
<i>d</i>	<i>s</i>	<i>e</i>	<i>k</i>	<i>l</i> ¹⁾	<i>l</i> ¹⁾	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>m</i> ²⁾	<i>m</i>	<i>h</i>	<i>d</i> ₁ × <i>h</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>r</i> ₁
M3	5,5	6,01	2	20 ... 30	6 ... 30	12	—	2,4	1,8	—	—	7	0,5
M4	7	7,66	2,8	25 ... 40	8 ... 40	14	—	3,2	2,2	5	1 × 10	9	0,8
M5	8	8,79	3,5	25 ... 50	10 ... 50	16	—	4,7	2,7	6	1,2 × 12	10	1
M6	10	11,05	4	30 ... 60	12 ... 60	18	—	5,2	3,2	7,5	1,6 × 14	12	1,6
M8	13	14,38	5,3	40 ... 80	16 ... 80	22	—	6,8	4	9,5	2 × 16	16	1,6
M10	16	17,77	6,4	45 ... 100	20 ... 100	26	—	8,4	5	12	2,5 × 20	20	2
M12	18	20,03	7,5	50 ... 120	25 ... 120	30	—	10,8	6	15	3,2 × 22	24	2,5
M14	21	23,38	8,8	60 ... 140	30 ... 140	34	40	12,8	7	16	3,2 × 25	28	2,5
M16	24	26,75	10	65 ... 160	30 ... 200	38	44	14,8	8	19	4 × 28	30	3
M20	30	33,53	12,5	80 ... 200	40 ... 200	46	52	18	10	22	4 × 36	37	3
M24	36	39,98	15	90 ... 240	50 ... 200	54	60	21,5	12	27	5 × 40	44	4
M30	46	51,28	18,7	110 ... 300	60 ... 200	66	72	25,6	15	33	6,3 × 50	56	4
M36	55	61,31	22,5	140 ... 360	70 ... 200	—	84	31	18	38	6,3 × 63	66	5

1) *k* ... 6 8 10 12 16 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 ... 500.

2) DIN EN 24033 mit $nv/d = 1$.

Maschinenelemente-Rolof Matek

f. Dimensiones de arandelas métricas

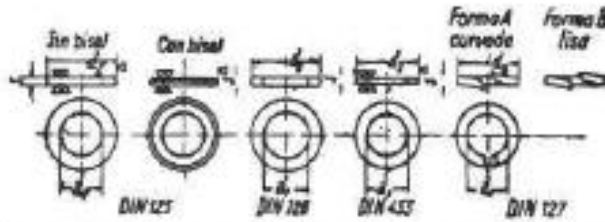


Tabla 8. Arandelas enteras y elásticas (partidas)

Todas las dimensiones en mm

Los tamaños impresos en negritas deben preferirse; los restantes se evitarán en lo posible.

Diám. nom. de rosca <i>d</i>	Arandelas enteras									Arandelas elásticas DIN 127			
	Para tornillos y tuercas hexagonales DIN 125						Para tornillos de cabeza cilíndrica y redonda DIN 433						
	(en bruto)												
Medi-da nominal <i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>s</i>	Medi-da nominal <i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>s</i>	Medi-da nominal <i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>s</i>	Medi-da nominal	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>s</i>	
M 2	2,2	5,5	0,5				2,2	4,5	0,5	2	2,1	3,9	0,5
M 2,6	2,8	7	0,5				2,8	6,5	0,5	2,6	2,7	4,7	0,6
M 3	3,2	7	0,5				3,2	6	0,5	3	3,1	5,7	0,8
M 4	4,3	9	0,8				4,3	8	0,5	4	4,1	7,1	0,9
M 5	5,3	11	1	5,8	11	1	5,3	10	1	5	5,1	8,7	1,2
M 6	6,4	12	1,5	7	12	1,5	6,4	11	1,5	6	6,1	11,1	1,8
M 7¹⁾	7,4	14	1,5				7,4	13	1,5	7	7,1	12,1	1,6
M 8	8,4	17	2	9,5	17	2	8,4	15	1,5	8	8,2	14,2	2
M 10	10,5	21	2,5	11,5	21	2,5	10,5	18	1,5	10	10,2	17,2	2,2
M 12	13	24	3	14	24	3	13	20	2	12	12,2	20,2	2,5
M 14	15	28	3				15	25	2	14	14,2	23,2	3
M 16	17	30	3	18	30	3	17	27	2	16	16,2	26,2	3,5
M 18	19	34	4				19	30	2,5	18	18,2	28,2	3,5
M 20	21	36	4	23	36	4	21	33	2,5	20	20,2	32,2	4
M 22	23	40	4							22	22,5	34,5	4
M 24	25	44	4	27	44	4				24	24,5	38,5	5
M 27	28	50	5	30	50	5				27	27,5	41,5	5
M 30	31	56	5	33	56	5				30	30,5	46,6	6
M 33	34	60	5	36	60	5				33	33,5	53,5	6
M 36	37	68	6	39	68	6				36	36,5	56,5	6
M 39	40	72	6	42	72	6				39	39,5	59,5	6

1) Sólo para la construcción de automóviles.

Observaciones a la tabla 8: arandelas

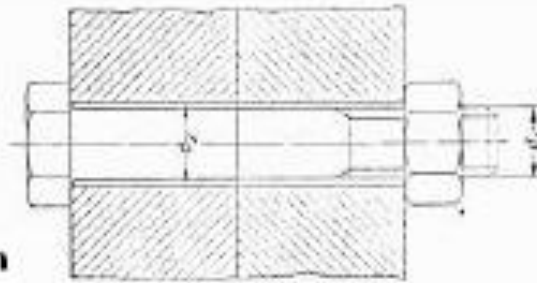
Arandelas para tuercas y tornillos de cabeza hexagonal M 1,7 a M 150, DIN 125, construcción desbarbada. *Material:* acero dulce (St), latón (Ms), aleaciones de aluminio (Al). Arandela con bisel o sin bisel a elección del fabricante, a menos que se especifique como se desea, p. ej.: *arandela 21 con bisel DIN 125 St* o *arandela 21 sin bisel DIN 125 St*.

Arandelas en bruto para tuercas y tornillos de cabeza hexagonal M 5 a M 150, DIN 126, construcción desbarbada. *Material:* acero dulce. Ejemplo de designación: *arandela 23 DIN 126*.

Arandelas para tornillos de cabeza cilíndrica o redonda M 1 a M 20, DIN 433, construcción desbarbada. *Material:* acero dulce (St), latón (Ms). Ejemplo de designación: *arandela 10,5 DIN 433 Ms*.

Arandelas elásticas para tornillos M 2 a M 60, DIN 127, forma A con extremos curvados, forma B lisa. *Material:* acero de muelles. Ejemplo de designación: *arandela elástica A 12 DIN 127*. Si la arandela se destina para una rosca a la izquierda habrá de mencionarse, p. ej. *arandela elástica A 12 izq DIN 127*.

g. Diámetro de agujeros pasantes para tornillos (DIN69)



Dimensiones en mm

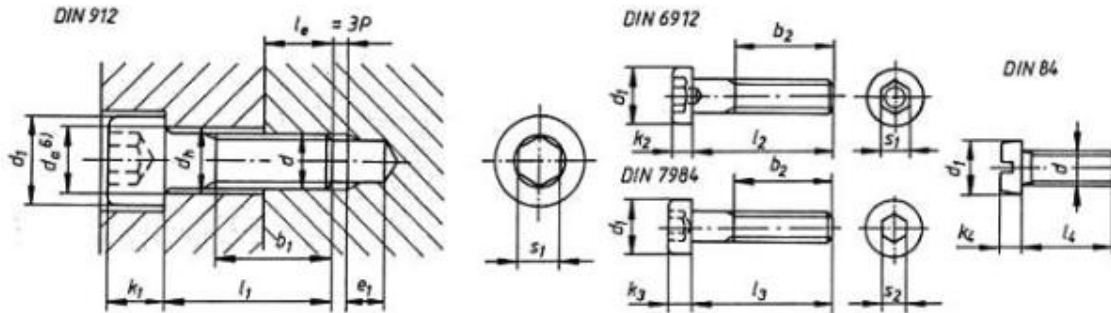
Gewinde- durchmesser d_1	d_2		
	fein	mittel	grob
1	1,1	1,3	1,3
1,2	1,3	1,4	1,5
1,4	1,5	1,6	1,8
1,6	1,7	1,8	2
1,7	1,8	1,9	2,2
1,8	1,9	2	2,3
2	2,2	2,4	2,6
2,5	2,6	2,7	2,9
2,5	2,7	2,9	3,1
2,6	2,8	3	3,2
3	3,2	3,4	3,6
3,5	3,7	3,9	4,1
4	4,3	4,5	4,8
5	5,3	5,5	5,8
6	6,4	6,6	7
7	7,4	7,6	8
8	8,4	9	10
10	10,5	11	12
12	13	14	15
14	15	16	17
16	17	18	19
18	19	20	21
20	21	22	24
22	23	24	24
24	25	26	28

Gewinde- durchmesser d_1	d_2		
	fein	mittel	grob
27	28	30	32
30	31	33	35
33	34	36	38
36	37	39	42
39	40	42	45
42	43	45	48
45	46	48	52
48	50	52	56
52	54	56	62
56	58	62	66
60	62	66	70
64	66	70	74
68	70	74	78
72	74	78	82
76	78	82	86
80	82	86	91
90	93	96	101
100	104	107	112
110	114	117	122
120	124	127	132
125	129	132	137
130	134	137	144
140	144	147	154
150	155	158	165

Tolerancia H12 para fino, H13 para medio y H14 para grueso

ANEXO 32: Pernos para sujeción del aislante

- a. Pernos tipo socket según DIN 912 utilizados para la sujeción de la placa protectora de aluminio.



Dimensiones en mm

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DIN		912	6912	7984	84	912 6912	7984	912	6912	7984	84	912	6912 7984
													$l \leq 125$
d	d_1	k_1	k_2	k_3	k_4	s_1	s_2	l_1	l_2	l_3	l_4	b_1	$b_2^{2)}$
M3	5,5	3		2	2	2,5	2	5 ... 30		5 ... 20	4 ... 30	18	12
M4	7	4	2,8	2,8	2,6	3	2,5	6 ... 40	10 ... 50	6 ... 25	5 ... 40	20	14
M5	8,5	5	3,5	3,5	3,3	4	3	8 ... 50	10 ... 60	8 ... 30	6 ... 50	22	16
M6	10	6	4	4	3,9	5	4	10 ... 60	10 ... 70	10 ... 40	8 ... 60	24	18
M8	13	8	5	5	5	6	5	12 ... 80	12 ... 80	12 ... 60	10 ... 80	28	22
M10	16	10	6,5	6	6	8	7	16 ... 100	16 ... 90	16 ... 70	12 ... 80	32	26
M12	18	12	7,5	7	-	10	8	20 ... 120	16 ... 100	20 ... 80	-	36	30
M14	21	14	8,5	8	-	12	10	25 ... 140	20 ... 120	30 ... 80	-	40	34
M16	24	16	10	9	-	14	12	25 ... 160	20 ... 140	30 ... 80	-	44	38
M20	30	20	12	11	-	17	14	30 ... 200	30 ... 180	40 ... 100	-	52	46
M24	36	24	14	13	-	19	17	40 ... 200	60 ... 200	50 ... 100	-	60	54
M30	45	30	17,5	-	-	22	-	45 ... 200	70 ... 200	-	-	72	66

Maschinenelemente-Rolof Matek

ANEXO 33: Información sobre Intercambiador de calor de placas (PHE)

- a. Hoja de cálculo de Excel para el estimado en la selección de intercambiador de calor de placas.

Cargas térmicas enfriamiento	
Carga térmica enfriamiento (alcance)	
Temperatura mínima del fluido (T_{FS})	10 °C
Temperatura máxima del fluido (T_{CS})	100 °C
Calor específico del fluido ($C_{p_{mosto}}$)	4.19 kJ/kg.°C
Masa de líquido (m_f)	104.5 kg
Calor necesario para la maceración (Q_5)	39406.95 kJ
Tiempo (t)	15 min
Potencia calorífica necesaria para la maceración (\dot{Q}_5)	43.79 kW
Se usa la siguiente ecuación para el cálculo de la potencia calorífica necesaria:	

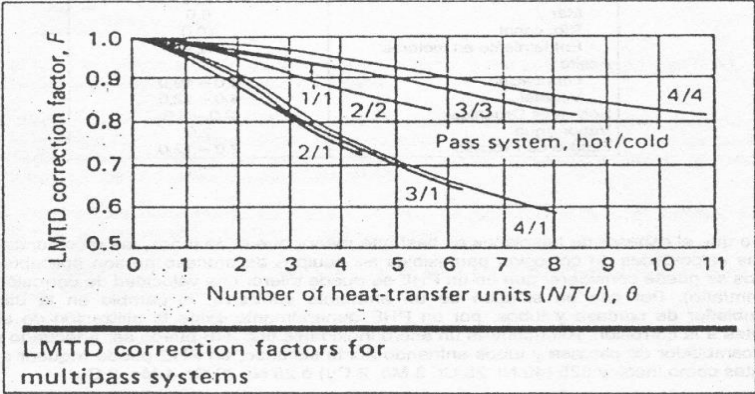
$$\dot{Q} = \frac{m_f \times C_{p_{mosto}} \times (\Delta T)}{t}$$

Comprobación del Intercambiador de placas	
Para alcanzar los niveles del proceso de enfriamiento	
Diámetro nominal tubería acero inoxidable AISI 316L (SCH 10S)	1 pulg
Diámetro interno (ϕ_{is})	26.64 mm
Diámetro externo (ϕ_{es})	33.50 mm
Velocidad del agua glicolada (v_{ag})	1.09 m/s
Densidad del agua glicolada (ρ_{ag})	1023.01 kg/m ³
Calor específico del agua glicolada ($C_{p_{ag}}$)	3.900 kJ/kgK
Área interior a la tubería: $\left(\frac{\pi \phi_{is}^2}{4} \right)$	0.00056 m ²
Flujo másico del agua glicolada (\dot{m}_{ag}) $\dot{m}_{ag} = \rho_{ag} \times v_{ag} \times \left(\frac{\pi \phi_{is}^2}{4} \right)$	0.62 kg/s
Flujo másico del mosto (\dot{m}_f) $\dot{m}_f = \frac{m_f}{t}$	0.12 kg/s

Propiedades del agua glicolada	
Temperatura de entrada del refrigerante (T_{FE})	0.00 °C
Temperatura de salida del refrigerante (T_{FS})	18.00 °C
$T_{SF} = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_{ag} \times C_{p_{ag}}} + T_{EF}$	
Concentración de propilenglicol	20 %
Temperatura de masa de refrigerante (T_{br})	9.00 °C
$T_{br} = \frac{T_{EF} + T_{SF}}{2}$	
Viscosidad dinámica del agua glicolada (μ_{ag})	0.003 N.s/m ²
Calor específico del agua glicolada ($C_{p_{ag}}$)	3.949 kJ/kgK
Densidad del agua glicolada (ρ_{ag})	1023.01 kg/m ³
Número de Prandtl del agua glicolada (Pr_{ag})	24.44 -
$Pr_{ag} = \frac{C_{p_{ag}} \mu_{ag}}{k_{ag}}$	
Conductividad térmica del agua glicolada (k_{ag})	0.469 W/m.°C
Factor de ensuciamiento del agua glicolada (R_{ag})	0.000352 m ² °C/W

Propiedades del mosto

Temperatura de entrada del mosto (T_{CE})	100 °C
Temperatura de salida del mosto (T_{CS})	10 °C
Temperatura de masa del mosto (T_{bf})	55.000 °C
$T_{bf} = \frac{T_{CE} + T_{CS}}{2}$	
Densidad del mosto (ρ_f)	985.693 kg/m ³
Calor específico del mosto (C_{p_f})	4.183 kJ/kg.K
Viscosidad dinámica del mosto (μ_f)	0.001 N.s/m ²
Conductividad térmica del fluido (k_f)	0.649 W/m°C
Número de Prandtl (Pr_f)	3.247 -
Factor de ensuciamiento del mosto (R_f)	0.000528 m ² °C/W

<p>DMLT</p> $DMLT = \frac{(T_{CE} - T_{FS}) - (T_{CS} - T_{FE})}{\ln\left(\frac{(T_{CE} - T_{FS})}{(T_{CS} - T_{FE})}\right)}$	34.22 °C
<p>NTU</p> $NTU = \frac{T_{FS} - T_{FE}}{DMLT}$	0.526 -
<p>Factor de corrección (F)* El factor de corrección se obtiene de la tabla que se muestra a continuación y que depende del valor de NTU y de la distribución de los flujos.</p>  <p>LMTD correction factors for multipass systems</p>	0.950 -
Ancho de placa (L_1)	180 mm
Espacio entre placas (L_2)	3 mm
<p>Diámetro equivalente (D_e)</p> $D_e = \frac{4 \cdot L_1 \cdot L_2}{2(L_1 + L_2)}$	0.006 m
<p>Sección (S)</p> $S = L_1 \cdot L_2$	0.001 m ²
<p>Área de placas (A_{pl})</p> <p>* Dimensiones que dependen del modelo seleccionado de intercambiador</p>	0.064 m ²
<p>Espesor de placas (ΔX_p)</p> <p>* Dimensión que depende del modelo seleccionado de intercambiador</p>	0.5 mm
Conductividad de las placas (k_{ac})	16.3 W/m°C
<p>Número de placas térmicas (N_{pl})</p> <p>* Esta celda servirá para introducir un valor de número de placas térmicas asumido.</p>	23 -

Número de corrientes por fluido (n_i) $n_i = \frac{N_{pl} + 1}{2}$	12.0 -
Número de Pasos	3 a 1 -
Valor de coeficiente global de transmisión asumido (k_G) * Esta celda servirá para introducir un valor de coeficiente global de transmisión asumido.	0.94 kW/m ² °C
Número de placas tentativo (N_{pl}) $N_p = \frac{\dot{Q}}{DMLT \cdot F \cdot A_p \cdot k_G}$ * En esta celda se obtiene un número de placas tentativo que deberá comprobarse luego.	22.4 -
Número de corrientes por fluido tentativo (n_i) $n_i = \frac{N_{pl} + 1}{2}$ * En esta celda se obtiene un número de corrientes por fluido que deberá comprobarse luego.	11.7 -
Número de pasos tentativo	3 a 1 -
Número de Reynolds del agua glicolada (Re_{ag}) $Re_{ag} = \frac{\dot{m}_{ag} \cdot D_e}{\mu_{ag} \cdot S \cdot n_i}$ * El cálculo se realiza considerando un el número de corrientes que resulta del número de placas asumido.	195.89 -
Número de pasos tentativo	3 a 1 -
Número de Reynolds del agua glicolada (Re_{ag}) $Re_{ag} = \frac{\dot{m}_{ag} \cdot D_e}{\mu_{ag} \cdot S \cdot n_i}$ * El cálculo se realiza considerando un el número de corrientes que resulta del número de placas asumido.	195.89 -
Número de Nusselt para el agua glicolada (Nu_{ag}) $Nu_{ag} = 0,2536(Re)^{0,65}(Pr)^{0,4} \text{ y } \alpha_{ag} = \frac{Nu_{ag} \cdot k_{ag}}{D_E}, \text{ si } Re > 400$ $\alpha_{ag} = 0,742 \cdot C_p \cdot G \cdot Re^{-0,62} \cdot Pr^{-0,667} \cdot \left(\frac{\mu_B}{\mu_W}\right)^{0,14}, \text{ si } Re < 400$ * Flujo con $Re < 400$ es considerado como laminar	FLUJO LAMINAR
Coefficiente de convección del agua glicolada (α_{ag})	15.227 kW/m ² °C

<p>Número de Reynolds del mosto (Re_f)</p> $Re_f = \frac{\dot{m}_f \cdot D_e}{\mu_f \cdot S \cdot n_i}$	<p>209.827 -</p>
<p>Número de Nusselt para el mosto (Nu_f)</p> $Nu_f = 0,2536(Re)^{0,65}(Pr)^{0,4} \text{ y } \alpha_f = \frac{Nu_f \cdot k_f}{D_E}, \text{ si } Re > 400$ $\alpha_f = 0,742 \cdot C_p \cdot G \cdot Re^{-0,62} \cdot Pr^{-0,667} \cdot \left(\frac{\mu_B}{\mu_W}\right)^{0,14}, \text{ si } Re < 400$ <p>* Flujo con $Re < 400$ es considerado como laminar</p>	<p>FLUJO LAMINAR</p>
<p>Coefficiente de convección del mosto (α_f)</p>	<p>11.058 kW/m²°C</p>
<p>Coefficiente global de transmisión calculado (k_G)</p> $k_G = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ag}} + \frac{1}{\alpha_f} + \frac{\Delta X}{k_{ac}} + R_{ag} + R_f}$	<p>0.937 kW/m²°C</p>
<p>Número de placas térmicas (N_p)</p> $N_p = \frac{\dot{Q}}{DMLT \cdot F \cdot A_p \cdot k_G}$ <p>* El valor del coeficiente global de transmisión es el calculado en el paso anterior. ** Esta celda servirá para comprobar el valor de número de placas térmicas asumido.</p>	<p>22.361</p>

- b. Hoja de cálculo de Excel para estimar la caída de presión de los fluidos en el intercambiador de calor de placas.

b.1 Mosto:

Variables de entrada	
Ancho de placas (L_1)	0.18 m
Espacio entre placas (L_2)	0.003 m
Flujo másico (\dot{m})	0.12 kg/s
Longitud de recorrido (L)	0.357 m
Servicio	Mosto -
Temp. Ingreso fluido	100 °C
Temp. Salida fluido	10 °C
Disposición flujo	Paralelo
Número de placas (N_{pl})	23 -
Variables de salida	
Diámetro equivalente (D_e) $D_e = \frac{4 \cdot L_1 \cdot L_2}{2(L_1 + L_2)}$	0.006 m
Número de corrientes por fluido (n_i) $n_i = \frac{N_{pl} + 1}{2}$	12 -
Sección (S) $S = L_1 \cdot L_2$	0.000540 m ²
Velocidad de masa (G) $G = \frac{\dot{m}}{S}$	215.021 kg/m ² .s
Temp. Masa	55 °C
Densidad fluido (ρ_f)	985.693 kg/m ³
Viscosidad dinámica (μ_f)	504.0E-6 Pa.s
Longitud de recorrido (L) * Flujo en serie $L = L_3 \cdot n_i$ * Flujo en paralelo $L = L_3$	0.357 m

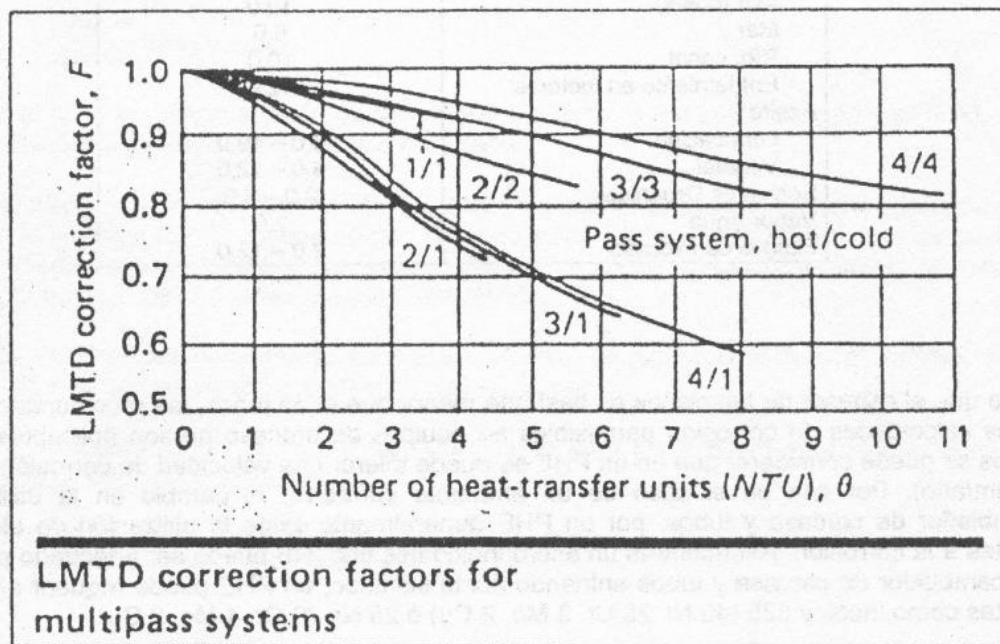
Reynolds (Re_f) * Flujo en serie $Re_f = \frac{G \cdot D_e}{\mu_f}$ * Flujo en paralelo $Re_f = \frac{G \cdot D_e}{\mu_f \cdot n_i}$	209.827 -
Coeficiente de rozamiento de Fanning (f) $f = 2,5 \cdot Re^{-0,3}$	0.503 -
Caída de presión (Δp_f) $\Delta p_f = \frac{2 \cdot f \cdot L \cdot G^2}{\rho_f \cdot D_e}$	2853.16 Pa

b.2 Agua glicolada

Variables de entrada	
Ancho de placas (L_1)	0.18 m
Espacio entre placas (L_2)	0.003 m
Flujo másico (\dot{m})	0.62 kg/s
Longitud de recorrido (L)	0.357 m
Servicio	Agua glicolada -
Temp. Ingreso fluido	0.00 °C
Temp. Salida fluido	18.00 °C
Disposición flujo	Paralelo
Número de placas (N)	23 -
Variables de salida	
Diámetro equivalente (D_e) $D_e = \frac{4 \cdot L_1 \cdot L_2}{2(L_1 + L_2)}$	0.006 m
Número de corrientes por fluido (n_i) $n_i = \frac{N_{pl} + 1}{2}$	12 -
Sección (S) $S = L_1 \cdot L_2$	0.000540 m ²
Velocidad de masa (G) $G = \frac{\dot{m}}{S}$	1155.081 kg/m ² .s
Temp. Masa	9 °C

Densidad fluido (ρ)	1023.008 kg/m ³
Viscosidad dinámica (μ)	2.9E-3 Pa.s
Longitud de recorrido (L) * Flujo en serie $L = L_3 \cdot n_i$ * Flujo en paralelo $L = L_3$	0.357 m
Reynolds (Re_i) * Flujo en serie $Re_{ag} = \frac{G \cdot D_e}{\mu_{ag}}$ * Flujo en paralelo $Re_{ag} = \frac{G \cdot D_e}{\mu_{ag} \cdot n_i}$	195.89 -
Coefficiente de rozamiento de Fanning (f) $f = 2,5 \cdot Re^{-0,3}$	0.513 -
Caída de presión (Δp_f) $\Delta p_f = \frac{2 \cdot f \cdot L \cdot G^2}{\rho_f \cdot D_e}$	80985.91 Pa

c. Diagrama de NTU vs. F (Tomado de las separatas del curso de transferencia de calor).



d. Cotización hecha por Alfa Laval del intercambiador de placas utilizado.

Cotización
KZ-06-13- PUCP

Srs.:
Pontificia Universidad Católica del Perú

Atención: Diego Ríos Fecha: 19.04.2013



División de Procesos
ALFA LAVAL S.A.
Jr. Fermin Tangüis 160
La Victoria
Lima 13 – Perú

Tel.: +51-1-6198989
Fax: +51-1-6198979

www.alfalaval.com
gianfranco.marinelli@alfalaval.com

Les agradecemos su solicitud y les alcanzamos la siguiente cotización base:

PHE type M3-BASE

End Customer/country	Fecha 4/19/2013	Handled by	Project no PUCP - MOSTO
Order	Representative Alfa Laval		Item no PUCP

Section I is closest to the frame plate.

Section	Flowrate (kg/h)	Medio	Temperature progr.(°C)	dP(kPa)	Agrupamiento
I	406	MOSTO	100 >- 10	84	1*1H + 3*2H
	2120	20.0% Prop.glycol	18 <- 0	37	1*6H

Plates (Gaskets are CLIP-ON if not otherwise mentioned)				
Sect	Cantidad	Material	Thickness	Gasket
All	14	ALLOY 316	0.50 mm	EPDMFF
Frame				
PV Code	Connection standard	Lengths		Accessories included
PED	SMS 25 <input type="checkbox"/> Other (state below):	LC: 220 mm LT: 210 mm Total length: 250 mm Plate pack: 44 mm Net weight: 27.1 kg		Feet: FIXED
Max. working pressure: 10 bar Presión de prueba: 13.0 bar Temp.diseño: 120 °C				

- e. Plano adjunto con dimensiones del intercambiador de placas cotizado por Alfa Laval y especificaciones del mismo.

CUSTOMER CUSTOMER REF. PUCP 4 NAME MARKETCOMPANY SUPPLIER/REF. /		ORIGINAL FLOW ALTERNATIVE INLET T2 S2 S4 OUTLET S2 S3 S4	
NO. SEC. MEDIA 1 1 MOSTO 2 1 20.0% Prop.glycol			
CONSTRUCTION OF ONE UNIT SMS 25 S2, S3, S4, T2			
PLATEPACK/TIGHTENING TO 44 mm TOTAL NO. OF PLATES 15 NET WEIGHT 27 kg WEIGHT WITH WATER 28 kg TOTAL VOLUME 1 sm ³ DESIGN PRESSURE 10 bar / 10 bar TEST PRESSURE 18 bar / 13 bar DESIGN TEMPERATURE MIN. 0 °C / 0 °C DESIGN TEMPERATURE MAX. 120 °C / 120 °C RISK CATEGORY N/A FLUID DANGER GROUP EXTING			
PLATE HEAT EXCHANGER M3-BASE PED			
PREPARED DATE 2013-04-22 QUOTATION PUCP - MOSTO PUCP 4	REV 0		

FRAME PLATE
Pressure

FRAME PLATE
Pressure

SMAS 25
ASB 316L

SMAS 25
ASB 316L

TOTAL LENGTH 200
 TOTAL WIDTH 206
 TOTAL HEIGHT 545

ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

ANEXO 34: Conexiones eléctricas

- a. Hoja de cálculo de Excel para el dimensionamiento de conductores necesarios y sistema de protección eléctrica para los motores.
- Cálculo de potencias:

Sección	Cantidad	Pot. Unitaria (HP)	Pot. Instalada (HP)
Motor de agitador de mosto	1	0.5	0.5
Motor de agitador de agua glicolada	1	0.5	0.5
Motor de bomba para mosto	1	0.75	0.75
Motor de bomba para agua glicolada	1	0.75	0.75
TOTAL (kW)			1.87

- Cálculo de conductores:
- Corrientes de diseño:

Carga unitaria	P _E (HP)	F.D.	U (V)	F.P.	η	I _t (A)	I _d (A)
Motor de agitador de mosto	0.5	1	380	0.8	0.88	0.80	1.01
Motor de agitador de agua glicolada	0.5	1	380	0.85	0.88	0.76	0.95
Motor de bomba para mosto	0.75	1	380	0.85	0.6	1.67	2.08
Motor de bomba para agua glicolada	0.75	1	380	0.85	0.6	1.67	2.08
Reserva	0.63	1	380	1	0.6	2.04	2.56

- Área mínima:

Carga	T _{amb} (°C)	# Cond.	Kt		Ka			ΔU%	L (m)	I adm.* > I adm.			A* > A			A _{min} (mm ²)					
			XLPE	PVC	1 t.	2 t.	3 t.			I adm. Calc. (A)			I adm. * (A)			A _{min} * (mm ²)					
										1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Alimentador*	30	3	0.93		1	0.8	0.7	2.5	58	6.58	4.11	3.29	28	28	28	2.5	2.5	2.5	0.92	0.46	0.46
Motor de agitador de mosto	40	3	0.87		1	0.8	0.7	3	6	1.16	0.72	0.58	28	28	28	2.5	2.5	2.5	0.01	0.01	0.01
Motor de agitador de agua glicolada	40	3	0.87		1	0.8	0.7	3	6	1.09	0.68	0.54	28	28	28	2.5	2.5	2.5	0.01	0.01	0.01
Motor de bomba para mosto	40	3	0.87		1	0.8	0.7	3	6	2.39	1.50	1.20	28	28	28	2.5	2.5	2.5	0.02	0.01	0.01
Motor de bomba para agua glicolada	40	3	0.87		1	0.8	0.7	3	6	2.39	1.50	1.20	28	28	28	2.5	2.5	2.5	0.02	0.01	0.01

b. Tabla para el factor de corrección por temperatura (K_T) (Tomado del CNE)

Tabla 5A
(Ver las Reglas 030-004(8) y 070-2212 y Tablas 1, 2, 57 y 58)
Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C para cables al aire y distinta a 20 °C para cables en ductos enterrados
Aplicables a las columnas de la 2 a la 16 de las Tablas 1 y 2

Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07
25	1,06	0,95	1,04	0,96	1,07	1,04
30	1,00	0,89	1,00	0,93	1,00	1,00
35	0,94	0,84	0,96	0,89	0,93	0,96
40	0,87	0,77	0,91	0,85	0,85	0,92
45	0,79	0,71	0,87	0,80	0,87	0,88
50	0,71	0,63	0,85	0,76	0,67	0,84
55	0,61	0,55	0,76	0,71	0,57	0,80
60	0,50	0,45	0,71	0,65	0,45	0,75
65	-	-	0,65	0,60	-	0,70
70	-	-	0,58	0,53	-	0,65
75	-	-	0,50	0,46	-	0,60
80	-	-	0,41	0,38	-	0,54
85	-	-	-	-	-	0,47
90	-	-	-	-	-	0,40
95	-	-	-	-	-	0,32

* Para temperaturas ambiente mayores, también se puede consultar al fabricante.

c. Tabla para el factor de corrección por agrupamiento (K_N) (Tomado del CNE)

Tabla 5C
Factores de reducción por grupos de más de un circuito o de más de un cable multipolar
A ser usados con las capacidades de corriente nominal de las Tablas 1 y 2

Ítem	Disposición (en cuanto a cables)	Número de circuitos o cables multipolar												A usarse con capacidades de corriente nominal, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie empotrados o encerrados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	4 a 8 Métodos A a F
2	En una capa sobre una pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No más factores de reducción para más de nueve circuitos o cables multipolares			4 a 7 Método C
3	En una capa fijado directamente bajo un techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	En una capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	En una capa sobre un soporte de bandeja de escaleras, o listones, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				8 a 9 Métodos E y F

d. Tabla de capacidades de corriente para conductores recubiertos con XLPE (Tomado del CNE).

Tabla 2 (Continuación)
 (Ver Reglas 030-004, 050-104, 070-012, 070-2212, 150-000, 150-742, 220-008 y 220-016, y Tablas 5A, 5C y 19)
Capacidad de corriente en A de conductores aislados – En canalización o cable
 Basada en temperatura ambiente: 30 °C al aire y 20 °C en tierra

Sección nominal del conductor [mm ²]	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
Aislamiento	XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR	
Temperatura	90 °C		90 °C		90 °C		90 °C		90 °C		90 °C	
Cantidad de conductores	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Cobre												
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	68	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	69	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	-	-	-	-	441	371	324	271
185	362	324	329	295	-	-	-	-	506	424	363	304
240	424	380	386	346	-	-	-	-	599	500	419	351
300	486	435	442	39	-	-	-	-	693	576	474	396

- Nota 1: En las columnas del 4, 5 y 8 al 25 se asume conductores circulares para secciones hasta 16 mm². Valores para dimensiones mayores están relacionados a la forma de los conductores y puede ser aplicado a conductores circulares.
- Nota 2: Los métodos de instalación son detallados en la Tabla 3 y están de acuerdo a la NTP 370.301.
- Nota 3: Véase la Tabla 5A para los factores de corrección a ser aplicados por efectos de mayor temperatura ambiente.
- Nota 4: Véase la Tabla 5B para los factores de corrección para cables embutidos en ductos para resistividades térmicas de suelo distintas de 2,5 K.m/W, con el método de instalación D.
- Nota 5: Véase la Tabla 5C para los factores de reducción por grupos de más de un circuito o de más de un cable multipolar a ser usados con las capacidades de corriente nominal de las Tablas 1 y 2.
- Nota 6: Véase la Tabla 5D para los factores de reducción para más de un circuito en ductos enterrados.
- Nota 7: Para calibres AWG véase la Tabla 2 – Alternativa para calibres AWG, la que será sólo hasta el 2007-12-31.

e. Tabla 6 del CNE para la selección de los conduits. (Tomado del CNE)

Tabla 6
 (Ver Regla 070-1014 (5))
Máximo número de conductores de una dimensión en tuberías pesadas o livianas
 600 V - Sin cubierta

Tipo de aislamiento	Sección nominal [mm ²]	Diámetro exterior [mm]	Dimensión de la tubería pesada o liviana												
			15	20	25	35	40	55	65	80	90	105	115	130	155
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
			(1/2)*	(3/4)*	(1)*	(1 1/4)*	(1 1/2)*	(2)*	(2 1/2)*	(3)*	(3 1/2)	(4)*	(4 1/2)*	(5)*	(6)*
	2,5	4,0	6	10	17	30	41	68	98	151	200	200	200	200	200
	4	4,5	4	8	14	24	33	54	77	119	160	200	200	200	200
	6	5,0	3	7	11	19	26	44	62	97	129	167	200	200	200
	10	6,5	1	4	6	11	15	26	37	57	76	98	124	155	200
	16	8,5	1	1	3	6	9	15	21	33	44	57	72	90	131
	25	9,5	1	1	3	5	7	12	17	26	36	46	58	72	105
TW,	35	11	1	1	1	4	5	9	13	20	26	34	43	54	78
THWN,	50	13	1	1	1	2	3	6	9	14	19	24	31	38	56
THHN,	70	15	1	1	1	1	2	4	7	11	12	18	23	29	42
XHHW,	95	17	1	1	1	1	1	3	5	8	11	14	18	23	32
XHHW-2	120	20	1	1	1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	23
	150	21			0	1	1	1	3	5	7	9	11	14	21
	185	23				1	1	1	2	4	6	8	10	12	18
	240	26				1	1	1	3	4	6	7	10	14	
	300	29				1	1	1	2	3	5	6	7	11	
	400	32				1	1	1	1	3	4	5	6	9	
	500	35				1	1	1	1	2	3	4	5	7	

- * Las unidades indicadas en pulgadas son temporales, en esta transición hacia el empleo de unidades en mm, están sujetas a cambio cuando se disponga de las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.
- Nota 1: Las dimensiones están sujetas a tolerancias de fabricación.
- Nota 2: Se recomienda verificar con información actualizada de los fabricantes de estos productos y de preferencia que posean certificación ISO.
- Nota 3: Tener presente que los diámetros de los conductores varían si son sólidos o cableados y -en el caso del cableado- dependerá del grado de compactación.


f. Extracto del catálogo de JORVEX de conductores eléctricos.

09 XHHW — XHHW - 2

DESCRIPCIÓN
Conductores comprimidos de cobre aislados con polietileno reticulado (XLPE), de alta calidad, resistente a la humedad, calor y retardante a la llama.



USOS
Para uso general, uso interno y externo. Sistema eléctrico de edificaciones, instalaciones industriales y comerciales, temperatura máxima de operación 90° C. Tanto en ambiente seco como húmedo, instalados en el aire, ductos o bandejas en cualquier instalación que requiera características superiores al

NORMA DE FABRICACIÓN	TEMP. DE OPERACIÓN
UL - 44, UL - 1581 N.T.P. 370.253	90° C.
TENSIÓN DE SERVICIO	CALIBRES
600 V.	14 AWG - 500 MCM



g. Extracto del catálogo de ABB para la selección de interruptores termomagnéticos de 3 polos.

3P - tipo S 273

0,5	EF 584 6	EF 420 3	EF 648 9
1	EF 585 3	EF 421 1	EF 649 7
1,6	EF 586 1	EF 422 9	EF 650 5
2	EF 587 9	EF 423 7	EF 651 3
3	EF 588 7	EF 424 5	EF 652 1
4	EF 589 5	EF 425 2	EF 653 9
6	EF 340 3	EF 290 0	EF 426 0
8	EF 341 1	EF 291 8	EF 427 8
10	EF 342 9	EF 292 6	EF 428 6
13	EF 833 7	EF 838 6	
16	EF 343 7	EF 293 4	EF 429 4
20	EF 344 5	EF 294 2	EF 430 2
25	EF 345 2	EF 295 9	EF 431 0
32	EF 346 0	EF 296 7	EF 432 8
40	EF 347 8	EF 297 5	EF 433 6
50	EF 348 6	EF 298 3	EF 434 4
63	EF 349 4	EF 299 1	EF 435 1

Poder de corte

Infinito hasta 2A

según IEC 898, EN 60898


In [A]	polos	tensión [V]	Icn [kA]
3...63	Todos	230/400	10

según IEC 947.2, EN 60947.2

In [A]	Polos	tensión [V]	Icu[kA]	Ics[kA]
3...63	1	230	15	11,25
	1+N, 2	127	35	26,25
		230	25	18,75
2	400	15	11,25	
	3, 4	230	20	15
	400	15	11,25	

Nota: S 272, 273, 274 (B, C, K) homologados R.I.Na para uso naval con tensiones de 230, 400 y 440V c.a.

h. Extracto del catálogo de ABB para la selección de contactores de 3 polos.



Power rating AC-3, 400 V

Types

Order code (State coil voltage)








Rated current AC-3, 400 V

415 V

690 V

Rated current AC-1, 40 °C

3-pole	4kW 5.5kW 7.5kW			11kW 15kW 18.5kW			22kW 30kW 37kW		
	A9	A12	A16	A26	A30	A40	A50	A63	A75
A 9-30-10	A 12-30-10	A 16-30-10	A 26-30-10	A 30-30-10	A 40-30-10	A 50-30-00	A 63-30-00	A 75-30-00	
A	9	12	17	26	32	37	50	65	75
A	9	12	17	26	32	37	50	65	75
A	7	9	10	17	21	25	35	43	46
A	25	27	30	45	55	60	100	115	125

O/L relays		TA 25 DU 0.4 ... 0.63 2.2 ... 3.1 7.5 ... 11 0.63 ... 1.0 2.8 ... 4.0 10 ... 14 0.10 ... 0.16 1.0 ... 1.4 3.5 ... 5.0 13 ... 19 0.16 ... 0.25 1.3 ... 1.8 4.5 ... 6.5 18 ... 25 0.25 ... 0.4 1.7 ... 2.4 6.0 ... 8.5 24 ... 32		TA 42 DU 22 ... 32 29 ... 42		TA 75 DU 28 ... 42 36 ... 52 45 ... 63 60 ... 80
Auxiliary contacts		Front mounting 1 NO CA 5-10 1 NC CA 5-01 Side mounting 1 NO + 1 NC CAL 5-11				
Timers		Pneumatic direct 0.1 ... 40 s TP 40 DA 10 ... 180 s TP 180 DA		Pneumatic inverse 0.1 ... 40 s TP 40 IA 10 ... 180 s TP 180 IA		
Interlocks		Mechanical / electrical VE 5-1		Mechanical /		
Surge suppressors		RV 5/50 24 ... 50 V	RV 5/133 50 ... 133 V	RV 5/250 110 ... 250 V		

ANEXO 35: Válvulas de alivio

- a. Válvulas de alivio seleccionadas para los recipientes de calentamiento y de enfriamiento. (Extracto del documento Safety Valves de Spirax Sarco).



SV80 full-nozzle ASME process safety valve

Sizes: ½" to 12", orifice sizes D to W

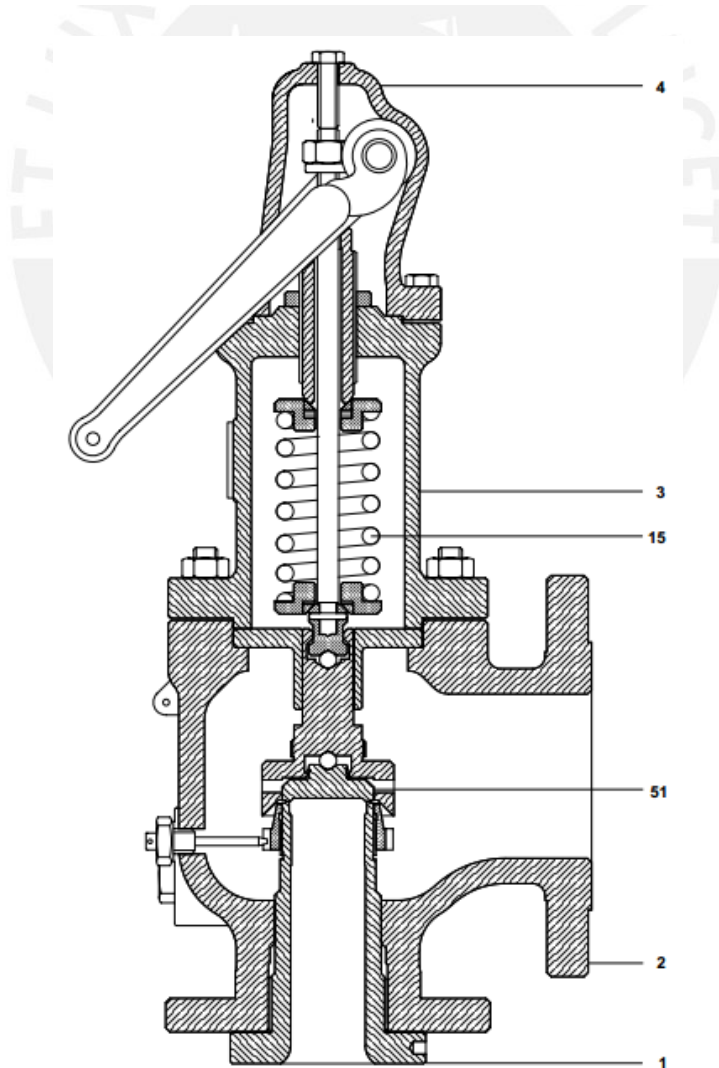
Set pressure range: 5 to 6 000 psi

Body material: Low temperature LCB cast carbon steel, WCB carbon steel, chrome molybdenum alloy steel, cast stainless steel CF8M or CF8

Standards: ASME VIII and API 526

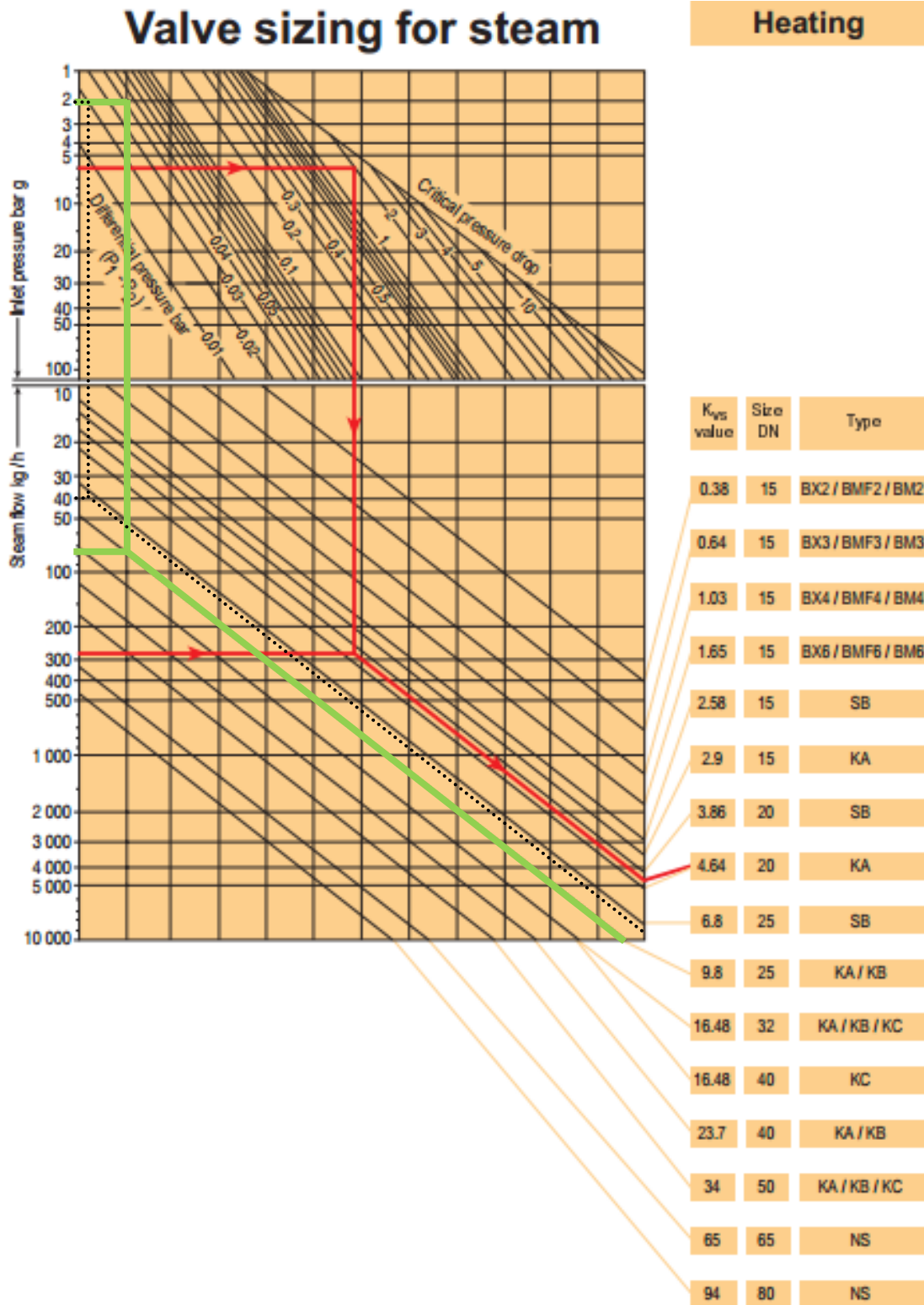
Approvals: National Board

Applications: Protection of pipes and pressure vessels, cryogenic and corrosive media, sour gases, oxygen; high pressures, temperatures and capacities, variable backpressures; in the food, process, OPC, pharmaceutical and chemical industries.



ANEXO 36: Válvulas de control auto-controlada

- Para la regulación del flujo de vapor:



Asumiendo un diferencial de presión mínimo:

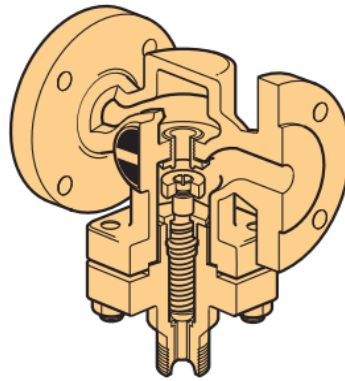
$$p_1 - p_2 = [0,02 - 0,05] \text{ bar}$$

Donde:

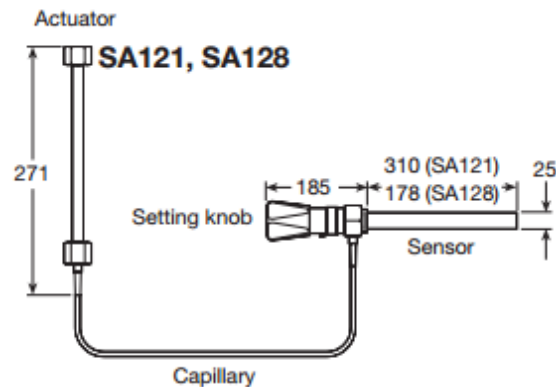
p_1 : presión de entrada a la válvula.

p_2 : presión de salida de la válvula.

Además el flujo másico de vapor requerido será 72 kg/h para la maceración y 39,6 kg/h para el proceso de cocción. La línea de color verde es la ruta para la selección de la válvula utilizada para la regulación del flujo del proceso de maceración y la línea punteada de color negro es la utilizada para el proceso de cocción.



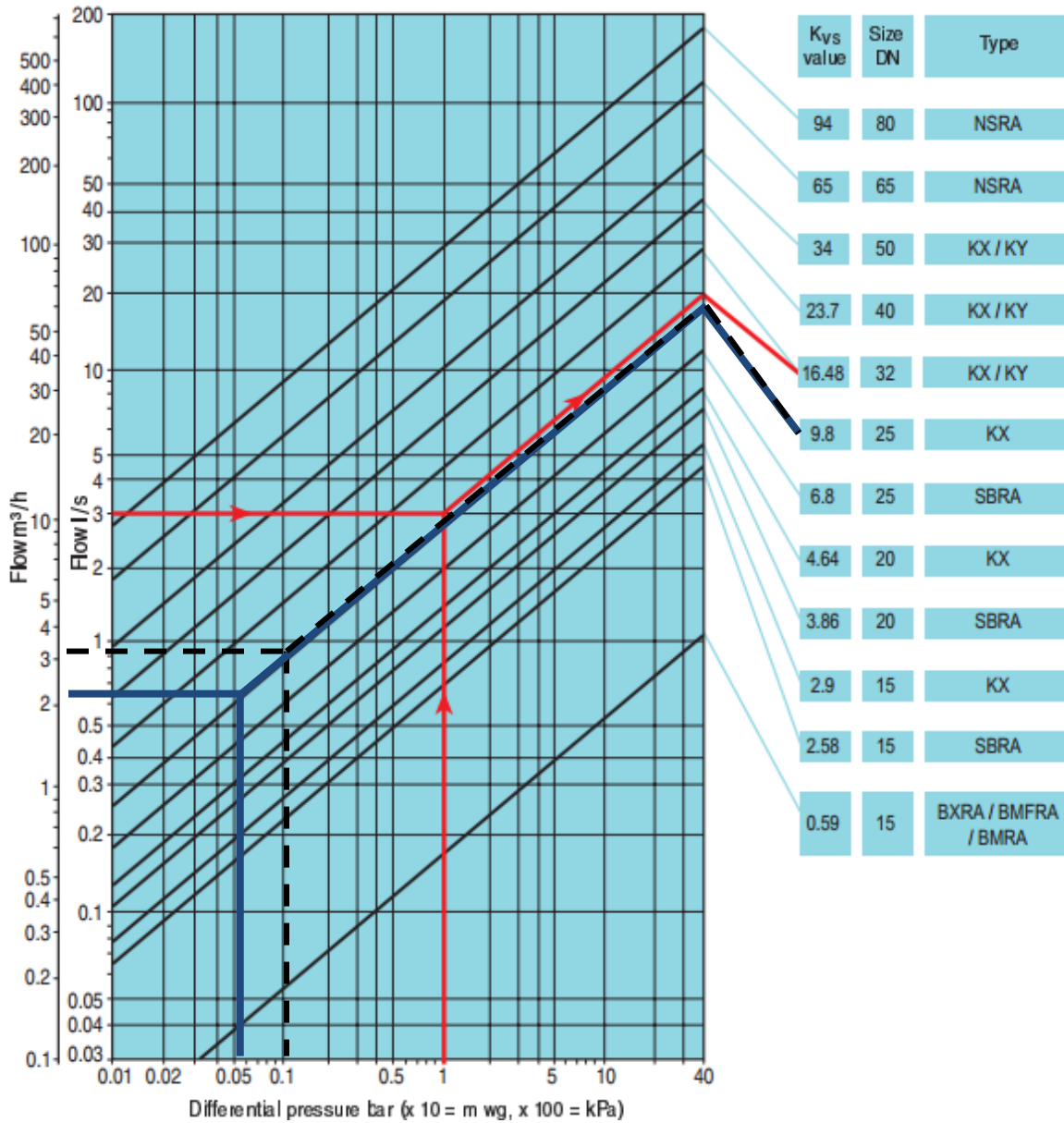
KA33 (DN15 - DN25 flanged)



Sistema de control

- Para la regulación del agua gicollada:

Valve sizing for water



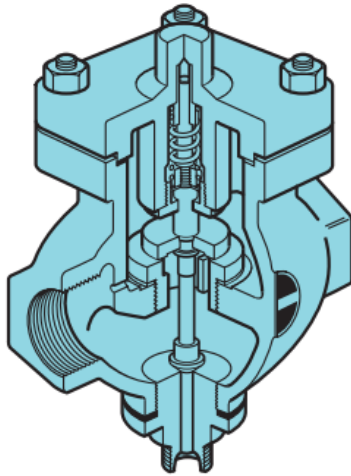
Asumiendo un diferencial de presión mínimo:

$$p_1 - p_2 = [0,02 - 0,1]bar$$

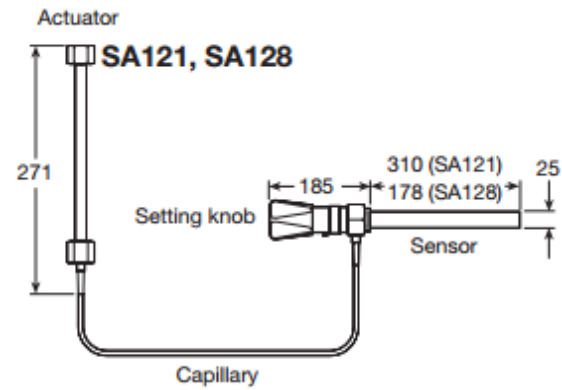
Donde:

- p_1 : presión de entrada a la válvula.
- p_2 : presión de salida de la válvula.

Además el flujo volumétrico de agua glicolada requerido será $2,2 \text{ m}^3/\text{h}$ para el enfriamiento, $3 \text{ m}^3/\text{h}$ para el proceso de fermentación y $3 \text{ m}^3/\text{h}$ para el proceso de maduración. La línea continua de color azul es la ruta para la selección de la válvula utilizada para la regulación del flujo del proceso de enfriamiento, la línea discontinua de color negro es la utilizada para el proceso de fermentación y el proceso de maduración.

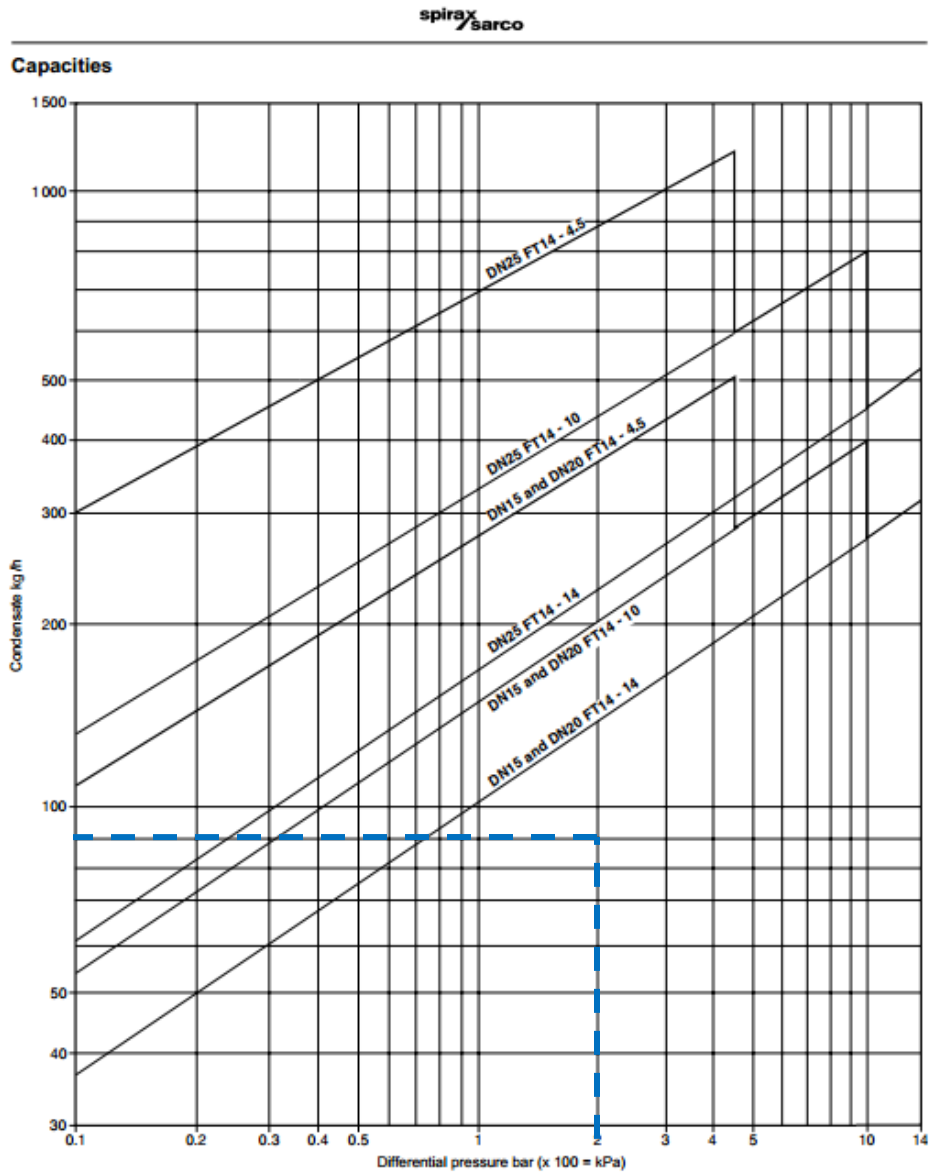


KX43 (DN15 - DN50 flanged)



Sistema de control

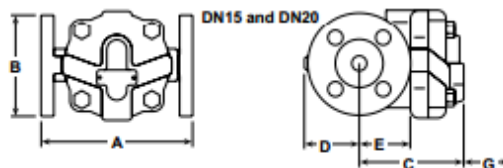
ANEXO 37: Trampa de vapor:



spirax sarco

Dimensions/weights (approximate) in mm and kg

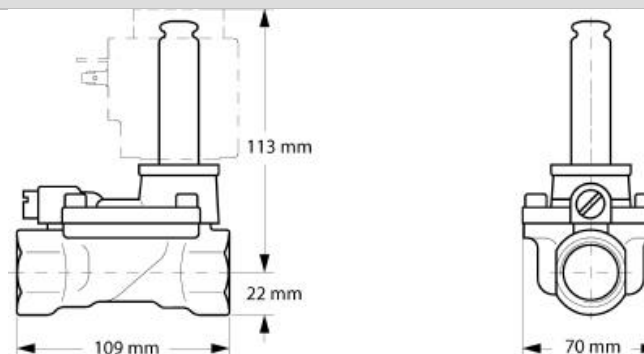
Size	A PN/ASME	A JIS/KS	B	C	D	E	F	G Withdrawal distance	Weight
DN15	150	150	107	101	51	47	28.5	115	4.5
DN20	150	150	107	101	55	47	28.5	115	5.0
DN25	160	170	117	70	100	10	21.0	120	6.5



ANEXO 38: Válvulas solenoides:

- Válvulas para mosto

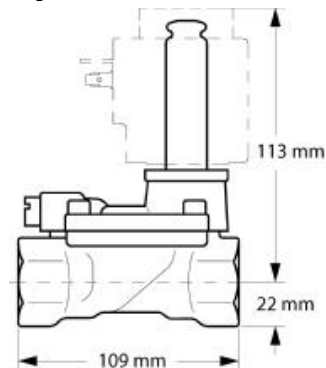
Characteristic	Value
Type	EV220B
Weight	1.208 Kg
Actuator size	13.5 mm
Actuator size [in]	0.53 in
Ambient temperature max. [°C]	80 °C
Ambient temperature max. [°F]	176 °F
Body material	Stainless steel
Connection	NPT 1
Connection Internal/External	Internal
Connection standard	ANSI/ASME B1.20.1
Cv value [gal/min]	12,300 gpm US
Differential pressure [bar]	0,3 - 10 bar
Differential pressure [psi]	4,3 - 142,9 psi
EAN	5702423140732
Function	N C
Kv value [m³/h]	11,000 m3/h
Max. Working Pressure [bar]	16,0 bar
Max. Working Pressure [psig]	232 psig
Medium temperature range [°C]	-30 - 140 °C
Medium temperature range [°F]	-20 - 285 °F
Number of ways	2/2
Operation	Servo-operated (diaphragm)
Orifice size [in]	1 in
Orifice size [mm]	25,00 mm
Packing format	Multi pack
Quantity per packing format	12 PC
Seal material	EPDM
Type designation	Solenoid valve



- Válvulas para servicio de vapor y agua glicolada

Characteristic	Value
Type	EV220B
Weight	1.422 Kg
Actuator size	13.5 mm
Actuator size [in]	0.53 in
Ambient temperature max. [°C]	50 °C
Ambient temperature max. [°F]	122 °F
Approval	UL
Body material	Brass
Connection	NPT 1
Connection Internal/External	Internal
Connection standard	ANSI/ASME B1.20.1
Cv value [gal/min]	12,300 gpm US
Differential pressure [bar]	0,3 - 10 bar
Differential pressure [psi]	4,3 - 142,9 psi
EAN	5702423031849
Function	N C
Kv value [m³/h]	11,000 m3/h
Max. Working Pressure [bar]	12,5 bar
Max. Working Pressure [psig]	181 psig
Medium temperature range [°C]	-10 - 120 °C
Medium temperature range [°F]	15 - 250 °F
Number of ways	2/2
Operation	Servo-operated (diaphragm)
Orifice size [in]	1 in
Orifice size [mm]	25,00 mm
Packing format	Multi pack
Quantity per packing format	12 PC
Seal material	EPDM

Type designation



Solenoid valve



ANEXO 39: Sensores y control

a. Interruptor de nivel para accionamiento de válvulas solenoides.

Technical specifications	
Mode of operation	
Measuring principle	Inverse frequency shift capacitive level detection
Input	
Measured variable	Change in picoFarad (pF)
Output	
Output signal	
• Relay output	1 SPDT Form C relay
- Max. contact voltage	• 30 V DC • 250 V AC
- Max. contact current	• 5 A (DC) • 8 A (AC)
- Max. switching capacity	• 150 W (DC) • 2000 VA (AC)
- Time delay (ON and/or OFF)	1 to 60 s
• Solid-state output	
- Output	Galvanically isolated
- Protection	Against reversed polarity (bipolar)
- Max. switching voltage	• 30 V (DC) • 30 V peak (AC)
- Max. load current	82 mA
- Voltage drop	< 1 V, typical at 50 mA
- Time delay (pre or post switching)	1 to 60 s
Accuracy	
Resolution	
- Min. sensitivity (pF)	1% change in actual capacitance
- Max. temperature error	0.2% of actual capacitance value
Rated operating conditions¹⁾	
Installation conditions	
Location	Indoor/outdoor
Ambient conditions	
• Ambient temperature	-40 to +85 °C (-40 to +185 °F) ²⁾
Medium conditions	
• Relative dielectric constant ϵ_r	Min. 1.5
• Process temperature	
- Rod/Cable version	-40 to +200 °C (-40 to +392 °F) ²⁾
- High-temperature version	-40 to +400 °C (-40 to +752 °F)
• Process pressure ³⁾	-1 to +35 bar g (-14.6 to +511 psi g)
Design	
• Material (enclosure)	Powder-coated aluminum with gasket
• Degree of Protection	Standard: Type 4/NEMA 4/IP65 Optional: Type 4/NEMA 4/IP68
• Cable inlet	2 x M20x1.5 thread (option: 2 x 1/2" NPT conduit entry including 1 plugged entry)
Controls and displays	
• Displays	3 LEDs, for probe status, output status and power supply
• Potentiometers	2 potentiometers for time delay and sensitivity
• Switches	5 DIP switches for delay on/off, fail-safe high/low, time delay test/adjust, high/low sensitivity, test delay settings
Power supply	
• Supply	12 to 250 V AC/DC, 0 to 60 Hz, galvanically isolated, 2 W
Certificates and approvals	
• General Purpose	CSA, FM
• Dust Ignition Proof with IS Probe	CSA/FM Class II, Div. 1, Gr. E, F, G CSA/FM Class III T4
• Explosion Proof Enclosure with IS Probe	CSA/FM Class I, Div. 1, Gr. A, B, C, D CSA/FM Class II, Div. 1, Gr. E, F, G CSA/FM Class III T4
• Others	Pattern Approval (China)

¹⁾ When operation is in areas classified as hazardous, observe restrictions according to relevant certificate. See also Pressure/Temperature curves starting on page 5/54.

²⁾ Thermal isolator is used if process connection temperature exceeds +85 °C (+185 °F).

³⁾ Pressure rating of process seal is temperature dependent. See Pressure/Temperature curves starting on page 5/54.

b. Características técnicas de sensor de temperatura.

Sinopsis

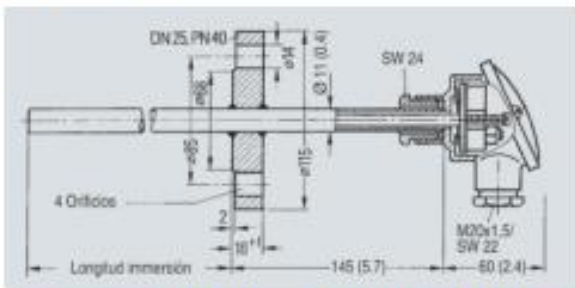


La termorresistencia de brida con cabezal de conexión está diseñada para el montaje en recipientes y tuberías; es idónea para un rango de temperaturas comprendido entre -50 y +600 °C (-58 a +1112 °F) y está también disponible con convertidor de temperatura incorporado.

Datos técnicos

Vaina de protección	
• Forma	2F, DIN 43772; cilindr., Ø 11 mm (0.43 pulgadas), espesor de pared 2 mm (0.08 pulgadas)
• Material	X 6 CrNiMoTi 17 122, nº de mat. 1.4571
• Capacidad de carga	hasta 40 bares (580 psi) (capacidad de carga en dependencia de material, temperatura, velocidad de flujo, longitud de inmersión etc., detalles según DIN 43772)
Brida	
	Diám. nom. DN 25, presión nom. PN 40 (ASME a petición)
Unidad de medida	
	intercambiable, con tubo (Ø 6 mm ó 0.24 pulgadas) de acero inoxidable; zócalo de conexión con resortes
Tiempos de respuesta (según VDI/VDE 3 522)	
• en agua con la velocidad de flujo $v = 0,4$ m/s (1.31 ft/s)	$t_{0,5} = 32$ s, $t_{0,9} = 96$ s
• en aire con la velocidad de flujo $v = 1$ m/s (3.28 ft/s)	$t_{0,5} = 2,2$ min, $t_{0,9} = 6,8$ min
Protección contra explosiones	
	II 1/2G EEx ia IIC T4/T6

Croquis acotados



Termorresistencia de brida con cabezal de conexión, medidas en mm (pulgadas)

Datos de selección y pedido Referencia

Termorresistencia de brida con cabezal de conexión		
Vaina de protección según DIN 43 772, forma: 2F		
1 resistencia Pt100: conexión a 3 hilos,		
2 resistencias Pt100: conexión a 2 hilos		
Unidad de medida sin prot. contra explosión		
1 resistencia Pt100		
Longitud de inmersión/ mm (pulgadas):	Peso/ kg (lb):	
• 160 (6.3)	1,5 (3.31)	▶ 7MC1017-1FA1 ■
• 250 (9.84)	1,5 (3.31)	7MC1017-2FA1 ■
2 resistencias Pt100		
Longitud de inmersión/ mm (pulgadas):	Peso/ kg (lb):	
• 160 (6.3)	1,6 (3.53)	7MC1017-1FB1 ■
• 250 (9.84)	1,6 (3.53)	7MC1017-2FB1 ■
Unidad de medida con prot. contra explosión		
1 resistencia Pt100		
Longitud de inmersión/ mm (pulgadas):	Peso/ kg (lb):	
• 160 (6.3)	1,5 (3.31)	▶ 7MC1017-1FE1 ■
• 250 (9.84)	1,5 (3.31)	7MC1017-2FE1 ■
2 resistencias Pt100		
Longitud de inmersión/ mm (pulgadas):	Peso/ kg (lb):	
• 160 (6.3)	1,6 (3.53)	7MC1017-1FF1 ■
• 250 (9.84)	1,6 (3.53)	7MC1017-2FF1 ■
Cabezal, forma B		
en fundición de metal ligera, con 1 entrada de cable y		
• tapa de fijación por tornillos		1
• tapa articulada estándar		4
• tapa articulada alta		6
de acero inoxidable, con 1 entrada de cable y tapa de fijación por tornillos		7
Otras versiones		Clave
Completar la referencia con la extensión *-Z*, añadir Y01 y especificar en texto explícito:		
Versión diferente (longitud de inmersión, material del tubo protector, etc.) en texto explícito		Y01
Placa de tag, acero inoxidable especificar núm. de TAG en texto		Y15
Realizar el calibrado en un punto, introducir la temperatura deseada en texto explícito (si hay varios puntos de calibración, realizar los pedidos correspondientes). Si se han instalado transmisores de cabezal, hay que asegurarse de que todos los puntos de calibración estén en el rango de medida ajustado. Si los puntos se encuentran fuera del rango de medida estándar, siempre es necesario añadir Y11.		Y33
▶ Suministrable ex almacén.		
Para encargar un convertidor de temperatura montado en el cabezal y para el transmisor para aplicaciones SIL, ver "Convertidores de temperatura para montaje en el cabezal de conexión" (página 2/79).		
Elementos individuales:		
Unidades de medida y cabezales de conexión; véase "Accesorios".		

c. Controlador lógico programable (PLC) para control de los procesos.

Características técnicas comunes de las CPUs 221, 222, 224, 224XP, 224XPsi y 226:	
Característica	CPU 221, 222, 224, 224XP, 224XPsi, 226
Aritmética en coma fija de 32 bits según norma IEEE	sí
Reguladores PID integrados plenamente parametrizables	sí, hasta 8 reguladores PID independientes
Velocidad de procesamiento al bit	0,22 µs
Interrupciones controladas por tiempo	2 (tiempo de ciclo entre 1 y 255 ms con 1 ms de resolución)
Interrupciones hardware (detección de flancos en entradas)	máx. 4 entradas
Marcas, temporizadores, contadores	256 de cada
Contadores rápidos	4-6 (según CPU), máx. 30 kHz, ó 200 kHz en la CPU 224 XP
Salidas de impulsos (modulables en ancho o frecuencia)	2 salidas, 20 kHz cada una (para variantes DC), 100 kHz en CPU 224 XP
Memoria de programas y datos	remanente (no volátil)
Memorización de datos dinámicos en caso de fallo de alimentación	remanencia: mediante condensador interno de alto rendimiento o módulo de pila adicional. No volátil: carga del bloque de datos con STEP 7-MicroWIN, TD 200C o vía programa de usuario en la EEPROM integrada
Respaldo de los datos dinámicos mediante módulo de pila	típ. 200 días
Puerto integrado de comunicación	sí, puerto RS 485 que soporta los modos siguientes: maestro o esclavo PPI/esclavo MPI/Freeport (protocolo ASCII programable)
Velocidad de transferencia máx.	187,5 kbaudios (PPI/MPI) ó 115,2 kbaudios (Freeport)
Software de programación	STEP 7-MicroWIN que sirve para todos los lenguajes como AWL, FUP o KOP
Módulo de memoria de programa opcional	sí, programable en la CPU, para transferir programas, Data Logging, recetas, documentación
Variante DC/DC/DC	sí
Alimentación	24 V DC
Entradas digitales	24 V DC
Salidas digitales	24 V DC, máx. 0,75 A, pueden conectarse en paralelo para aumentar la potencia
Variante AC/DC/relés	sí
Alimentación	85-264 V AC
Entradas digitales	24 V DC
Salidas digitales	5-30 V DC ó 5-250 V AC, máx. 2 A (relés)

Características técnicas

Datos específicos de cada CPU

Característica	CPU 221*	CPU 222*	CPU 224*
			
Entradas/salidas digitales integradas	6 ED/4 SD	8 ED/6 SD	14 DE/10 DA
Entradas/salidas digitales N° de canales vía módulos de ampliación	-	48/46/94	114/110/224
Entradas/salidas analógicas N° de canales vía módulos de ampliación	-	16/8/16	32/28/44
Memoria de programas	4 kbytes	4 kbytes	8/12 kbytes
Memoria de datos	2 kbytes	2 kbytes	8 kbytes
Memorización de datos dinámicos vía condensador de alto rendimiento	típ. 50 h	típ. 50 h	típ. 100 h
Contadores rápidos	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	4x30 kHz, de ellos, 2x20 kHz usables como contadores A/B	6x30 kHz, de ellos, 4x20 kHz usables como contadores A/B
Puertos de comunicación RS 485	1	1	1
Protocolos soportados:			
- PPI maestro / esclavo	sí	sí	sí
- MPI esclavo	sí	sí	sí
- Freeport (protocolo ASCII programable)	sí	sí	sí
Posibilidades de comunicación opcionales	no ampliable	sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem	sí, esclavo PROFIBUS DP y/o maestro AS-Interface/Ethernet/ Internet/módem
Potenciómetro analóg. de 8 bits integrado (para p. en marcha, cambio de valores)	1	1	2
Reloj de tiempo real	opcional	opcional	sí
Alimentación p. sensores 24 V DC integrada	máx. 180 mA	máx. 180 mA	máx. 280 mA
Regleta de conexión desenchufable	-	-	sí
Dimensiones (A x A x P en mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62

ANEXO 40: Dimensiones de perno U-Bolt utilizado para conexiones y sujeción de los serpentines.

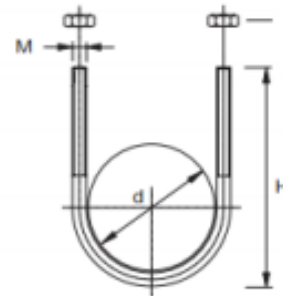
U-BOLT DIN

heavy duty acc. to DIN 3570

- c/w 2 hex nuts
- Surface finish: electro zinc plated



Nº	M	Ø	DN	d mm	H		kg/l
400254	10	1/2	15	21,3	55	1	0,08
400255	10	3/4	20	26,9	70	1	0,09
400256	10	1	25	33,7	76	1	0,10
400257	10	1 1/4	32	42,4	86	1	0,11
400258	10	1 1/2	40	48,3	92	1	0,12
400259	12	2	50	60,3	109	1	0,20
400260	12	2 1/2	65	76,1	125	1	0,23
400261	12	3	80	88,9	138	1	0,28
400262	16	4	100	114,3	171	1	0,52
400263	16	5	125	139,7	191	1	0,65
400264	16	6	150	168,3	217	1	0,74
400265	20	8	200	219,1	283	1	0,75
400266	20	10	250	273	334	1	1,68
400267	20	12	300	323,9	385	1	2,04
400268	24		350	368	435	1	3,11
400269	24	16	400	419	487	1	3,52
400270	24	20	500	508	589	1	4,34



- Tomado de la página de ERICO
<http://www.erico.com/public/library/fixing-mffeurocat/ubolt.pdf>

ANEXOS