

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**”DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN  
BIO-BOTÁNICA UTILIZANDO DIÓXIDO DE CARBONO  
SUPERCRÍTICO”**

**ANEXOS**

**AUTOR**

Ing. Jhul César Ochoa Espinoza

**ASESOR**

Dipl. Ing. Eliseo Benjamín Barriga Gamarra

**JURADO**

Ph.D. Julio César Tafur Sotelo

M. Eng. Karol Muñoz Salas

**LIMA - PERÚ**

**2017**



## **ANEXO 1: INFORMACIÓN DETALLADA DE LA INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA**

Se adjunta respecto a la ingeniería básica del sistema:

- Lista de exigencias del sistema
- Estructura de Funciones
- Matriz morfológica



| LISTA DE EXIGENCIAS |  |   | Pag. 1 de 1          |
|---------------------|--|---|----------------------|
|                     |  |   | Edición: Rev. 3.     |
| <b>PROYECTO:</b>    | DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN BIO BOTÁNICA UTILIZANDO CO2 SUPERCRÍTICO |   | Fecha: 20/06/16      |
|                     |  |   | Revisado:<br>B.B.G   |
| <b>CLIENTE:</b>     | PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ   |   | Elaborado:<br>J.O.E. |
| Fecha               | D/E  | Descripción   | Responsable          |
| 14/04/16            | E  | FUNCIÓN PRINCIPAL: Obtención de compuestos bioactivos y componentes individuales de alto valor a partir de matrices de especies vegetales.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | MATERIA PRIMA: La materia prima está determinada por una lista de productos vegetales objetivo en las que se encuentran Café, Cacao, Páprika, Quínuva, Trigo, Tomate, Tara, Sacha Inchi, Eucalipto, entre otros. (Detalle en el Análisis de Biomateria)   | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | PRODUCTOS: Componentes bioactivos como la caféina, aceites esenciales, ácidos grasos, alcoholes grasos, etc. Componentes individuales como el Ácido Carmínico (Cochinilla) o el Carotenoide Bixin (Achiote), etc.   | J.O.E.               |
| 16/05/16            | E  | CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO: 5 litros de biomateria.   | J.O.E.               |
| 16/05/16            | E  | SOLVENTE: CO2 en estado Supercrítico<br>- Condiciones de operación: Se necesita operar a 300 bar y 100 °C para poder trabajar con la mayor parte de productos vegetales objetivo.<br>- Condiciones deseables de operación: Se necesita operar a 600 bar para cubrir con la totalidad de productos objetivo.<br>- Caudal: Máximo 60 kg/h (1000 g/min)<br>- Reciclaje: Se considerará un circuito de recuperación del CO2.<br>- Suministro: Cilindros de CO2 líquido a 57 bar y 20°C. | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | TIEMPO Y RENDIMIENTO DEL PROCESO: El tiempo de extracción por cama y el rendimiento del extractor dependerán de la matriz de biomateria.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | SUMINISTRO ELÉCTRICO: 220/380VAC Trifásico, 60 Hz.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | D  | GEOMETRÍA: 3.0 x 1.5 x 2.5m (ancho x profundidad x alto)  | J.O.E.               |
| 16/05/16            | E  | FABRICACIÓN: Se dará prioridad a la fabricación con materiales del mercado local o a la compra de equipos a nivel local de acuerdo al grado de complejidad de los componentes.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | TRANSPORTE Y MONTAJE: El sistema deberá ser diseñado para ser montado y desmontado por partes lo cual facilitará el transporte del sistema completo.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | INSTRUMENTACIÓN: El sistema deberá contar con diversos terminales a los que se puedan acoplar los sistemas de medición de variables de operación necesarios para la instrumentación del sistema.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | CONDICIONES AMBIENTALES DE TRABAJO: El sistema será diseñado para trabajar a una altura máxima de 1000 m.s.n.m y una temperatura máxima de 25°C.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | ERGONOMÍA: Todo control manual será ubicado a una altura máxima de 1.60 m.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | NORMAS: Los recipientes a alta presión serán diseñados según el Código ASME Sección 8. El sistema de tuberías a alta presión será diseñado según ASME B31.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | E  | SEGURIDAD: La planta cumplirá con las normas de seguridad requeridas según la Ley Peruana.  | J.O.E.               |
| 14/04/16            | D  | PRESUPUESTO: Se espera que la planta pueda ser cotizada por debajo de los S/. 250 000.00  | J.O.E.               |
| 16/05/16            | E  | PLAZO DE ENTREGA INGENIERÍA BÁSICA: 25/07/16  | J.O.E.               |
| 16/05/16            | E  | PLAZO DE ENTREGA INGENIERÍA DE DETALLE DEL SISTEMA HIDRÁULICO: 12/09/16   | J.O.E.               |

## ANEXO 2: DISEÑO DEL TANQUE PULMÓN

En el presente anexo se detalla el diseño del tanque pulmón del sistema partiendo de que debe contar con una capacidad de 8 litros, un diámetro interior de 152 mm, una altura de 440 mm y debe ser capaz de trabajar a 60 bar.

### 2.1 ESPESOR MÍNIMO DE PLANCHA

Según la norma ASME sección VII la presión de diseño es considerada un 10 % mayor que la presión de trabajo, por lo cual la presión de diseño se considerará 66 bar, con lo cual se calculó el espesor mínimo de plancha según:

$$t_{min} = \frac{D_{tp}}{2} \frac{P_d}{\rho_{adm} E - 0.6 P_d} \quad (2.1)$$

Donde:

$D_{tp}$  : Diámetro del tanque pulmón

$P_d$  : Presión de diseño

$\rho_{adm}$  : Esfuerzo admisible

$E$  : Eficiencia de la junta soldada ( $E = 0.85$ )

El esfuerzo admisible para el material es considerado con un factor de seguridad de 1.5, el límite elástico del material es de 200 MPa, por tanto:

$$\rho_{adm} = \frac{200}{1.5} = 133 \text{ MPa}$$

Entonces, se tiene:

$$t_{min} = 4.60 \text{ mm}$$

Por lo cual el espesor determinado para el tanque es:

$$t_s = 5.00 \text{ mm}$$

## 2.2 CABEZA ELIPSOIDAL

Para la cabeza del tanque se escogió una del tipo elipsoidal 2:1, por lo cual la altura de la cabeza es:

$$H_{cab} = \frac{D_{tp}}{4} = 38 \text{ mm}$$

El espesor mínimo de la cabeza es:

$$t_{minC} = \frac{D_{tp}}{2} \frac{P_d}{\rho_{adm}E - 0.1P_d} \quad (2.2)$$

$$t_{minC} = 4.14 \text{ mm} \approx 5.0 \text{ mm}$$

## 2.3 ABERTURAS

Se han considerado las medidas de las boquillas iguales a las de las tuberías seleccionadas NPS 1/2" SCH40, por lo cual las tuberías según norma presentan un diámetro externo de 21.3 mm, diámetro interno de 15.8 mm y espesor de pared 2.75 mm. Se partió bajo el supuesto que el uso de soldadura en la unión sería suficiente para la boquilla y se hizo la comprobación de que no fueran necesarios refuerzos adicionales según se expone a continuación:

El espesor mínimo requerido para el tanque es:

$$t_{rs} = \frac{D_{tp}}{2} \frac{P_d}{\rho_{adm}E - P_d} = 3.59 \text{ mm}$$

El espesor mínimo requerido para la boquilla de salida es de:

$$t_{rn} = \frac{D_n}{2} \frac{P_d}{\rho_{adm}E - 0.6P_d} = 0.37 \text{ mm}$$

El límite paralelo a la superficie del tanque es el mayor de las cantidades,  $(a)t_s + t_n + 0.5d_n = 5 + 2.75 + 7.9 = 15.65 \text{ mm}$  y  $(b)d_n = 15.8 \text{ mm}$ . Por lo cual el límite paralelo al tanque es de 15.8 mm.

El límite normal a la superficie del tanque es el menor de las cantidades  $(a)2.5t_s$  o  $(b)2.5t_n$ . Entonces el límite es de  $2.5(2.75) = 6.88 \text{ mm}$ .

El esquema de la unión se muestra en la Figura 2.1, el área removida está sombreada en rojo y es de  $56.7 \text{ mm}^2$ , el área de refuerzo es la suma de las áreas sombreadas

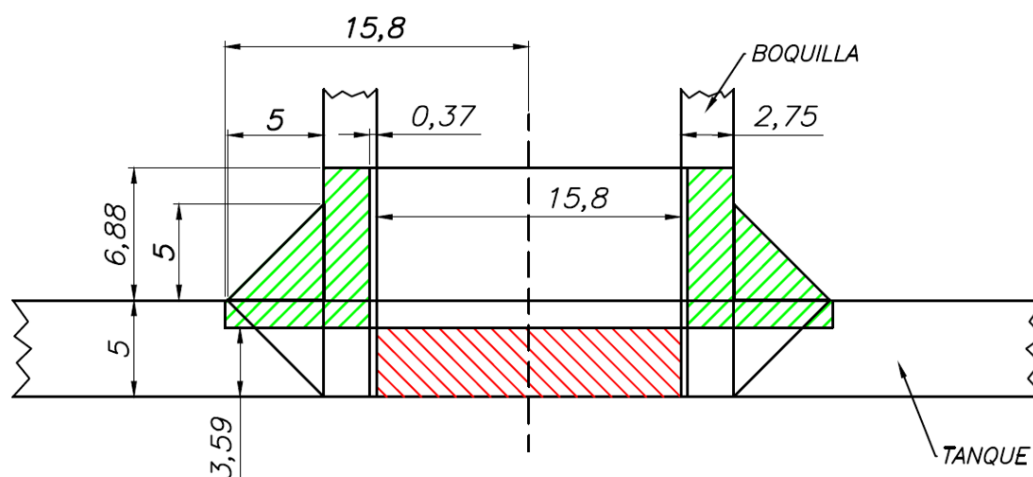


Figura 2.1: Esquema de la unión de la boquilla.

en verde y es igual a  $79.0 \text{ mm}^2$ . Ya que el área de refuerzo excede al área removida, se concluye que es suficiente con la soldadura.

## 2.4 SELECCIÓN DE BRIDAS

Las condiciones del fluido en el tanque son  $15^\circ\text{C}$  y  $57.3 \text{ bar}$  y el material AISI 316, a partir de la tabla de especificación de bridas de la norma ASME 16.5 que se muestra en la Figura 2.2 se determina que las bridas tienen que ser de clase 400 y se decidió utilizar bridas del tipo *slip-on* por la facilidad de unión que presentan.

En la Figura 2.3 se muestra el esquema de unión de las bridas con la boquilla correspondiente, el espesor de la boquilla es de  $2.75 \text{ mm}$  y en este caso es igual al parámetro  $c$ . A partir del espesor de boquilla y la figura se determinó que el tamaño de soldadura  $c$  debe ser de  $5 \text{ mm}$ , por lo cual el tamaño de garganta es  $3.5 \text{ mm}$ .

Se adjunta el plano del tanque pulmón.

| Nominal Designation | Forgings                              | Castings                                 | Plates                              |
|---------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 16Cr-12Ni-2Mo       | A 182 Gr. F316 (1)<br>A 182 Gr. F316H | A 351 Gr. CF3M (2)<br>A 351 Gr. CF8M (1) | A 240 Gr. 316 (1)<br>A 240 Gr. 316H |
| 18Cr-13Ni-3Mo       | A182Gr. F317 (1)                      |  | A 240 Gr. 317 (1)                   |
| 19Cr-10Ni-3Mo       |                                       | A 351 Gr. CG8M (3)                       |                                     |

| Working Pressures by Classes, bar |      |      |      |      |       |       |       |
|-----------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Class                             | 150  | 300  | 400  | 600  | 900   | 1500  | 2500  |
| Temp., °C                         |      |      |      |      |       |       |       |
| -29 to 38                         | 19.0 | 49.6 | 66.2 | 99.3 | 148.9 | 248.2 | 413.7 |
| 50                                | 18.4 | 48.1 | 64.2 | 96.2 | 144.3 | 240.6 | 400.9 |
| 100                               | 16.2 | 42.2 | 56.3 | 84.4 | 126.6 | 211.0 | 351.6 |
| 150                               | 14.8 | 38.5 | 51.3 | 77.0 | 115.5 | 192.5 | 320.8 |

Figura 2.2: Captura de la especificación de bridas de ASME 16.5.

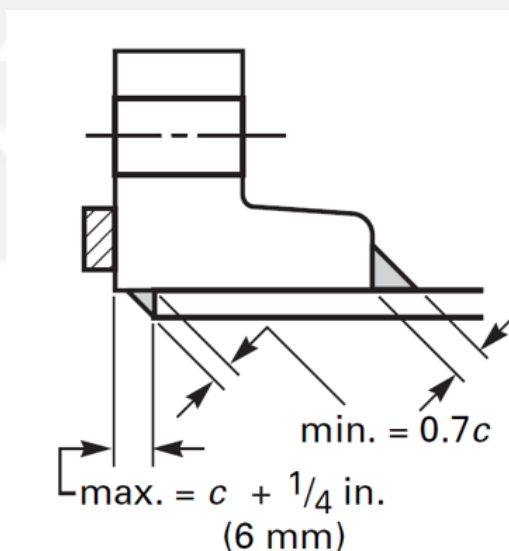


Figura 2.3: Esquema de unión de brida.

## **ANEXO 3: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL ENFRIADOR**

### **3.1 INTERCAMBIADOR DE PLACAS**

Se adjunta respecto al intercambiador:

- Hoja de datos SWEP B12
- Reporte de cálculo por parte del fabricante
- Cotización SWEP

### **3.2 UNIDAD DE CONDENSACIÓN**

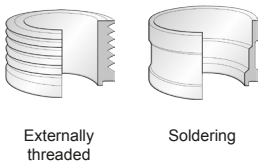
Se adjunta respecto a la unidad de condensación

- Hoja de datos TECUMSEH CAJN4476YHR-WZ
- Registro de cotización via e-mail
- Plano de TECUMSEH CAJN4476YHR-WZ



The large-port B12 delivers compact heat transfer solutions for applications with large flows. It is available with different plate patterns to fulfil various thermal duties across a wide range of fluid viscosities and densities. The B12 is an excellent choice for demanding steam and air dryer applications. It can be as a desuperheater in air conditioning and a CO<sub>2</sub> suction gas heat exchanger in refrigeration.

## Connections\*



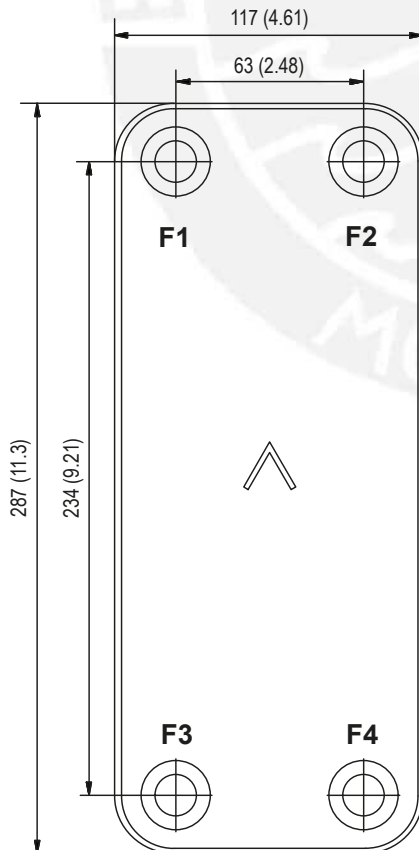
\*For specific dimensions, or information about other types of connections, please contact your SWEP sales representative.

## Pressure classes

- S** Standard, evaluated per EN 13345.
- H** High, evaluated per EN 13345.
- D** Higher, developed for CO<sub>2</sub> applications, evaluated per EN 13445.



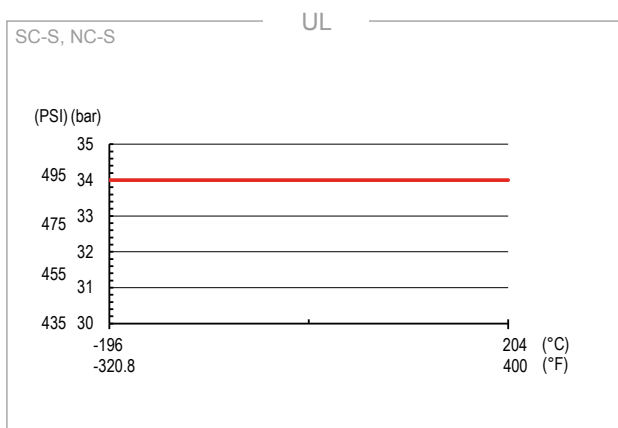
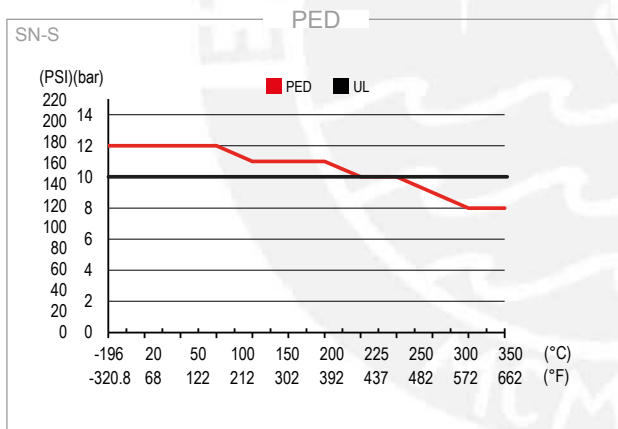
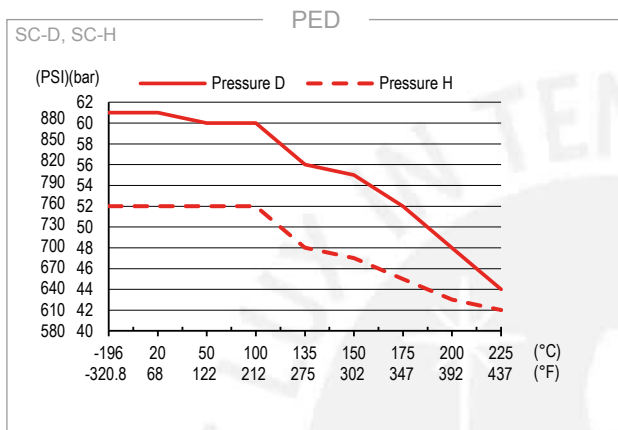
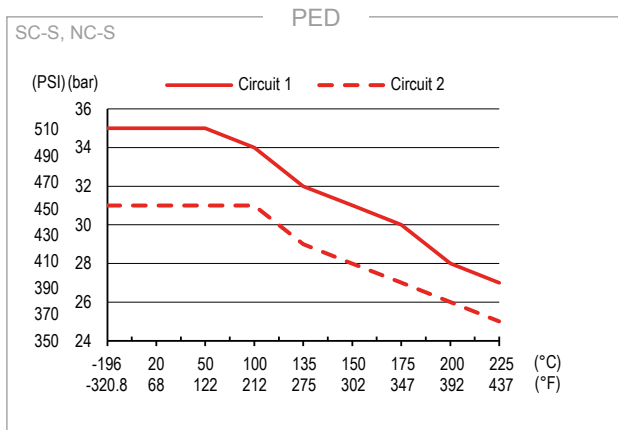
|                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Max number of plates (NoP) | 110/140                           |
| Port size F1/P1            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Port size F2/P2            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Port size F3/P3            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Port size F4/P4            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Max volume flow            | 16.9 m <sup>3</sup> /h (74.4 gpm) |
| Channel volume (SI)        | 0,063 dm <sup>3</sup>             |
| Channel volume (US)        | 0.00222 ft <sup>3</sup>           |



| Materials | Channel plate   | Brazing |
|-----------|-----------------|---------|
| SC        | Stainless steel | Copper  |
| NC        | Stainless steel | Copper  |
| SN        | Stainless steel | Nickel  |

| Size                 | Height of plate pack | Total weight        |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| SC S<br>SN S<br>NC S | 4+(2,34×NoP) mm      | 1,12+(0,12×NoP) kg  |
|                      | 0.157+(0.092×NoP) in | 2.47+(0.265×NoP) lb |
| SC D<br>SC H         | 12,4+(2,34×NoP) mm   | 2,94+(0,12×NoP) kg  |
|                      | 0.488+(0.092×NoP) in | 6.49+(0.265×NoP) lb |

[www.swep.net](http://www.swep.net)



## Third party approvals

SWEP BPHEs are generally approved by listed below certification organizations:

**Europe, Pressure Equipment Directive (PED)**

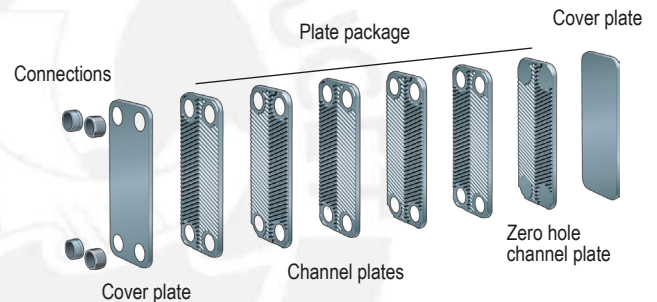
**America, Underwriters Laboratories Inc (UL)**

**Japan, Kouatsu-Gas Hoan Kyoukai (KHK)**

Additionally SWEP holds approvals from a vast variety of other certification organizations. For approval information regarding a specific product please contact your local SWEP representative. SWEP reserves the right to make changes without prior notice.

## The BPHE concept

The Brazed Plate Heat Exchanger (BPHE) is constructed as a plate package of corrugated channel plates with a filler material between each plate. During the vacuum brazing process, the filler material forms a brazed joint at every contact point between the plates, creating complex channels. The BPHE allows media at different temperatures to come into close proximity, separated only by channel plates that enable heat from one media to be transferred to the other with very high efficiency. The concept is similar to other plate and frame technology, but without the gaskets and frame parts.



## SSP calculation software

With SWEP's unique SSP, the SWEP Software Package, you can do advanced heat transfer calculations yourself, and choose the product solution that suits your application best. It's also easy to choose connections and generate drawings of the complete product. If you would like advice, or you would like to discuss different product solutions, SWEP offers all the service and support your need.

## Material disclaimer

The information and recommendations in regards to the products are presented in good faith, however, SWEP makes no representations or warranties as to the completeness or accuracy of the information. Information is supplied upon the condition that the purchasers will make their own determination as to the products' suitability for their purposes prior to use. Purchasers should note that the properties of the products are both application and material selection dependent and that products containing stainless steel are still subject to corrosion if used in unsuitable environments.

**Evaporator - Design**  
**INTERCAMBIADOR : B12Hx6/1P**

Nombre del fluido Circ. 1 : R134a  
Nombre del fluido Circ. 2 : R744 (Carbon Dioxide) (Liquid)

Flow Type : Counter-Current  
SSP Alias : B12H

| REQUERIMIENTOS                                 |                        | CIRC. 1                | CIRC. 2                |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Potencia                                       | kW                     | 1.050                  |                        |
| Inlet vapor quality                            |                        | 0.400                  |                        |
| Outlet vapor quality                           |                        | 1.000                  |                        |
| Temperatura de entrada                         | °C                     | -9.02                  | 20.00                  |
| Temperatura de evaporación                     | °C                     | -10.00                 |                        |
| Superheating                                   | K                      | 25.00                  |                        |
| Temperatura de salida                          | °C                     | 15.00                  | 0.00                   |
| Caudal   | kg/s                   | 7.258e-3               | 0.01667                |
| - vapor de entrada                             | kg/s                   | 2.903e-3               |                        |
| Fluido evaporado                               | kg/s                   | 4.355e-3               |                        |
| Pérdida de carga máxima                        | kPa                    | 50.0                   | 50.0                   |
| <b>INTERCAMBIADOR A PLACAS</b>                 |                        |                        |                        |
|  |                        | CIRC. 1                | CIRC. 2                |
| Area de transferencia de calor                 | m <sup>2</sup>         | 0.112                  |                        |
| Flujo de calor                                 | kW/m <sup>2</sup>      | 9.4                    |                        |
| MTD  | K                      | 16.93                  |                        |
| H.T.C. (available/required)                    | W/m <sup>2</sup> ,°C   | 562/554                |                        |
| Pérdida de carga - total                       | kPa                    | 9.97                   | 0.161                  |
| - en conexiones                                | kPa                    | 3.58e-3                | 208e-6                 |
| Pressure drop in fluid distribution            | kPa                    | 0.000 -<br>0.000       |                        |
| Presión de operación - salida                  | kPa                    | 201                    |                        |
| Número de canales                              |                        | 2                      | 3                      |
| Número total de placas                         |                        | 6                      |                        |
| Sobredimensionamiento                          | %                      | 0                      |                        |
| Factor ensuciamiento                           | m <sup>2</sup> , °C/kW | 0.027                  |                        |
| Diámetro de las conexiones                     | mm                     | 33.0/33.0<br>(up/down) | 33.0/33.0<br>(up/down) |
| Diámetro de la conexión de entrada recomendado | mm                     | From 3.84 to 6.07      |                        |
| Diámetro de la conexión de salida recomendado  | mm                     | From 6.09 to 13.6      |                        |
| Número de Reynolds                             |                        |                        | 1185                   |
| Velocidad en conexiones – outlet               | m/s                    | 0.864                  | 0.0226                 |

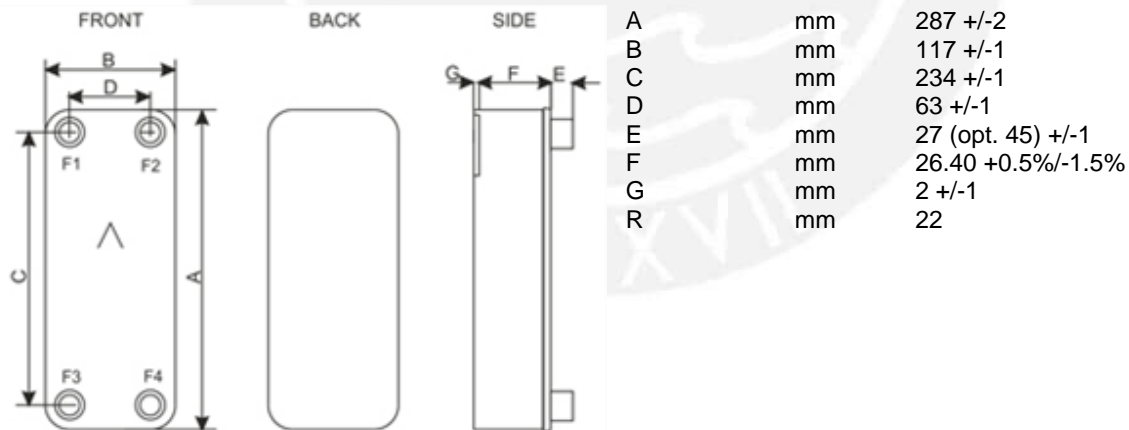
**PROPIEDADES FÍSICAS**

|                                     |                       | <b>CIRC. 1</b> | <b>CIRC. 2</b> |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| Temperatura de referencia           | °C                    | -9.58          | 9.72           |
| Líquido viscosidad                  | cP                    | 0.303          | 0.0830         |
| densidad                            | kg/m <sup>3</sup>     | 1326           | 863.2          |
| calor específico                    | kJ/kg, °C             | 1.298          | 2.980          |
| conductividad térmica               | W/m, °C               | 0.09629        | 0.09847        |
| P. de vapor viscosidad              | cP                    | 0.0104         |                |
| densidad                            | kg/m <sup>3</sup>     | 9.978          |                |
| calor específico                    | kJ/kg, °C             | 0.8183         |                |
| conductividad térmica               | W/m, °C               | 0.01059        |                |
| - Latent heat                       | kJ/kg                 | 206.0          |                |
| Coefficiente del film               | W/m <sup>2</sup> , °C | 4790           | 1420           |
| Temperatura media de pared          | °C                    | -6.82          | -6.64          |
| Maximum wall temperature            | °C                    | 13.18          | 13.32          |
| Largest Wall Temperature Difference | K                     |                | 0.56           |
| Velocidad en canal                  | m/s                   | 1.64           | 0.0285         |

**Totals**

|                                     |                 | <b>CIRC. 1</b> | <b>CIRC. 2</b> |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Peso total (sin connections)        | kg              | 3.66           |                |
| Volumen contenido, circuito interno | dm <sup>3</sup> | 0.126          |                |
| Volumen contenido, circuito externo | dm <sup>3</sup> | 0.189          |                |
| PortSize F1/P1                      | mm              | 33.0           |                |
| PortSize F2/P2                      | mm              | 33.0           |                |
| PortSize F3/P3                      | mm              | 33.0           |                |
| PortSize F4/P4                      | mm              | 33.0           |                |
| NND F1/P1                           | mm              | 36.0           |                |
| NND F2/P2                           | mm              | 36.0           |                |
| NND F3/P3                           | mm              | 36.0           |                |
| NND F4/P4                           | mm              | 36.0           |                |
| Carbon Footprint                    | kg              | 25.7           |                |

**DIMENSIONS**



This is a schematic sketch. For correct drawings please use the order drawing function or contact your SWEP representative.

Disclaimer: Data used in this calculation is subject to change without notice. Calculation is intended to show thermal and hydraulic performance, no consideration has been taken to mechanical strength of the product. Product restrictions - such as pressure, temperatures and corrosion resistance- can be found in SWEP product sheets and other technical documentation. SWEP may have patents, trademarks, copyrights or other intellectual property rights covering subject matter in this document. Except as expressly provided in any written license agreement from SWEP, the furnishing of this document does not give you any license to these patents, trademarks, copyrights, or other intellectual property.

\*Excluding pressure drop in connections.



Groupe de condensation / *Condensing unit*  
Code tension / *Voltage code* : WZ

**CAJN4476YHR-WZ**

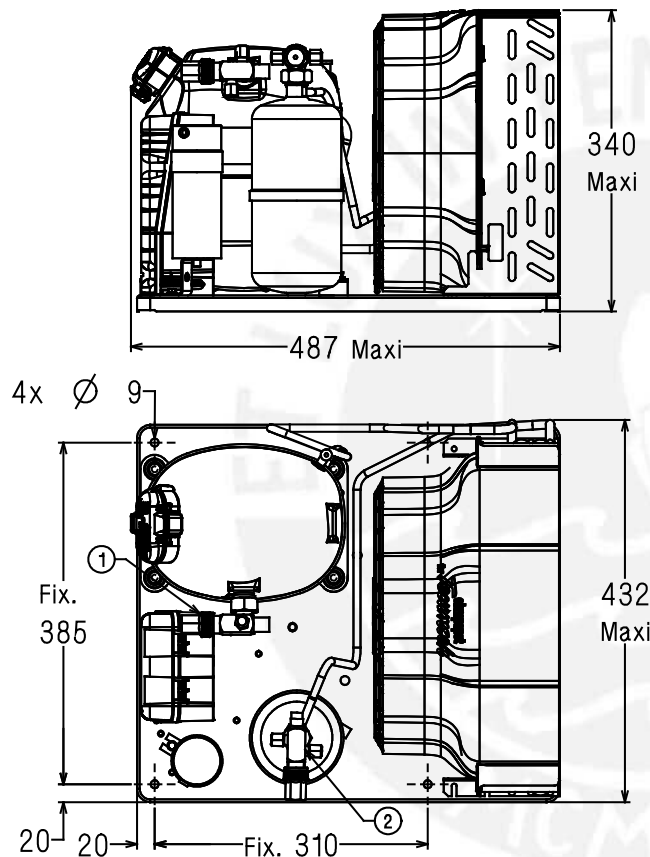
Froid commercial et industriel positif (HP)  
*Commercial & industrial application (HBP)*

220-230V / 50-60Hz - 1~

R134a

N°5390-VR ind a

| Conditions<br><i>Conditions</i> | fréquence<br><i>frequency</i> | Prod frigorifique nominale° / <i>nominal refrigerating capacity</i> ° |        |       | Puis. sonore<br><i>Sound level</i> |
|---------------------------------|-------------------------------|---|--------|-------|------------------------------------|
|                                 |                               | Watts   | Kcal/h | BTU/h |                                    |
| EN13215*                        | 50 Hz                         | 1721  | 1480   | 5872  | 62 dBA                             |
| EN13215*                        | 60 Hz                         | 2006  | 1725   | 6844  | ISO 3745 / ISO 3743-1              |



|  |  |
|--|--|
| <b>Poids net / Net weight :</b>  | 30 Kg  |
| <b>Détente / Expansion device :</b>                                    | Détendeur<br><i>Expansion valve</i>          |
| <b>Débit d'air / Air flow :</b>  | 900 / 900 m³/h                               |
| <b>Intensité / Current</b>   |  |
| nom. / <i>Rated current RLA</i> :                                      | 5.4 / 5.6 A                                  |
| max. / <i>Max current</i> :  | 8.2 / 8.7 A                                  |
| dém. / <i>Start current LRA</i> :                                      | 28 / 27 A                                    |
| <b>Ap. Electrique / Electrical equipment :</b>                         | CSIR   |
| <b>Fiche technique compresseur / Compressor technical data sheet :</b> | 214GS-WZ                                     |
| <b>Ventilateur / Fan motor :</b>                                       |  |
| Vitesse / <i>R.P.M</i> :   | 1200 / 1200 tr/min                           |
| Puis. mécanique / <i>Shaft power</i> :                                 | 30 W   |
| Diam. hélice / <i>Fan blade dia.</i> :                                 | Ø 300 mm                                     |
| Protection / <i>Protection</i> :                                       | Protecteur/Overload<br>IP54                  |
| <b>Condenseur / Condenser :</b>  | 300/3900                                     |
| <b>Réservoir de liquide / Receiver :</b>                               |  |
| Volume / <i>Capacity</i> :   | 1.5 L  |
| PMS / <i>Max. service pressure</i> :                                   | 32 Bars                                      |
| <b>Grille / Fan guard :</b>  | maille < à 8mm<br><i>Grid space &lt; 8mm</i> |

Vannes livrées ensachées et non montées sur le groupe.  
*Rotalock valves supplied loose with the condensing unit.*

\* EN13215: T° Amb. +32°C / T° évap. +5°C / T° gas aspirés. +20°C / Sous refroidissement. 3K.

\* EN 13215 : Amb. T° +32°C / Evap. T° +5°C / Return gas T° +20°C / Subcooling. 3K

Pour conduites Ø ext / *For tubing O.D.*

|   |  |             |                 |
|---|--|-------------|-----------------|
| <b>Aspirat° 1 / Suction 1</b>           | Vanne Orientable / <i>Rotalock Valve</i> | 12.7 (1/2") | à Braser/Brazed |
| <b>Départ liquide 2 / Liquid line 2</b> | Vanne Orientable / <i>Rotalock Valve</i> | 9.5 (3/8")  | à Braser/Brazed |

Les caractéristiques données dans cette fiche technique peuvent évoluer sans avis préalable, avec les améliorations que 'Tecumseh' entend toujours apporter à sa production.  
'Tecumseh', in a constant endeavour to improve its products reserves the right to change any information contained in this leaflet without prior warning.

|                |   |       |        |       |
|----------------|---|-------|--------|-------|
| CAJN4476YHR-WZ | Tension WZ : 208-230V~ 50Hz /220-230V~ 60Hz | R134a | N°5390 | Ind a |
|----------------|---|-------|--------|-------|

Les performances sont données dans les **conditions EN 13215** :  
 Gaz aspirés : 20°C  
 Sous refroidissement : 3°K

The performance data are in **EN 13215 conditions** :  
 Return gas : 20°C  
 Subcooling : 3°K

### 50 Hz R134a

| 5   T ambience | 6   T évaporation  | (°C) | -25  | -20  | -15  | -10  | -5   | 0    | 5    | 10   | 15   |
|----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>25</b>      | 1   P frigorifique | (W)  | 420  | 601  | 811  | 1049 | 1315 | 1605 | 1916 | 2242 | 2576 |
|                | 2   P absorbée     | (W)  | 372  | 429  | 484  | 540  | 598  | 659  | 726  | 801  | 886  |
|                | 3   I absorbée     | (A)  | 4.07 | 4.21 | 4.35 | 4.51 | 4.69 | 4.89 | 5.13 | 5.4  | 5.72 |
|                | 4   Tc             | (°C) | 31.3 | 32.7 | 34.3 | 36.3 | 38.6 | 41.3 | 44.3 | 47.6 | 51.3 |
| <b>32</b>      | 1   P frigorifique | (W)  |      | 508  | 706  | 927  | 1172 | 1438 | 1721 | 2016 | 2316 |
|                | 2   P absorbée     | (W)  |      | 424  | 488  | 553  | 618  | 688  | 763  | 846  | 939  |
|                | 3   I absorbée     | (A)  |      | 4.12 | 4.31 | 4.5  | 4.72 | 4.96 | 5.23 | 5.54 | 5.89 |
|                | 4   Tc             | (°C) |      | 38.6 | 40.2 | 42.1 | 44.4 | 47   | 49.9 | 53.2 | 56.8 |
| <b>43</b>      | 1   P frigorifique | (W)  |      |      | 531  | 729  | 943  | 1172 | 1413 | 1661 |      |
|                | 2   P absorbée     | (W)  |      |      | 476  | 555  | 635  | 719  | 807  | 902  |      |
|                | 3   I absorbée     | (A)  |      |      | 4.19 | 4.45 | 4.73 | 5.03 | 5.36 | 5.72 |      |
|                | 4   Tc             | (°C) |      |      | 49.5 | 51.4 | 53.5 | 56   | 58.8 | 62   |      |

### 60 Hz R134a

| 5   T ambience | 6   T évaporation  | (°C) | -25  | -20  | -15  | -10  | -5   | 0    | 5    | 10   | 15   |
|----------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>25</b>      | 1   P frigorifique | (W)  | 556  | 762  | 994  | 1256 | 1549 | 1872 | 2225 | 2607 | 3016 |
|                | 2   P absorbée     | (W)  | 421  | 495  | 567  | 641  | 721  | 811  | 913  | 1032 | 1173 |
|                | 3   I absorbée     | (A)  | 3.58 | 3.77 | 4    | 4.27 | 4.59 | 4.97 | 5.41 | 5.92 | 6.49 |
|                | 4   Tc             | (°C) | 29.8 | 31.9 | 34.3 | 36.8 | 39.5 | 42.4 | 45.4 | 48.7 | 52.2 |
| <b>32</b>      | 1   P frigorifique | (W)  | 430  | 631  | 855  | 1103 | 1378 | 1679 | 2006 | 2359 | 2735 |
|                | 2   P absorbée     | (W)  | 390  | 477  | 561  | 648  | 741  | 844  | 960  | 1094 | 1250 |
|                | 3   I absorbée     | (A)  | 3.37 | 3.62 | 3.91 | 4.24 | 4.62 | 5.05 | 5.54 | 6.09 | 6.72 |
|                | 4   Tc             | (°C) | 35.9 | 37.9 | 40.2 | 42.6 | 45.3 | 48.1 | 51.1 | 54.3 | 57.7 |
| <b>43</b>      | 1   P frigorifique | (W)  |      |      | 617  | 848  | 1097 | 1366 | 1656 |      |      |
|                | 2   P absorbée     | (W)  |      |      | 517  | 630  | 749  | 877  | 1020 |      |      |
|                | 3   I absorbée     | (A)  |      |      | 3.68 | 4.1  | 4.57 | 5.09 | 5.66 |      |      |
|                | 4   Tc             | (°C) |      |      | 49.5 | 51.8 | 54.4 | 57.1 | 60   |      |      |

1 = refrigerating capacity 2 = watt input 3 = current 4 = condensating temperature 5 = ambient temperature 6 = evaporating temperature

Nota : Les caractéristiques données dans cette fiche technique peuvent évoluer sans avis préalable, avec les améliorations que "Tecumseh" entend toujours apporter à sa production.

Note : "Tecumseh", in a constant endeavour to improve its products reserves the right to change any information contained in this leaflet without prior warning.

---

**De:** Ernesto Sanguinetti  
**Enviado:** viernes, 21 de octubre de 2016 09:27  
**Para:** jcochoae@pucp.pe  
**CC:** 'Danitza Arones'; dvietti@coldimport.com.pe  
**Asunto:** RE: Condensing units quotation

Estimado Ing. Jhul C. Ochoa E., por encargo de nuestra representada TECUMSEH PRODUCTS CO. Nos ponemos en contacto con Ud. para cotizar, en el PRIMER ITEM dos alternativas:  
PRIMER ITEM

(01)Unidad de Condensación hermética TECUMSEH mod. CAJN4461YHR de 0.5 HP nominal, 220 volt, 1 fase, 60Hz. Es para refrigerante R-134a en aplicaciones de media/alta temperatura. Tiene una capacidad de 1,720 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. Precio S/. 1,935 incluido IGV

El modelo CAJN4476YHR que solicita tiene 2,181 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. PERO NO LO IMPORTAMOS PARA STOCK.

(01)Unidad de Condensación hermética TECUMSEH mod. CAJN4492YHR de 0.75 HP nominal, 220 volt, 1 fase, 60Hz. Es para refrigerante R-134a en aplicaciones de media/alta temperatura. Tiene una capacidad de 2,625 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. Precio S/. 2,358 incluido IGV

El modelo CAJN4476YHR que solicita tiene 2,181 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. PERO NO LO IMPORTAMOS PARA STOCK.

#### SEGUNDO ITEM

(01)Unidad de Condensación hermética TECUMSEH mod. FHT4518YHR de 1.5 HP nominal, 220 volt, 1 fase, 60Hz. Es para refrigerante R-134a en aplicaciones de media/alta temperatura. Tiene una capacidad de 5,213 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. Precio S/. 4,050 incluido IGV

Forma de pago: Contado, contra entrega

Entrega: Inmediata, salvo venta previa.

Validez de precio: 15 días

Atentamente,  
Ing. Ernesto Sanguinetti R.  
COLD IMPORT S.A.

---

**De:** [jcochoae@pucp.pe](mailto:jcochoae@pucp.pe) [<mailto:jcochoae@pucp.pe>]  
**Enviada em:** segunda-feira, 17 de outubro de 2016 18:08  
**Para:** Técnico - Tecumseh do Brasil Ltda. <[tec@Tecumseh.com](mailto:tec@Tecumseh.com)>  
**Assunto:** Condensing units quotation

To whom it may concern,

Please provide me a quote on the following items:

- CAJN4476YHR-WZ Qty. 1
- FHT4518YHR-HZ Qty. 1

I look forward to your response.



## **ANEXO 4: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE BOMBEO**

### **4.1 BOMBA DE TRIPLE PISTÓN**

Se adjunta respecto a la bomba:

- Cotización CATPUMPS 784KM.CO2
- Hoja de datos CATPUMPS 784KM.CO2

### **4.2 TRANSMISIÓN SINCRÓNICA**

Se adjunta respecto a la transmisión sincrónica:

- Reseña del proceso de selección
- Cotización SKF

### **4.3 MOTOR DE INDUCCIÓN**

Se adjunta respecto al motor de inducción:

- Hoja del catalogo de precios de SIEMENS 1LA7096-6AA90 L2A

Se adjunta también el plano de ensamblaje del sistema de bombeo.

Señores  
**Pontificia Universidad Católica del Perú**

Presente.-

Atención : Jhul C. Ochoa E.  
Referencia : Bomba CAT modelo 784KM.CO2

Estimados señores:

Muy cordialmente nos dirigimos a ustedes con la finalidad de saludarlos y hacerles llegar nuestra cotización por los siguientes productos:

| MODELO    | CANT. | DESCRIPCION           | P.UNIT (US\$) |
|-----------|-------|-----------------------|---------------|
| 784KM.CO2 | 1     | 8PFR PUMP IIDM SS R B | 12,733.5      |

Forma de Pago : 50% con su O/C saldo contra entrega  
Tiempo de Entrega : 06-08 semanas en sus almacenes Lima.  
Validez de oferta : 30 días

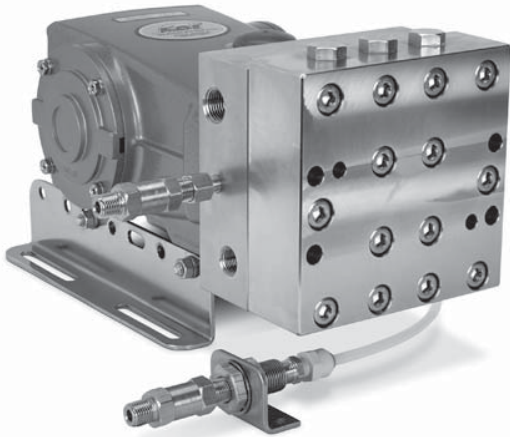
Atentamente,

Ing. Juan Carlos Miranda  
e-mail: [gerencia.ventas@tecniflow.com.pe](mailto:gerencia.ventas@tecniflow.com.pe)

Ing. Omar Guillen Romero  
e-mail: [aplicaciones2@tecniflow.com.pe](mailto:aplicaciones2@tecniflow.com.pe)

Fabiola Marquez  
e-mail: [fmarquez@tecniflow.com.pe](mailto:fmarquez@tecniflow.com.pe)

Carlos Cobilich N° 104  
San Borja, Lima 41 - Perú  
P.O.Box 41-0093  
Telfs: (51-1) 346-2102 / 346-0799  
Fax: (51-1) 346-2101  
[tecniflow@tecniflow.com.pe](mailto:tecniflow@tecniflow.com.pe)  
[www.tecniflow.com](http://www.tecniflow.com)



Model 781KM.C02 Shown  
(Mounting rails sold separately)

## 8 Frame Block-Style Stainless Steel Plunger Pump

Stainless Steel  
Flushed Models

**781KM.C02**

**781KMRS.C02**

**784KM.C02**

### FEATURES

- Triplex design delivers high efficiency and low pulsation.
- Durable V-Packings are lubricated and cooled by the liquid being pumped.
- Pre-set Lo-Pressure Seals provide secondary protection against external leaks and require no packing adjustment.
- Special high-density, polished, concentric plungers provide a true wear surface and extended seal life.
- Flush ports are used to evacuate CO2 vapor from behind seals.

### SPECIFICATIONS

|  | U.S. Measure         | Metric Measure       |
|--|----------------------|----------------------|
| Flow (781KM.C02, 781KMRS.C02).....   | 0.82 gpm*            | (3.1 lpm)            |
| Flow (784KM.C02).....  | 0.34 gpm*            | (1.29 lpm)           |
| Pressure Range.....  | 100 to 5000 psi      | (7 to 345 bar)       |
| Inlet Pressure Range.....  | 300 to 800 psi       | (21 to 55 bar)       |
| <b>Note:</b> Temperature and pressure must be maintained to keep incoming CO2 in a liquid state. |                      |                      |
| RPM.....   | 450 rpm              | (450 rpm)            |
| Bore.....  | 0.551"               | (14 mm)              |
| Stroke (781KM.C02, 781KMRS.C02).....   | 0.945"               | (24 mm)              |
| Stroke (784KM.C02).....  | 0.590"               | (15 mm)              |
| Crankcase Capacity.....  | 25 oz.               | (0.75 l)             |
| Minimum Liquid Temperature.....  | -20°F                | (-29°C)              |
| Inlet Ports (2).....   | 1/2" NPTF            | (1/2" NPTF)          |
| Flushing Ports (2).....  | 1/8" NPTF            | (1/8" NPTF)          |
| Discharge Ports (2).....   | 1/2" NPTF            | (1/2" NPTF)          |
| Shaft Diameter - Single End.....   | 0.945"               | (24 mm)              |
| Weight.....  | 48.1 lbs.            | (21.8 kg)            |
| Dimensions.....  | 13.15 x 9.25 x 6.06" | (334 x 235 x 154 mm) |

\* Flow and pressure may vary based on inlet temperature and pressure conditions. Custom Flows and pressures available upon request.

### ELECTRIC HORSEPOWER REQUIREMENTS

| MODELS                   | FLOW        |     | PRESSURE    |             |             |             | RPM |
|--------------------------|-------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
|                          |             |     | psi<br>3000 | psi<br>3500 | psi<br>4000 | psi<br>5000 |     |
|                          | U.S.<br>gpm | lpm | bar<br>210  | bar<br>245  | bar<br>275  | bar<br>345  |     |
| 781KM.C02<br>781KMRS.C02 | 0.82        | 3.1 | 1.7         | 2.0         | 2.2         | 2.8         | 450 |

|                                      |                   |   |                               |
|--------------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|
| <b>DETERMINING THE PUMP R.P.M.</b>   | Rated gpm         | = | "Desired" gpm                 |
|                                      | Rated rpm         | = | "Desired" rpm                 |
| <b>DETERMINING THE REQUIRED H.P.</b> | gpm x psi         | = | Electric Brake H. P. Required |
|                                      | 1460              | = |                               |
| <b>DETERMINING MOTOR PULLEY SIZE</b> | Motor Pulley O.D. | = | Pump Pulley O.D.              |
|                                      | Pump rpm          | = | Motor rpm                     |

### CAUTIONS AND WARNINGS

All High Pressure Systems require a primary pressure regulating device (i.e. regulator, unloader) and a secondary pressure relief device (i.e. pop-off valve, relief valve). Failure to install such relief devices could result in personal injury or damage to pump or property. CAT PUMPS does not assume any liability or responsibility for the operation of a customer's high pressure system.

Read all CAUTIONS and WARNINGS before commencing service or operation of any high pressure system. The CAUTIONS and WARNINGS are included in each service manual and with each Accessory Data sheet. CAUTIONS and WARNINGS can also be viewed online at [www.catpumps.com/cautions-warnings](http://www.catpumps.com/cautions-warnings) or can be requested directly from CAT PUMPS.

### WARRANTY

View the Limited Warranty on-line at [www.catpumps.com/warranty](http://www.catpumps.com/warranty).

See complete Drive Packages (Inclnds: Pulleys, Belts, Hubs, Key) Tech Bulletin 003. Refer to pump Service Manual for repair procedure and additional technical information.



## PARTS LIST

| ITEM | PART NUMBER      | DESCRIPTION  | QTY |
|------|------------------|--|-----|
|      | <b>781KM.C02</b> | <b>MATL</b>  |     |
| 2    | 30067            | STL Key (M8x7.5x25)  | 1   |
| 5    | 92538            | S Screw, HHC, Sems (M6x16)   | 8   |
| 8    | 43466            | AL Cover, Bearing  | 1   |
| 9    | 815280           | FBR Split Shim, 2 Pc.  | 1/2 |
| 10   | 12393            | NBR O-Ring, Bearing Cover  | 2   |
| 11   | 43222            | NBR Seal, Oil, Crankshaft  | 1   |
| 15   | 43221            | STL Bearing, Roller  | 2   |
| 20   | 768863           | AL Rod Assy, Connecting (w/POM Bushing)  | 3   |
| 25   | <b>119234</b>    | <b>FCM</b> Crankshaft - Single End (M24) (781KM.C02, 781KMRS.C02)                                | 1   |
|      | <b>44591</b>     | <b>FCM</b> Crankshaft - Single End (M15) (784KM.C02)   | 1   |
| 30   | 44967            | AL Cover, Blind Bearing  | 1   |
| 31   | 828710           | PE Protector, Oil Cap w/Foam Gasket  | 1   |
| 32   | 44666            | RTP Cap, Oil Filler, Domed   | 1   |
| 33   | 14177            | NBR O-Ring, Filler Cap - 70D   | 1   |
| 37   | 92241            | — Gauge, Oil, Bubble w/Gasket - 80D  | 1   |
| 38   | 44428            | NBR Gasket, Flat Flex., Oil Gauge - 80D  | 1   |
| 40   | 92538            | S Screw, HHC, Sems (M6x16) (See Tech Bulletin 106)   | 4   |
| 48   | 25625            | STCP Plug, Drain (1/4"x1.9B5P)   | 1   |
| 49   | 23170            | NBR O-Ring, Drain Plug - 70D   | 1   |
| 50   | 127701           | AL Cover, Rear [03/10]   | 1   |
| 51   | 14047            | NBR O-Ring, Rear Cover - 70D (See Tech Bulletin 106)   | 1   |
| 53   | 127698           | AL Crankcase w/Guide Pins  | 1   |
| 54   | 27488            | S Pin, Guide   | 2   |
| 64   | 763237           | SS Pin, Crosshead  | 3   |
| 65   | 768913           | AL Rod, Plunger, Short (w/Set Screws)  | 3   |
| 69   | 126589           | STCP R Washer, Oil Seal  | 3   |
| 70   | 43228            | NBR Seal, Oil, Crankcase   | 3   |
| 75   | 43328            | S Slinger, Barrier   | 3   |
| 88   | 45697            | S Washer, Keyhole (M18)  | 3   |
| 89   | 43505            | BB Spacer, Plunger   | 3   |
| 90   | 45890            | CC Plunger (M14x72)  | 3   |
| 95   | 89653            | SS Stud, Plunger Retainer (M6x58)  | 3   |
| 96   | 43235            | PTFE Back-up-Ring, Plunger Retainer  | 3   |
| 97   | 30139            | NBR O-Ring, Plunger Retainer - 90D   | 3   |
| 98   | 44041            | SS Gasket, Plunger Retainer  | 3   |
| 99   | 49665            | SS Retainer, Plunger (M6)  | 3   |
| 100  | 999703           | AL Retainer, Seal, Vented  | 1   |
| 101  | 999701           | BB Nipple (1/8" NPTMx2")   | 1   |
| 102  | 999702           | BB Elbow (1/8" NPTM)   | 1   |
| 103  | 999490           | D Adapter (1/4")   | 2   |
| 104  | 702988           | URTH Q-Ring, Inlet Adapter   | 3   |
| 105  | 701587           | SS Adapter, Inlet  | 3   |
| 106  | 701790           | SFTA Seal, LPS w/SS-Spg  | 3   |
| 107  | 999492           | NY Tubing  | 1   |
| 108  | 34633            | BB Bushing (1/4" NPTMx1/8" NPTF)   | 1   |
| 109  | 33937            | SS Valve, Check (1/4" NPTM)  | 2   |
| 110  | 49241            | SS Manifold, Inlet/Discharge, Block-Style (1/8" Flushed Port)                                    | 1   |
| 111  | 34507            | BB Plug (1/8" NPTF)  | 1   |
| 112  | 702991           | URTH Q-Ring, V.P. Spacer   | 3   |
| 113  | 34338            | BB Union (1/4" NPTM)   | 1   |
| 114  | 34347            | STZP Bracket   | 1   |
| 115  | 990776           | STZP R Screw, HHC (1/4" - 20x1/2")   | 2   |
| 116  | 34148            | BB Adapter (1/4" NPTF x1/8" NPTM)  | 1   |
| 117  | 702736           | SS Screw, HSH (M10x55)   | 4   |
| 123  | 702994           | URTH Q-Ring, V.P. Cylinder   | 3   |
| 124  | 701589           | SS Cylinder V.P.   | 3   |
| 126  | 701682           | SS Adapter, Female   | 3   |
| 127  | 701911           | SFTA V-Packing   | 9   |
| 128  | 701683           | SS Adapter, Male   | 3   |
| 163  | 702989           | URTH Q-Ring, Seat  | 12  |
| 164  | 701591           | SS Seat  | 6   |
| 166  | 701751           | SS Valve   | 6   |
| 167  | 44056            | SS Spring  | 6   |
| 168  | 44565            | PVDF Retainer, Spring  | 6   |
| 185  | 49214            | SS Manifold, Valve, Block-Style  | 1   |
| 188  | 702736           | SS ScREW, HSH, (M10x55)  | 14  |
| 255  | 30243            | STZP Kit, Direct Mount   | 1   |
| 260  | 30645            | STZP R Assy, Angle Rail A  | 1   |
|      | 30611            | STZP R Assy, Angle Rail B  | 1   |
| 265  | 30660            | — Kit, Complete Mounting   | 1   |
|      | —                | Head, Complete, Block-Style, Flushed   | 1   |
| 300  | 701883.C02       | NBR* Kit, Seal (Incls: 96,97,104,106,112,123,127)  | 1   |
| 310  | 701884.C02       | NBR* Kit, Valve (Incls: 163,164,166,167,168)   | 2   |
|      | 6107             | — Oil, Bottle (21 oz.) ISO 68 Hydraulic (Fill to specified crankcase capacity prior to start-up) | 1-2 |
|      | 6119             | — Lubricant, Antiseize (1 oz.)   | 1   |

**Bold part numbers are unique to a particular pump model. Italics are optional items.**

[ ] Date of latest production change. R Components comply with RoHS Directive. \*Review material codes for individual items (SFTA generally may be used as alternate).

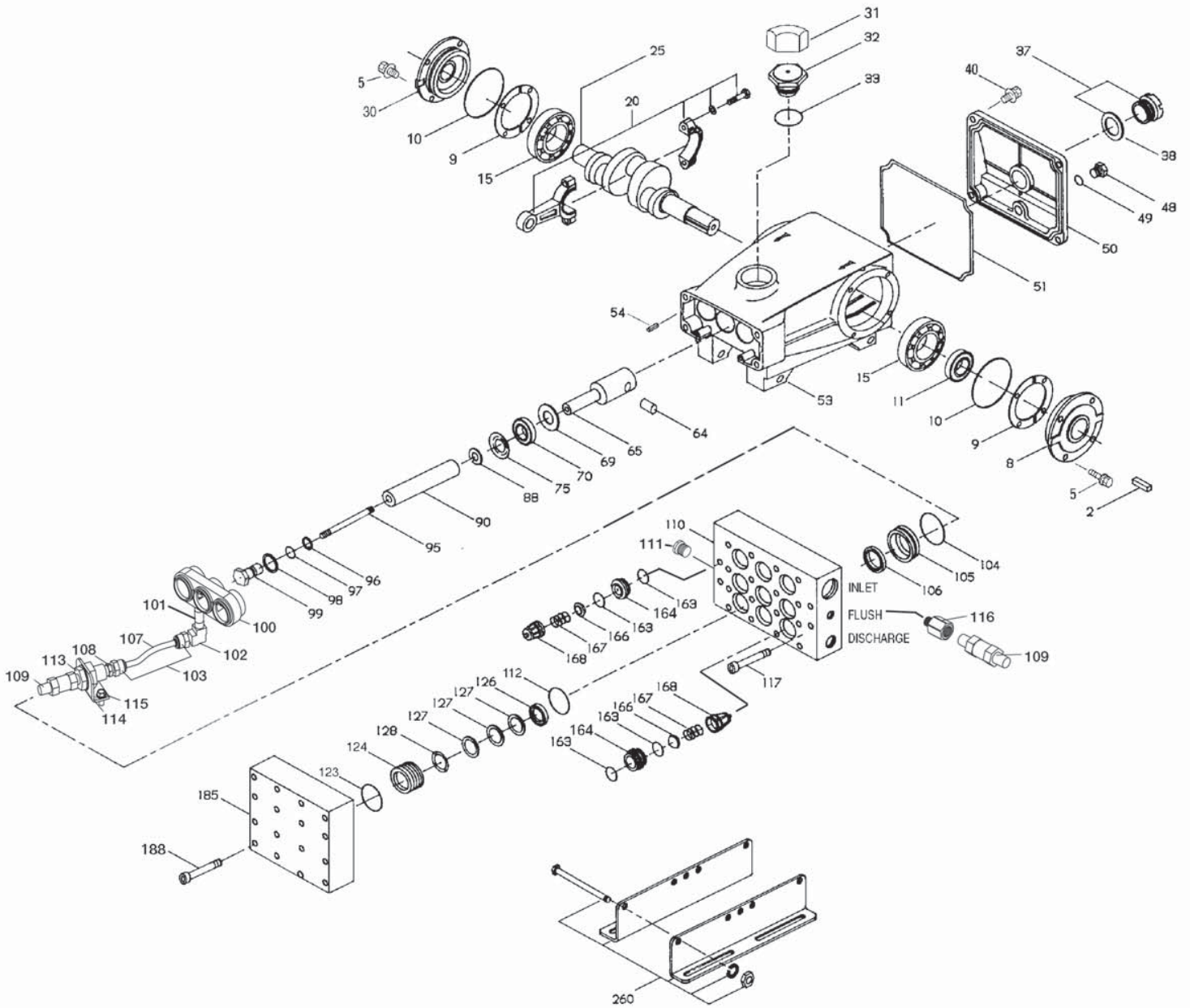
See Tech Bulletins 002, 003, 024, 035, 036, 043, 053, 054, 061, 064, 067, 074, 077, 083, and 106 for additional information.

MATERIAL CODES (Not Part of Part Number): AL=Aluminum CC=Ceramic D=Acetal FBR=Fiber FCM=Forged Chrome-Moly NBR=Medium Nitrile (Buna-N)

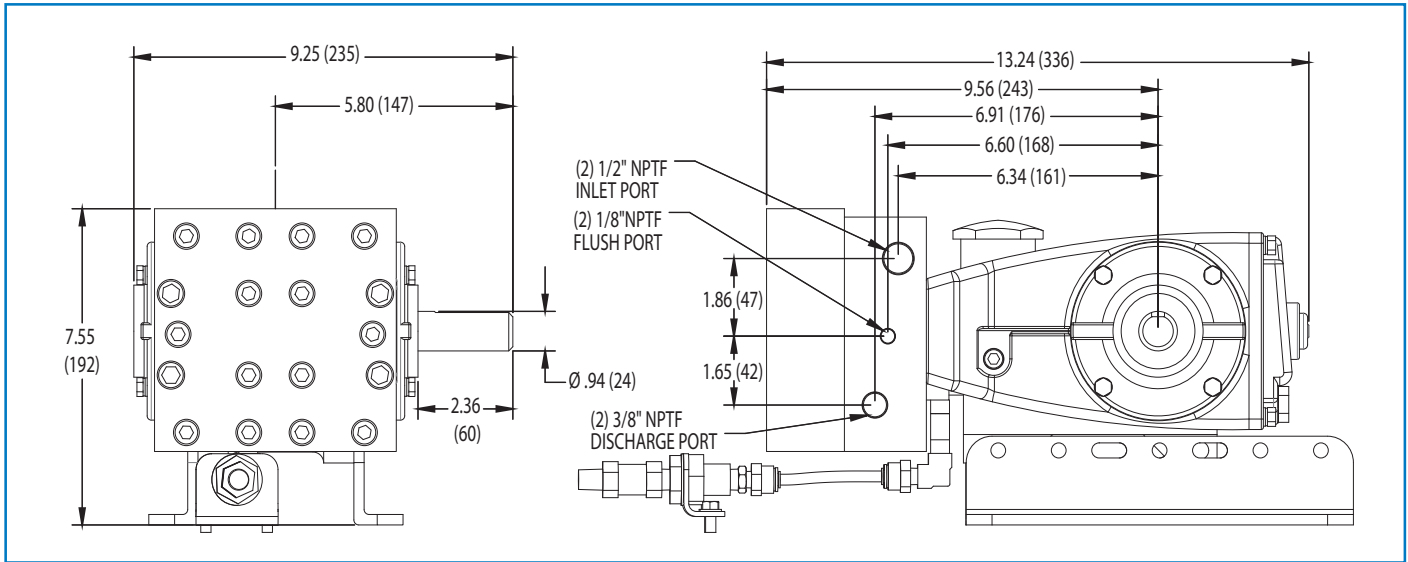
PE=Polyethylene PTFE=Pure Polytetrafluoroethylene PVDF=Polyvinylidene Fluoride RTP=Reinforced Composite S=304SS SFTA=Special Blend PTFE Tan

SS=316SS STCP=Steel/Chrome Plated STL=Steel STZP=Steel/Zinc Plated URTH=Urethane

# EXPLODED VIEW



Models  
781KM.CO2  
781KMRS.CO2  
784KM.CO2  
October 2013



Models 781KM.CO2, 784KM.CO2



**CAT PUMPS**  
 1681 - 94TH LANE N.E. MINNEAPOLIS, MN 55449-4324  
 PHONE (763) 780-5440 — FAX (763) 780-2958  
 e-mail: techsupport@catpumps.com  
 www.catpumps.com

For International Inquiries go to [www.catpumps.com](http://www.catpumps.com) and navigate to the "Contact Us" link.

PN 993341 Rev B 10/13 13330

Tesis publicada con autorización del autor  
 No olvide citar esta tesis



**PUCP**

## Cálculo y Selección del Sistema de Transmisión de Potencia.

Según los cálculos anteriores tenemos la siguiente información para la selección del sistema de transmisión de potencia en la Tabla 2.3.2.

Tabla 2.3.2. Parámetros de transmisión de potencia.

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| <b>Potencia del Motor</b>       | 1.1 kW   |
| <b>Velocidad del eje motriz</b> | 1098 RPM |
| <b>Velocidad deseada</b>        | 450 RPM  |

En este tipo de sistemas es bastante típico usar sistemas de reducción de velocidad basados en fajas y poleas sincrónicas, por lo cual se recurrió a la herramienta de selección de sistemas de transmisión de potencia de SKF, la cual solicita los parámetros que se muestran en la Fig. 2.3.4 para determinar el tipo de correa a utilizar.

Belt selection charts

Motor power (kW)  SF (V-belts)

Speed of faster shaft (r/min)  SF (Timing)

Faster shaft is:  DriveR  DriveN

Figura 1. Parámetros para seleccionar tipo de correa.

Se observa que es necesario indicar la potencia del motor, la velocidad motriz y el parámetro SF que hace referencia al Factor de Servicio del sistema de transmisión. Para calcular el SF se hace uso del selector de la Fig. 2.3.5, en la cual se observa que la selección es adecuada para la bomba recíproca en cuestión (al final de la lista de la derecha).

Service factor

Speed increase ratio

For speed increasing drivers of:  
Speed ratio 1.1 - 1.24 multiply service factor by 1.00  
Speed ratio 1.25 - 1.74 multiply service factor by 1.05  
Speed ratio 1.75 - 2.49 multiply service factor by 1.11  
Speed ratio 2.50 - 3.49 multiply service factor by 1.18  
Speed ratio 3.5 and over multiply service factor by 1.25

Hours per day duty

10 and under  
 Over 10 to 15  
 Over 16

Service

Light duty  
 Medium duty  
 Heavy duty  
 Extra heavy duty

Types of prime mover

'Soft' starts  'Heavy' starts

Electric motors:  
AC - Star delta start  
DC - Shunt wound  
Internal combustion engines with 4 or more cylinders  
Prime movers fitted with centrifugal clutches  
Dry or fluid couplings or electronic soft start devices

Types of driven machine

Conveyors (heavy duty)  
Hoists  
Mills (hammer)  
Pulverisers  
Punches  
Presses  
Shears  
Quarry plant  
Rubber machinery  
Screens (vibrating)  
Textile machinery  
Agitators and mixers (variable density)  
Brick machinery  
Bucket elevators  
Compressors and pumps (reciprocating)

Service factor

V-belts:  Timing:

Close

Figura 2. Selección del factor de servicio (SF)

De aquí se concluye que el Factor de Servicio del sistema es de 1.7 al usar correas sincrónicas.

De acuerdo a los parámetros mostrados en la Fig. 2.3.4 obtenemos la gráfica de la Fig. 2.3.6, según la cual el programa de selección recomienda el uso de correa sincrónica de tipo H.

### Belt selection guideline - Classical timing belts

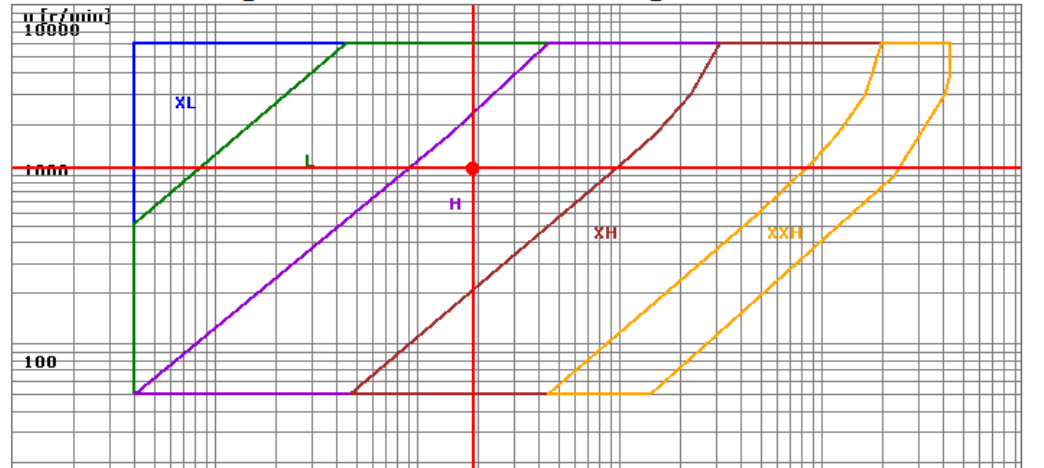


Figura 3. Gráfico de selección del tipo de correa

Con el tipo de correa seleccionado se introducen todos los parámetros del sistema adecuando las necesidades a los componentes estándar que ofrece SKF, según se muestra en la Fig. 2.3.7. Se observa que la velocidad conducida que figura es de 457.5 RPM, esto debido a que no existe una combinación de elementos estándar que permitan alcanzar exactamente los 450 RPM. Según los elementos estándar existentes se seleccionó una polea motriz de 15 dientes y una polea conducida de 36 dientes, adicional a una correa sincrónica de tipo H de 33 pulgadas de extensión que requiere una distancia entre centros de 253.71 mm.

La imagen muestra la interfaz de usuario del software SKF Power Transmission Calculations 3.1.1. El título de la ventana es "Single solution". El progreso muestra cuatro pasos: 1. Belt selection, 2. Pulleys and Belt input, 3. Results, 4. Reports. El tipo de correa seleccionado es "Classical timing belts; H". Los parámetros de potencia y velocidad son: Motor power (kW) = 1.1, Motor torque (Nm) = 9.57, SF (Timing) = 1.7. Los parámetros de las poleas y velocidades son: DriveR speed (r/min) = 1098, DriveR number of teeth = 15, DriveL speed (r/min) = 457.5, DriveL number of teeth = 36. Los parámetros de la correa y la distancia entre centros son: Center distance (mm) = 253.71, Belt length (mm) = 838.2, Belt length (inch) = 33, Width (mm) = Standard. Los diámetros de los ejes son: DriveR shaft diameter (mm) = 24, DriveL shaft diameter (mm) = 24. Hay un botón "Next step" y un botón "Reset".

Figura 4. Ingreso de datos para selección del sistema de transmisión.



Como resultado de los parámetros ingresados en la Fig. 2.3.7 tenemos lo mostrado en la Fig. 2.3.8, que indica, entre otras cosas que la velocidad periférica de la correa es de 3.49 m/s, el ancho de la correa es de una pulgada (25.4 mm) y el factor de servicio real es de 1.94, superior al 1.7 deseado.

Classical timing belts; H Calculate

Belt speed: 3.49 m/s      Belt length: 838.2 mm

|   | Belt          | Belt width | Actual service factor |                       |
|---|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| ▶ | PHG 330-H-100 | 25.4       | 1.95                  | Recommended solution. |

**Figura 5.** Resultados del cálculo del software de selección de SKF

En la Fig. 2.3.9 se observa los resultados completos que arroja el Software de Selección de Sistemas de Potencia de SKF para nuestro sistema. En la Tabla 2.3.3 se puede observar la lista de componentes del Sistema de Transmisión de Potencia.

**Tabla 1.** Lista de Componentes del Sistema de Transmisión de Potencia

| Componente     | Código          | Descripción                         |
|----------------|-----------------|-------------------------------------|
| Belt           | PHG 330-H-100   | Correa sincrónica                   |
| Driver Pulley  | PHP 15H100TB    | Polea motriz                        |
| Driver bushing | PHF TB1108X24MM | Buje cónico para la polea motriz    |
| Driven Pulley  | PHP 36H100TB    | Polea conducida                     |
| Driven bushing | PHF TB1610X24MM | Buje cónico para la polea conducida |

El sistema cuenta con bujes cónicos para acoplar las poleas a los ejes tanto de la bomba como del motor, ambos ejes son de 24 mm de diámetro y cuentan con canal chavetero para chaveta cuadrada de 8x3.3 mm.

Según lo anterior podemos ahora calcular el ratio de transmisión real y con ello establecer los límites reales de operación del sistema.

El ratio de transmisión real se calcula según:

$$r = \frac{36}{15} = 2.4$$

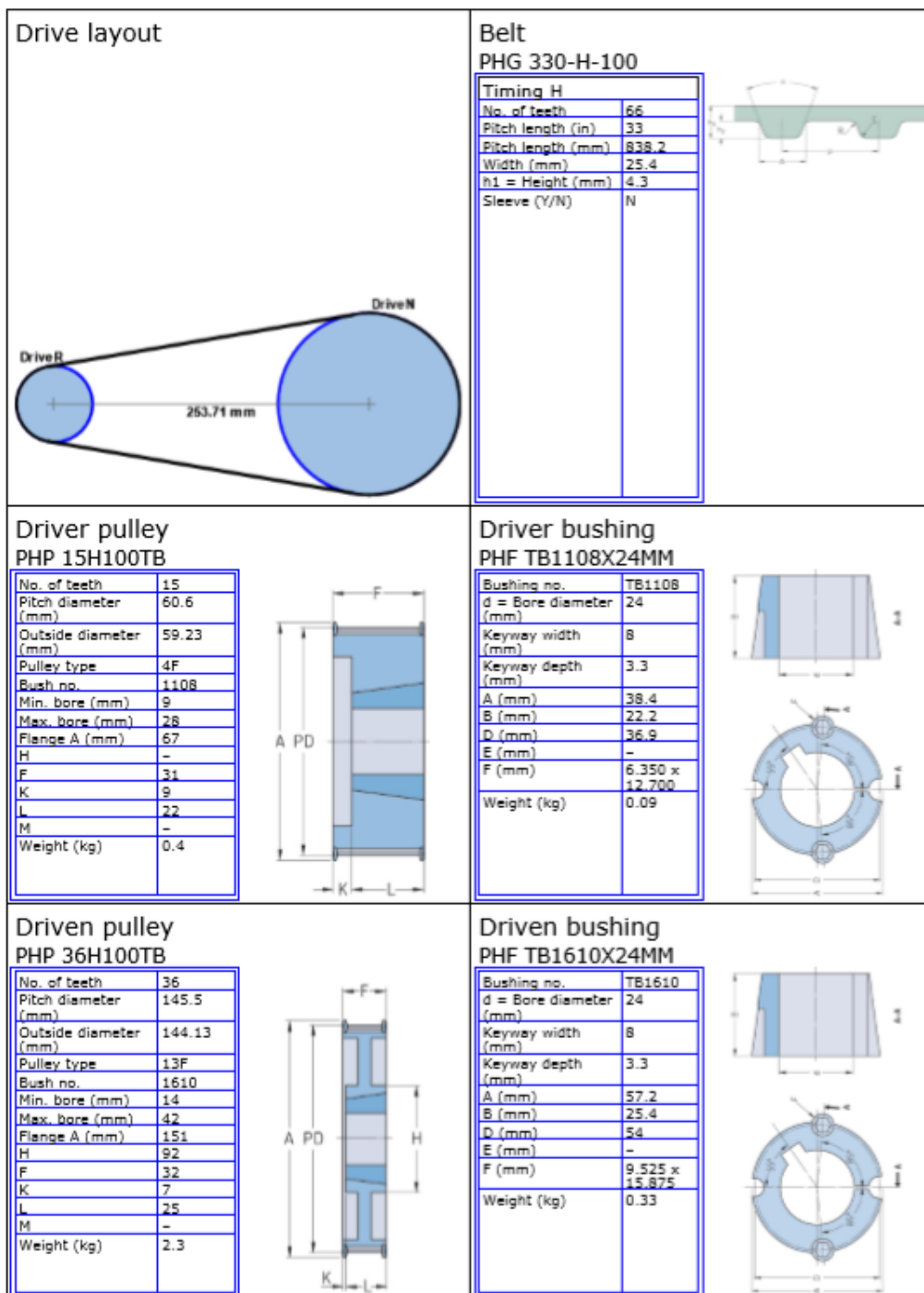


Figura 6. Resultados del cálculo del software de selección de SKF

# MOTORES TRIFÁSICOS DE 6 POLOS IP55

2015

| No. Almacén SPIRIDON | Descripción   |                     |             |        |                |      |             |                                 |         | Precio Lista Unit. S/. |
|----------------------|---|---------------------|-------------|--------|----------------|------|-------------|---------------------------------|---------|------------------------|
|                      |  |                     |             |        |                |      |             |                                 |         |                        |
|                      | Motores de Alta eficiencia IE1 e IE2  |                     |             |        |                |      |             |                                 |         |                        |
|                      | Código (MLFB)   | Tamaño Constructivo | Potencia KW | HP     | Carcasas       | FS   | Tensión (V) | Nivel de eficiencia IEC 60034-1 | Peso KG |                        |
| 100267377            | 1LA7080-6AA90 L2B   | 080 M               | 0.43        | 0.58   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 9.0     | 812                    |
| 100267378            | 1LA7090-6AA90 L2A   | 090 S               | 0.75        | 1.01   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 12.5    | 1,048                  |
| 100267379            | 1LA7096-6AA90 L2A   | 090 L               | 1.10        | 1.47   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 15.7    | 1,366                  |
| 100267397            | 1LE1002-1AC49-0AA4 M2A  | 100 L               | 1.50        | 2.01   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 19.0    | 1,590                  |
| 100267318            | 1LE1002-1BC29-0AA4 M2A  | 112 M               | 2.20        | 2.95   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 25.0    | 1,908                  |
| 100267319            | 1LE1002-1CC09-0AA4 M2A  | 132 S               | 3.00        | 4.02   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 34.0    | 2,171                  |
| 100267400            | 1LE1002-1CC29-0AA4 M2A  | 132 M               | 4.00        | 5.36   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 39.0    | 2,626                  |
| 100267401            | 1LE1002-1CC39-0AA4 M2A  | 132 M               | 5.50        | 7.37   | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 48.0    | 3,715                  |
| 100267402            | 1LE1002-1DC29-0AA4 M2A  | 160 M               | 7.50        | 10.05  | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 72.0    | 4,146                  |
| 100267403            | 1LE1002-1DC49-0AA4 M2A  | 160 L               | 11.00       | 14.75  | Aluminio       | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 92.0    | 6,288                  |
| 100267416            | 1LG4186-6AA90 L2A   | 180 L               | 15.00       | 20.11  | Fierro fundido | 1.00 | 220/380     | IE1                             | 150.0   | 7,667                  |
| 100267452            | 1LG4188-6EA90 L3C   | 180 L               | 18.50       | 24.80  | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 175.0   | 11,417                 |
| 100267453            | 1LG4207-6EA90 L3C   | 200 L               | 22.00       | 29.49  | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 205.0   | 14,092                 |
| 100267454            | 1LG4208-6EA90 L3C   | 200 L               | 30.00       | 40.21  | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 245.0   | 16,794                 |
| 100267455            | 1LG4228-6EA90 L3C   | 225 M               | 37.00       | 49.60  | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 325.0   | 19,255                 |
| 100149244            | 1LG4255-6EA90 L3C   | 250 S               | 45.00       | 60.32  | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 405.0   | 30,592                 |
| 100149245            | 1LG4258-6EA90 L3C   | 250 M               | 55.00       | 73.73  | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 405.0   | 32,506                 |
| 100149246            | 1LG4283-6EA90 L3C   | 280 S               | 75.00       | 100.54 | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 510.0   | 43,978                 |
| 100149247            | 1LG4288-6EA90 L3C   | 280 S               | 90.00       | 120.64 | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 570.0   | 47,931                 |
| 100149248            | 1LG4316-6EA90 L3C   | 315 M               | 110.00      | 147.45 | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 890.0   | 55,382                 |
| 100149249            | 1LG4317-6EA90 L3C   | 315 M               | 132.00      | 176.94 | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 980.0   | 63,072                 |
| 100149250            | 1LG4315-6EA90 L3C   | 315 M               | 150.00      | 201.07 | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 980.0   | 66,426                 |
| 100149252            | 1LG4318-6EA90 L3C   | 315 L               | 185.00      | 247.99 | Fierro fundido | 1.15 | 220/380/440 | IE2                             | 1180.0  | 119,232                |

El Precio Lista no incluye IGV vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso

Siemens S.A.C. - Perú

1/5

## ANEXO 5: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL CALENTADOR ELÉCTRICO

### 5.1 CALENTADOR ELÉCTRICO

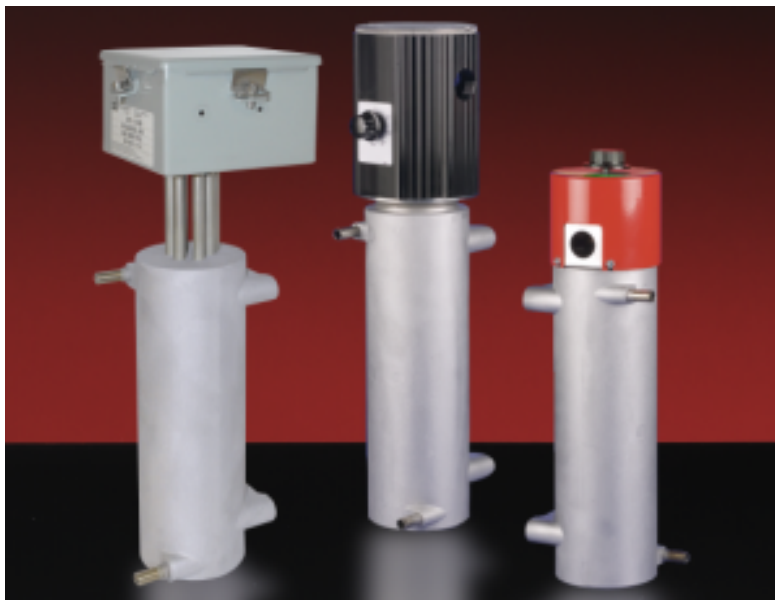
Se adjunta respecto al calentador eléctrico:

- Hoja de datos CAST-X 2000
- Cotización CAS Aluminum Solutions



# CAST-X 2000 Circulation Heater

CAST-X 2000 is a very versatile heater, with multiple housing, standoff, control and enclosure options.



Designed and manufactured by Cast Aluminum Solutions (CAS), CAST-X Circulation Heaters are engineered using the latest thermal modeling and finite element analysis technology. CAST-X heaters feature low-watt-density heating elements cast into aluminum bodies which also contain the helical-coiled stainless steel flowpath tubes.

The media is sequestered in these tubes, never touching the heating elements: a critical safety benefit, especially when heating explosive or sensitive media. All CAST-X units are capable of heating liquids and gases alike.

CAST-X heaters are self-draining, for safety and cleanliness. With compact, non-welded bodies, plus NEMA & ATEX enclosures, CAST-X units are small-footprint, high-output heaters that meet the needs of high-purity processes, flammable operations, and your most critical heating applications.

## APPLICATIONS:

- Compressor Condensate Evaporation
- Semiconductor Solvent Applications
- DI Water Heating
- Fuel and Oil Pre-Heating
- Nitrogen Gas Heating
- Two-Part Urethane and Foam Systems
- Anodizing / Plating Pre-Wash Applications



## SPECIFICATIONS:

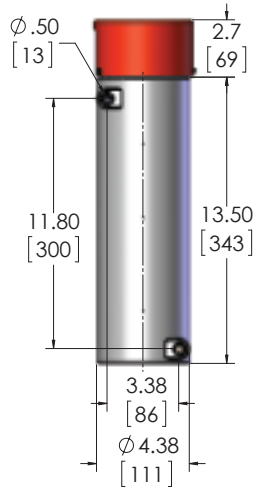
- Power:
    - 1 kW Total to 6 kW Total
    - Voltage Range: 120 - 480 V
    - Max Line Current: 25 A per circuit
  - Tubing:
    - .500" OD (1/2") (12.7 mm)
    - .065" Wall (1.7 mm)
    - Overall Process Tube Length: 150" (3810 mm)
    - 316L Stainless Steel (standard)
    - Inconel (optional upgrade)
    - Passivated or Electro-Polished (optional upgrades)
  - Max Pressure: 4300 psi (295 bar)
  - Enclosures:
    - NEMA 1 (general-purpose/dust-proof)\*
    - NEMA 4 (moisture-resistant)\*
    - NEMA 7 (explosion-proof)
    - Available with Standard or Standoff Design
  - Max Working Temperatures:
    - NEMA 1 (dust-proof/general-purpose): 482°F (250°C) with standoff: 662°F (350°C) with t-stat (w/ or w/o standoff: 250°F (121°C)
    - NEMA 4 (moisture-resistant): 350°F (175°C) with standoff: 662°F (350°C)
    - NEMA 7 (explosion-proof): 482°F (250°C)
- Published temperatures are for housing at 12 o'clock position; higher temps may be possible at 6 o'clock position. See factory for details.
- Sensors:
    - K or J Type Thermocouples Standard
    - Snap-Action High-Limit Thermostat
    - Process and High-Limit Thermocouples
  - Available Accessories:
    - Insulating Jacket
    - Compression Fittings

## FEATURES & BENEFITS:

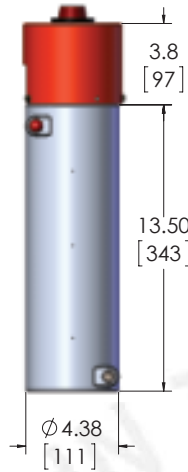
- SS 316L Fluid Path is Separate from Heating Elements (allows safe heating of sensitive materials and prevents contamination)
- Low Ownership Cost: Minimal Maintenance & Downtime
- Self-Draining & Non-Welded (reduces contamination)
- Food, Medical & Semiconductor Application Compatible
- Available with Cost-Effective Over-Temperature Protection
- Compatible with High Pressure Applications
- Standoff Housings Available (for higher temperatures)

# CAST-X 2000 Circulation Heater

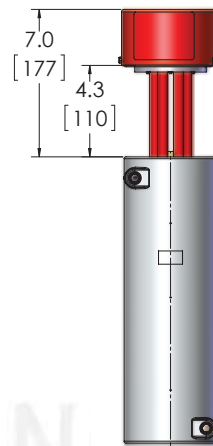
**GENERAL-PURPOSE (NEMA 1) ENCLOSURE**



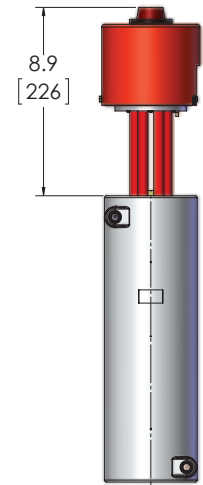
**GENERAL-PURPOSE (NEMA 1) WITH THERMOSTAT**



**GENERAL-PURPOSE (NEMA 1) WITH STANDOFF, NO THERMOSTAT**

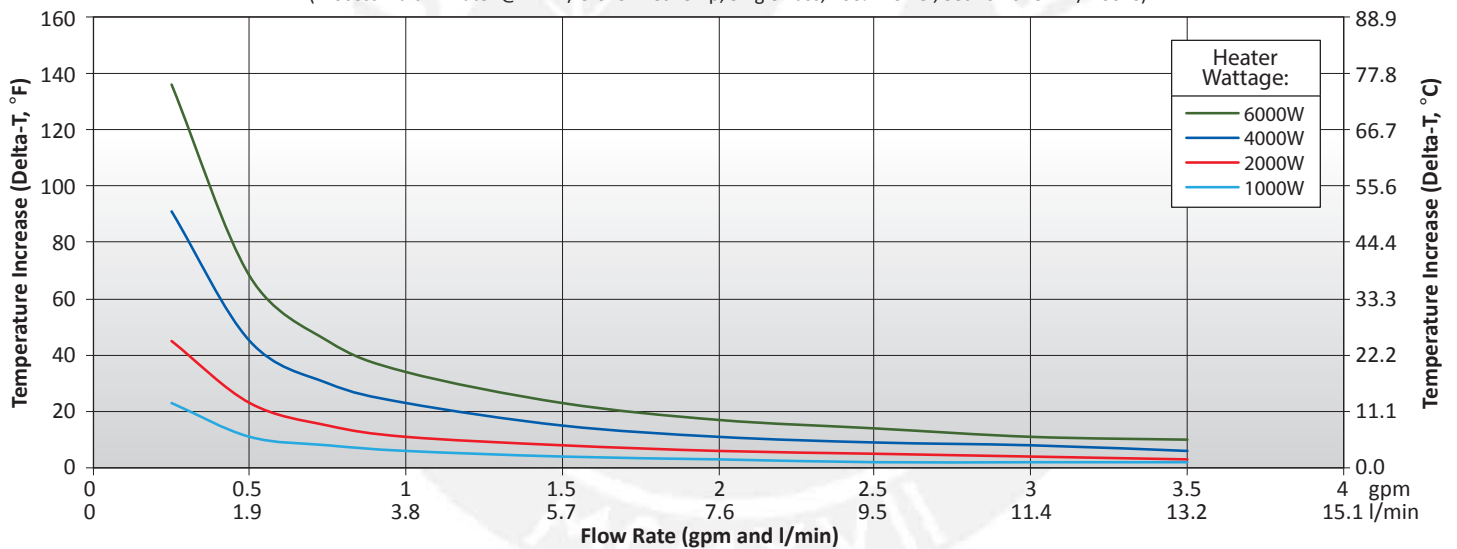


**GENERAL-PURPOSE (NEMA 1) WITH STANDOFF & THERMOSTAT**



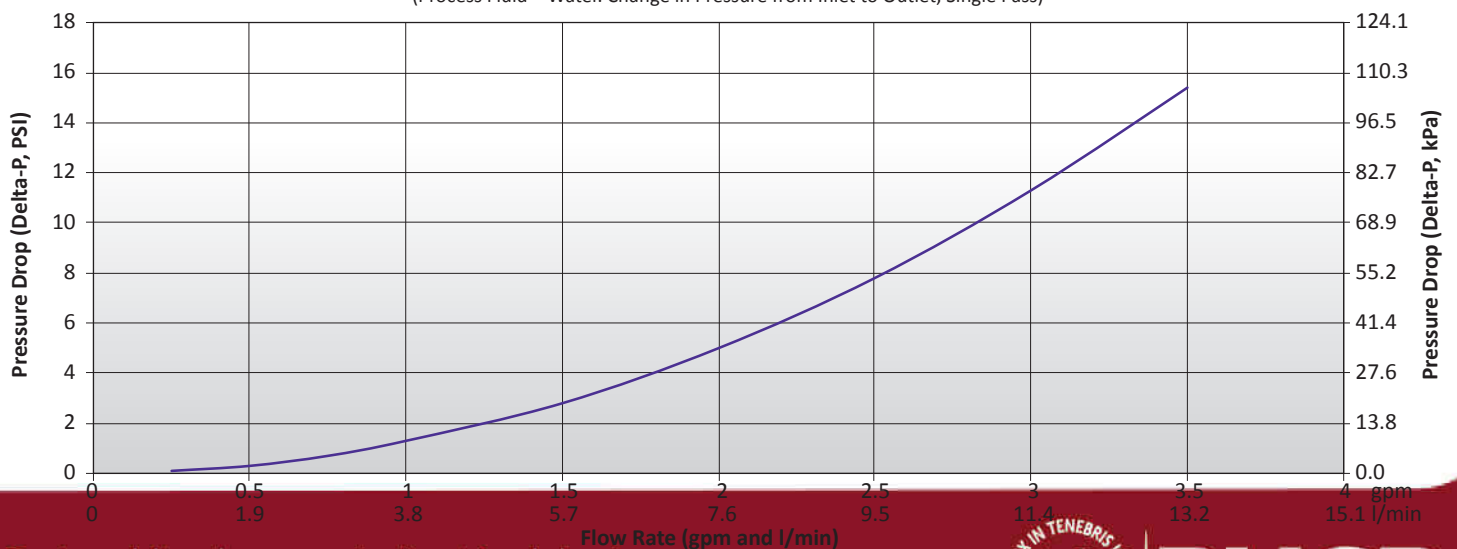
**CAST-X 2000 Heating Profile: Delta-T Water**

(Process Fluid = Water @ 42°F / 5.6°C Inlet Temp, Single Pass, 100% Power, Set Point 752°F / 400°C)

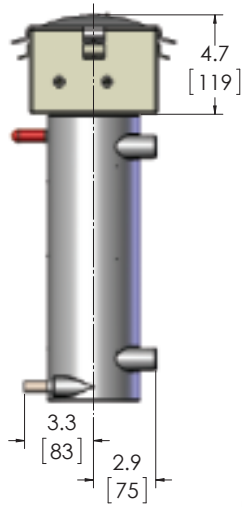


**CAST-X 2000 Pressure Drop Profile: Delta-P Water**

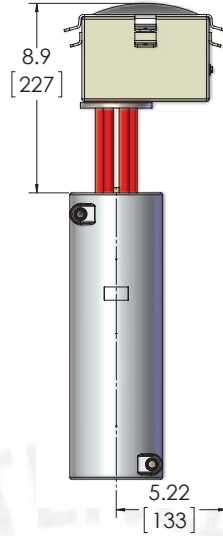
(Process Fluid = Water. Change in Pressure from Inlet to Outlet, Single Pass)



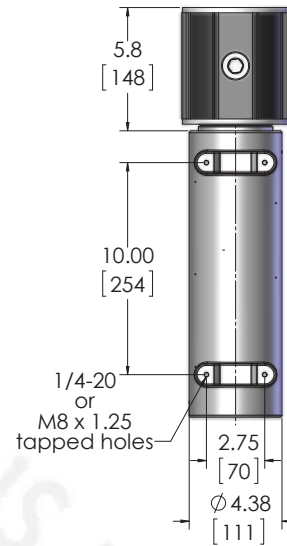
**MOISTURE-RESISTANT (NEMA 4)  
WITH OR WITHOUT THERMOSTAT**



**MOISTURE-RESISTANT (NEMA 4) WITH  
STANDOFF, WITH OR W/O THERMOSTAT**

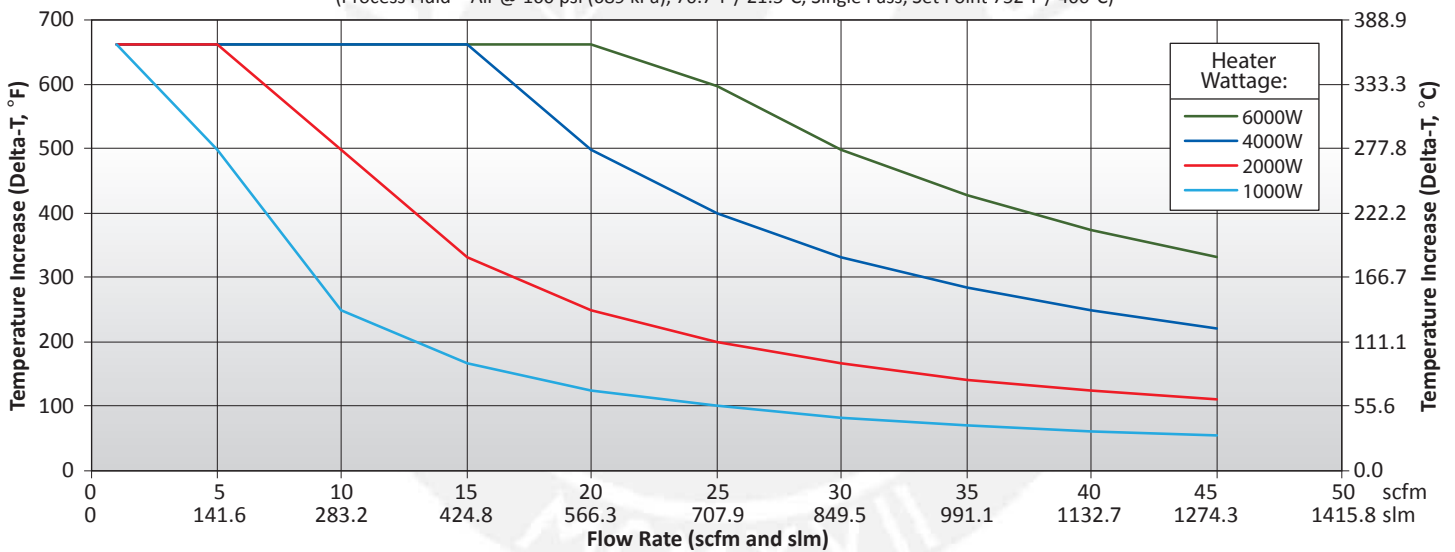


**EXPLOSION-PROOF  
(NEMA 7)**



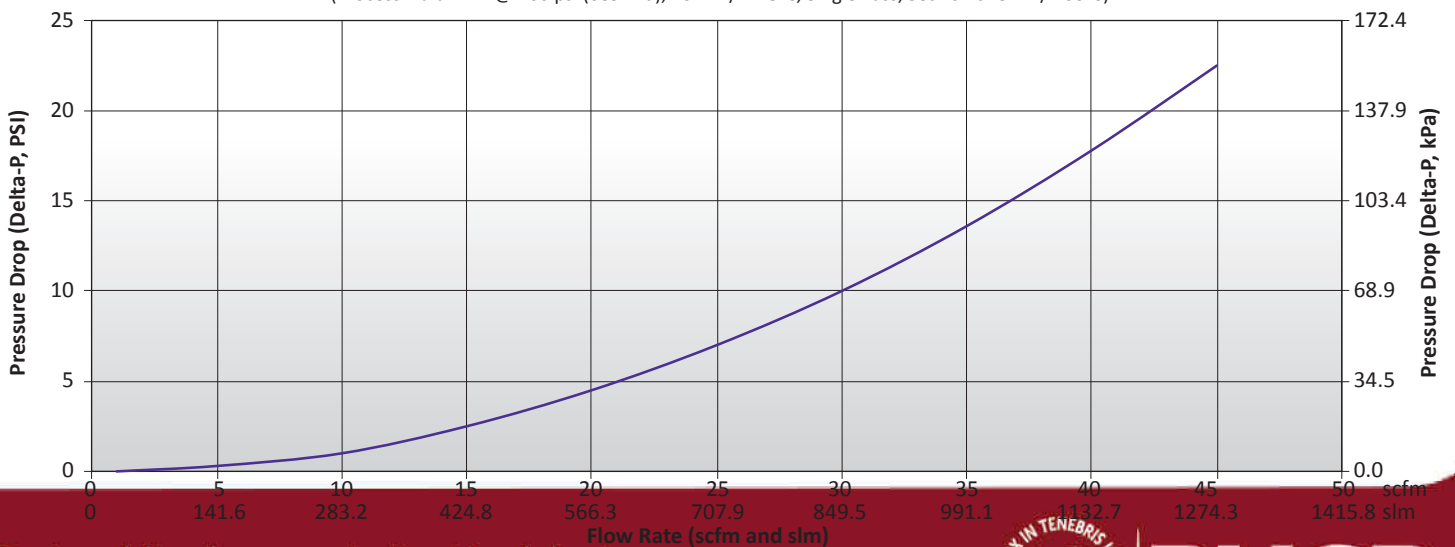
**CAST-X 2000 Heating Profile: Delta-T Air**

(Process Fluid = Air @ 100 psi (689 kPa), 70.7°F / 21.5°C, Single Pass, Set Point 752°F / 400°C)



**CAST-X 2000 Heating Profile: Delta-P Air**

(Process Fluid = Air @ 100 psi (689 kPa), 70.7°F / 21.5°C, Single Pass, Set Point 752°F / 400°C)



# CAST-X 2000 Circulation Heater

Engineering Expertise • Speed to Market • Operational Excellence

Cast Aluminum Solutions (CAS) manufactures the CAST-X line of circulation heaters, plus a broad range of heating, cooling, and non-thermal components. We are relied upon by OEMs and end-users alike throughout the semiconductor, medical device, aerospace, industrial gas, fluid-handling, food equipment, and energy markets.

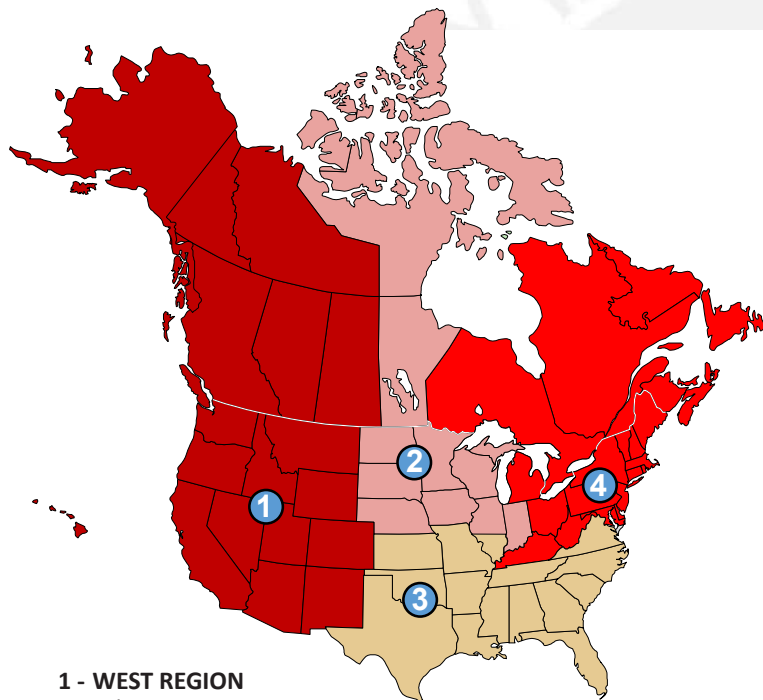
Our multi-discipline team of engineers and technicians works closely with customers to develop practical solutions to complex process challenges. We utilize industry standard applications such as Finite Element Analysis (FEA), SolidWorks® 3-D CAD technology, and a range of structural analysis & thermal modeling tools.

CAS is an ISO 9001 Certified company with a fully-equipped R&D facility. Testing capabilities include X-Ray, ultrasound, helium leak, and infra-red technology, plus the latest coordinate measuring machines (CMM). Our in-house casting facility utilizes a permanent mold low-pressure casting process which reliably produces low-porosity, high-quality aluminum products. We offer an array of precision CNC machining options, finishing options such as electroless nickel plating, Teflon® coatings, clear-coat and hard-coat anodizing, plus high-value-added testing and inspection services.

Headquartered in Batavia, Illinois (just outside Chicago) we serve customers worldwide.

See the below map to locate a Sales Engineer, or contact CAS directly. We look forward to working with you.

With offices worldwide, the CAS Team of knowledgeable and experienced representatives is ready to assist with your project.



#### 1 - WEST REGION

Tel: 714-935-2999

#### 2 - MIDWEST REGION

Chicago Tel: 847-458-1500  
Minneapolis Tel: 952-892-9222

#### 3 - SOUTH REGION

Tel: 678-951-8120

#### 4 - NORTHEAST REGION

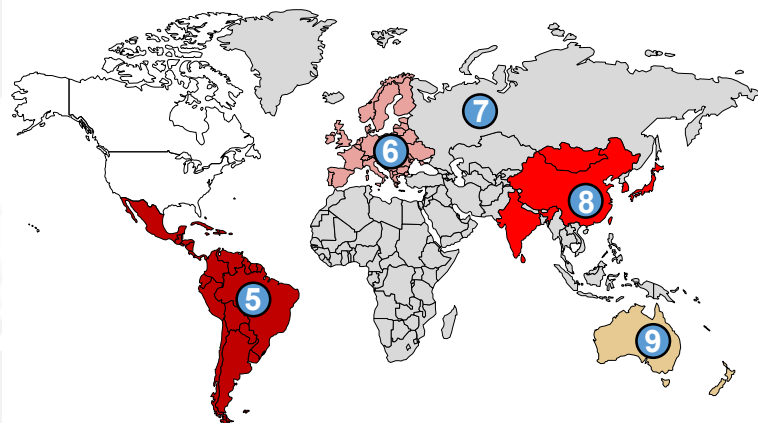
Tel: 513-398-5500

#### ENERGY PROCESS DIVISION

Tel: 866-948-1708

#### SEMICONDUCTOR DIVISION

Tel: 408-754-3370



**5 - MEXICO, CENTRAL  
and SOUTH AMERICA**  
Tel: +52 442-256-2200

**6 - EUROPE**  
**France**  
Tel: +33 (0) 1-41-32-79-70

**Germany**  
Tel: +49 7253-9400-0

**Italy**  
Tel: +39 02-458-8841

**Spain**  
Tel: +34 91-675-1292

**United Kingdom**  
Tel: +44 115-964-0777

**7 - RUSSIA, AFRICA & MIDDLE-EAST**  
Tel: +1 630-879-2696

**8 - ASIA**  
**China**  
Tel: +86 21-3532-8532

**Japan**  
Tel: +81 3-3518-6630

**Korea**  
Tel: +82 2-2169-2600

**Taiwan**  
Tel: +866 7-288-5168

**India**  
Tel: +91 40-666-12700

**9 - AUSTRALIA & NZ**  
Tel: +61 3-9335-6449



**CAST ALUMINUM**

**Solutions**

Tel: 630-879-2696 • Sales@CastAluminumSolutions.com • www.CastAluminumSolutions.com • 1310 Kingsland Drive • Batavia, Illinois 60510 USA

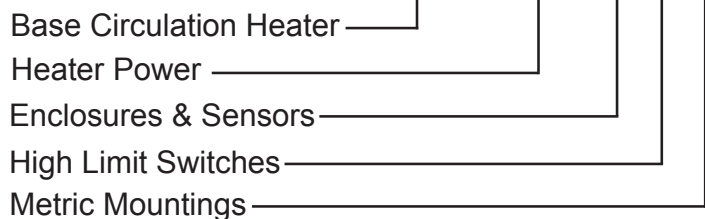
Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis



**PUCP**



## BX13J4G AAAA-BBCC-D



### Building a CAST-X 2000 Part Number

Use the graphs below to build your CAST-X 2000. Assigning numbers for sections AAAA, BB and CC.

If you need metric mountings, assign "M" to section D. If metric mounts are not required, leave section D blank.

For assistance, contact CAS directly.

### VOLTAGE, POWER, CIRCUIT TYPE - STANDARD DESIGNS

*The CAST-X 2000 is available with both standard or standoff designs  
Volts refers to line volts (V<sub>L</sub>). Amps refers to line current (I<sub>L</sub>).*

| Section "AAAA" | Volts (V) | Watts (kW) | Circuit Type (all are single circuit) | Amps (A) |
|----------------|-----------|------------|---------------------------------------|----------|
| 300A           | 480       | 6          | THREE PHASE DELTA                     | 7.2      |
| 300B           | 480       | 2          | THREE PHASE WYE                       | 2.4      |
| 300C           | 480       | 6          | SINGLE PHASE                          | 12.5     |
| 300D           | 480       | 4          | SINGLE PHASE                          | 8.3      |
| 300E           | 480       | 2          | SINGLE PHASE                          | 4.2      |
| 300F           | 240       | 6          | THREE PHASE DELTA                     | 14.4     |
| 300G           | 240       | 2          | THREE PHASE WYE                       | 4.8      |
| 300H           | 240       | 6          | SINGLE PHASE                          | 25       |
| 300J           | 240       | 4          | SINGLE PHASE                          | 16.7     |
| 300K           | 240       | 2          | SINGLE PHASE                          | 8.3      |
| 300L           | 240       | 1.5        | SINGLE PHASE                          | 6.6      |
| 300M           | 240       | 1          | SINGLE PHASE                          | 4.4      |
| 300Q           | 208       | 4.5        | THREE PHASE DELTA                     | 12.5     |
| 300R           | 208       | 1.5        | THREE PHASE WYE                       | 4.2      |
| 300S           | 208       | 4.5        | SINGLE PHASE                          | 22.8     |
| 300T           | 208       | 3          | SINGLE PHASE                          | 15.2     |
| 300U           | 208       | 1.5        | SINGLE PHASE                          | 7.2      |
| 300N           | 120       | 1.5        | SINGLE PHASE                          | 13.2     |
| 300P           | 120       | 1          | SINGLE PHASE                          | 8.8      |

### VOLTAGE, POWER, CIRCUIT TYPE - STANDOFF DESIGNS

*The CAST-X 2000 is available with both standard or standoff designs  
Volts refers to line volts (V<sub>L</sub>). Amps refers to line current (I<sub>L</sub>).*

| Section "AAAA" | Volts (V) | Watts (kW) | Circuit Type (all are single circuit) | Amps (A) |
|----------------|-----------|------------|---------------------------------------|----------|
| 30SA           | 480       | 6          | THREE PHASE DELTA                     | 7.2      |
| 30SB           | 480       | 2          | THREE PHASE WYE                       | 2.4      |
| 30SC           | 480       | 6          | SINGLE PHASE                          | 12.5     |
| 30SD           | 480       | 4          | SINGLE PHASE                          | 8.3      |
| 30SE           | 480       | 2          | SINGLE PHASE                          | 4.2      |
| 30SF           | 240       | 6          | THREE PHASE DELTA                     | 14.4     |
| 30SG           | 240       | 2          | THREE PHASE WYE                       | 4.8      |
| 30SH           | 240       | 6          | SINGLE PHASE                          | 25       |
| 30SJ           | 240       | 4          | SINGLE PHASE                          | 16.7     |
| 30SK           | 240       | 2          | SINGLE PHASE                          | 8.3      |
| 30SL           | 240       | 1.5        | SINGLE PHASE                          | 6.6      |
| 30SM           | 240       | 1          | SINGLE PHASE                          | 4.4      |
| 30SQ           | 208       | 4.5        | THREE PHASE DELTA                     | 12.5     |
| 30SR           | 208       | 1.5        | THREE PHASE WYE                       | 4.2      |
| 30SS           | 208       | 4.5        | SINGLE PHASE                          | 22.8     |
| 30ST           | 208       | 3          | SINGLE PHASE                          | 15.2     |
| 30SU           | 208       | 1.5        | SINGLE PHASE                          | 7.2      |
| 30SN           | 120       | 1.5        | SINGLE PHASE                          | 13.2     |
| 30SP           | 120       | 1          | SINGLE PHASE                          | 8.8      |

### ENCLOSURES AND SENSORS

*All thermocouples are ungrounded, for optimal performance*

| Section "BB" | Description                                      | Thermocouple Qty. | Enclosure |
|--------------|--|-------------------|-----------|
| S2           | 30 TO 250°F [-1 TO 121°C] SINGLE POLE THERMOSTAT | 0                 | NEMA 1    |
| S5           | 60 TO 250°F [16 TO 121°C] DOUBLE POLE THERMOSTAT | 0                 | NEMA 1    |
| SJ           | J-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 1    |
| SK           | K-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 1    |
| W0           | NO SENSOR  | 0                 | NEMA 4    |
| W2           | 30 TO 250°F [-1 TO 121°C] SINGLE POLE THERMOSTAT | 0                 | NEMA 4    |
| W5           | 60 TO 250°F [16 TO 121°C] DOUBLE POLE THERMOSTAT | 0                 | NEMA 4    |
| WJ           | J-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 4    |
| WK           | K-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 4    |
| E0           | NO SENSOR  | 0                 | NEMA 7    |
| E1           | 50 TO 250°F [10 TO 121°C] SINGLE POLE THERMOSTAT | 0                 | NEMA 7    |
| EJ           | J-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 7    |
| EK           | K-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 7    |

### SNAP ACTION HIGH LIMITS SWITCHES

*Not available with standoff designs*

| Section "CC" | Switch                         |
|--------------|--------------------------------|
| 00           | NONE                           |
| 01           | MANUAL RESET, 260°F (127°C)    |
| 02           | AUTOMATIC RESET, 500°F (260°C) |

### METRIC MOUNTING HOLES

*Place an "M" in section D if metric mounting holes are required.  
If standard Imperial mounting holes are desired, section D can be left blank*

| Section "D" | Metric Mounting Holes                  |
|-------------|--|
| M           | M8 X 1.25 METRIC TAPPED MOUNTING HOLES |

### CUSTOM DESIGNS & COMPONENTS

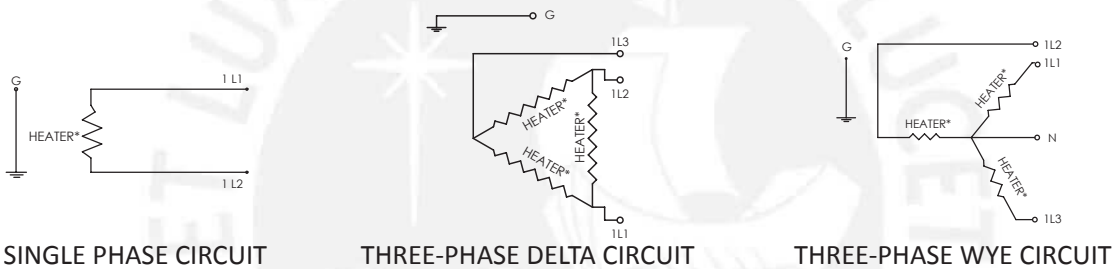
*CAS offers several options for special tubes, sensors, and finishes.  
For these options, please call a CAS Representative for a quote.*

| Options                              |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| INCONEL, MONEL OR HASTELLOY TUBES    | SPECIAL HIGH-LIMIT SWITCHES OR RTDs |
| ELECTRO-POLISHED OR PASSIVATED TUBES | NPT FITTINGS                        |
| THICK WALL TUBES                     | DUAL TUBE DESIGNS                   |

### ACCESSORIES

*These PNs are totally separate from the PNs for the heater*

| Part Number | Component   |
|-------------|---|
| 274-55-6-5  | COMPRESSION FITTINGS (HIGH PRESSURE) / PAIR (SHIPPED LOOSE) |
| 307-0-11-1  | INSULATION JACKET, MAXIMUM TEMPERATURE 400°F (204°C)        |
| 307-0-21-1  | INSULATION JACKET, MAXIMUM TEMPERATURE 1112°F (600°C)       |



#### CAST-X 2000 Available Circuit Types

The CAST-X 2000 is manufactured with these types of circuit configurations.

\*Wiring schematic only shows heater elements. Refer to I&M Manual for further details on wiring of snap-action switches and thermostats (if applicable).



NEMA 1 ENCLOSURE WITH THERMOSTAT



NEMA 4 WITH THERMOSTAT INSIDE ENCLOSURE



NEMA 7 ENCLOSURE WITH THERMOSTAT



NEMA 7 ENCLOSURE NO THERMOSTAT

#### Need Help with Part Numbers or Engineering Calculations?

The CAS Team is ready and available to help you work through part number configurations, provide engineering advice, and ensure customers purchase the heater most appropriate for their particular application.

**Contact CAS Directly:**

Main Tel: 630-879-2696

Toll-Free: 888-367-3992

Sales@CastAluminumSolutions.com

www.CastAluminumSolutions.com



Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis



**PUCP**



Cast Aluminum Solutions  
1310 Kingsland Drive, Darien, IL 60561

October 24, 2016

Terms: 30 Days Net  
Quote Expires in 30 Days  
FOB: Batavia, IL

Quotation No.: PUCP-1

To: Jhul Ochoa / PUCP  
Date: 24-10-2016  
From: Jeffrey Awe / CAS

| Item # | Quantity | Part Number / Description   | Price Each Heater (U.S. Dollars) |
|--------|----------|---|----------------------------------|
| 1      | 1 pcs.   | <b>Cast-X 2000 In-Line Circulation Heater</b><br><b>Part Number: BX13J4G300K-SJ01</b><br>- 240 Volt, Single Phase Circuit: 2 kW total power (2000 watts)<br>- NEMA 1 "General Purpose" electrical housing<br>- One Thermocouple "Type J"<br>- Snap Action High Limit Switch: Manual Reset, Set to 127°C/260°F<br>- Stainless Steel 316L Flow-Tube, Seamless: 4300 PSI / 295 Bar<br><br><i>Approximate weight for shipping: 20 kilos</i><br><i>Shipping Package: Heavy Duty Box: 66 x 30 x 30 cm</i> | \$ 1635.00                       |
| 2      | 1 pcs.   | <b>Cast-X 1000 In-Line Circulation Heater</b><br><b>Part Number: BX8L4M200A-SJ01</b><br>- 240 Volt, Single Phase Circuit: 3 kW total power (3000 watts)<br>- NEMA 1 "General Purpose" electrical housing<br>- One Thermocouple "Type J"<br>- Snap Action High Limit Switch: Manual Reset, Set to 127°C/260°F<br>- Stainless Steel 316L Flow-Tube, Seamless: 2100 PSI / 144 Bar<br><br><i>Approximate weight for shipping: 10 kilos</i><br><i>Shipping Package: Heavy Duty Box: 45 x 30 x 30 cm</i>  | \$ 1087.00                       |
|        |          | <b>Notes:</b><br><i>Payment: As with all new customers, payment is due in advance. After payment is received, production will begin.</i><br><i>Production Time: 2-3 weeks, after order completion</i><br><i>Shipping: Cost does not include shipping. Recommended shipping approach would be UPS.</i>   |                                  |

We appreciate this opportunity to quote this project for you. Please call or email with any questions. This quote is subject to **Cast Aluminum Solutions, LLC** standard Terms and Conditions.

**Jeffrey Awe**  
Product Manager  
Tel: 630-482-5325  
[jawe@castaluminumsolutions.com](mailto:jawe@castaluminumsolutions.com)

**Cast Aluminum Solutions, LLC**  
An ISO 9001 Company  
[www.castaluminumsolutions.com](http://www.castaluminumsolutions.com)



## ANEXO 6: DISEÑO DEL RECIPIENTE DE EXTRACCIÓN

En el presente anexo se recopila la memoria de cálculo del recipiente de extracción realizado por el Ing. Samuel Medina Barrenechea y el Ing. Augusto Tam Tapia bajo el marco del Programa de Maestría en Ingeniería Mecatrónica Beca PUCP CONCYTEC 2015-1.

### 6.1 ESTRUCTURA DEL RECIPIENTE DE EXTRACCIÓN

El recipiente se compone básicamente de 3 elementos: tapa superior, cuerpo del extractor y tapa inferior. La tapa superior está unida al cuerpo del extractor mediante una abrazadera y la tapa inferior está unida al cuerpo del extractor mediante una brida.

### 6.2 MATERIAL DEL RECIPIENTE DE EXTRACCIÓN

El material elegido para el diseño de la cámara es AISI 431 (UNS No. S43100) Las propiedades mecánicas son:

- Esfuerzo máximo permitido (S): 330 MPa
- Mínimo esfuerzo de fluencia: 600 MPa
- Mínimo esfuerzo a la rotura: 850 MPa

### 6.3 CÁLCULO DEL ESPESOR DEL CUERPO DEL EXTRACTOR

El volumen de la cámara debe ser mínimo de 5 litros. Debido a que el código ASME VIII DIV.2 dice que el diámetro interno mínimo debe ser de 6 pulg (152 mm), se considera lo siguiente:

$$D_{in} = 155 \text{ mm} \quad H_{min} = 265 \text{ mm}$$

Según la lista de exigencias, la presión de trabajo es de 35 MPa. La presión de diseño es la máxima presión a la cual está sometido el recipiente. Ya que para las

pruebas hidrostáticas se pide que la presión se eleve a 1,1 veces la presión de trabajo, entonces la presión de diseño es:

$$P = P_{diseño} = 1.1P_{trabajo} = 38.5 \text{ N/mm}^2$$

Se procede a hacer el cálculo del mínimo espesor necesario considerando que el recipiente es de paredes delgadas. Por lo tanto, debe cumplir que la siguiente para el espesor “t”:

$$t < D_{in}/4$$

Esfuerzo longitudinal considerando  $E=1$  debido a que no hay costura según ASME Sección VIII D.1.

$$t = \frac{PR_{in}}{2SE + 0.4P} = 5 \text{ mm}$$

Esfuerzo circunferencial considerando  $E=1$  debido a que no hay costura según ASME Sección VIII D.1.

$$t = \frac{PR_{in}}{SE - 0.6P} = 10 \text{ mm}$$

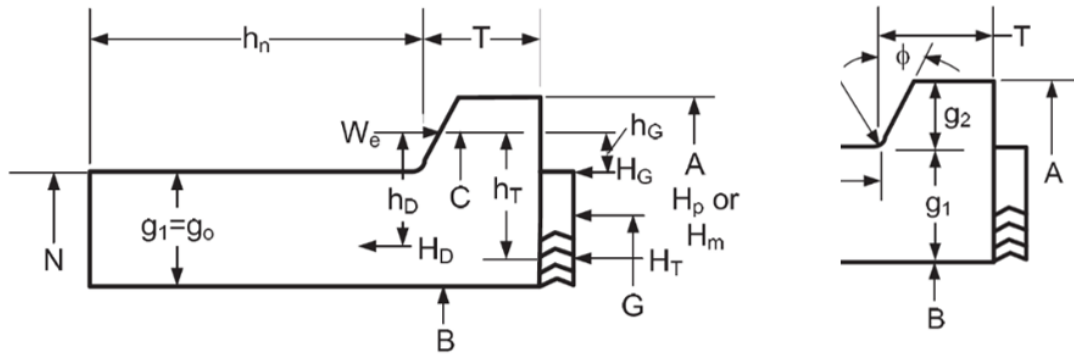
Se toma el espesor de mayor valor entre el esfuerzo longitudinal y circunferencial, el cual es 10 mm. Sin embargo, para evitar falla por cargas externas de apoyo y deformaciones que afecten a la geometría se considera que el espesor necesario es de 20 mm.

#### 6.4 DIMENSIONES BÁSICAS DEL CODO DEL CUBO Y EMPAQUETADURA

Las medidas del codo de contacto se muestran a continuación en la Figura 6.1. Estas medidas se proponen y se corrigen comparando con la resistencia del codo y de la abrazadera:

La empaquetadura empleada en la unión entre la tapa superior y el cuerpo del extractor tiene las siguientes características:

- Nombre comercial: Flexitallic Sigma 600
- Composición: PTFE
- Espesor: 1.5 mm
- Diámetro interior: 165 mm



| Medida                          | Descripción                                | Dimensión |
|---------------------------------|--|-----------|
| B                               | Diámetro interior del cuerpo del extractor | 155 mm    |
| N                               | Diámetro exterior del cuerpo de extractor  | 195 mm    |
| A                               | Diámetro exterior del labio                | 245 mm    |
| g <sub>2</sub>                  | Altura del codo del cubo                   | 25 mm     |
| g <sub>1</sub> , g <sub>0</sub> | Espesor del cuerpo del extractor           | 20 mm     |
| T                               | Ancho del codo del cubo                    | 30 mm     |
| Φ                               | Ángulo del codo de la abrazadera           | 14°       |

Figura 6.1: Esquema y medidas del codo

- Diámetro exterior: 245 mm
- Esfuerzo por el asiento de la empaquetadura (y): 11 MPa
- Factor de empaquetadura (m): 1.4

Ancho de la empaquetadura (N):  $N = \frac{D_{ext} - D_{int}}{2} = 40 \text{ cm}$

Ancho de asiento básico de la empaquetadura (b<sub>0</sub>) y el ancho de contacto efectivo de la empaquetadura (b):

$$b_o = \frac{N}{2} = 20 \text{ mm} \quad b = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{b_o}{25.4}} = 11.27 \text{ mm}$$

La localización de la reacción de la empaquetadura (G):

$$G = A - 2b = 222 \text{ mm}$$

## 6.5 CARGAS EN EL CODO DEL CUBO DEL EXTRACTOR

Se procede a calcular las cargas necesarias para la unión entre la tapa superior y el cuerpo del extractor. Se considera que EL coeficiente de fricción en el codo es de 0,15:

Fuerza hidrostática total final (H):  $H = 0.785G^2P$

Carga de compresión total en la superficie de contacto (H<sub>P</sub>):  $H_P = 2b\pi GmP$

Carga axial para el asentamiento de la empaquetadura ( $H_m$ ):  $H_m = \pi b G y$

Carga de diseño de pernos en condiciones de operación ( $W_o$ ):

$$W_o = \frac{2}{\pi} (H + H_p) \tan(\phi - \mu)$$

Carga de diseño total de los pernos en ambas agarraderas para las condiciones de asiento de la empaquetadura ( $W_{g1}$ ):

$$W_{g1} = \frac{2}{\pi} H_m \tan(\phi + \mu)$$

Carga de diseño total de los pernos en ambas agarraderas para las condiciones de ensamble ( $W_{g2}$ ):

$$W_{g2} = \frac{2}{\pi} (H + H_P) \tan(\phi + \mu)$$

Carga de diseño total de los pernos en ambas agarraderas para las condiciones de asiento de la empaquetadura y de ensamble ( $W_g$ ) se obtiene de elegir entre la mayor de  $W_{g1}$  y  $W_{g2}$ .

Los resultados se muestran en la Tabla 6.1:

Tabla 6.1: Cargas en el codo del cubo del extractor.

| Parámetro | Valor      | Parámetro | Valor     |
|-----------|------------|-----------|-----------|
| $\mu$     | 0.15       | $W_o$     | 187.52 kN |
| $H$       | 1495.68 kN | $W_{g1}$  | 21.00 kN  |
| $H_m$     | 86.59 kN   | $W_{g2}$  | 568.53 kN |
| $H_P$     | 848.60 kN  | $W_g$     | 568.53 kN |

## 6.6 SELECCIÓN DE PERNOS

La fuerza mínima total que soportan los pernos ( $W_{min}$ ) en ensamble y en operación es el mayor valor de  $W_o$  y  $W_g$ . Por lo tanto,  $W_{min}$  es 569 kN.

La información de los tornillos se muestra a continuación en la Tabla 6.2:

Los cálculos para corroborar el buen desempeño de los tornillos son los siguientes:

Tabla 6.2: Parámetros técnicos de los tornillos.

| INFORMACIÓN DE TORNILLOS                                      |        |          |
|---|--------|----------|
| Grado de los tornillos  | 10.9   |          |
| Cantidad de tornillos   | 4      |          |
| Diámetro nominal de tornillos ( $M$ )                         | 30     | $mm$     |
| Coefficiente de fricción tornillo-tuerca ( $\mu_{tor}$ )      | 0.12   |          |
| Ángulo fricción tornillo – tuerca ( $\rho$ )                  | 0.12   | $rad$    |
| Coefficiente de fricción tornillo – placa ( $\mu_{tor-pla}$ ) | 0.12   |          |
| Esfuerzo de fluencia ( $\sigma_f$ )                           | 900    | $N/mm^2$ |
| Esfuerzo admisible ( $\sigma_{Adm}$ )                         | 810    | $N/mm^2$ |
| Presión admisible ( $P_{Adm}$ )                               | 1000   | $N/mm^2$ |
| Diámetro de cabeza ( $d_1$ )                                  | 46.00  | $mm$     |
| Diámetro medio ( $d_2$ )                                      | 27.73  | $mm$     |
| Diámetro de raíz ( $d_3$ )                                    | 25.71  | $mm$     |
| Diámetro de agujero ( $d_{ag}$ )                              | 33.00  | $mm$     |
| Angulo de rosca ( $\varphi$ )                                 | 2.30   | $^\circ$ |
| Diámetro resistente ( $d_{resis}$ )                           | 26.72  | $mm$     |
| Diámetro medio de fricción ( $d_{fm}$ )                       | 39.50  | $mm$     |
| Área de aplastamiento ( $A_{aplast}$ )                        | 806.60 | $mm^2$   |

Fuerza de montaje ( $F_M$ ),  $\alpha_m$  es el factor de ajuste con torquímetro igual a 1.5:

$$F_M = \alpha_m \frac{W_{min}}{Cant. \text{ tornillos}} = 213.38 \text{ kN}$$

Momento torsor de ajuste:

$$M_{tM} = F_M \tan(\rho + \varphi) \frac{d_2}{2} = 476.08 \text{ Nm}$$

Momento torsor necesario para vencer la fricción:

$$M_f = \mu_{tor-pla} F_M \frac{d_{fm}}{2} = 505.70 \text{ Nm}$$

Los esfuerzos máximos producidos en el área de diámetro resistente son:

$$\sigma_M = \frac{F_M}{A_{int}} = 380.62 \text{ N/mm}^2 \quad \tau_{tM} = \frac{M_{Ajuste}}{W_J} = 262.21 \text{ N/mm}^2$$

Los esfuerzos y las presiones superficiales producidos por  $W_{min}$  son:

$$\sigma_{eqM} = \sqrt{\sigma_M^2 + 3\tau_{tM}^2} = 592.56 \text{ N/mm}^2 \quad P_{Aplas} = \frac{F_M}{A_{Aplas}} = 264.54 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba que:

$$\sigma_{eqM} < \sigma_{Adm} \quad P_{Aplas} < P_{Adm}$$



### 6.7 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN EL CUBO Y EN LA ABRAZADERA

En la Figura 6.2 se muestra las medidas de la abrazadera.

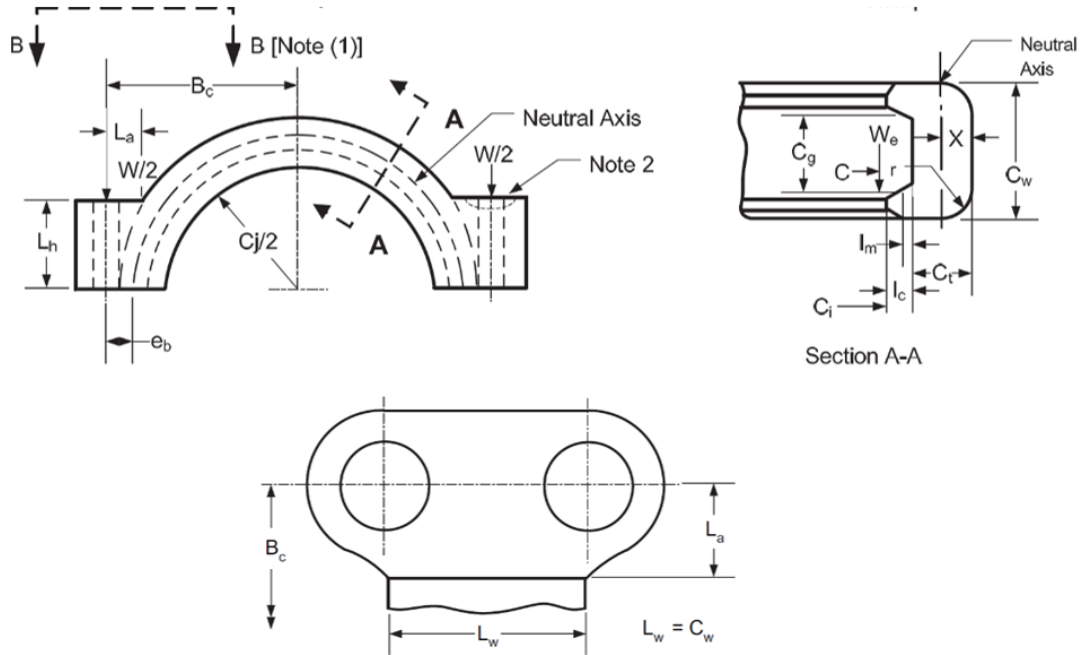


Figura 6.2: Esquema y medidas de la abrazadera.

Se determinan las fuerzas en el cubo:

$$H_D = 0.785B^2P \quad H_G = \frac{1.571W_o}{\tan(\phi + \mu)} = (H + H_P) \quad H_T = H - H_D$$

Se determina el momento que se produce en el cubo en condiciones de operación:

$$M_o = M_D + M_G + M_T + M_F + M_P + M_R$$

Los términos de la expresión anterior se definen como:

$$M_D = H_D \left[ \frac{C - (B + g_1)}{2} \right] \quad M_R = 1.571W_D \left[ H - T + \frac{(C - N) \tan(\phi)}{2} \right]$$

$$M_G = H_G h_G \quad C = \frac{A + C_i}{2} \quad M_T = H_T \left[ \frac{C}{2} - \frac{B + G}{4} \right]$$

$$h = \frac{T^2 g_1 + h_2^2 g_2}{2(Tg_1 + h_2 g_2)} \quad M_F = H_D \left[ \frac{g_1 - g_0}{2} \right] \quad h_2 = T - \frac{g_2 \tan(\phi)}{2}$$

$$M_P = PBT\pi \left[ \frac{T}{2} - h \right]$$

Se determina el momento del cubo para las operaciones de asentamiento de la empaquetadura:

$$M_g = \frac{0.785W_g(C - G)}{\tan(\phi + \mu)}$$

Se determinan los factores de cubo:

$$F_H = 1 + \frac{1.818}{\sqrt{Bg_1}} \left[ T - h + \frac{3.305I_h}{g_1^2(0.5B + g)} \right]$$

$$g = \frac{Tg_1^2 + h_2g_2(2g_1 + g_2)}{2(Tg_1 + h_2g_2)}$$

$$I_h = \frac{g_1T^3}{3} + \frac{g_2h_2^3}{3} - (g_2h_2 + g_1T)h^2$$

Se determina la reacción de fuerza de cizalladura en el cuello del cubo a las condiciones de operación:

$$Q_o = \frac{1.818M_o}{F_H\sqrt{Bg_1}}$$

Se determina la reacción de fuerza de cizalladura en el cuello del cubo a las condiciones de asentamiento de la empaquetadura:

$$Q_g = \frac{1.818M_g}{F_H\sqrt{Bg_1}}$$

Se determinan todos los factores de la abrazadera:

$$e_b = B_C - \frac{C_i}{2} - I_C - X \quad I_C = \left( \frac{A_1}{3} + \frac{A_2}{4} \right) C_t^2 + \frac{A_3 I_C^2}{3} - A_C X^2$$

$$X = \frac{\left( \frac{C_w}{2} - \frac{C_t}{3} \right) C_t^2 - 0.5(C_w - C_g) I_C^2}{A_C} \quad A_1 = (C_W - 2C_t) C_t$$

$$A_2 = 1.571 C_t^2 \quad A_3 = (C_w - C_g) I_C$$

$$A_C = A_1 + A_2 + A_3$$

El factor de corrección de esfuerzo en el cubo (f) que se basa en  $g_1$ ,  $g_0$ ,  $h$  y  $B$  es igual a 1. El momento del brazo de labio efectivo de la abrazadera es:

$$I_m = I_c - 0.5(C - C_i)$$

Los resultados obtenidos de las expresiones previamente mostradas se muestran en las Tablas 6.3 y 6.4.

Tabla 6.3: Resultados de cálculo para el cubo.

|       |  |            |        |
|-------|--|------------|--------|
| $A_c$ | Área de sección total efectiva de abrazadera.                              | 8961.01    | $mm^2$ |
| $A_1$ | Área parcial de abrazadera.  | 3528.00    | $mm^2$ |
| $A_2$ | Área parcial de abrazadera.  | 2771.24    | $mm^2$ |
| $A_3$ | Área parcial de abrazadera.  | 2661.77    | $mm^2$ |
| $B_c$ | Dist. radial desde línea centro de conexión hasta centro de tornillo.      | 190.00     | $mm$   |
| $C$   | Diámetro circulo de reacción efectivo Cubo-Abrazadera.                     | 226.00     | $mm$   |
| $C_i$ | Diámetro interior de la abrazadera.  | 207.00     | $mm$   |
| $C_g$ | Brecha efectiva de la abrazadera en el diámetro C.                         | 52.27      | $mm$   |
| $C_t$ | Espesor efectivo de la abrazadera  | 42.00      | $mm$   |
| $C_w$ | Ancho de la abrazadera   | 168.00     | $mm$   |
| $e_b$ | Dist. radial de centro de tornillo al centroide de secc. abrazadera.       | 53.14      | $mm$   |
| $f$   | Factor de corrección del esfuerzo del cubo.                                | 1.00       |        |
| $g_o$ | Espesor del cuello del cubo en el menor extremo.                           | 20.00      | $mm$   |
| $g$   | Distancia radial desde B hasta el centroide del anillo del codo.           | 21.89      | $mm$   |
| $h_D$ | Distancia radial para $H_D$ .  | 25.50      | $mm$   |
| $h_G$ | Distancia radial para $H_G$ .  | 1.77       | $mm$   |
| $h_n$ | Longitud del cuello del cubo.  | 10.00      | $mm$   |
| $h_o$ | Longitud del cuello del cubo en el menor extremo.                          | 55.68      | $mm$   |
| $h_T$ | Distancia radial para $H_T$ .  | 18.63      | $mm$   |
| $h_2$ | Promedio del espesor del codo del cubo.                                    | 26.88      | $mm$   |
| $h$   | Dist. radial de cara del cubo al centroide del aro de codo de cubo.        | 14.18      | $mm$   |
| $H$   | Fuerza hidrostática total final.   | 1495,68    | $kN$   |
| $H_D$ | Fuerza hidrostática total final en el borde.                               | 726,10     | $kN$   |
| $H_G$ | Diferencia entre precarga axial y la superficie de contacto de junta.      | -1570,52   | $kN$   |
| $H_m$ | Carga total axial para asiento de la empaquetadura.                        | 86,59      | $kN$   |
| $H_P$ | Carga de compresión total de contacto de junta.                            | 848,60     | $kN$   |
| $H_T$ | Dif. entre fuerza hidro. total final y fuerza hidro. total final en borde. | 769,58     | $kN$   |
| $I_C$ | Moment. inercia de sección de abrazadera respecto al eje neutral.          | 2803464.71 | $mm^4$ |
| $I_h$ | Momento de inercia del codo del cubo respecto al eje neutral.              | 86247.05   | $mm^4$ |
| $L_a$ | Distancia desde W hasta el punto de unión de la agarradera.                | 32.54      | $mm$   |
| $L_h$ | Altura de la agarradera de la abrazadera.                                  | 60.00      | $mm$   |
| $L_w$ | Ancho de la agarradera de la abrazadera.                                   | 134.00     | $mm$   |
| $L_c$ | Longitud efectiva del labio de abrazadera.                                 | 23.00      | $mm$   |
| $L_m$ | Brazo de momento efectivo del labio de abrazadera.                         | 13.50      | $mm$   |
| $M_D$ | Momento debido a $H_D$ .   | 18515,44   | $Nm$   |
| $M_F$ | Momento de compensación.   | 0.00       | $Nm$   |

Tabla 6.4: Resultados de cálculo para el cubo (continuación).

|          |   |          |          |
|----------|---|----------|----------|
| $M_G$    | Momento debido a $H_G$ .  | -2778,91 | $Nm$     |
| $M_{Ho}$ | Momento de reacción en el cuello del cubo (cond. operación).          | 15431,60 | $Nm$     |
| $M_{Hg}$ | Momento de reacción en el cuello del cubo (cond. ensamble).           | 2369,46  | $Nm$     |
| $M_o$    | Momento de diseño en el cubo (cond. operación).                       | 27017,43 | $Nm$     |
| $M_g$    | Momento de diseño en el cubo (cond. ensamble).                        | 4148,41  | $Nm$     |
| $M_P$    | Momento generado por la presión.                                      | 462,81   | $Nm$     |
| $M_R$    | Momento de equilibrio radial de la abrazadera.                        | -3522,89 | $Nm$     |
| $M_T$    | Momento debido a $H_T$ .  | 14340,99 | $Nm$     |
| $F_H$    | factor relacionado al momento total rotacional en el cuello del cubo. | 1.75     |          |
| $Q_o$    | Fuerza de reacción cortante en cuello del cubo (cond. operación).     | 50,39    | $kN$     |
| $Q_g$    | Fuerza de reacción cortante en cuello del cubo (cond. ensamble).      | 77,37    | $kN$     |
| $r$      | Radio de esquina de la sección de la abrazadera.                      | 6.00     | $mm$     |
| $S_{OH}$ | Esf. admisible del cubo (cond. operación).                            | 330.00   | $N/mm^2$ |
| $S_{AH}$ | Esf. admisible del cubo (cond. ensamble).                             | 330.00   | $N/mm^2$ |
| $S_{OC}$ | Esf. admisible de la abrazadera (cond. operación).                    | 330.00   | $N/mm^2$ |
| $S_{AC}$ | Esf. admisible de la abrazadera (cond. ensamble).                     | 330.00   | $N/mm^2$ |
| $X$      | Dimensiones al eje neutral de la abrazadera.                          | 10.36    | $mm$     |

Tabla 6.5: Esfuerzos producto de las condiciones de operación y ensamblaje en el cubo.

| Condiciones de operación del cubo  | Condiciones de ensamble del cubo                            |
|--|---|
| $S_{1o} = f \left[ \frac{PB^2}{4g_1(B+g_1)} + \frac{1.91M_o}{g_1^2(B+g_1)F_H} \right]$ | $S_{1g} = f \left[ \frac{1.91M_g}{g_1^2(B+g_1)F_H} \right]$ |
| $S_{2o} = P \left[ \frac{N^2+B^2}{N^2-B^2} \right]$                                    | $S_{2g} = 0.0$  |
| $S_{3o} = \frac{0.75W_o}{T(B+2g_1) \tan(\phi-\mu)}$                                    | $S_{3g} = \frac{0.75W_g}{T(B+2g_1) \tan(\phi+\mu)}$         |
| $S_{4o} = \frac{0.477Q_o}{g_1(B+2g_1)}$  | $S_{4g} = \frac{0.477Q_g}{g_1(B+2g_1)}$                     |

En el cubo, los esfuerzos producto de las condiciones de operación y ensamble de se obtienen con las expresiones que se muestran en la Tabla 6.5.

En la abrazadera, los esfuerzos producto de las condiciones de operación y ensamble se obtienen con las expresiones de la Tabla 6.6.

Los resultados de los cálculos se muestran en la Tabla 6.7. La comparación entre los valores de los esfuerzos producidos por las cargas y los valores máximos de los esfuerzos soportados se muestran en la Tabla 6.8.

Tabla 6.6: Esfuerzos producto de las condiciones de operación y ensamblaje en la abrazadera.

| Condiciones de operación del cubo   | Condiciones de ensamble del cubo  |
|---|---|
| $S_{5o} = \frac{W_o}{2C \tan(\phi-\mu)} \left[ \frac{1}{C_t} + \frac{3(C_t+2I_m)}{C_t^2} \right]$ | $S_{5g} = \frac{W_g}{2C \tan(\phi+\mu)} \left[ \frac{1}{C_t} + \frac{3(C_t+2I_m)}{C_t^2} \right]$ |
| $S_{6o} = \frac{W_o}{2} \left[ \frac{1}{A_C} + \frac{ e_b (C_t-X)}{I_C} \right]$                  | $S_{6g} = \frac{W_g}{2} \left[ \frac{1}{A_C} + \frac{ e_b (C_t-X)}{I_C} \right]$                  |
| $S_{7o} = \frac{1.5W_o}{(C_w-C_g)C \tan(\phi-\mu)}$   | $S_{7g} = \frac{1.5W_g}{(C_w-C_g)C \tan(\phi+\mu)}$   |
| $S_{8o} = \frac{3W_o L_g}{L_w L_h^2}$   | $S_{8g} = \frac{3W_g L_g}{L_w L_h^2}$   |
| $S_{9o} = \frac{W_o}{(A-C_i)C \tan(\phi-\mu)}$  | $S_{9g} = \frac{W_g}{(A-C_i)C \tan(\phi+\mu)}$  |

Tabla 6.7: Resultados de los cálculos de esfuerzo sobre cubo y abrazadera.

|          |  |        |          |
|----------|--|--------|----------|
| $S_{1o}$ | Esf. longitudinal del cubo (cond. operación)               | 487.13 | $N/mm^2$ |
| $S_{1g}$ | Esf. longitudinal del cubo (cond. ensamble)                | 64.65  | $N/mm^2$ |
| $S_{2o}$ | Esf. Tangencial del cubo (cond. operación)                 | 170.64 | $N/mm^2$ |
| $S_{3o}$ | Esf. cortante axial del cubo (cond. operación)             | 191.45 | $N/mm^2$ |
| $S_{3g}$ | Esf. cortante axial del cubo (cond. ensamble)              | 191.45 | $N/mm^2$ |
| $S_{4o}$ | Esf. cortante radial del cubo (cond. operación)            | 61.63  | $N/mm^2$ |
| $S_{4g}$ | Esf. cortante radial del cubo (cond. ensamble)             | 9.46   | $N/mm^2$ |
| $S_{5o}$ | Esf. longitudinal de abrazadera (cond. operación)          | 466.35 | $N/mm^2$ |
| $S_{5g}$ | Esf. longitudinal de abrazadera (cond. ensamble)           | 466.35 | $N/mm^2$ |
| $S_{6o}$ | Esf. tangencial de abrazadera (cond. operación)            | 66.68  | $N/mm^2$ |
| $S_{6g}$ | Esf. tangencial de abrazadera (cond. ensamble)             | 202.18 | $N/mm^2$ |
| $S_{7o}$ | Esf. cortante del labio de abrazadera (cond. operación)    | 85.64  | $N/mm^2$ |
| $S_{7g}$ | Esf. cortante del labio de abrazadera (cond. ensamble)     | 259.66 | $N/mm^2$ |
| $S_{8o}$ | Esf. Flexión de agarradera de abrazadera (cond. operación) | 37.95  | $N/mm^2$ |
| $S_{8g}$ | Esf. Flexión de agarradera de abrazadera (cond. ensamble)  | 115.07 | $N/mm^2$ |
| $S_{9o}$ | Esf. Contacto entre cubo y abrazadera (cond. operación)    | 173.88 | $N/mm^2$ |
| $S_{9g}$ | Esf. Contacto entre cubo y abrazadera (cond. ensamble)     | 527.20 | $N/mm^2$ |

## 6.8 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR SUPERIOR MÍNIMO DE LA TAPA SUPERIOR

La tapa superior es de forma plana. Para su calculo se considera  $E = 1$  por no haber costura de soldadura (según ASME Sección VIII D.1) y  $C = 0,33m$ , para  $m = 1$ :

$$t_{min-tapa} = d \sqrt{\frac{CP}{SE}} = 31 \text{ mm}$$

El valor del radio interior mínimo es de 10 mm, sin embargo se considera igual a 19 mm para aprovechar la forma y direccionar al flujo de de CO2.

Tabla 6.8: Comparación entre esfuerzos obtenidos y admisibles.

| <b>Esfuerzos producidos</b> | <b>Valores de esfuerzos producidos <math>[N/mm^2]</math></b> | <b>Máximos esfuerzos soportados</b> | <b>Valores de esfuerzos soportados <math>[N/mm^2]</math></b> |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|--|
| $S_{1o}$                    | 487.13   | $1.5S_{OH}$                         | 495  |
| $S_{1g}$                    | 64.65  | $1.5S_{AH}$                         | 495  |
| $S_{2o}$                    | 170.64   | $S_{OH}$                            | 330.00   |
| $S_{3o}$                    | 191.45   | $0.8S_{OH}$                         | 264  |
| $S_{3g}$                    | 191.45   | $0.8S_{OH}$                         | 264  |
| $S_{4o}$                    | 61.63  | $0.8S_{OH}$                         | 264  |
| $S_{4g}$                    | 9.46   | $0.8S_{AH}$                         | 264  |
| $S_{5o}$                    | 466.35   | $1.5S_{OC}$                         | 495  |
| $S_{5g}$                    | 466.35   | $1.5S_{AC}$                         | 495  |
| $S_{6o}$                    | 66.68  | $1.5S_{OC}$                         | 495  |
| $S_{6g}$                    | 202.18   | $1.5S_{AC}$                         | 495  |
| $S_{7o}$                    | 85.64  | $0.8S_{OC}$                         | 264  |
| $S_{7g}$                    | 259.66   | $0.8S_{AC}$                         | 264  |
| $S_{8o}$                    | 37.95  | $S_{OH}$                            | 330.00   |
| $S_{8g}$                    | 115.07   | $S_{AH}$                            | 330.00   |
| $S_{9o}$                    | 173.88   | $1.6\min(S_{OH}, S_{OC})$           | 528  |
| $S_{9g}$                    | 527.20   | $1.6\min(S_{AH}, S_{AC})$           | 528  |

## 6.9 DISEÑO DE LA BRIDA DEL EXTRACTOR

Para diseñar la brida se emplea la guía del “Capítulo 3- Flange Design” del libro “Pressure Vessel Design Manual-Butterworth Heinemann, 2013”. La plantilla de diseño está en la página 153 del libro anteriormente mencionado, dicha plantilla se ha utilizado y adaptado al presente trabajo y se muestra en la Figura 6.3.

| Paso 1. Condiciones de diseño   |             |  |             |                                     |             |                |             |
|---|-------------|--|-------------|-------------------------------------|-------------|----------------|-------------|
| Presión de diseño   |             |  |             | 6091.58                             |             | psi            |             |
| Temperatura de diseño   |             |  |             | 140                                 |             | F              |             |
| Material de brida   |             |  |             | AISI 341                            |             |                |             |
| Material de perno   |             |  |             | De grado 12.9                       |             |                |             |
| Esfuerzos permisibles   |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Brida   |             |  |             | Pernos                              |             |                |             |
| Temp. Diseño (Sto)  |             | 43511.3213 psi   |             | Temp. Diseño (Sto)                  |             | 43511.3213 psi |             |
| Temp. Atm (Sta)   |             | 43511.3213 psi   |             | Temp. Atm (Sta)                     |             | 43511.3213 psi |             |
| Tabla 1A Asme Secc. II-Part.D   |             |  |             | Tabla 3 Asme Secc. II-Part.D        |             |                |             |
| Paso 2. Detalles de empaquetadura y acabado superficial               |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Empaquetadura   |             | Flexitallic Sigma 600 1.5mm espesor, 155mm ID, 225 mm OD, Ring Type (Flat) |             |                                     | Facing      |                | RTJ         |
| Paso 3  |             |  |             | Paso 4. Cálculos de cargas y pernos |             |                |             |
| N   | 1.3779535   | inch   | Wm2         | 16695.61617                         | lbs         | Am             | 4.882975772 |
| bo  | 0.68897675  | inch   | Hp          | 178537.6228                         | lbs         | Ab             | 6.74        |
| b   | 0.415023117 | inch   | H           | 308360.7133                         | lbs         | W              | 579483.4777 |
| G   | 8.028226266 | inch   | Wm1         | 486898.3361                         | lbs         | n.min          | 14.48954235 |
| y   | 1595        | psi  |             |                                     |             | n              | 20          |
| Datos dimensionales de los pernos                                     |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Bolt size (a)   |             | No. Of threads   |             | Ra                                  |             | Bs Preferred   |             |
| 0.7874"   |             | 10   |             | 0.337 m2                            |             | 3 in           |             |
| Paso 5. Cálculo de momentos   |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Operating   |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Load  |             | Lever Arm  |             | Moment                              |             |                |             |
| HD  | 178162.4867 | hD   | 2.94881725  | MD                                  | 579483.478  |                |             |
| HG  | 178537.6228 | hG   | 1.985886867 | MG                                  | 354555.52   |                |             |
| HT  | 130198.2267 | hT   | 2.467352058 | MT                                  | 321244.863  |                |             |
|   |             |  |             | Mo                                  | 1255283.86  |                |             |
| Seating   |             |  |             |                                     |             |                |             |
| HG  | 579483.4777 | hG   | 1.985886867 | Mo'                                 | 1150788.63  |                |             |
| Paso 6. Constantes de forma   |             |  |             |                                     |             |                |             |
| K   | 2.5         |  | Y           |                                     | 2.25        |                |             |
| Tabla 3-6 "Pressure Vessel Design Manual-Butterworth Heinemann, 2013" |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Dimensiones de la brida   |             |  |             |                                     |             |                |             |
| B   |             | C  |             | A                                   |             | tn,go          |             |
| 6.1023655 in  |             | 12 in  |             | 15.325591375 in                     |             | 1.3779535 in   |             |
| Paso 7. Espesor de brida requerido                                    |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Operating t   | 3.109678091 | Seating t  | 2.977434677 | T                                   | 3.109678091 |                |             |
| Rango de espaciamento de pernos                                       |             |  |             |                                     |             |                |             |
| Bsmax   |             | Bsmin  |             | Bs actual                           |             |                |             |
| 4.6844  |             | 1.8435   |             | 1.9685                              |             | 1.8849         |             |

Figura 6.3: Plantilla para diseño de la brida.

Todos los términos utilizados en la plantilla son estandar en el diseño de bridas según Butterworth, en la Figura 6.4 se puede observar un diagrama de la brida con las dimensiones a las que se hace referencia.

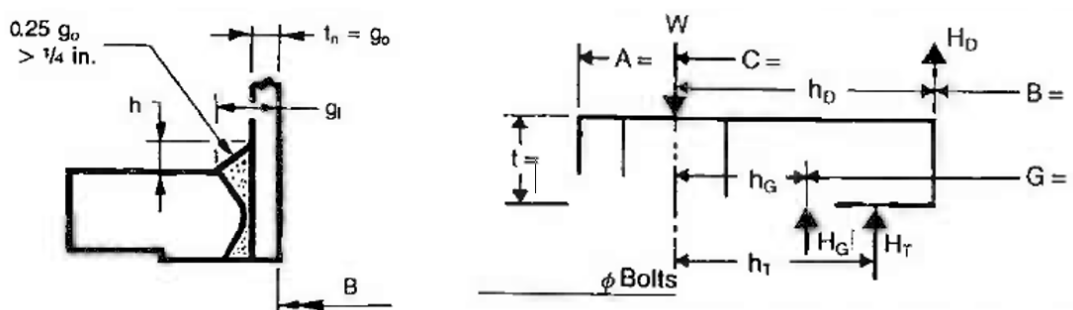


Figura 6.4: Diagrama de la brida según Butterworth.

## 6.10 DISEÑO DE BRIDA PARA CONEXIÓN CON TUBERÍA 1/2"

De acuerdo a la Norma ANSI B16.5 para las condiciones de temperatura y presión, que en este caso es de 385 bar corresponde utilizar una brida de clase 2500.

## 6.11 DISEÑO DE TAPA PLANA INFERIOR

El diseño de esta tapa se basa en el apartado UG-34 "UNSTAYED FLAT HEADS AND COVERS" de la norma ASME sección VIII-División 1 el cual propone el tipo de tapa mostrado en la Figura 6.5.

Para calcular el espesor mínimo de la tapa se hará uso de la ecuación que plantea ASME según:

$$t_{min} = D \sqrt{\frac{CP}{SE}}$$

Considerando:

$$D = 155 \text{ mm} \quad P = 38.1 \text{ MPa} \quad C = 0.33m$$

$$m = 1 \quad S = 330 \text{ MPa} \quad E = 1$$



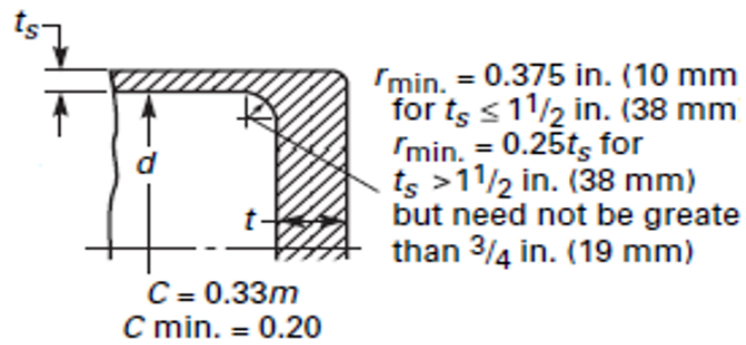


Figura 6.5: Esquema de la tapa según ASME VIII sección 1, apartado UG-34.

Resulta que el espesor mínimo de la tapa debe ser:

$$t_{\min} = 30.25 \text{ mm}$$

Para mayor seguridad y conveniencia constructiva se decidió que el espesor de la tapa sea 55 mm que cumple con la condición de ser mayor al espesor mínimo calculado.

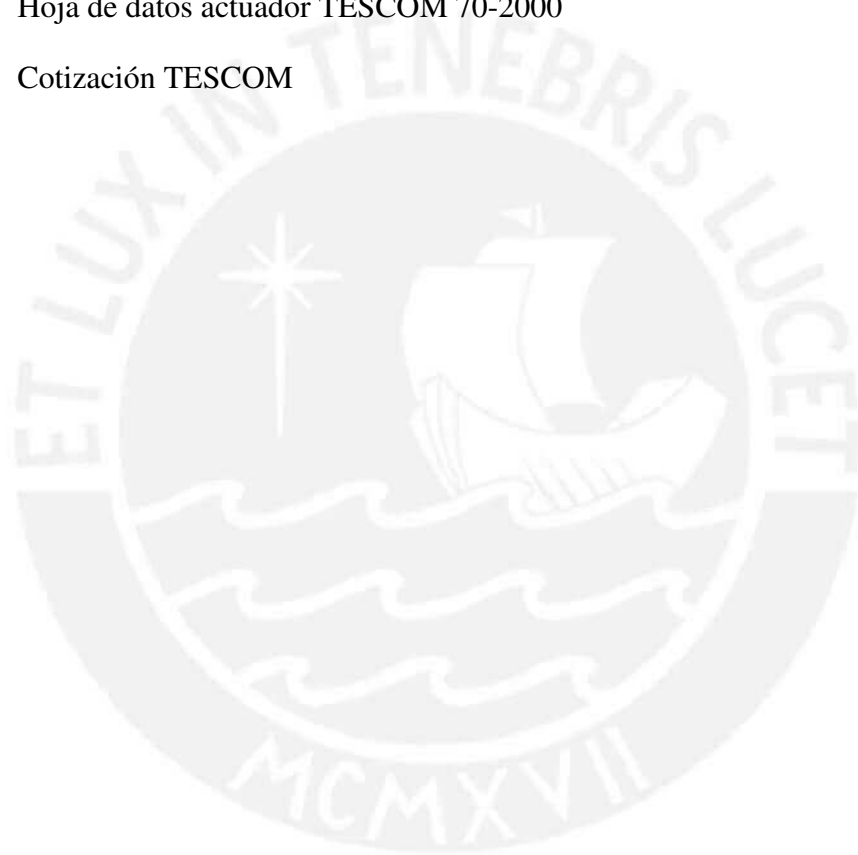
Se adjuntan los planos de ensamble y despiece del recipiente de extracción.

## ANEXO 7: INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS REGULADORES DE CONTRA PRESIÓN

### 7.1 REGULADOR DE CONTRA PRESIÓN

Se adjunta respecto al regulador de contra presión:

- Hoja de datos regulador TESCOM 26-1700
- Hoja de datos actuador TESCOM 70-2000
- Cotización TESCOM



# 26-1700 Series

## Regulators - Relief / Backpressure

D26170543X012

### Specifications

For other materials or modifications, please consult TESCO.

#### OPERATING PARAMETERS

Pressure rating per criteria of ANSI/ASME B31.3

**Maximum Inlet Pressure**

10,000 psig / 689 bar

**Controlled Pressure Ranges**

5-500, 5-800, 10-1500, 15-2500, 25-4000, 50-6000,  
and 200-10,000 psig

0.35-34.5, 0.35-55.2, 0.69-103, 1.03-172, 1.72-276, 3.45-414,  
and 13.8-689 bar

**Design Proof Pressure**

150% maximum rated

**Leakage**

Bubble-tight

**Operating Temperature**

-40°F to 165°F / -40°C to 74°C

**Flow Capacity**

$C_v = 0.10$  (26-17X1 through 26-17X4)

$C_v = 0.14$  (26-17X5 through 26-17X7)

**Maximum Operating Torque**

40 in-lbs / 4.5 N•m



TESCOM 26-1700 Series regulator controls pressures up to 15,000 psig / 1034 bar and is suitable for gas or liquid service.

#### MEDIA CONTACT MATERIALS

**Back-up Ring**

Teflon®

**Body**

316 Stainless Steel

**O-Rings**

Buna-N

**Seal**

CTFE

**Seat**

CTFE (26-17X1 through 26-17X4)

Teflon® (26-17X5 through 26-17X7)

**Trim**

300 Series Stainless Steel

**Remaining Parts**

300 Series Stainless Steel

#### Applications

- Pump discharge pressure control
- Reactor pressure control
- Over-pressurization relief

#### Features and Benefits

- Accuracy:  $\pm 1\%$  of central pressure range
- NACE Compatible design available
- Wide range of applications due to:
  - Seven different control pressure ranges
  - 200-15,000 psig / 13.8-1034 bar control is optional
  - High flow  $C_v = 0.60$  and low flow  $C_v = 0.02$  models are available
- Bubble-tight shut-off at all reseal pressures
- Safe and reliable piston-style sensor
- Panel mounting is standard
- Compatible with TESCO Air Actuators and ER5000 Electropneumatic Controllers

#### OTHER

**Cleaning**

CGA 4.1 and ASTM G93

**Weight**

5 lbs / 2.2 kg

Teflon® is a registered trademark of E.I. du Pont de Nemours and Company.

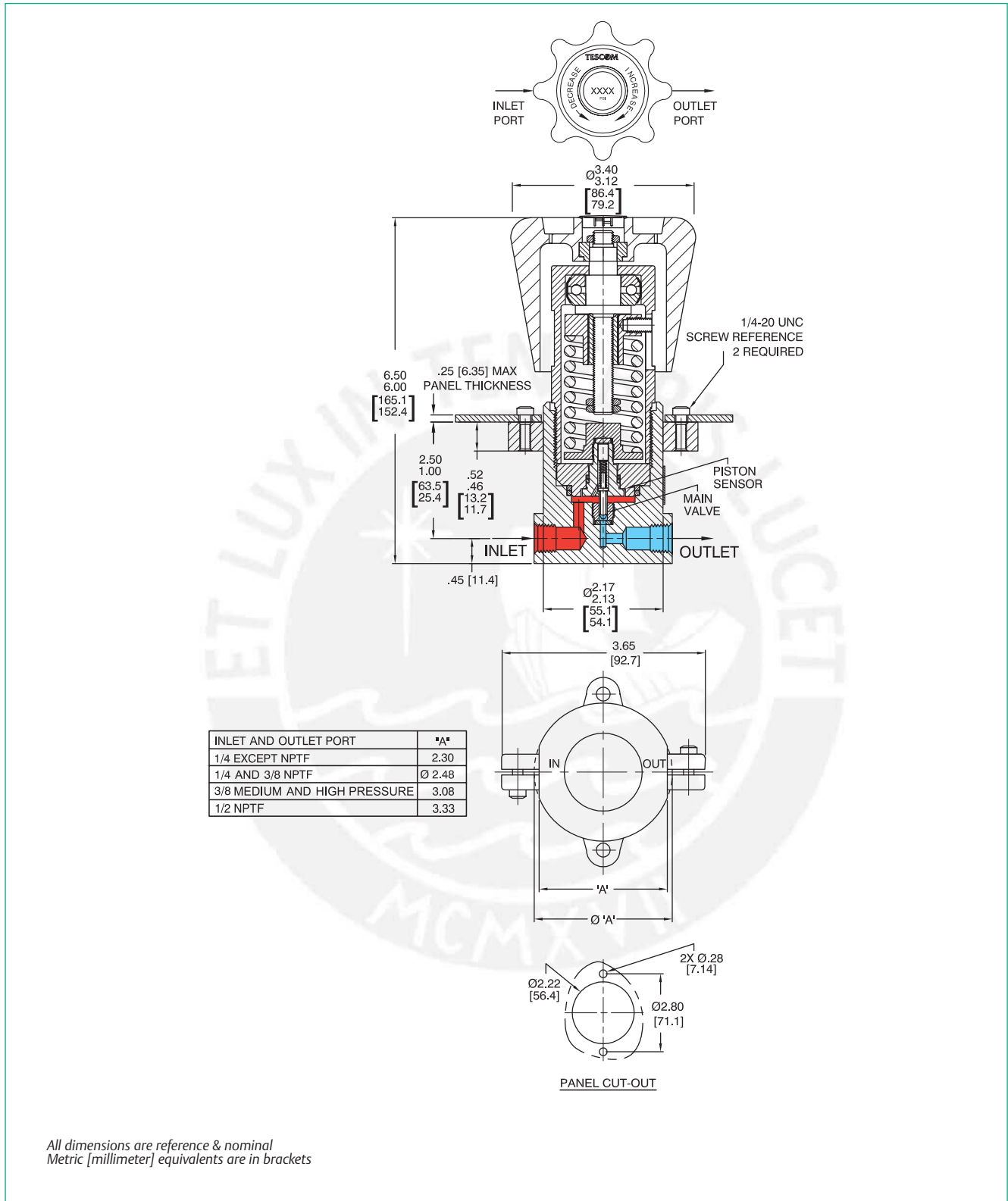
**TESCOM**

Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

[www.tescom.com](http://www.tescom.com)

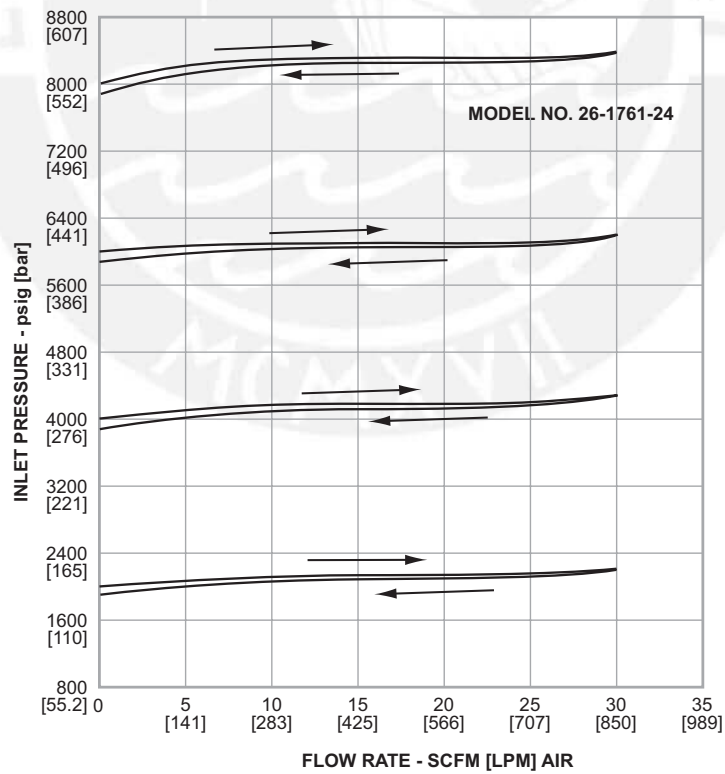
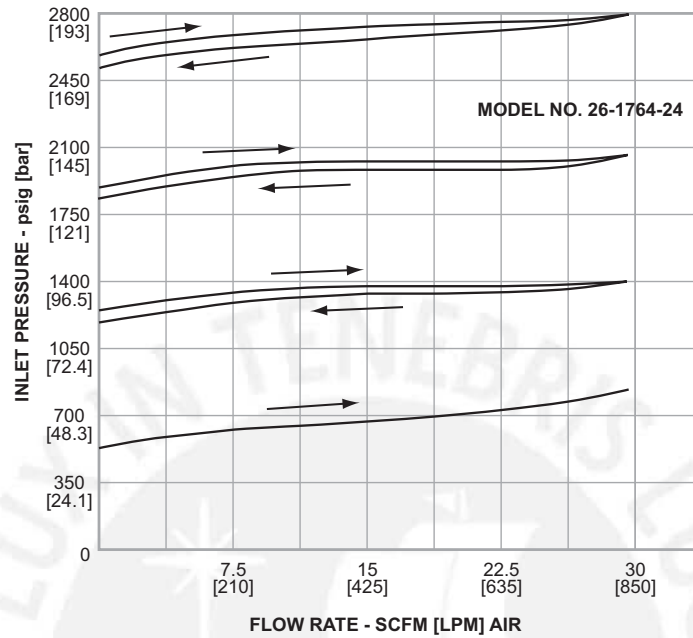


26-1700 Series Regulator Drawing



## 26-1700 Series Regulator Flow Charts

For more information on how to read flow curves, please refer to the Flow Curves and Calculations document (debul2007x012) in the TESCOM catalog or on [www.tescom.com](http://www.tescom.com).



## 26-1700 Series Regulator Part Number Selector

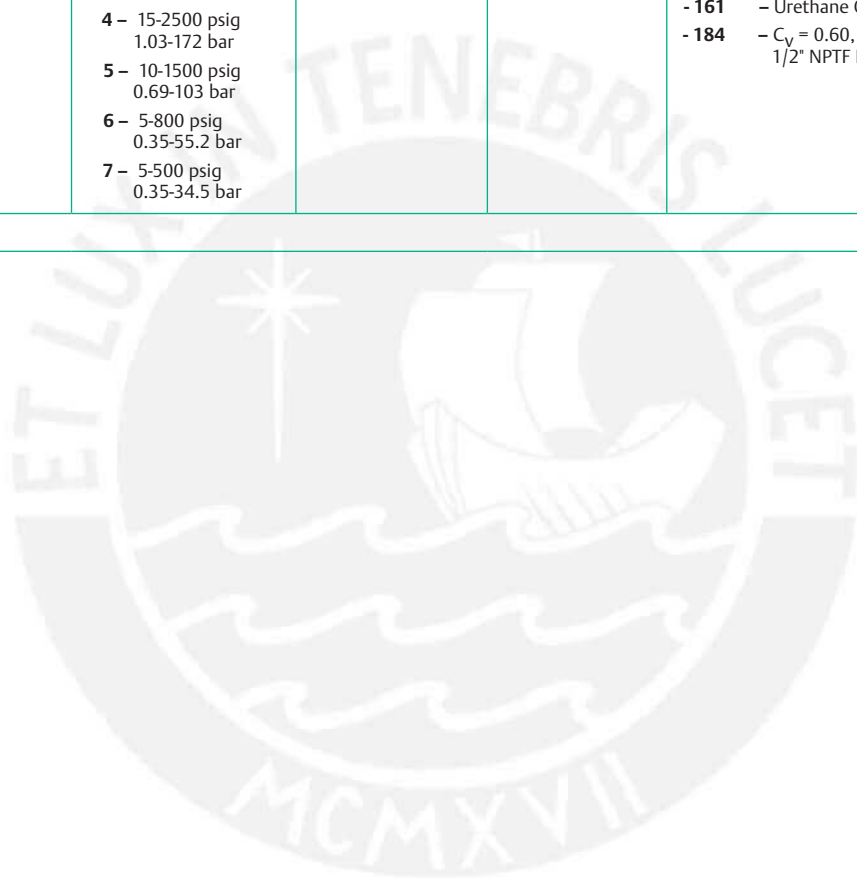
Repair Kits, Accessories & Modifications may be available for this product. Please contact TESCOM for more information.

Example for selecting a part number:

26-17                  6                          4                  -                  2                          4                          [BLANK]

| BASIC SERIES | BODY AND BONNET MATERIAL | CONTROLLED PRESSURE RANGES  | INLET AND OUTLET PORT TYPE   | INLET AND OUTLET PORT SIZE                    | OPTIONS (ADDITIONAL TO STANDARD AS MODIFICATION)  |
|--------------|--------------------------|---|--|---|---|
| 26-17        | 6 – 316 Stainless Steel  | 1 – 200-10,000 psig<br>13.8-689 bar<br>2 – 50-6000 psig<br>3.45-414 bar<br>3 – 25-4000 psig<br>1.72-276 bar<br>4 – 15-2500 psig<br>1.03-172 bar<br>5 – 10-1500 psig<br>0.69-103 bar<br>6 – 5-800 psig<br>0.35-55.2 bar<br>7 – 5-500 psig<br>0.35-34.5 bar | 1 – SAE<br>2 – NPTF<br>3 – MS33649<br>4 – High Pressure<br>6 – Medium Pressure | 2 – 1/8"<br>4 – 1/4"<br>6 – 3/8"<br>8 – 1/2"* | [BLANK] – No modification<br>- 065 – 316 Stainless Steel Wetted<br>- 099 – 200-15,000 psig / 13.8-1034 bar Control Range, C <sub>v</sub> = 0.02<br>- 154 – C <sub>v</sub> = 0.02<br>- 161 – Urethane O-Rings CO <sub>2</sub> Service<br>- 184 – C <sub>v</sub> = 0.60, 5000 psig / 345 bar, 1/2" NPTF Ports |

\* Available for NPTF only.



**WARNING!** Do not attempt to select, install, use or maintain this product until you have read and fully understood the *TESCOM Safety, Installation and Operation Precautions*.

D26170543X012 © 2014 Emerson Process Management Regulator Technologies, Inc. All rights reserved. 09/2014.

Tescom, Emerson Process Management, and the Emerson Process Management design are marks of one of the Emerson Process Management group of companies. All other marks are the property of their respective owners.

[www.tescom.com](http://www.tescom.com)



**EMERSON**  
Process Management

**PUCP**

# 70-2000 Series

Electropneumatic Controllers/Motors

D70200579X012

## Specifications

For other materials or modifications, please consult TESCO.

### OPERATING PARAMETERS

#### Application

Any application requiring remotely controlled, electronically operated:

#### Pressure Reducing Regulators

26-1000, 26-1600, 26-2000, 54-2000 Series

#### Backpressure Regulators

26-1700, 26-2300, 54-2100 Series

#### Electrical

10-24 VDC nominal

1.0 AMP operational current

6.0 AMP surge current

2.0 AMP time delay actuator control fuse

1.5 AMP fast acting motor protection fuse

#### Mechanical

**Actuator connector (3 pins):** MS3102A-10SL-3P

Note: Mating electrical plug connector and cable clamp is included with the actuator. The electrical cable is not included.

**Continuous Motor Torque:** 51 in-lbs / 5.8 N•m

**Intermittent Motor Torque (approximate):** 100 in-lbs / 11 N•m

| GEAR SPEED | NO LOAD        | VOLTS | 10   | 15 | 20 | 24 |
|------------|----------------|-------|------|----|----|----|
|            |                | RPM   | 11.5 | 18 | 24 | 30 |
|            | 31 IN-LBS LOAD | VOLTS | 10   | 15 | 20 | 24 |
|            |                | RPM   | 6    | 11 | 19 | 24 |

Actuation time for complete range of regulator outlet pressure (at 24 VDC):

**26-1000 Series (11-1/2 full turns):** 25 seconds

**26-1600 Series (5-1/2 full turns):** 15 seconds

Note: The motorized regulator provides a linear discharge pressure curve.

### OTHER

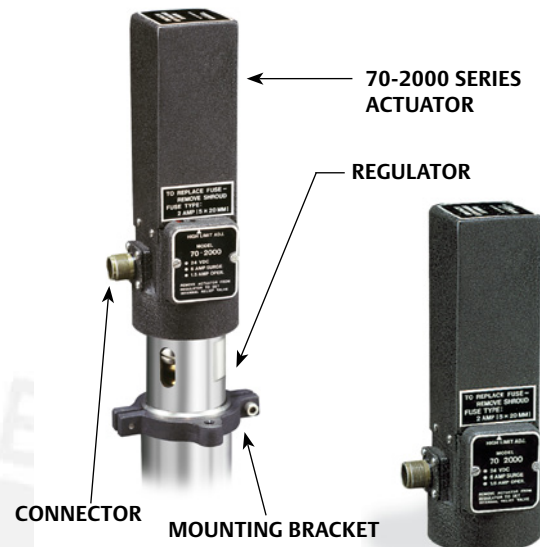
#### Weight (with regulator mounted)

**26-1000 Series (Brass and Stainless Steel):** 8 lbs / 3.6 kg

**26-1000 Series (Aluminum):** 6 lbs / 2.7 kg

**26-1600 Series (Stainless Steel):** 6 lbs / 2.7 kg

**26-1600 Series (Aluminum):** 5 lbs / 2.3 kg



TESCOM 70-2000 Series motorized actuator is designed for any application requiring remotely controlled, electronically operated, pressure reducing / backpressure regulators.

## Applications

- Test Equipment
- Remote Actuation
- Oil Patch Control

## Features and Benefits

- Adjusts regulator to any setpoint by remote control, eliminating the need for an operator in the pressure area
- Compatible with several TESCO pressure reducing and backpressure regulators in many applications
- Limit switches provide operating range and prevent overtravel
- Variable speed control
- Replaceable fuse protection
- Easily mounted on regulator
- Hazloc enclosure is available

TESCOM

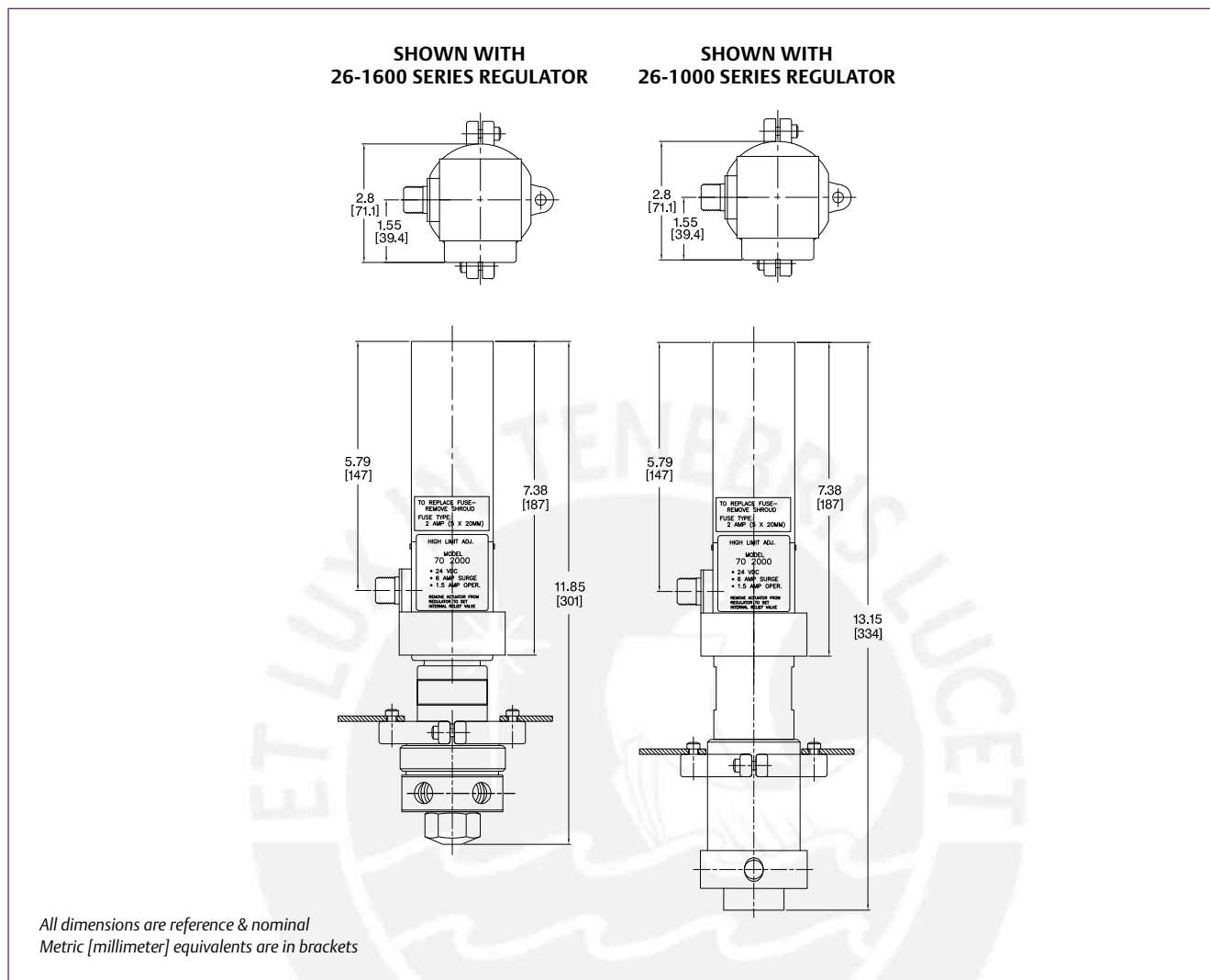
Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis

www.tescom.com



EMERSON  
Process Management  
PUCP

## 70-2000 Series Actuator Drawings



## 70-2000 Series Actuator Requirements

| 70-2000 ADAPTABLE TO  | REQUIREMENTS   |
|---|--|
| 26-1000, 26-1700, 26-2000, 54-2000, 54-2100 Series regulators | Removal of handknob  |
| 26-1600, 26-2300 Series regulators                            | Removal of handknob, addition of the bonnet adapter and 3 set screws (see table below) |

## 70-2000 Series Actuator Part Numbers

| QUANTITY | PART NUMBER | DESCRIPTION  |
|----------|-------------|--|
| 1        | 70-2000     | Actuator complete with limit switches                          |
| 1        | 3883-3      | Bonnet adapter (26-1600, 26-2300 (500 psig / 34.5 bar) Series) |
| 3        | 3647        | Set Screw (26-1600, 26-2300 (500 psig / 34.5 bar) Series)      |

Note: Actuators may be ordered with or without a regulator.



**WARNING!** Do not attempt to select, install, use or maintain this product until you have read and fully understood the *TESCOM Safety, Installation and Operation Precautions*.

D70200579X012 © 2012 Emerson Process Management Regulator Technologies, Inc. All rights reserved. 05/2012.

Tescom, Emerson Process Management, and the Emerson Process Management design are marks of one of the Emerson Process Management group of companies. All other marks are the property of their respective owners.



## ANEXO 8: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL EVAPORADOR

### 8.1 CALENTADOR ELÉCTRICO

Se adjunta respecto al calentador eléctrico:

- Hoja de datos CAST-X 1000
- Cotización CAS Aluminum Solutions



# CAST-X 1000 Circulation Heater

With optional built-in controls, CAST-X 1000 is a straightforward solution, perfect for OEMs and end users.



Designed and manufactured by Cast Aluminum Solutions (CAS), CAST-X Circulation Heaters are engineered using the latest thermal modeling and finite element analysis technology. CAST-X heaters feature low-watt-density heating elements cast into aluminum bodies which also contain the helical-coiled stainless steel flowpath tubes.

The media is sequestered in these tubes, never touching the heating elements: a critical safety benefit, especially when heating explosive or sensitive media. All CAST-X units are capable of heating liquids and gases alike.

CAST-X heaters are self-draining, for safety and cleanliness. With compact, non-welded bodies, plus NEMA & ATEX enclosures, CAST-X units are small-footprint, high-output heaters that meet the needs of high-purity processes, flammable operations, and your most critical heating applications.

## APPLICATIONS:

- Engine Pre-Heating
- Solvent Heating
- Hydrogen Peroxide Vaporization
- Commercial Foodservice Machines
- Air, Co<sub>2</sub> and Nitrogen Heating
- Coating & Resin Heating
- Steam Generation



## SPECIFICATIONS:

- Power:
  - 700 W Total to 3 kW Total
  - Voltage Range: 120 - 480 V
  - Max Line Current: 15 A
- Tubing:
  - .313" OD (5/16") (7.9 mm)
  - .020" Wall (1.7 mm)
  - Overall Process Tube Length: 137" (3480 mm)
  - 316L Stainless Steel (standard)
  - Inconel (optional upgrade)
  - Passivated or Electro-Polished (optional upgrades)
- Max Pressure: 2100 psi (144 bar)
- Enclosures:
  - NEMA 1 (general-purpose/dust-proof)
  - NEMA 4 (moisture-resistant)
- Max Working Temperatures:
  - No Enclosure: 662°F (350°C)
  - NEMA 1 (dust-proof/general-purpose): 608°F (320°C) with thermostat: 250°F (121°C)
  - NEMA 4 (moisture-resistant): 482°F (250°C) with thermostat: 250°F (121°C)

Published temperatures are for housing at 12 o'clock position; higher temps may be possible at 6 o'clock position. See factory for details.

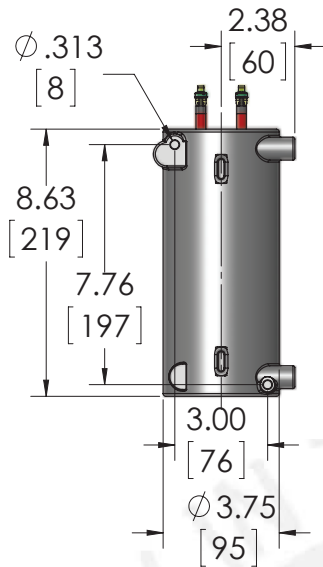
- Sensors:
  - K or J Type Thermocouples Standard
  - Snap-Action High-Limit Thermostat
  - Process and High-Limit Thermocouples
- Available Accessories:
  - Insulating Jacket
  - Compression Fittings

## FEATURES & BENEFITS:

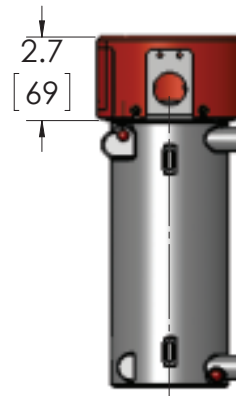
- SS 316L Fluid Path is Separate from Heating Elements (allows safe heating of sensitive materials and prevents contamination)
- Compact Footprint Saves Space in Equipment
- Self-Draining, Low-Maintenance Design
- Available With Thermostat, to Simplify Control Wiring
- Robust Cast-In Construction Insures Long Heater Life
- Minimal Leak Potential Due to Non-Welded Design
- Wide Application Compatibility (including high pressure)

# CAST-X 1000 Circulation Heater

**NO ENCLOSURE**

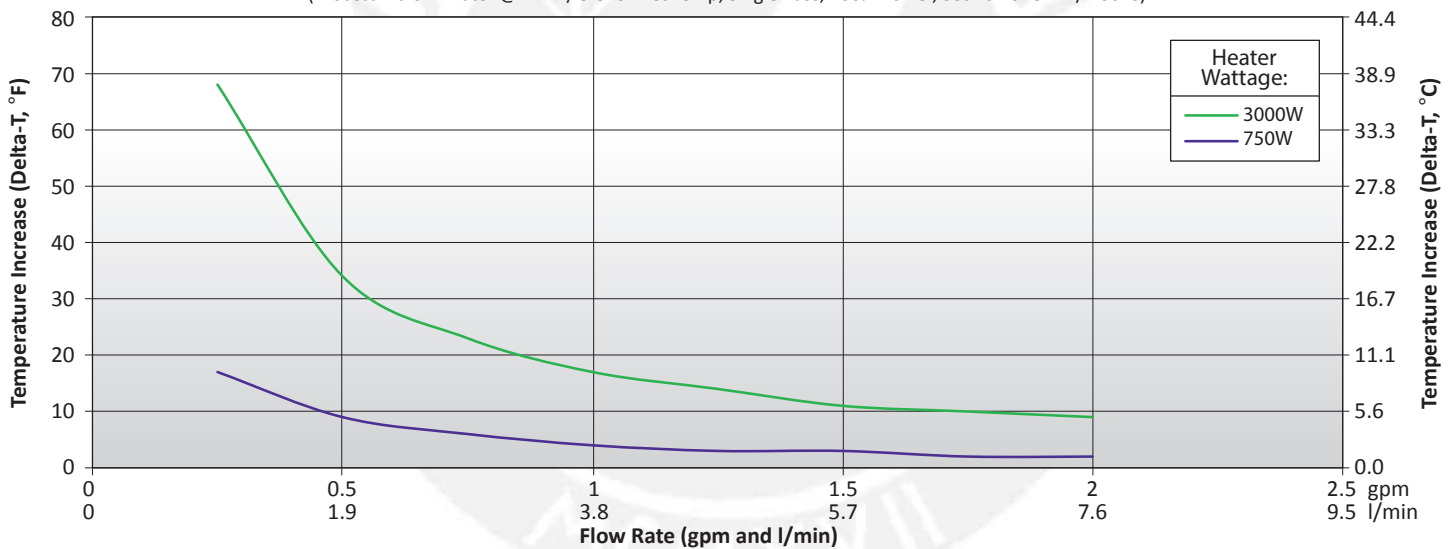


**GENERAL-PURPOSE (NEMA 1) NO THERMOSTAT**



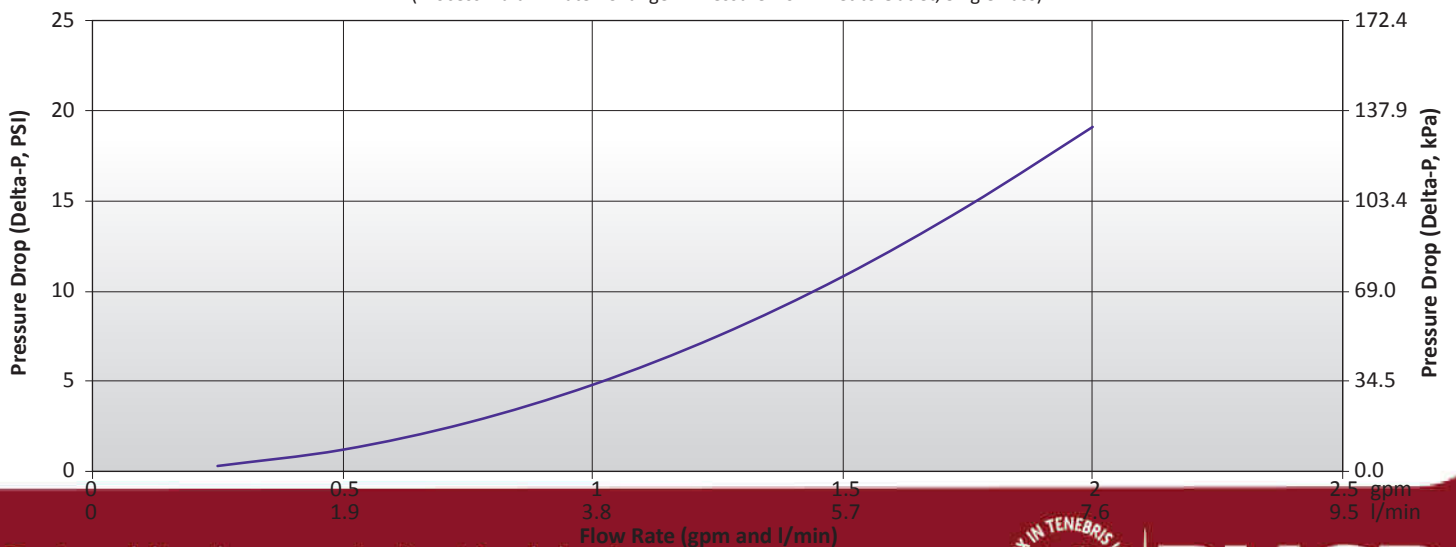
**CAST-X 1000 Heating Profile: Delta-T Water**

(Process Fluid = Water @ 42°F / 5.6°C Inlet Temp, Single Pass, 100% Power, Set Point 752°F / 400°C)

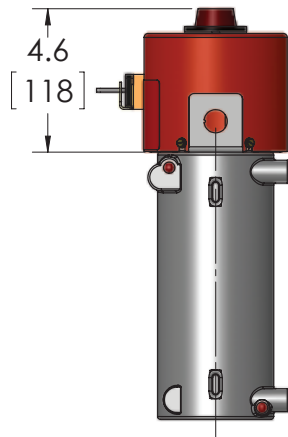


**CAST-X 1000 Pressure Drop Profile: Delta-P Water**

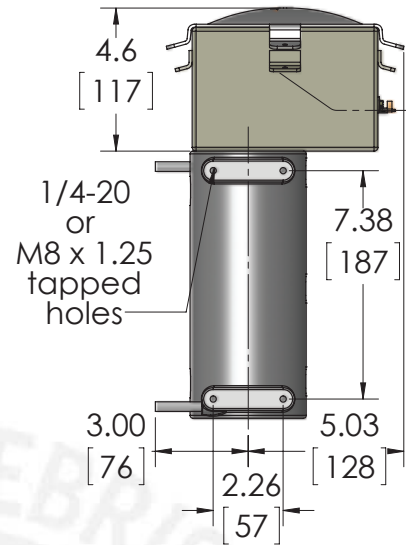
(Process Fluid = Water. Change in Pressure from Inlet to Outlet, Single Pass)



**GENERAL-PURPOSE (NEMA 1) WITH THERMOSTAT**

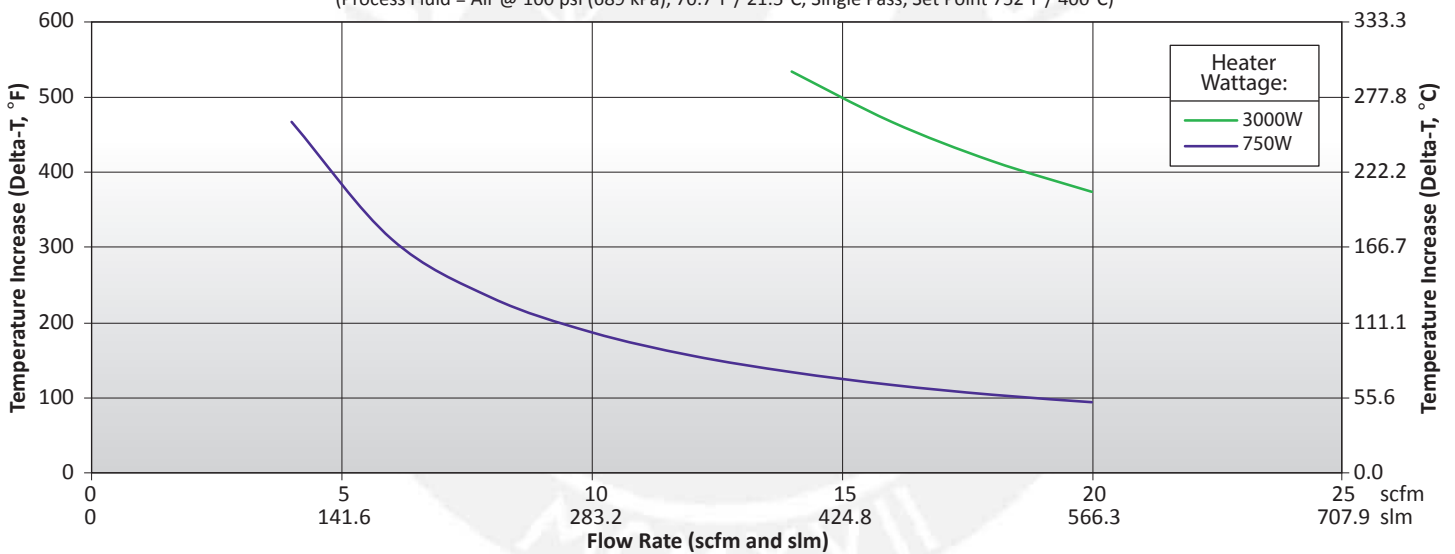


**MOISTURE-RESISTANT (NEMA 4) WITH OR WITHOUT THERMOSTAT**



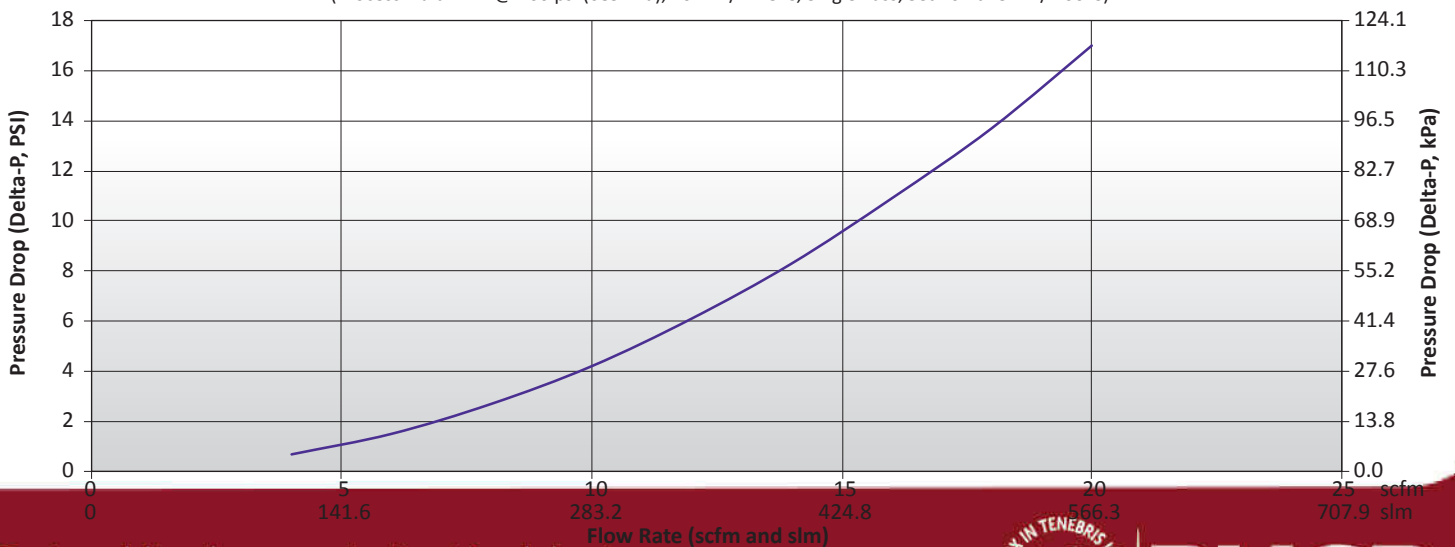
**CAST-X 1000 Heating Profile: Delta-T Air**

(Process Fluid = Air @ 100 psi (689 kPa), 70.7°F / 21.5°C, Single Pass, Set Point 752°F / 400°C)



**CAST-X 1000 Heating Profile: Delta-P Air**

(Process Fluid = Air @ 100 psi (689 kPa), 70.7°F / 21.5°C, Single Pass, Set Point 752°F / 400°C)



# CAST-X 1000 Circulation Heater

Engineering Expertise • Speed to Market • Operational Excellence

Cast Aluminum Solutions (CAS) manufactures the CAST-X line of circulation heaters, plus a broad range of heating, cooling, and non-thermal components. We are relied upon by OEMs and end-users alike throughout the semiconductor, medical device, aerospace, industrial gas, fluid-handling, food equipment, and energy markets.

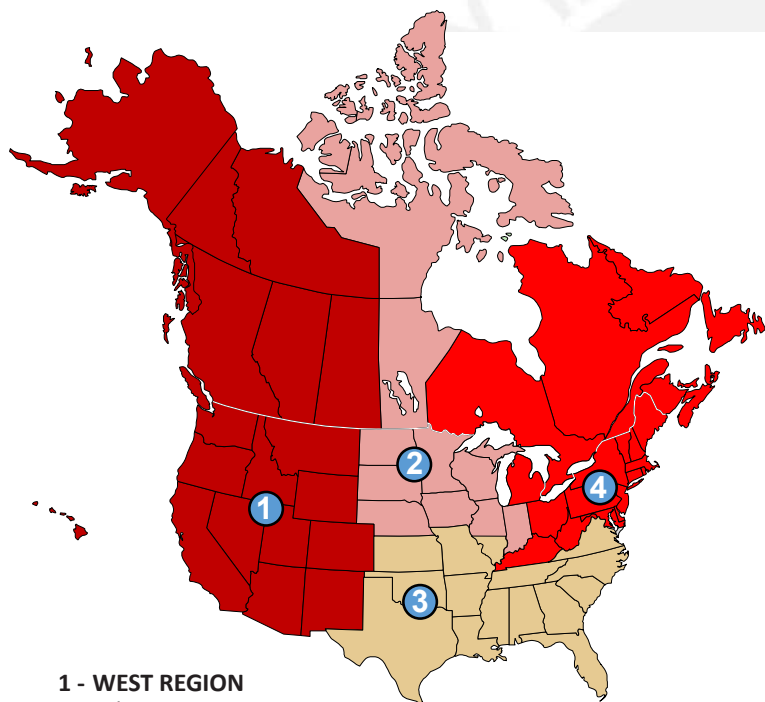
Our multi-discipline team of engineers and technicians works closely with customers to develop practical solutions to complex process challenges. We utilize industry standard applications such as Finite Element Analysis (FEA), SolidWorks® 3-D CAD technology, and a range of structural analysis & thermal modeling tools.

CAS is an ISO 9001 Certified company with a fully-equipped R&D facility. Testing capabilities include X-Ray, ultrasound, helium leak, and infra-red technology, plus the latest coordinate measuring machines (CMM). Our in-house casting facility utilizes a permanent mold low-pressure casting process which reliably produces low-porosity, high-quality aluminum products. We offer an array of precision CNC machining options, finishing options such as electroless nickel plating, Teflon® coatings, clear-coat and hard-coat anodizing, plus high-value-added testing and inspection services.

Headquartered in Batavia, Illinois (just outside Chicago) we serve customers worldwide.

See the below map to locate a Sales Engineer, or contact CAS directly. We look forward to working with you.

With offices worldwide, the CAS Team of knowledgeable and experienced representatives is ready to assist with your project.



#### 1 - WEST REGION

Tel: 714-935-2999

#### 2 - MIDWEST REGION

Chicago Tel: 847-458-1500  
Minneapolis Tel: 952-892-9222

#### 3 - SOUTH REGION

Tel: 678-951-8120

#### 4 - NORTHEAST REGION

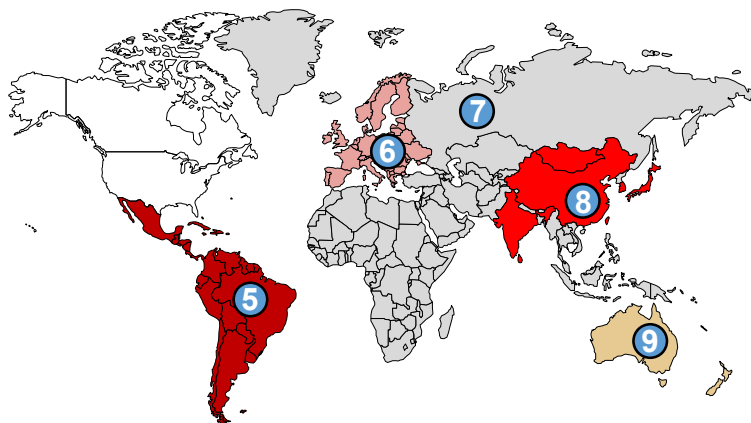
Tel: 513-398-5500

#### ENERGY PROCESS DIVISION

Tel: 866-948-1708

#### SEMICONDUCTOR DIVISION

Tel: 408-754-3370



**5 - MEXICO, CENTRAL and SOUTH AMERICA**  
Tel: +52 442-256-2200

**6 - EUROPE**  
**France**  
Tel: +33 (0) 1-41-32-79-70

**Germany**  
Tel: +49 7253-9400-0

**Italy**  
Tel: +39 02-458-8841

**Spain**  
Tel: +34 91-675-1292

**United Kingdom**  
Tel: +44 115-964-0777

**7 - RUSSIA, AFRICA & MIDDLE-EAST**  
Tel: +1 630-879-2696

**8 - ASIA**  
**China**  
Tel: +86 21-3532-8532

**Japan**  
Tel: +81 3-3518-6630

**Korea**  
Tel: +82 2-2169-2600

**Taiwan**  
Tel: +866 7-288-5168

**India**  
Tel: +91 40-666-12700

**9 - AUSTRALIA & NZ**  
Tel: +61 3-9335-6449



**CAST ALUMINUM**

**Solutions**

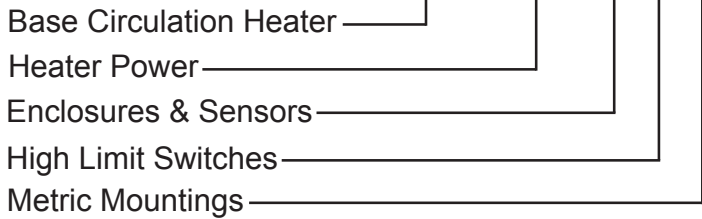
Tel: 630-879-2696 • Sales@CastAluminumSolutions.com • www.CastAluminumSolutions.com • 1310 Kingsland Drive • Batavia, Illinois 60510 USA

Tesis publicada con autorización del autor  
No olvide citar esta tesis



**PUCP**

## BX8L4M AAAA-BBCC-D



### Building a CAST-X 1000 Part Number

Use the graphs below to build your CAST-X 1000. Assigning numbers for sections AAAA, BB and CC.

If you need metric mountings, assign "M" to section D. If metric mounts are not required, leave section D blank.

For assistance, contact CAS directly.

### VOLTAGE, POWER, CIRCUIT TYPE

*Volts refers to line volts ( $V_L$ ). Amps refers to line current ( $I_L$ ).*

| Section "AAAA" | Volts (V) | Watts (W) | Circuit Type (all are single circuit) | Amps (A) |
|----------------|-----------|-----------|---------------------------------------|----------|
| 200A           | 240       | 3000      | SINGLE PHASE                          | 12.5     |
| 200D           | 240       | 750       | SINGLE PHASE                          | 3.1      |
| 200B           | 480       | 3000      | SINGLE PHASE                          | 6.3      |
| 200C           | 120       | 750       | SINGLE PHASE                          | 6.3      |

### ENCLOSURES AND SENSORS

*All thermocouples are ungrounded, for optimal performance*

| Section "BB" | Description                                      | Thermocouple Qty. | Enclosure    |
|--------------|--|-------------------|--------------|
| 00           | NO SENSOR  | 0                 | NO ENCLOSURE |
| S2           | 30 TO 250°F (-1 TO 121°C) SINGLE POLE THERMOSTAT | 1                 | NEMA 1       |
| SJ           | J-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 1       |
| SK           | K-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 1       |
| W0           | NO SENSOR  | 0                 | NEMA 4       |
| W2           | 30 TO 250°F (-1 TO 121°C) SINGLE POLE THERMOSTAT | 1                 | NEMA 4       |
| WJ           | J-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 4       |
| WK           | K-TYPE THERMOCOUPLE IN THERMOWELL                | 1                 | NEMA 4       |

### SNAP ACTION HIGH LIMITS SWITCHES

*Pilot duty only*

| Section "CC" | Switch                      |
|--------------|-----------------------------|
| 00           | NONE                        |
| 01           | MANUAL RESET, 260°F (127°C) |

### METRIC MOUNTING HOLES

*Place an "M" in section D if metric mounting holes are required.*

*If standard Imperial mounting holes are desired, section D can be left blank*

| Section "D" | Metric Mounting Holes                  |
|-------------|--|
| M           | M8 X 1.25 METRIC TAPPED MOUNTING HOLES |

### CUSTOM DESIGNS & COMPONENTS

*CAS offers several options for special tubes, sensors, and finishes.*

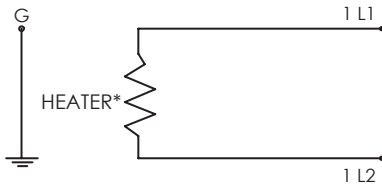
*For these options, please call a CAS Representative for a quote.*

| Options                              |   |
|--------------------------------------|---|
| INCONEL, MONEL OR HASTELLOY TUBES    | RTDS (RESISTANCE TEMPERATURE DETECTORS) |
| ELECTRO-POLISHED OR PASSIVATED TUBES | SPECIAL HIGH-LIMIT SWITCHES             |
| THICK WALL TUBES                     | NPT FITTINGS                            |

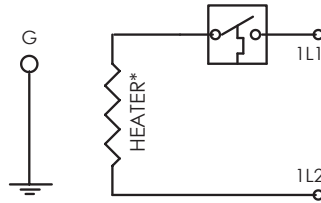
### ACCESSORIES

*These PNs are totally separate from the PNs for the heater*

| Part Number | Component   |
|-------------|---|
| 274-55-6-4  | COMPRESSION FITTINGS (HIGH PRESSURE) / PAIR (SHIPPED LOOSE) |
| 307-0-2-1   | INSULATION JACKET, MAXIMUM TEMPERATURE 400°F (204°C)        |
| 307-0-20-1  | INSULATION JACKET, MAXIMUM TEMPERATURE 1112°F (600°C)       |



SINGLE PHASE CIRCUIT



SINGLE PHASE CIRCUIT WITH SWITCH

CAST-X 1000 Available Circuit Types

The CAST-X 1000 is manufactured with a single heating element, and is offered with or without a thermostat.

Refer to I&M Manual for further details on wiring of snap-action switches and thermostats (if applicable).



NO ENCLOSURE OPTION



NEMA 1 ENCLOSURE WITH THERMOSTAT



NEMA 4 ENCLOSURE, WITH THERMOSTAT INSIDE ENCLOSURE

Need Help with Part Numbers or Engineering Calculations?

One of the key advantages of working with CAS is the accessibility of our team and ability to offer assistance. The CAS Team is ready and available to help you work through part number configurations, provide engineering advice, and ensure customers purchase the heater most appropriate for their particular application.

CAS Engineers are accustomed to working closely with customers to generate accurate calculations and models. We have a range of powerful tools at our disposal, including Finite Element Analysis (FEA) software, 3-D CAD applications, and infra-red thermal testing.

Our mission is developing solutions, from concept to reality. So feel free to contact the CAS Team directly:



Main Tel: 630-879-2696  
 Toll-Free: 888-367-3992  
 Sales@CastAluminumSolutions.com  
 www.CastAluminumSolutions.com





Cast Aluminum Solutions  
1310 Kingsland Drive, Darien, IL 60561

October 24, 2016

Terms: 30 Days Net  
Quote Expires in 30 Days  
FOB: Batavia, IL

Quotation No.: PUCP-1

To: Jhul Ochoa / PUCP  
Date: 24-10-2016  
From: Jeffrey Awe / CAS

| Item # | Quantity | Part Number / Description   | Price Each Heater (U.S. Dollars) |
|--------|----------|---|----------------------------------|
| 1      | 1 pcs.   | <b>Cast-X 2000 In-Line Circulation Heater</b><br><b>Part Number: BX13J4G300K-SJ01</b><br>- 240 Volt, Single Phase Circuit: 2 kW total power (2000 watts)<br>- NEMA 1 "General Purpose" electrical housing<br>- One Thermocouple "Type J"<br>- Snap Action High Limit Switch: Manual Reset, Set to 127°C/260°F<br>- Stainless Steel 316L Flow-Tube, Seamless: 4300 PSI / 295 Bar<br><br><i>Approximate weight for shipping: 20 kilos</i><br><i>Shipping Package: Heavy Duty Box: 66 x 30 x 30 cm</i> | \$ 1635.00                       |
| 2      | 1 pcs.   | <b>Cast-X 1000 In-Line Circulation Heater</b><br><b>Part Number: BX8L4M200A-SJ01</b><br>- 240 Volt, Single Phase Circuit: 3 kW total power (3000 watts)<br>- NEMA 1 "General Purpose" electrical housing<br>- One Thermocouple "Type J"<br>- Snap Action High Limit Switch: Manual Reset, Set to 127°C/260°F<br>- Stainless Steel 316L Flow-Tube, Seamless: 2100 PSI / 144 Bar<br><br><i>Approximate weight for shipping: 10 kilos</i><br><i>Shipping Package: Heavy Duty Box: 45 x 30 x 30 cm</i>  | \$ 1087.00                       |
|        |          | <b>Notes:</b><br><i>Payment: As with all new customers, payment is due in advance. After payment is received, production will begin.</i><br><i>Production Time: 2-3 weeks, after order completion</i><br><i>Shipping: Cost does not include shipping. Recommended shipping approach would be UPS.</i>   |                                  |

We appreciate this opportunity to quote this project for you. Please call or email with any questions. This quote is subject to **Cast Aluminum Solutions, LLC** standard Terms and Conditions.

**Jeffrey Awe**  
Product Manager  
Tel: 630-482-5325  
[jawe@castaluminumsolutions.com](mailto:jawe@castaluminumsolutions.com)

**Cast Aluminum Solutions, LLC**  
An ISO 9001 Company  
[www.castaluminumsolutions.com](http://www.castaluminumsolutions.com)





## ANEXO 9: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL SEPARADOR

### 9.1 SEPARADOR CICLÓNICO

Se adjunta respecto al separador ciclónico:

- Memoria de cálculo realizada por el Ing. José Carlos Macavilca.
- Planos del separador



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL SEPARADOR CICLÓNICO

**NOTA:** Los cálculos a continuación se desarrollaron con el software Mathcad, donde se representa la multiplicación entre magnitudes escalares con un punto (•).

### 1.1 Dimensionamiento

Se tomaran los siguientes datos de entrada:

|                                    |  |   |
|------------------------------------|--|---|
| Presión de entrada:                | $p_e := 60 \text{ bar}$                          |   |
| Flujo másico del CO <sub>2</sub> : | $m_{gas\_h} := 40 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$    | $m_{gas} := \frac{m_{gas\_h}}{3600} = 0.011 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ |
| Densidad del CO <sub>2</sub> :     | $\rho_{gas} := 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ | (punto 7 Extraído del gráfico p-h)                                      |
| Densidad del extracto              | $\rho_{ex} := 0.757 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$  | $\rho_{ex} := 757 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$                         |

Basándose en las medidas de un ciclón de alta eficiencia tipo SWIFT, las medidas del ducto de entrada son las siguientes:  $a=0.44D_c$  ;  $b=0.21D_c$

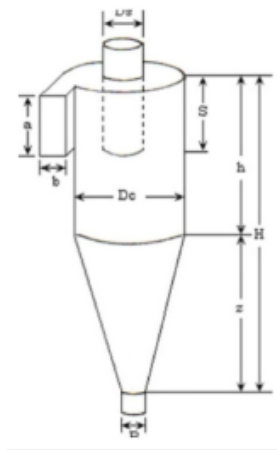


Figura 1. 1. Medidas ciclón tipo SWIFT [1].

Con el fin de obtener el efecto de vórtice dentro del ciclón, la velocidad de entrada debe estar entre 15 y 25 m/s [3]. En este caso se considerará una velocidad de 15 m/s.

$$v_{gas} := 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$D_c := \sqrt{\frac{m_{gas}}{0.44 \cdot 0.21 \cdot \rho_{gas} \cdot v_{gas}}} = 0.006 \text{ m}$$

Este valor es mucho menor al diámetro mínimo requerido por la norma ASME (150 mm). Por tal motivo, se trabajará con este valor y asimismo, se mantendrá la velocidad del CO2 a la entrada del ciclón de por lo menos 15 m/s. Es preciso considerar que el diámetro de la tubería de CO2 es 1/2" (12.7 mm). Por ello, se trabajará con una tobera de inyección del CO2 dentro del cuerpo del ciclón. La tobera tendrá como medidas de diámetros internos 1/2" y 2 mm. Se procede a calcular la velocidad del CO2:

$$v_{gas} := \frac{m_{gas}}{\rho_{gas} \cdot \pi \cdot \frac{2^2}{4} \cdot \frac{1}{10^6}} = 17.684 \quad \frac{m}{s}$$

Es decir, a esa velocidad de ingreso para el diámetro de la tobera, se verifica que el flujo de CO2 ingresa a una velocidad dentro del rango. El diámetro circular del ciclón se considera es el siguiente:

$$D_c := 197 \quad mm$$

Medidas adicionales del ciclón:

$$S := 0.5 \cdot D_c = 99 \quad mm$$

$$D_s := 0.4 \cdot D_c = 79 \quad mm$$

$$h := 1.4 \cdot D_c = 276 \quad mm$$

$$z := 2.5 \cdot D_c = 493 \quad mm$$

$$H := 3.9 \cdot D_c = 768 \quad mm$$

$$B := 0.4 \cdot D_c = 79 \quad mm$$

De lo anterior, las relaciones entre a, b y el diámetro circular del ciclón se muestran a continuación:

$$K_a := \frac{2}{150} = 0.013 \quad K_b := K_a = 0.013$$

## 1.2 Pérdida de carga

$$\Delta P := \frac{9.24}{2} \cdot \rho_{gas} \cdot \frac{v_{gas}^2}{10^5} = 6.70 \quad Bar$$

### 1.3 Cálculo de espesor de pared

En el punto 7 del diagrama termodinámico:  $p := 60$  **Bar**  $Temp := 30$  **°C**

Se considera como presión de diseño el 130% de la presión de trabajo, es decir:

$$p_{d_b} := 1.3 \cdot 60 = 78 \quad \text{Bar} \quad p_d := p_{d_b} \cdot 0.1 = 7.8 \quad \text{MPa}$$

Al estar en contacto con el extracto, el material del ciclón debe ser de inoxidable para de esta manera evitar contaminarlo. El material preseleccionado es AISI 316L, cuyo esfuerzo admisible para la temperatura dada es el siguiente:

$$\sigma_{Adm} := 115 \quad \text{MPa} \quad (\text{Extraído de la tabla de materiales ferrosos de ASME sección VIII división 1})$$

$$E := 0.85 \quad (\text{Eficiencia de la junta para unión soldada, tabla UW-12 de ASME sección VIII división 1})$$

El espesor en la zona cilíndrica se calcula con la expresión siguiente, según ASME:

$$t_{min} := \frac{D_c}{2} \cdot \frac{p_d}{\sigma_{Adm} \cdot E - 0.6 \cdot p_d} = 8.255 \quad \text{mm}$$

En la parte cónica, el cálculo del espesor toma en cuenta el ángulo de inclinación, según ASME:

$$\alpha_r := \text{atan} \left( \frac{D_c - B}{2 \cdot z} \right) = 0.119 \quad \alpha := \alpha_r \cdot \frac{180}{\pi} = 6.843 \quad \text{deg}$$

$$t_{min_c} := \frac{D_c}{2} \cdot \frac{p_d}{(\sigma_{Adm} \cdot E - 0.6 \cdot p_d) \cdot \cos(\alpha)} = 9.741 \quad \text{mm}$$

Por el momento, se considerará este valor como el espesor de la sección cónica. Esta medida de se verificará en las líneas siguientes.

En adelante se verificará la longitud de la parte cónica según la norma ASME. Ésta debe cumplir la siguiente relación:

$$L_C > 2 \cdot \sqrt{\frac{R_L \cdot t_C}{\cos \left( \alpha \cdot \frac{\pi}{180} \right)}} + 1.4 \cdot \sqrt{\frac{R_S \cdot t_C}{\cos \left( \alpha \cdot \frac{\pi}{180} \right)}}$$

Donde:

$$R_L := \frac{D_c}{2} = 98.5 \quad \text{mm} \quad R_S := \frac{B}{2} = 39.4 \quad \text{mm} \quad t_C := t_{\min_c} \quad \text{mm} \quad L_C := z = 492.5 \quad \text{mm}$$

$$2 \cdot \sqrt{\frac{R_L \cdot t_C}{\cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}} + 1.4 \cdot \sqrt{\frac{R_S \cdot t_C}{\cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}} = 89.697 \quad \text{mm}$$

Por lo tanto, la longitud de la sección cónica cumple la recomendación de la norma.

#### 1.4 Cálculo de la eficiencia de extracción

En primer lugar, se calculará la viscosidad del CO<sub>2</sub> mediante la ecuación de Chapman-Enskog.

Temperatura del CO<sub>2</sub> en Kelvin:  $T_{emp\_K} := Temp + 273 = 303 \quad K$

Masa Molar (M):  $M := 44.01 \quad \frac{g}{mol}$

De la tabla 3, se extraen los siguientes parámetros correspondientes al CO<sub>2</sub>:

$$b_0 := 77.25 \quad \frac{cm^3}{gmol} \quad \sigma := 3.941 \quad A^\circ \quad \varepsilon_{o\_k} := 195.2 \quad K$$

De la tabla 4, se calcula la función integral de colisión:

$$\frac{T_{emp\_K}}{\varepsilon_{o\_k}} = 1.552 \quad \Omega_\mu := 1.296$$

Tabla 3. Potenciales de Lennard-Jones determinados a partir de datos de viscosidad

| Molécula                          | Compuesto                | $b_0, \text{cm}^3/\text{gmol}$ | $\sigma, \text{A}$ | $\epsilon_0/k, ^\circ\text{K}$ |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| A                                 | Argón                    | 46,08                          | 3,542              | 93,3                           |
| He                                | Helio                    | 20,95                          | 2,551              | 10,22                          |
| Kr                                | Criptón                  | 61,62                          | 3,655              | 178,9                          |
| Ne                                | Neón                     | 28,30                          | 2,820              | 32,8                           |
| Xe                                | Xenón                    | 83,66                          | 4,047              | 231,0                          |
| Aire                              | Aire                     | 64,50                          | 3,711              | 78,6                           |
| AsH <sub>3</sub>                  | Arsina                   | 89,88                          | 4,145              | 259,8                          |
| BCl <sub>3</sub>                  | Cloruro de Boro          | 170,1                          | 5,127              | 337,7                          |
| BF <sub>3</sub>                   | Fluoruro de Boro         | 93,35                          | 4,198              | 186,3                          |
| B(OCH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> | Borato Metílico          | 210,3                          | 5,503              | 396,7                          |
| Br <sub>2</sub>                   | Bromo                    | 100,1                          | 4,296              | 507,9                          |
| CCl <sub>4</sub>                  | Tetracloruro de Carbono  | 265,5                          | 5,947              | 322,7                          |
| CF <sub>4</sub>                   | Tetrafluoruro de Carbono | 127,9                          | 4,662              | 134,0                          |
| CHCl <sub>3</sub>                 | Cloroformo               | 197,5                          | 5,389              | 340,2                          |
| CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>   | Cloruro de metileno      | 148,3                          | 4,898              | 356,3                          |
| CH <sub>3</sub> Br                | Bromuro de metilo        | 88,14                          | 4,118              | 449,2                          |
| CH <sub>3</sub> Cl                | Cloruro de Metilo        | 92,31                          | 4,182              | 350                            |
| CH <sub>3</sub> OH                | Metanol                  | 60,17                          | 3,626              | 481,8                          |
| CH <sub>4</sub>                   | Metano                   | 66,98                          | 3,758              | 148,6                          |
| CO                                | Monóxido de Carbono      | 63,41                          | 3,690              | 91,7                           |
| COS                               | Sulfuro de Carbonilo     | 88,91                          | 4,130              | 336,0                          |
| CO <sub>2</sub>                   | Dióxido de Carbono       | 77,25                          | 3,941              | 195,2                          |
| CS <sub>2</sub>                   | Disulfuro de Carbono     | 113,7                          | 4,483              | 467                            |

Cálculo de la viscosidad del gas CO2:

$$\text{viscosidad}_{\text{gas}} := 2.6693 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\sqrt{M \cdot T_{\text{emp}_K}}}{\sigma^2 \cdot Q_\mu} = 1.531 \cdot 10^{-4} \quad P$$

Diámetro externo de la partícula (caso extremo):  $D_{\text{ex}} := 2 \cdot 10^{-6} \quad m$

Diámetro ciclón en metros:  $D_{c\_m} := \frac{D_c}{1000} = 0.197 \quad m$

Número de vórtices:  $N_v := 6$

Tabla 4. Valores de la integral de colisión  $\Omega_c$  para la viscosidad y de la función de temperatura y viscosidad  $f_i(kT/\epsilon_0)$  Basados en el potencial de Lennard-Jones.

| $T^* = kT/\epsilon_0$ | $\Omega_c$ | $f_i(kT/\epsilon_0)$ | $kT/\epsilon_0$ | $\Omega_c$ | $f_i(kT/\epsilon_0)$ | $kT/\epsilon_0$ | $\Omega_c$ | $f_i(kT/\epsilon_0)$ |
|-----------------------|------------|----------------------|-----------------|------------|----------------------|-----------------|------------|----------------------|
| 0,30                  | 2,785      | 0,1969               | 1,65            | 1,264      | 1,0174               | 4,0             | 0,9700     | 2,0719               |
| 0,35                  | 2,628      | 0,2252               | 1,70            | 1,248      | 1,0453               | 4,1             | 0,9649     | 2,1090               |
| 0,40                  | 2,492      | 0,2540               | 1,75            | 1,234      | 1,0729               | 4,2             | 0,9600     | 2,1457               |
| 0,45                  | 2,368      | 0,2834               | 1,80            | 1,221      | 1,0999               | 4,3             | 0,9553     | 2,1820               |
| 0,50                  | 2,257      | 0,3134               | 1,85            | 1,209      | 1,1264               | 4,4             | 0,9507     | 2,2180               |
| 0,55                  | 2,156      | 0,3440               | 1,90            | 1,197      | 1,1529               | 4,5             | 0,9464     | 2,2536               |
| 0,60                  | 2,065      | 0,3751               | 1,95            | 1,186      | 1,1790               | 4,6             | 0,9422     | 2,2888               |
| 0,65                  | 1,982      | 0,4066               | 2,00            | 1,175      | 1,2048               | 4,7             | 0,9382     | 2,3237               |
| 0,70                  | 1,908      | 0,4384               | 2,10            | 1,156      | 1,2558               | 4,8             | 0,9343     | 2,3583               |
| 0,75                  | 1,841      | 0,4704               | 2,20            | 1,138      | 1,3057               | 4,9             | 0,9305     | 2,3926               |
| 0,80                  | 1,780      | 0,5025               | 2,30            | 1,122      | 1,3547               | 5,0             | 0,9269     | 2,4264               |
| 0,85                  | 1,725      | 0,5346               | 2,40            | 1,107      | 1,4028               | 6,0             | 0,8963     | 2,751                |
| 0,90                  | 1,675      | 0,5566               | 2,50            | 1,093      | 1,4501               | 7,0             | 0,8727     | 3,053                |
| 0,95                  | 1,629      | 0,5985               | 2,60            | 1,081      | 1,4962               | 8,0             | 0,8538     | 3,337                |
| 1,00                  | 1,587      | 0,6302               | 2,70            | 1,069      | 1,5417               | 9,0             | 0,8379     | 3,607                |
| 1,05                  | 1,549      | 0,6616               | 2,80            | 1,058      | 1,5861               | 10              | 0,8242     | 3,866                |
| 1,10                  | 1,514      | 0,6928               | 2,90            | 1,048      | 1,6298               | 20              | 0,7432     | 6,063                |
| 1,15                  | 1,482      | 0,7237               | 3,00            | 1,039      | 1,6728               | 30              | 0,7005     | 7,880                |
| 1,20                  | 1,452      | 0,7544               | 3,10            | 1,030      | 1,7154               | 40              | 0,6718     | 9,488                |
| 1,25                  | 1,424      | 0,7849               | 3,20            | 1,022      | 1,7573               | 50              | 0,6504     | 10,958               |
| 1,30                  | 1,399      | 0,8151               | 3,30            | 1,014      | 1,7983               | 60              | 0,6335     | 12,324               |
| 1,35                  | 1,375      | 0,8449               | 3,40            | 1,007      | 1,8388               | 70              | 0,6194     | 13,615               |
| 1,40                  | 1,353      | 0,8744               | 3,50            | 0,9999     | 1,8789               | 80              | 0,6076     | 14,839               |
| 1,45                  | 1,333      | 0,9026               | 3,60            | 0,9932     | 1,9186               | 90              | 0,5973     | 16,010               |
| 1,50                  | 1,314      | 0,9325               | 3,70            | 0,9870     | 1,9576               | 100             | 0,5882     | 17,137               |
| 1,55                  | 1,296      | 0,9611               | 3,80            | 0,9811     | 1,9962               | 200             | 0,5320     | 26,80                |
| 1,60                  | 1,279      | 0,9894               | 3,90            | 0,9755     | 2,0343               | 400             | 0,4811     | 41,90                |

Ancho del ducto de entrada:  $b := 0.002 \quad m$

Caudal de gas (Q):  $Q := \frac{m_{gas}}{\rho_{gas}} = 5.556 \cdot 10^{-5} \quad \frac{m^3}{s}$

Diámetro de corte:  $d_{cut} := \sqrt{\frac{9 \cdot \text{viscosidad}_{gas} \cdot 0.002}{2 \cdot N_e \cdot \pi \cdot v_{gas} \cdot (\rho_{ex} - \rho_{gas})}} = 8.616 \cdot 10^{-7} \quad m$

Eficiencia del ciclón, según Theodore y De Paola [3]:

$$\eta := \frac{\left(\frac{D_{ex}}{d_{cut}}\right)^2}{1 + \left(\frac{D_{ex}}{d_{cut}}\right)^2} = 0.843$$

En vista de que la eficiencia de captación del ciclón es 84%, se utilizará en serie con otro ciclón con el fin de aumentar la captación del extracto en la separación. Este arreglo es muy utilizado en plantas de extracción por fluido supercrítico.

### 1.5 Cálculo de espesor de la cabeza elipsoidal

En la parte superior del ciclón se considerará una. Según la norma, se calculará primero el parámetro K que depende del diámetro y la altura h.

$$D_e := D_c = 197 \quad \text{mm}$$

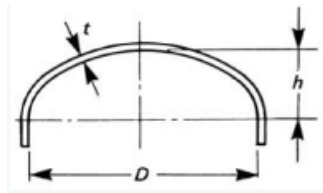


Figura 1. 2. Dimensiones cabeza elipsoidal a presión [1].

La altura de la elipsoide se estima del siguiente valor:

$$h_c := 45 \quad \text{mm}$$

Con lo cual se estima el parámetro K:

$$\frac{D_e}{2 \cdot h_c} = 2.189$$

Con este valor se busca en la tabla 1-4.1 de la división 1 de la norma para obtener el parámetro K:

| VALUES OF FACTOR K<br>(Use Nearest Value of $D/2h$ ; Interpolation Unnecessary) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $D/2h$  | 3.0  | 2.9  | 2.8  | 2.7  | 2.6  | 2.5  | 2.4  | 2.3  | 2.2  | 2.1  | 2.0  |
| K   | 1.83 | 1.73 | 1.64 | 1.55 | 1.46 | 1.37 | 1.29 | 1.21 | 1.14 | 1.07 | 1.00 |
| $D/2h$  | 1.9  | 1.8  | 1.7  | 1.6  | 1.5  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 1.1  | 1.0  | ...  |
| K   | 0.93 | 0.87 | 0.81 | 0.76 | 0.71 | 0.66 | 0.61 | 0.57 | 0.53 | 0.50 | ...  |

De lo anterior:

$$K := 1.14$$

$$t := \frac{p_d \cdot D_e \cdot K}{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E - 0.2 \cdot p_d} = 9.032 \quad \text{mm}$$

De lo anterior, el espesor de la plancha mínima debe ser 9 mm. Sin embargo, como se verá más adelante, el espesor del elipsoide se considerará en 12 mm.

### 1.6 Selección brida superior

Debido al empalme interno que debe tener la brida con la pared del ciclón, el material de aquella debe ser también de acero inoxidable. Por tal motivo, se selecciona el acero 316. Según la norma ASME B 16.5, la presión máxima que puede soportar una brida de una clase dada está en relación con la presión y temperatura. En el punto 6, las propiedades son las siguientes:

$$p_d = 7.8 \quad \text{MPa} \quad \text{Temp} := 30 \quad \text{°C}$$



Con estos valores se busca en la tabla 1, donde se selecciona como clase 600 para todas las bridas que se soldarán al ciclón. Por otro lado, la norma recomienda ciertos tipos de empalmes entre la pared del recipiente y la brida; de los cuales, se selecciona el de la figura 1.1. El espesor de la garganta del cordón se calcula con el parámetro  $c$ :

$c$  = basic dimension used for the minimum sizing of welds equal to  $t_n$  or  $t_x$ , whichever is less  
(Extraídos de la norma ASME Sec. VIII)

$t_n$  = nominal thickness of shell or nozzle wall to which flange or lap is attached  
 $t_x$  = two times the thickness  $g_0$ , when the design is calculated as an integral flange or two times the thickness of shell nozzle wall required for internal pressure, when the design is calculated as a loose flange, but not less than  $\frac{1}{4}$  in. (6 mm)

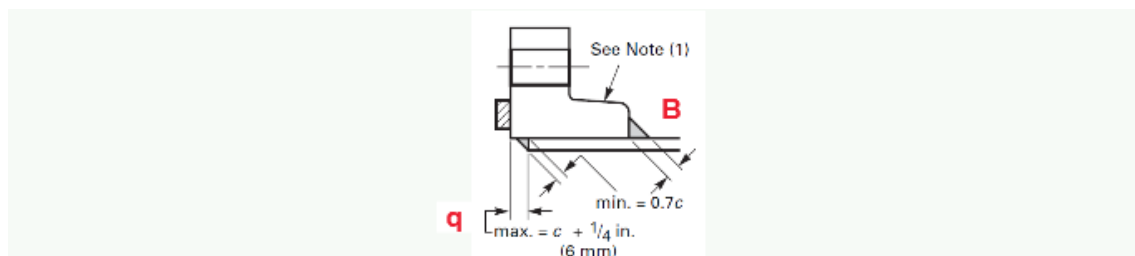


Figura 1. 3. Detalle de unión soldada entre pared y brida. [Extraído de la norma ASME Sec. VIII].

De lo anterior:

$$t_n := 12 \text{ mm} \quad t_x := 2 \cdot 8 = 16 \text{ mm}$$

Por tal motivo:

$$c := t_n = 12 \text{ mm}$$

De la figura 2.f.3, el espesor mínimo de garganta para ambos cordones es  $0.7c = 8.4$  mm. En vista de que el espesor de pared es 12 mm, se selecciona un espesor de filete de 12 mm (garganta = 8.5 mm).

La distancia mínima "q" de la figura 2.f.3 es la siguiente:

$$q := c + 6 = 18 \text{ mm}$$

Tabla 1. 1. Ratings de presión y temperatura. [Extraído de la norma ASME B16.5]

Table 2-2.2 Pressure-Temperature Ratings for Group 2.2 Materials

| Nominal Designation               | Forgings                              | Castings                                 | Plates                              |      |       |       |       |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 16Cr-12Ni-2Mo                     | A 182 Gr. F316 (1)<br>A 182 Gr. F316H | A 351 Gr. CF3M (2)<br>A 351 Gr. CF8M (1) | A 240 Gr. 316 (1)<br>A 240 Gr. 316H |      |       |       |       |
| 18Cr-13Ni-3Mo                     | A182Gr. F317 (1)                      |  | A 240 Gr. 317 (1)                   |      |       |       |       |
| 19Cr-10Ni-3Mo                     |                                       | A 351 Gr. CG8M (3)                       |                                     |      |       |       |       |
| Working Pressures by Classes, bar |                                       |  |                                     |      |       |       |       |
| Class<br>Temp., °C                | 150                                   | 300                                      | 400                                 | 600  | 900   | 1500  | 2500  |
| -29 to 38                         | 19.0                                  | 49.6                                     | 66.2                                | 99.3 | 148.9 | 248.2 | 413.7 |
| 50                                | 18.4                                  | 48.1                                     | 64.2                                | 96.2 | 144.3 | 240.6 | 400.9 |
| 100                               | 16.2                                  | 42.2                                     | 56.3                                | 84.4 | 126.6 | 211.0 | 351.6 |
| 150                               | 14.8                                  | 38.5                                     | 51.3                                | 77.0 | 115.5 | 192.5 | 320.8 |

## 1.7 Dimensiones de la sección cónica

Las medidas en las transiciones de las secciones cilíndricas y el cono se basarán en las figuras siguientes:

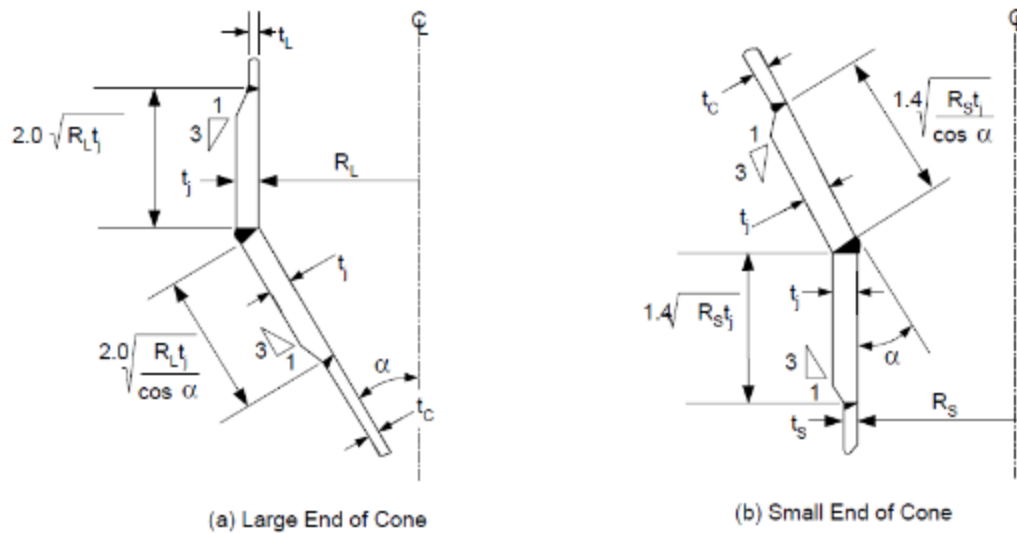


Figura 1. 4. Detalle de transiciones de la sección cónica. [Extraído de la norma ASME Sec. VIII].

Como se observa, se tiene un espesor mayor en las zonas de transición. En este caso, se trabajará el valor siguiente:

$$t_j := 12 \quad \text{mm}$$

$$R_L := \frac{D_c}{2} + 9.5 = 108 \quad \text{mm}$$

$$2 \cdot \sqrt{R_L \cdot t_j} = 90.333 \quad \text{mm} \quad 2 \cdot \sqrt{\frac{R_L \cdot t_j}{\cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}} = 90.656 \quad \text{mm}$$

$$R_s := \frac{B}{2} = 39.4 \quad \text{mm}$$

$$1.4 \cdot \sqrt{\frac{R_s \cdot t_j}{\cos\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}} = 30.551 \quad \text{mm} \quad 1.4 \cdot \sqrt{R_s \cdot t_j} = 30.442 \quad \text{mm}$$

Por lo anterior y para facilitar la fabricación del ciclón entero, se considerará un espesor fijo de 12 mm para la parte cónica.

#### 1.8 Dimensiones de los orificios de la lanza y ducto de salida

Según la norma ASME, las dimensiones de este tipo de empalmes se muestran en la figura siguiente:

FIG. UG-37.1 NOMENCLATURE AND FORMULAS FOR REINFORCED OPENINGS

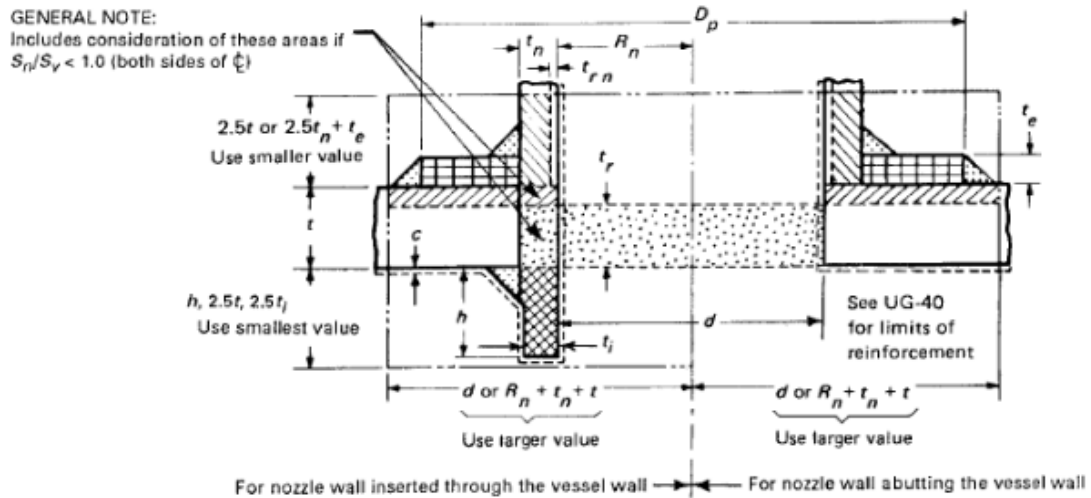


Figura 1. 5. Detalle empalme plancha y abertura. [Extraído de la norma ASME Sec. VIII].

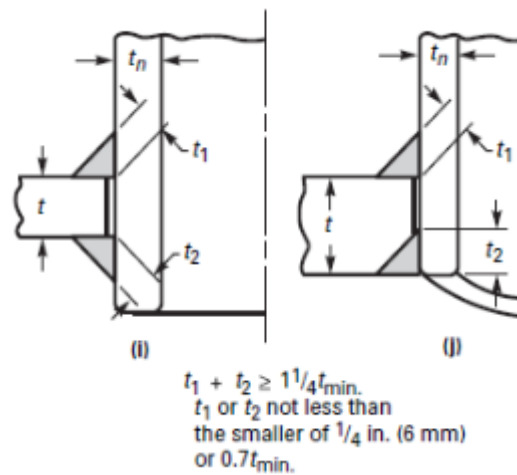


Figura 1. 6. Detalle inserto tubo con cabeza elipsoidal. [Extraído de la norma ASME Sec. VIII].

Se procede a calcular los espesores requeridos de la cabeza elipsoidal y tubo de ingreso:

Espesor requerido cabeza elipsoidal:

$$t_r := \frac{p_d \cdot D_e \cdot K}{2 \cdot \sigma_{Adm} \cdot E - 0.2 \cdot p_d} = 9.032 \quad \text{mm}$$

Espesor requerido tubo ingreso (1/2" Sch 40 AISI 316):

$$\phi_e := 0.840 \cdot 25.4 = 21.336 \quad \text{mm}$$

$$\phi_i := 0.622 \cdot 25.4 = 15.799 \quad \text{mm}$$

$$R_n := \frac{\phi_i}{2} = 7.899 \quad \text{mm}$$

$$t_{rn} := \frac{p_d \cdot R_n}{\sigma_{Adm} \cdot E - 0.6 \cdot p_d} = 0.662 \quad \text{mm}$$

El espesor mínimo (real) de los materiales a soldar:

$$t_n := \frac{\phi_e - \phi_i}{2} = 2.769 \quad \text{mm}$$

$$t_{min} := \min(9.5, t_n) = 2.769 \quad \text{mm}$$

El espesor de garganta de los cordones de soldadura ( $t_1$  y  $t_2$ ) deben satisfacer lo siguiente:

$$t_1 := \max(6.25, 0.7 \cdot t_{min}) = 6.25 \quad \text{mm} \quad t_2 := t_1 = 6.25 \quad \text{mm}$$

Se debe cumplir la siguiente relación:

$$t_1 + t_2 \geq 1.25 \cdot t_{min} = 1 \quad \text{OK!}$$

Relación entre esfuerzos admisibles de los materiales a soldar:

$$f_{r1} := 1 \quad f_{r2} := f_{r1} = 1$$

A continuación, se calculará las áreas de refuerzo requerido y disponible en la junta:

**Área de refuerzo requerido:**  $F := 1$

$$A := \phi_i \cdot t_r \cdot F + 2 \cdot t_n \cdot t_r \cdot F \cdot (1 - f_{r1}) = 142.699 \quad \text{mm}^2$$

**Área de refuerzo disponible:**

$A_1$  : El mayor valor de los siguientes.  $E_1 := 1$   $t = 9.032 \text{ mm}$

$$\phi_i \cdot (E_1 \cdot t - F \cdot t_r) - 2 \cdot t_n \cdot (E_1 \cdot t - F \cdot t_r) \cdot (1 - f_{r1}) = 0 \quad \text{mm}^2$$

$$2 \cdot (t + t_n) \cdot (E_1 \cdot t - F \cdot t_r) - 2 \cdot t_n \cdot (E_1 \cdot t - F \cdot t_r) \cdot (1 - f_{r1}) = 0 \quad \text{mm}^2$$

$$A_1 := 27.226 \quad \text{mm}^2$$

$A_2$  : El menor valor de los siguientes.  $t_e := 0 \text{ mm}$  (Sin plancha de refuerzo)

$$(t_n - t_m) \cdot 5 \cdot t \cdot f_{r2} = 95.136 \quad \text{mm}^2$$

$$(t_n - t_m) \cdot (5 \cdot t_n + 2 \cdot t_e) \cdot f_{r2} = 29.161 \quad \text{mm}^2$$

$$A_2 := 29.161 \quad \text{mm}^2$$

$A_3$   $c := 0 \text{ mm}$  (Espesor a corroer igual a 0 por ser de acero inoxidable)

$$h := \min(2.5 \cdot t, 2.5 \cdot t_n) = 6.922$$

$$A_3 := (t_n - c) \cdot 2 \cdot h \cdot f_{r2} = 38.326 \quad \text{mm}^2$$

$$A_{41\_43} := 4 \cdot 0.5 \cdot t_1^2 \cdot f_{r2} = 78.125 \quad \text{mm}^2$$

Por lo anterior, el valor del área de refuerzo existente es el siguiente:

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41\_43} = 172.838 \quad \text{mm}^2$$

Al ser este mayor que el área requerida, la junta no necesita ser reforzada.

Ducto de lanza:

Espesor requerido en el recipiente cilíndrico:

$$t_r := \frac{p_d \cdot \left( \frac{D_e}{2} + 2 \cdot 9.525 \right)}{\sigma_{Adm} \cdot E - 0.6 \cdot p_d} = 9.852 \quad \text{mm}$$

Espesor requerido tubo ingreso (1/2" Sch 80 AISI 316):

$$\phi_e := 21.336 \quad \text{mm}$$

$$\phi_i := 13.87 \quad \text{mm}$$

$$R_n := \frac{\phi_i}{2} = 6.935 \quad \text{mm}$$

$$t_{rn} := \frac{p_d \cdot R_n}{\sigma_{Adm} \cdot E - 0.6 \cdot p_d} = 0.581 \quad \text{mm}$$

Espesor del tubo de la lanza:

$$t_n := \frac{\phi_e - \phi_i}{2} = 3.733 \quad \text{mm}$$

Cálculo de la garganta de la soldadura:

$$t_{min} := \min(19.05, t_n) = 3.733 \quad \text{mm}$$

$$t_c := \min(6.25, 0.7 \cdot t_{min}) = 2.613 \quad \text{mm}$$

Por ello, el espesor mínimo de la garganta será de 6.25 mm.

$$f_{r1} = 1$$

$$f_{r2} := f_{r1} = 1$$

$$R := \frac{D_c}{2} = 98.5 \quad \text{mm}$$

$$R_m := R + \frac{t_r}{2} = 103.426 \quad \text{mm}$$

$$L := 60 \quad \text{mm}$$

$$\alpha_1 := \arccos\left(\frac{L + R_n}{R_m}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 49.671 \quad \text{deg}$$

$$\alpha_2 := \arccos\left(\frac{L - R_n}{R_m}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 59.131 \quad \text{deg}$$

$$\alpha := \alpha_2 - \alpha_1 = 9.46 \quad \text{deg}$$

$$d := 2 \cdot R_m \cdot \sqrt{1 - \cos\left(\frac{\alpha}{2} \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2} = 17.058 \quad \text{mm} \quad F := 0.5$$

$$A := d \cdot t_r \cdot F + 2 \cdot F \cdot t_n \cdot t_r \cdot (1 - f_{r1}) = 84.024 \quad \text{mm}^2$$

$$d \cdot (E_1 \cdot t - F \cdot t_r) - 2 \cdot t_n \cdot (E_1 \cdot t - F - t_r) \cdot (1 - f_{r1}) = 70.048 \quad \text{mm}^2$$

$$2 \cdot (t + t_n) \cdot (E_1 \cdot t - F \cdot t_r) - 2 \cdot t_n \cdot (E_1 \cdot t - F - t_r) \cdot (1 - f_{r1}) = 104.841 \quad \text{mm}^2$$

$$A_1 := 122.773$$

$$\alpha_3 := \arccos\left(\frac{L - R_n}{R + t}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 60.43 \quad \text{deg}$$

$$5 \cdot (t_n - t_m) \cdot f_{r2} \cdot \frac{t}{\sin\left(\alpha_3 \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 163.654 \quad \text{mm}^2$$

$$5 \cdot (t_n - t_m) \cdot f_{r2} \cdot \frac{t_n}{\sin\left(\alpha_3 \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 67.637 \quad \text{mm}^2$$

$$A_2 := 69.14 \quad \text{mm}^2$$

$$F := 1$$

$$A := d \cdot t_r \cdot F + 2 \cdot F \cdot t_n \cdot t_r \cdot (1 - f_{r1}) = 168.048 \quad \text{mm}^2$$

$$d \cdot (E_1 \cdot t - F \cdot t_r) - 2 \cdot t_n \cdot (E_1 \cdot t - F - t_r) \cdot (1 - f_{r1}) = -13.976 \quad \text{mm}^2$$

$$A_1 := 6.221$$

$$\alpha_3 := \arccos\left(\frac{L - R_n}{R + t}\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 60.43 \quad \text{deg}$$

$$5 \cdot (t_n - t_m) \cdot f_{r2} \cdot \frac{t}{\sin\left(\alpha_3 \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 163.654 \quad \text{mm}^2$$

$$5 \cdot (t_n - t_m) \cdot f_{r2} \cdot \frac{t_n}{\sin\left(\alpha_3 \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 67.637 \quad \text{mm}^2$$

$$A_2 := 69.14 \quad \text{mm}^2$$

$$h := \min(2.5 \cdot t, 2.5 \cdot t_n) = 9.333 \quad \text{mm}$$

$$A_3 := t_n \cdot 2 \cdot h \cdot f_{r2} = 69.676 \quad \text{mm}^2$$

$$A_{41\_43} := 4 \cdot 0.5 \cdot t_1^2 \cdot f_{r2} = 78.125 \quad \text{mm}^2$$

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41\_43} = 223.162 \quad \text{mm}^2$$

### 1.9 Selección brida inferior

Esta brida se utilizará para unir el recipiente de extracción con el separador. Las medidas del traslape serán según la figura 2.f.4.

De lo anterior:  $t_n := 9 \quad \text{mm}$   $t_x := 2 \cdot 9 = 18 \quad \text{mm}$

Por tal motivo:  $c := t_n = 9 \quad \text{mm}$

Además, el espesor mínimo de garganta para ambos cordones es  $0.7c = 6.3 \text{ mm}$ . En vista de que el espesor de pared es  $9 \text{ mm}$  ( $3/8''$ ), se selecciona un espesor de filete de  $9 \text{ mm}$  (garganta =  $6.4 \text{ mm}$ ). La brida a soldar es de  $3''$  Slip On Clase 600.

### 1.10 Dimensionamiento fondo recipiente de extracción

El recipiente será de la forma (b-2) según la figura 1.8. El espesor " $t_s$ " corresponde al espesor del shell en esta zona, mientras que el espesor " $t$ " del fondo depende de otros parámetros:

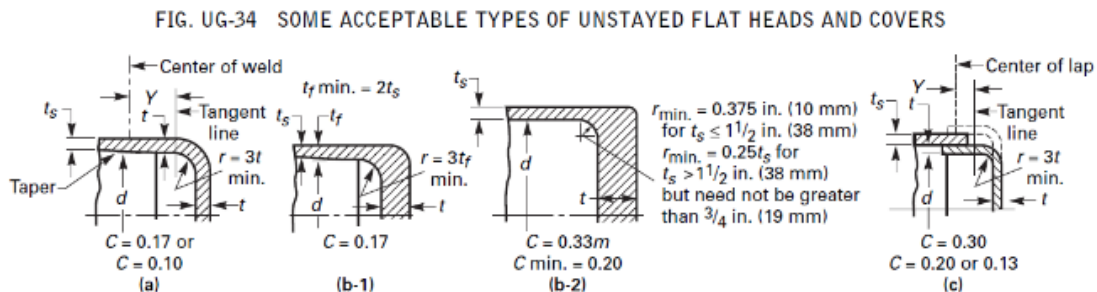


Figura 1. 7. Detalles y relaciones en tapas planas. [Extraído de la norma ASME Sec. VIII].

Se sabe lo siguiente:

$$t_s := 6 \quad \text{mm} \qquad r := 10 \quad \text{mm} \qquad d := 72 \quad \text{mm}$$

$$p_d = 7.8 \quad \text{MPa} \qquad E = 0.85 \qquad C := 0.5$$

El espesor del fondo:

$$t := d \cdot \sqrt{\frac{C \cdot p_d}{\sigma_{Adm} \cdot E}} = 14.382 \quad \text{mm}$$

En este caso, se trabajará con un espesor de fondo de  $15 \text{ mm}$ .

### 1.11 Cálculo de torque de ajuste en uniones bridadas

Las uniones bridadas en el separador son las siguientes:

- Brida 8" Clase 600: Unión cabeza elipsoidal y sección cónica
- Brida 3" Clase 600: Unión sección cónica y recipiente de extracción
- Brida 1/2" Clase 600: Unión válvula de bola y recipiente de extracción

Se utilizará un empaque SIGMA 600 de la marca Flexitallic. El procedimiento de cálculo se basará en la teoría expuesta en el libro *Pressure Vessel Design Manual-Butterworth Heinemann, 2013* [4]. Los parámetros del empaque requeridos para el diseño son los siguientes, extraídos de la página 12 del catálogo de Flexitallic:

- Brida 8" Clase 600: Unión cabeza elipsoidal y sección cónica

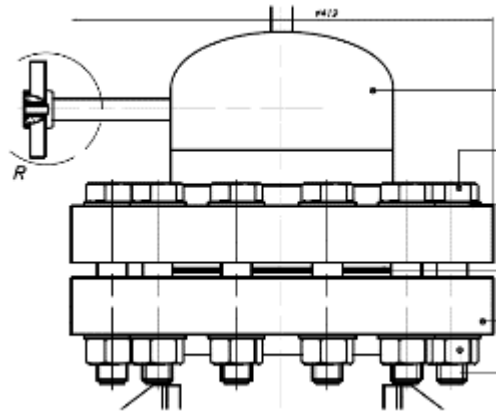


Figura 1. 8. Ubicación de la brida de 8"

$$m := 1.4$$

$$y := 11 \text{ MPa}$$

$$p := 6 \text{ MPa}$$

$$N := 24.1 \text{ mm}$$

$$b := \sqrt{\frac{N}{8}} = 1.7 \text{ mm}$$

$$OD := 269.7 \text{ mm}$$

$$g_1 := 25.7 \text{ mm}$$

$$G := OD - 2 \cdot b = 266.2 \text{ mm}$$

$$W_{m2} := b \cdot \pi \cdot G \cdot y = 15968.4 \text{ N}$$

$$H_p := 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot p = 24388.1 \text{ N}$$

$$H := G^2 \cdot \pi \cdot \frac{P}{4} = 334003.4 \text{ N}$$

$$W_{m1} := H_p + H = 358391.4 \text{ N}$$



La fuerza mínima total ( $W_{min}$ ) que soportan los pernos durante el ensamble y la operación es el máximo valor de  $W_{m1}$  y  $W_{m2}$ :

$$W_{min} := \max(W_{m1}, W_{m2}) = 358391.4 \quad N$$

Fuerza de montaje ( $F_M$ ):  $\alpha_m$  es el factor de ajuste con torquímetro igual 1.5:

$$\alpha_m := 1.5 \quad N_{\text{tornillos}} := 12 \quad F_M := \alpha_m \cdot \frac{W_{min}}{N_{\text{tornillos}}} = 44798.9 \quad N$$

Los pernos a utilizar con esta brida son M30x180 de material acero inoxidable AISI 316 de **resistencia A2 y clase 70**, según norma DIN EN ISO 3506-1+2.

**Tabla 1. 2.** Propiedades mecánicas según norma DIN EN ISO 3506-1. [Extraído del catálogo de pernos en acero inoxidable Schäfer+Peters GmbH].

| Grupo de acero | Tipo de acero         | Clase de resistencia | Tornillos   |   |  |
|----------------|-----------------------|----------------------|---|---|--|
|                |                       |                      | Res. a la tracción $R_m^{(1)}$ N/mm <sup>2</sup> mín. | 0,2 %- Límite elástico $R_p 0.2^{(1)}$ N/mm <sup>2</sup> mín. | Alargamiento de rotura $A_2^{(2)}$ mm mín. |
| austenítico    | A1, A2, A3<br>A4 y A5 | 50                   | 500   | 210   | 0,6 d                                      |
|                |                       | 70                   | 700   | 450   | 0,4 d                                      |
|                |                       | 80                   | 800   | 600   | 0,3 d                                      |

$$\text{Diámetro medio:} \quad d_2 := 27.727 \text{ mm} \quad d_3 := 25.706 \text{ mm} \quad d_b := \frac{a_2 + a_3}{2} = 26.7 \text{ mm}$$

$$\text{De la tabla anterior:} \quad S_b := 450 \text{ MPa}$$

El torque de ajuste se calculará con la expresión siguiente [5]:

$$M_{\text{ajuste}} := 0.2 \cdot F_M \cdot d_b = 239374.1 \text{ Nmm}$$

Los esfuerzos máximos producidos en el área de diámetro resistente son los siguientes:

$$\sigma_M := \frac{F_M}{\pi \cdot \frac{d_b^2}{4}} = 79.9 \text{ MPa} \quad \tau_{tM} := \frac{M_{\text{ajuste}}}{\pi \cdot \frac{d_b^3}{32}} = 127.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eqM} := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau_{tM}^2} = 235.4 \text{ MPa}$$

Por norma VDI 2230, este esfuerzo debe ser menor al 0.9 del esfuerzo de fluencia del perno:

$$\sigma_{eq,M} < 405 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

Por lo que el perno seleccionado resiste las condiciones de montaje y operación.

- Brida 3" Clase 600: Unión sección cónica y recipiente de extracción

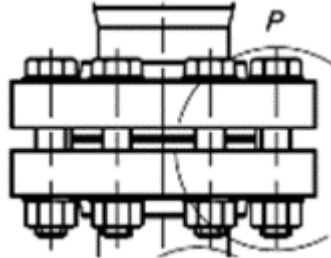


Figura 1. 9. Ubicación de la brida de 3"

$$m := 1.4 \quad y := 11 \text{ MPa} \quad p := 6 \text{ MPa}$$

$$N := 18.1 \text{ mm}$$

$$b := \sqrt{\frac{N}{8}} = 1.5 \text{ mm}$$

$$OD := 127 \text{ mm}$$

$$g_1 := 13.1 \text{ mm}$$

$$G := OD - 2 \cdot b = 124 \text{ mm}$$

$$W_{m2} := b \cdot \pi \cdot G \cdot y = 6445.1 \text{ N}$$

$$H_p := 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot p = 9843.4 \text{ N}$$

$$H := G^2 \cdot \pi \cdot \frac{P}{4} = 72448 \text{ N}$$

$$W_{m1} := H_p + H = 82291.4 \text{ N}$$

La fuerza mínima total ( $W_{min}$ ) que soportan los pernos durante el ensamble y la operación es el máximo valor de  $W_{m1}$  y  $W_{m2}$ :

$$W_{min} := \max(W_{m1}, W_{m2}) = 82291.4 \text{ N}$$

Fuerza de montaje ( $F_M$ ):  $\alpha_m$  es el factor de ajuste con torquímetro igual 1.5:

$$\alpha_m := 1.5 \quad N_{\text{tornillos}} := 8 \quad F_M := \alpha_m \cdot \frac{W_{min}}{N_{\text{tornillos}}} = 15429.6 \text{ N}$$

Los pernos a utilizar con esta brida son M20x110 de material acero inoxidable AISI 316 de **resistencia A2 y clase 70**, según norma DIN EN ISO 3506-1+2.

$$\text{Diámetro medio: } d_2 := 18.376 \text{ mm} \quad d_3 := 16.933 \text{ mm} \quad d_b := \frac{d_2 + d_3}{2} = 17.7 \text{ mm}$$

$$\text{De la tabla anterior: } S_b := 450 \text{ MPa}$$

El torque de ajuste se calculará con la expresión siguiente [5]:

$$M_{ajuste} := 0.2 \cdot F_M \cdot d_b = 54480.5 \text{ Nmm}$$

Los esfuerzos máximos producidos en el área de diámetro resistente son los siguientes:

$$\sigma_M := \frac{F_M}{\pi \cdot \frac{d_b^2}{4}} = 63 \text{ MPa} \quad \tau_{tM} := \frac{M_{ajuste}}{\pi \cdot \frac{d_b^3}{32}} = 100.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eqM} := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau_{tM}^2} = 185.7 \text{ MPa}$$

Por norma VDI 2230, este esfuerzo debe ser menor al 0.9 del esfuerzo de fluencia del perno:

$$\sigma_{eqM} < 405 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

Por lo que el perno seleccionado resiste las condiciones de montaje y operación.

- Brida 1/2" Clase 600: Unión válvula de bola y recipiente de extracción

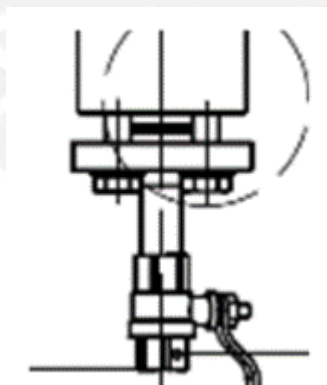


Figura 1. 10. Ubicación de la brida de 3"

$$m := 1.4$$

$$y := 11 \text{ MPa}$$

$$p := 6 \text{ MPa}$$

$$N := 6.3 \text{ mm}$$

$$b := 0.5 \cdot N = 3.2 \text{ mm}$$

$$OD := 35 \quad \text{mm}$$

$$g_1 := 7.6 \quad \text{mm}$$

$$G := OD - 2 \cdot b = 28.7 \quad \text{mm}$$

$$W_{m2} := b \cdot \pi \cdot G \cdot y = 3124.2 \quad \text{N}$$

$$H_p := 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot p = 4771.5 \quad \text{N}$$

$$H := G^2 \cdot \pi \cdot \frac{P}{4} = 3881.5 \quad \text{N}$$

$$W_{m1} := H_p + H = 8653 \quad \text{N}$$

La fuerza mínima total ( $W_{min}$ ) que soportan los pernos durante el ensamble y la operación es el máximo valor de  $W_{m1}$  y  $W_{m2}$ :

$$W_{min} := \max(W_{m1}, W_{m2}) = 8653 \quad \text{N}$$

Fuerza de montaje ( $F_M$ ):  $\alpha_m$  es el factor de ajuste con torquímetro igual 1.5:

$$\alpha_m := 1.5 \quad N_{\text{tornillos}} := 4 \quad F_M := \alpha_m \cdot \frac{W_{min}}{N_{\text{tornillos}}} = 3244.9 \quad \text{N}$$

Los pernos a utilizar con esta brida son M12x50 de material acero inoxidable AISI 316 de **resistencia A2 y clase 70**, según norma DIN EN ISO 3506-1+2.

$$\text{Diámetro medio:} \quad d_2 := 10.863 \quad \text{mm}^2 \quad d_3 := 9.853 \quad \text{mm} \quad d_b := \frac{d_2 + d_3}{2} = 10.4 \quad \text{mm}$$

$$\text{De la tabla anterior:} \quad S_b := 450 \quad \text{MPa}$$

El torque de ajuste se calculará con la expresión siguiente [5]:

$$M_{\text{ajuste}} := 0.2 \cdot F_M \cdot d_b = 6722.1 \quad \text{Nmm}$$

Los esfuerzos máximos producidos en el área de diámetro resistente son los siguientes:

$$\sigma_M := \frac{F_M}{\pi \cdot \frac{d_b^2}{4}} = 38.5 \quad \text{MPa} \quad \tau_{tM} := \frac{M_{\text{ajuste}}}{\pi \cdot \frac{d_b^3}{32}} = 61.6 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{eqM} := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau_{tM}^2} = 113.5 \quad \text{MPa}$$

Por norma VDI 2230, este esfuerzo debe ser menor al 0.9 del esfuerzo de fluencia del perno:

$$\sigma_{eq,M} < 405 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

Por lo que el perno seleccionado resiste las condiciones de montaje y operación.

### 1.12 Cálculo de silletas de soporte

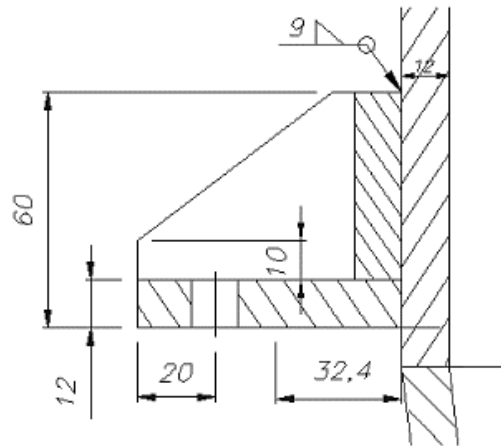


Figura 1. 11. Dimensiones de silleta de soporte

El procedimiento de cálculo se basará en la teoría expuesta en el libro de *Design of Welded Structures* [6]. El peso total del separador es 200 kg, por lo que cada silleta va a soportar la mitad.

$$F_2 := 100 \cdot 9.81 = 981 \text{ N}$$

El momento en la zona de contacto de la silleta con el shell es el siguiente:

$$M_h := F_2 \cdot 32.4 = 31784.4 \text{ Nmm}$$

Los parámetros a continuación son necesarios para el cálculo. Para mayor detalle ver la Sección 4.7 del libro.

$$t_s := 12 \text{ mm}$$

$$r_c := \frac{197}{2} = 98.5 \text{ mm}$$

$$e := \frac{\sqrt{t_s \cdot r_c}}{2} = 17.2 \text{ mm}$$

$$f_a := 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (\text{No hay carga axial})$$

$$f_b := \frac{6 \cdot M_h}{(60 + e) \cdot (60 + 2 \cdot e)} = 26.2 \frac{N}{mm}$$

$$f_l := f_a + f_b = 26.2 \frac{N}{mm}$$

Se procede a calcular los esfuerzos de tracción y de flexión producto de la carga aplicada en la silleta. Se utilizan los parámetros K1 y K2, ambos extraídos de la tabla 1 de la sección 4.7.

$$K_1 := 0$$

$$T := K_1 \cdot f_l = 0 \quad N \quad (\text{No hay fuerza tangencial})$$

$$\sigma_{cT} := \frac{T}{12} = 0 \quad Nmm$$

$$K_2 := 0.318$$

$$M_r := K_2 \cdot f_l \cdot r_c = 819.9 \quad Nmm \quad (\text{Momento de flexión})$$

$$S := r_c \cdot \frac{12^2}{6} = 2364 \quad mm^3 \quad (\text{Módulo de sección})$$

$$\sigma_{cb} := \frac{M_r}{S} = 0.3 \quad MPa \quad (\text{Esfuerzo de flexión})$$

Como se observa, este valor es mucho menor que el esfuerzo de fluencia para un acero AISI 316L; por lo que se las silletas dimensionadas soportan el peso del separador. Asimismo, los cordones de soldadura serán de cateto 6.

### 1.13 Referencias

- [1] J. Vivar. Diseño de planta piloto de extracción de oleoresina de paprika utilizando CO2 como fluido supercrítico. PUCP. Lima. 2013.
- [2] C. Echeverri. Diseño óptimo de ciclones. Revista Ingenierías Universidad de Medellín 5(9): 123-139. Medellín. 2006.
- [3] A. Saral y S. Demir. Chapter 3 - Cyclone Separators. Yildız Teknik Üniversitesi. Estambul. 2012.
- [4] D. Moss y M. Basic. Manual Pressure Vessel Design, cuarta edición. Elsevier, Oxford. 2013.

- [5] J. Hori. Diseño de Elementos de Máquinas. Cornei Contratistas Generales, Lima. 2013.
- [6] O. Blodgett. Design of Welded Structures. James F. Lincoln Arc Welding Foundation. 1966.



## ANEXO 10: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL CONDENSADOR

### 10.1 INTERCAMBIADOR DE PLACAS

Se adjunta respecto al intercambiador:

- Hoja de datos SWEP B12
- Reporte de cálculo por parte del fabricante
- Cotización SWEP

### 10.2 UNIDAD DE CONDENSACIÓN

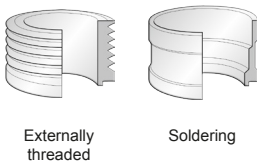
Se adjunta respecto a la unidad de condensación

- Hoja de datos TECUMSEH FHT4518YHR-HZ
- Registro de cotización via e-mail
- Plano de TECUMSEH FHT4518YHR-HZ



The large-port B12 delivers compact heat transfer solutions for applications with large flows. It is available with different plate patterns to fulfil various thermal duties across a wide range of fluid viscosities and densities. The B12 is an excellent choice for demanding steam and air dryer applications. It can be as a desuperheater in air conditioning and a CO<sub>2</sub> suction gas heat exchanger in refrigeration.

## Connections\*



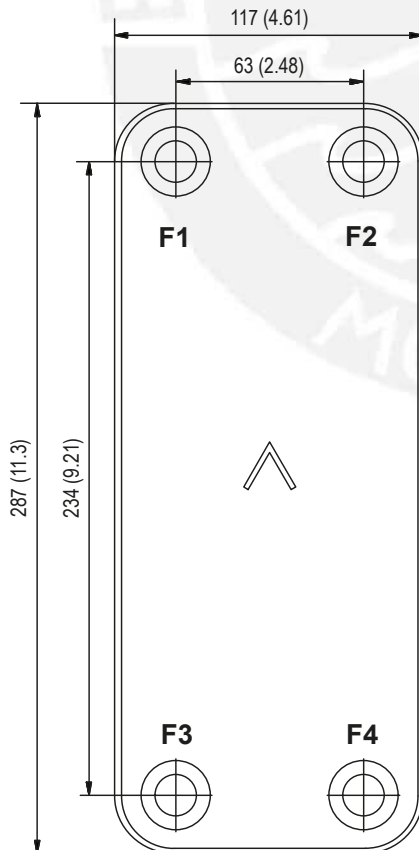
\*For specific dimensions, or information about other types of connections, please contact your SWEP sales representative.

## Pressure classes

- S** Standard, evaluated per EN 13345.
- H** High, evaluated per EN 13345.
- D** Higher, developed for CO<sub>2</sub> applications, evaluated per EN 13445.



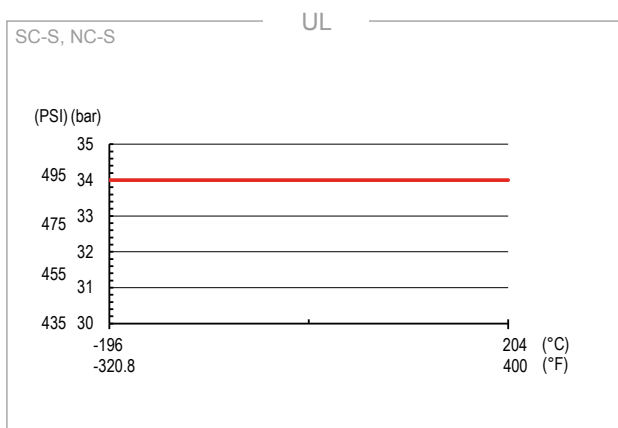
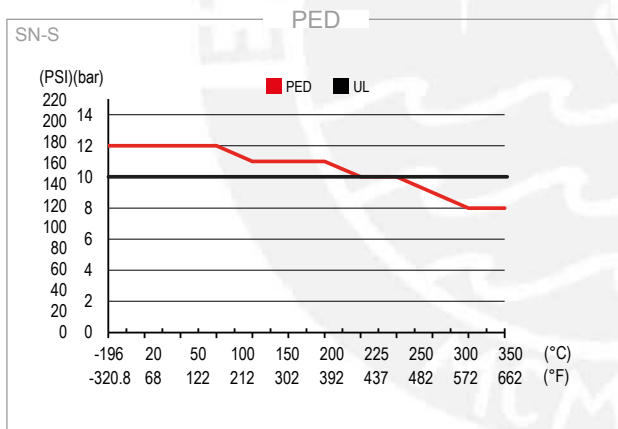
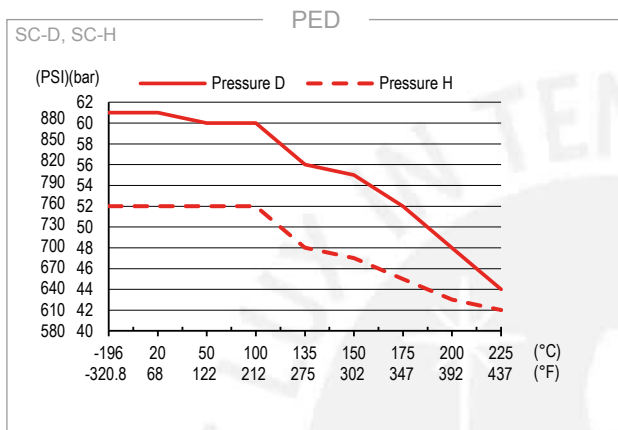
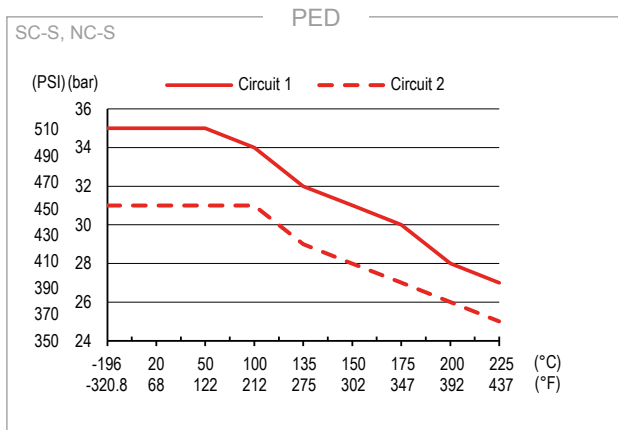
|                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Max number of plates (NoP) | 110/140                           |
| Port size F1/P1            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Port size F2/P2            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Port size F3/P3            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Port size F4/P4            | 33 mm (1.3 in)                    |
| Max volume flow            | 16.9 m <sup>3</sup> /h (74.4 gpm) |
| Channel volume (SI)        | 0,063 dm <sup>3</sup>             |
| Channel volume (US)        | 0.00222 ft <sup>3</sup>           |



| Materials | Channel plate   | Brazing |
|-----------|-----------------|---------|
| SC        | Stainless steel | Copper  |
| NC        | Stainless steel | Copper  |
| SN        | Stainless steel | Nickel  |

| Size                 | Height of plate pack                       | Total weight                              |
|----------------------|--|---|
| SC S<br>SN S<br>NC S | 4+(2,34×NoP) mm<br>0.157+(0.092×NoP) in    | 1,12+(0,12×NoP) kg<br>2.47+(0.265×NoP) lb |
| SC D<br>SC H         | 12,4+(2,34×NoP) mm<br>0.488+(0.092×NoP) in | 2,94+(0,12×NoP) kg<br>6.49+(0.265×NoP) lb |

[www.swep.net](http://www.swep.net)



## Third party approvals

SWEP BPHEs are generally approved by listed below certification organizations:

**Europe, Pressure Equipment Directive (PED)**

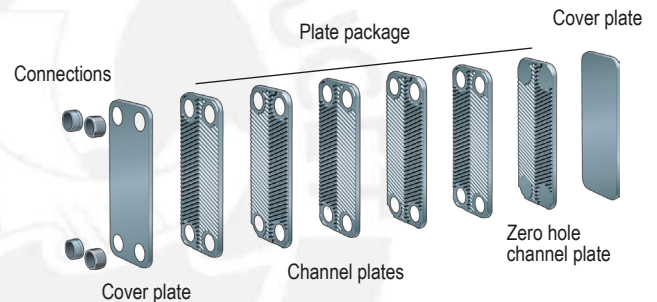
**America, Underwriters Laboratories Inc (UL)**

**Japan, Kouatsu-Gas Hoan Kyoukai (KHK)**

Additionally SWEP holds approvals from a vast variety of other certification organizations. For approval information regarding a specific product please contact your local SWEP representative. SWEP reserves the right to make changes without prior notice.

## The BPHE concept

The Brazed Plate Heat Exchanger (BPHE) is constructed as a plate package of corrugated channel plates with a filler material between each plate. During the vacuum brazing process, the filler material forms a brazed joint at every contact point between the plates, creating complex channels. The BPHE allows media at different temperatures to come into close proximity, separated only by channel plates that enable heat from one media to be transferred to the other with very high efficiency. The concept is similar to other plate and frame technology, but without the gaskets and frame parts.



## SSP calculation software

With SWEP's unique SSP, the SWEP Software Package, you can do advanced heat transfer calculations yourself, and choose the product solution that suits your application best. It's also easy to choose connections and generate drawings of the complete product. If you would like advice, or you would like to discuss different product solutions, SWEP offers all the service and support your need.

## Material disclaimer

The information and recommendations in regards to the products are presented in good faith, however, SWEP makes no representations or warranties as to the completeness or accuracy of the information. Information is supplied upon the condition that the purchasers will make their own determination as to the products' suitability for their purposes prior to use. Purchasers should note that the properties of the products are both application and material selection dependent and that products containing stainless steel are still subject to corrosion if used in unsuitable environments.

**CASCADE - Design**  
**INTERCAMBIADOR : B12Hx10/1P**

Nombre del fluido Circ. 1 : R134a  
Nombre del fluido Circ. 2 : R744 (Carbon Dioxide)

SSP Alias : B12H

| <b>REQUERIMIENTOS</b>                   |                       | <b>CIRC. 1</b>         | <b>CIRC. 2</b>         |
|---|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Potencia                                | kW                    | 2.533                  |                        |
| Temperatura de entrada                  | °C                    | -9.34                  | 20.00                  |
| Temperatura de evaporación              | °C                    | -10.00                 |                        |
| Superheating                            | K                     | 25.00                  |                        |
| Temperatura de condensación             | °C                    |                        | 20.00                  |
| Subenfriamiento                         | K                     |                        | 0.00                   |
| Temperatura de salida                   | °C                    | 15.00                  | 19.98                  |
| Caudal                                  | kg/s                  | 0.01566                | 0.01667                |
| - vapor de entrada                      | kg/s                  | 4.981e-3               |                        |
| Fluido evaporado                        | kg/s                  | 0.01068                |                        |
| Fluido condensado                       | kg/s                  |                        | 0.01667                |
| Pérdida de carga máxima                 | kPa                   | 50.0                   | 50.0                   |
| <b>INTERCAMBIADOR A PLACAS</b>          |                       | <b>CIRC. 1</b>         | <b>CIRC. 2</b>         |
| Area de transferencia de calor          | m <sup>2</sup>        | 0.224                  |                        |
| Flujo de calor                          | kW/m <sup>2</sup>     | 11.3                   |                        |
| H.T.C. (available/required)             | W/m <sup>2</sup> , °C | 531/489                |                        |
| Pérdida de carga - total                | kPa                   | 6.46                   | 2.76                   |
| - en conexiones                         | kPa                   | 0.0189                 | -285e-6                |
| Pressure drop in fluid distribution     | kPa                   | 0.000 -<br>0.000       |                        |
| Presión de operación - salida           | kPa                   | 203                    | 5730                   |
| Número de canales                       |                       | 4.000                  | 5.000                  |
| Número total de placas                  |                       |                        | 10                     |
| Sobredimensionamiento                   | %                     |                        | 9                      |
| Diámetro de las conexiones              | mm                    | 33.0/33.0<br>(up/down) | 33.0/33.0<br>(up/down) |
| Recommended in connection diam. side 1  | mm                    | From 4.93 to 7.79      |                        |
| Recommended out connection diam. side 1 | mm                    | From 8.76 to 19.6      |                        |
| Recommended in connection diam. side 2  | mm                    | From 2.09 to 4.68      |                        |
| Recommended out connection diam. side 2 | mm                    | From 1.66 to 5.24      |                        |
| Velocidad en conexiones – outlet        | m/s                   | 2.01                   |                        |
| Velocidad en conexiones                 | m/s                   |                        | 0.100                  |

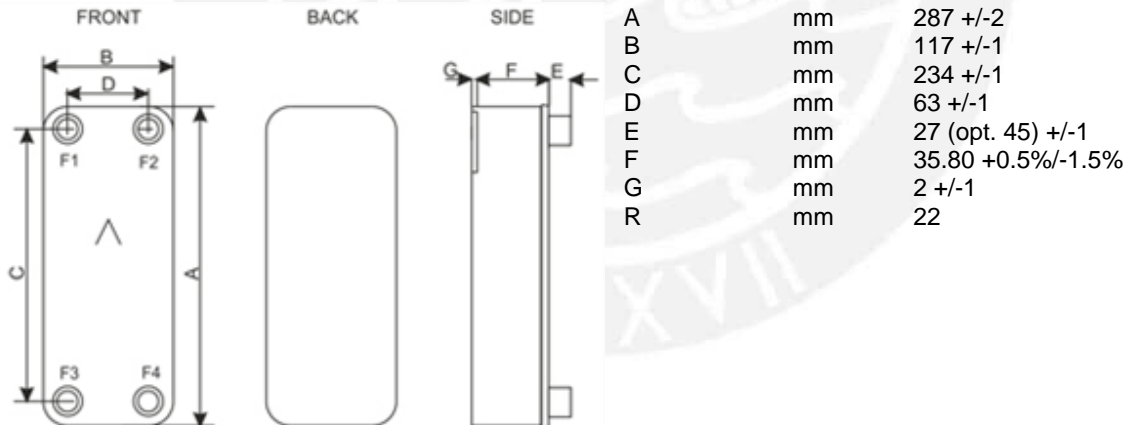
**PROPIEDADES FÍSICAS**

|                                     |                   | <b>CIRC. 1</b> | <b>CIRC. 2</b> |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| Temperatura de referencia           | °C                | -9.53          | 19.99          |
| Líquido viscosidad                  | cP                | 0.302          | 0.0662         |
| densidad                            | kg/m <sup>3</sup> | 1325           | 773.4          |
| calor específico                    | kJ/kg, °C         | 1.315          | 4.265          |
| conductividad térmica               | W/m, °C           | 0.09629        | 0.08570        |
| P. de vapor viscosidad              | cP                | 0.0104         | 0.0182         |
| densidad                            | kg/m <sup>3</sup> | 10.39          | 194.2          |
| calor específico                    | kJ/kg, °C         | 0.8572         | 4.265          |
| conductividad térmica               | W/m, °C           | 0.01070        | 0.03395        |
| Temperatura media de pared          | °C                | -4.12          | -3.57          |
| Maximum wall temperature            | °C                | 19.26          | 19.29          |
| Largest Wall Temperature Difference | K                 |                | 0.60           |
| Velocidad en canal                  | m/s               | 1.89           | 0.0756         |

**Totals**

|                                     |                 | <b>CIRC. 1</b> | <b>CIRC. 2</b> |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Peso total (sin connections)        | kg              | 4.14           |                |
| Volumen contenido, circuito interno | dm <sup>3</sup> | 0.252          |                |
| Volumen contenido, circuito externo | dm <sup>3</sup> | 0.315          |                |
| PortSize F1/P1                      | mm              | 33.0           |                |
| PortSize F2/P2                      | mm              | 33.0           |                |
| PortSize F3/P3                      | mm              | 33.0           |                |
| PortSize F4/P4                      | mm              | 33.0           |                |
| NND F1/P1                           | mm              | 36.0           |                |
| NND F2/P2                           | mm              | 36.0           |                |
| NND F3/P3                           | mm              | 36.0           |                |
| NND F4/P4                           | mm              | 36.0           |                |
| Carbon Footprint                    | kg              | 29.1           |                |

**DIMENSIONS**



This is a schematic sketch. For correct drawings please use the order drawing function or contact your SWEP representative.

Disclaimer: Data used in this calculation is subject to change without notice. Calculation is intended to show thermal and hydraulic performance, no consideration has been taken to mechanical strength of the product. Product restrictions - such as pressure, temperatures and corrosion resistance- can be found in SWEP product sheets and other technical documentation. SWEP may have patents, trademarks, copyrights or other intellectual

property rights covering subject matter in this document. Except as expressly provided in any written license agreement from SWEP, the furnishing of this document does not give you any license to these patents, trademarks, copyrights, or other intellectual property.

Note :

\*Excluding pressure drop in connections.



Groupe de condensation / Condensing unit  
Code tension / Voltage code : HZ

**FHT4518YHR-HZ**

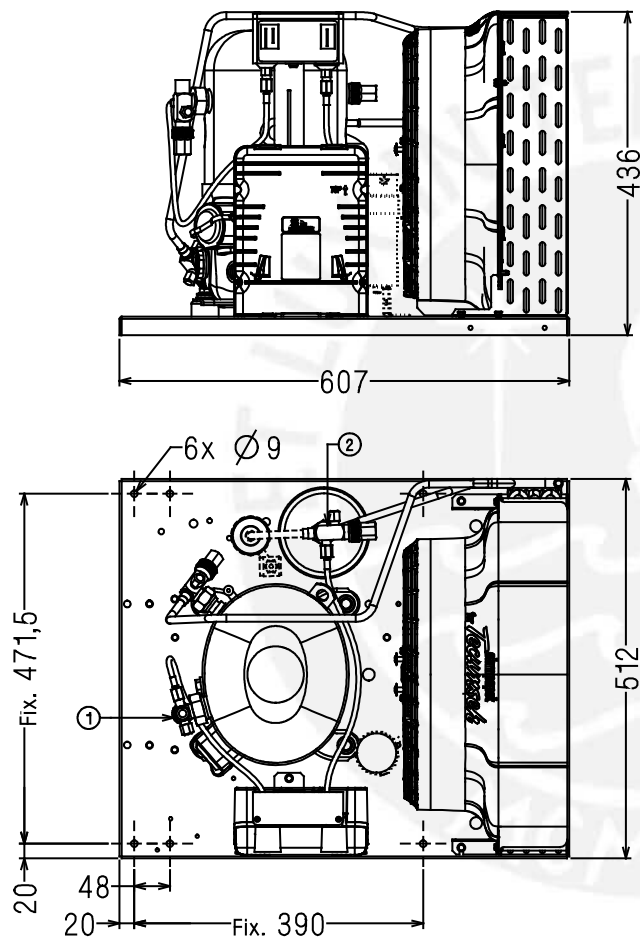
Froid commercial et industriel positif (HP)  
Commercial & industrial application (HBP)

208-220V / 60Hz - 1~

R134a

N°5214-VR ind a

| Conditions<br>Conditions | fréquence<br>frequency | Prod frigorifique nominale° / nominal refriger <sup>ing</sup> capacity ° |        |       | Puis. sonore<br>Sound level     |
|--------------------------|------------------------|--|--------|-------|---------------------------------|
|                          |                        | Watts  | Kcal/h | BTU/h |                                 |
| EN13215*                 | 60 Hz                  | 5403   | 4647   | 18435 | 75 dBA<br>ISO 3745 / ISO 3743-1 |



|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Poids net / Net weight :</b>  | 51 Kg                              |
| <b>Détente / Expansion device :</b>                                    | Détendeur<br>Expansion valve       |
| <b>Débit d'air / Air flow :</b>  | 1730 m <sup>3</sup> /h             |
| <b>Intensité / Current</b>   |                                    |
| nom. / Rated current RLA :   | 11.2 A                             |
| max. / Max current :   | 17.3 A                             |
| dém. / Start current LRA :   | 51 A                               |
| <b>Ap. Electrique / Electrical equipment :</b>                         | CSR                                |
| <b>Fiche technique compresseur / Compressor technical data sheet :</b> | 216GT-H                            |
| <b>Ventilateur / Fan motor :</b>                                       |                                    |
| Vitesse / R.P.M :  | 1500 tr/min                        |
| Puis.absorbée / Power input :  | 105 / 135 W                        |
| Diam. hélice / Fan blade dia. :  | Ø 350 mm                           |
| Protection / Protection :  | Protecteur/Overload<br>IP54        |
| <b>Condenseur / Condenser :</b>  | M350/9100                          |
| <b>Réservoir de liquide / Receiver :</b>                               |                                    |
| Volume / Capacity :  | 1.5 L                              |
| PMS / Max. service pressure :  | 32 Bars                            |
| <b>Grille / Fan guard :</b>  | maille < à 8mm<br>Grid space < 8mm |

\* EN13215: T° Amb.+32°C / T°évap. 5°C/ T°gas aspirés. +20°C / Sous refroidissement. 3K

\* EN 13215 : Amb. T° +32°C / Evap. T° +5°C / Return gas T° +20°C / Subcooling. 3K

Pour conduites Ø ext / For tubing O.D.

|   |                                   |             |                 |
|---|-----------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Aspirat° 1 / Suction 1</b>           | Vanne Orientable / Rotalock Valve | 15.9 (5/8") | à Braser/Brazed |
| <b>Départ liquide 2 / Liquid line 2</b> | Vanne Orientable / Rotalock Valve | 9.5 (3/8")  | à Braser/Brazed |

Les caractéristiques données dans cette fiche technique peuvent évoluer sans avis préalable, avec les améliorations que 'Tecumseh' entend toujours apporter à sa production.  
'Tecumseh', in a constant endeavour to improve its products reserves the right to change any information contained in this leaflet without prior warning.

|                      |   |              |               |              |
|----------------------|---|--------------|---------------|--------------|
| <b>FHT4518YHR-HZ</b> | <b>Tension HZ : 208 - 220V 1~ 60 Hz</b> | <b>R134a</b> | <b>N°5214</b> | <b>Ind a</b> |
|----------------------|---|--------------|---------------|--------------|

|   |                        |      |
|---|------------------------|------|
| Les performances sont données dans les <b>conditions EN 13215</b> : | Gaz aspirés :          | 20°C |
|   | Sous refroidissement : | 3°K  |
| The performance data are in <b>EN 13215 conditions</b> :            | Return gas :           | 20°C |
|   | Subcooling :           | 3°K  |

© Tecumseh

| <b>60 Hz R134a</b> |                    |      |            |            |            |            |           |          |              |           |           |
|--------------------|--------------------|------|------------|------------|------------|------------|-----------|----------|--------------|-----------|-----------|
| 5   T ambience     | 6   T évaporation  | (°C) | <b>-25</b> | <b>-20</b> | <b>-15</b> | <b>-10</b> | <b>-5</b> | <b>0</b> | <b>5</b>     | <b>10</b> | <b>15</b> |
| <b>25</b>          | 1   P frigorifique | (W)  | 396        | 1225       | 2121       | 3068       | 4044      | 5025     | 5980         | 6871      | 7653      |
|                    | 2   P absorbée     | (W)  | 645        | 903        | 1138       | 1355       | 1561      | 1767     | 1986         | 2235      | 2539      |
|                    | 3   I absorbée     | (A)  | 2.96       | 4.36       | 5.65       | 6.83       | 7.95      | 9.04     | 10.16        | 11.38     | 12.81     |
|                    | 4   Tc             | (°C) | 29.1       | 30.4       | 31.9       | 33.5       | 35.5      | 37.8     | 40.5         | 43.7      | 47.4      |
| <b>32</b>          | 1   P frigorifique | (W)  | 335        | 1072       | 1876       | 2731       | 3621      | 4520     | <b>5403</b>  | 6233      | 6971      |
|                    | 2   P absorbée     | (W)  | 639        | 899        | 1143       | 1375       | 1603      | 1836     | <b>2086</b>  | 2368      | 2704      |
|                    | 3   I absorbée     | (A)  | 2.99       | 4.37       | 5.66       | 6.88       | 8.06      | 9.25     | <b>10.49</b> | 11.84     | 13.4      |
|                    | 4   Tc             | (°C) | 35.7       | 37         | 38.5       | 40.1       | 42        | 44.1     | <b>46.6</b>  | 49.5      | 52.9      |
| <b>43</b>          | 1   P frigorifique | (W)  |            |            | 1489       | 2201       | 2953      | 3726     | 4496         | 5234      | 5903      |
|                    | 2   P absorbée     | (W)  |            |            | 1150       | 1408       | 1670      | 1945     | 2243         | 2577      | 2964      |
|                    | 3   I absorbée     | (A)  |            |            | 5.67       | 6.95       | 8.25      | 9.58     | 11           | 12.56     | 14.33     |
|                    | 4   Tc             | (°C) |            |            | 48.9       | 50.5       | 52.2      | 54       | 56.2         | 58.6      | 61.5      |

1 = refrigerating capacity 2 = watt input 3 = current 4 = condensating temperature 5 = ambient temperature 6 = evaporating temperature

Nota : Les caractéristiques données dans cette fiche technique peuvent évoluer sans avis préalable, avec les améliorations que "Tecumseh" entend toujours apporter à sa production.

Note : "Tecumseh", in a constant endeavour to improve its products reserves the right to change any information contained in this leaflet without prior warning.

---

**De:** Ernesto Sanguinetti  
**Enviado:** viernes, 21 de octubre de 2016 09:27  
**Para:** jcochoae@pucp.pe  
**CC:** 'Danitza Arones'; dvietti@coldimport.com.pe  
**Asunto:** RE: Condensing units quotation

Estimado Ing. Jhul C. Ochoa E., por encargo de nuestra representada TECUMSEH PRODUCTS CO. Nos ponemos en contacto con Ud. para cotizar, en el PRIMER ITEM dos alternativas:  
PRIMER ITEM

(01)Unidad de Condensación hermética TECUMSEH mod. CAJN4461YHR de 0.5 HP nominal, 220 volt, 1 fase, 60Hz. Es para refrigerante R-134a en aplicaciones de media/alta temperatura. Tiene una capacidad de 1,720 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. Precio S/. 1,935 incluido IGV

El modelo CAJN4476YHR que solicita tiene 2,181 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. PERO NO LO IMPORTAMOS PARA STOCK.

(01)Unidad de Condensación hermética TECUMSEH mod. CAJN4492YHR de 0.75 HP nominal, 220 volt, 1 fase, 60Hz. Es para refrigerante R-134a en aplicaciones de media/alta temperatura. Tiene una capacidad de 2,625 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. Precio S/. 2,358 incluido IGV

El modelo CAJN4476YHR que solicita tiene 2,181 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. PERO NO LO IMPORTAMOS PARA STOCK.

#### SEGUNDO ITEM

(01)Unidad de Condensación hermética TECUMSEH mod. FHT4518YHR de 1.5 HP nominal, 220 volt, 1 fase, 60Hz. Es para refrigerante R-134a en aplicaciones de media/alta temperatura. Tiene una capacidad de 5,213 watt evaporando R-134a a 7.2°C condensando con aire a 35°C. Precio S/. 4,050 incluido IGV

Forma de pago: Contado, contra entrega  
Entrega: Inmediata, salvo venta previa.  
Validez de precio: 15 días

Atentamente,  
Ing. Ernesto Sanguinetti R.  
COLD IMPORT S.A.

---

**De:** [jcochoae@pucp.pe](mailto:jcochoae@pucp.pe) [<mailto:jcochoae@pucp.pe>]  
**Enviada em:** segunda-feira, 17 de outubro de 2016 18:08  
**Para:** Técnico - Tecumseh do Brasil Ltda. <[tec@Tecumseh.com](mailto:tec@Tecumseh.com)>  
**Assunto:** Condensing units quotation

To whom it may concern,

Please provide me a quote on the following items:

- CAJN4476YHR-WZ Qty. 1
- FHT4518YHR-HZ Qty. 1

I look forward to your response.



## ANEXO 11: INFORMACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Se adjunta respecto a las tuberías y accesorios:

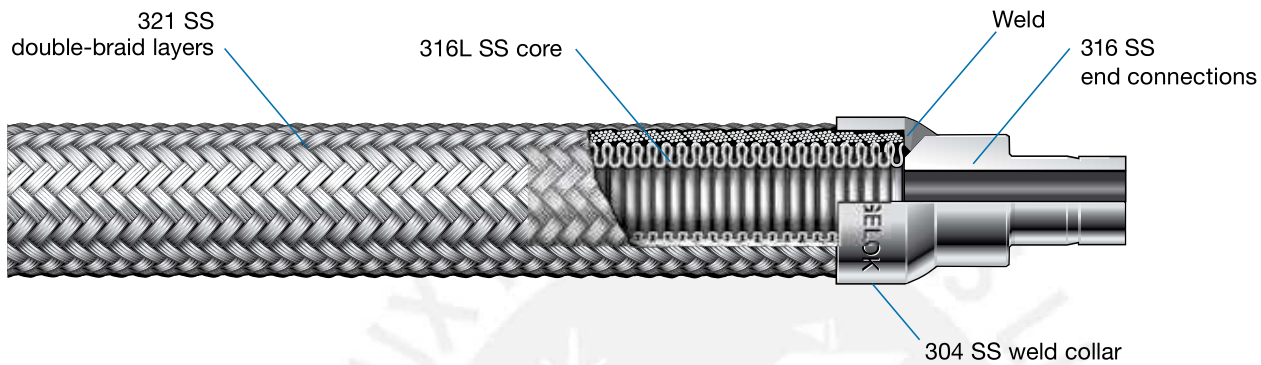
- Hoja de datos de la manguera de alta presión SWAGELOK FX
- Cotización SWAGELOK



## FX Series Metal Hose

### Features

- High-pressure corrosion resistant all-metal hose
- 316L stainless steel annular convoluted core
- 1/4 and 1/2 in. sizes and working pressures from vacuum to 6000 psig (413 bar)
- Double braid layers of 321 stainless steel promotes hose pressure containment (M).
- End connections welded in accordance with ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX.
- Commonly used in high-temperature vacuum and high-pressure corrosive environments or where permeation is undesirable
- Standard and custom assemblies available
- Options include hose covers, hose tags, and additional helium leak testing. See page 336 for details.



HOSE / FLEXIBLE TUBING

### Technical Data

| Nominal Hose Size<br>in. (mm) | Inside Diameter<br>in. (mm) | Outside Diameter<br>in. (mm) | Minimum Center Line Bend Radius<br>in. (cm) |             | Temperature Range<br>°F (°C)  | Working Pressure at<br>-325 to 100°F<br>(-200 to 37°C)<br>Vacuum to ...<br>psig (bar) | Burst Pressure at<br>70°F (20°C)<br>psig (bar) | Bulk Hose Weight<br>lb/ft (kg/m) |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|-------------|-------------------------------|---|--|----------------------------------|
|                               |                             |                              | Static                                      | Dynamic     |                               |   |  |                                  |
| 1/4 (6.4)                     | 0.25 (6.4)                  | 0.68 (17.3)                  | 1.50 (3.81)                                 | 5.50 (14.0) | -325 to 1000<br>(-200 to 537) | 6000 (413)  | 24 000 (1653)                                  | 0.49 (0.73)                      |
| 1/2 (12.7)                    | 0.51 (13.0)                 | 0.98 (24.9)                  | 3.00 (7.62)                                 | 8.00 (20.3) |                               | 4500 (310)  | 18 000 (1240)                                  | 0.85 (1.26)                      |

Pressure-temperature ratings may be limited by the end connections.

### Pressure-Temperature Ratings

Ratings are based on ASME Code for Pressure Piping B31.3, Process Piping.

| Nominal Hose Size, in.   | 1/4  | 1/2        |
|--------------------------|--|------------|
| Temperature<br>°F (°C)   | Working Pressure<br>Vacuum to ... psig (bar) |            |
| -325 (-200) to 300 (148) | 6000 (413)                                   | 4500 (310) |
| 400 (204)                | 5580 (384)                                   | 4185 (288) |
| 500 (260)                | 5160 (355)                                   | 3870 (266) |
| 600 (315)                | 4860 (334)                                   | 3645 (251) |
| 700 (371)                | 4620 (318)                                   | 3465 (238) |
| 800 (426)                | 4440 (305)                                   | 3330 (229) |
| 850 (454)                | 4320 (297)                                   | 3240 (223) |
| 900 (482)                | 4260 (293)                                   | 3195 (220) |
| 950 (510)                | 4140 (285)                                   | 3105 (213) |
| 1000 (537)               | 4020 (276)                                   | 3015 (207) |

### Testing

Every Swagelok FX series hose assembly is inboard helium leak tested to a maximum leak rate of  $1 \times 10^{-5}$  std cm<sup>3</sup>/s.

For additional testing, see **Testing**, page 336.

### Cleaning and Packaging

Swagelok FX series hose components are cleaned in accordance with Swagelok *Standard Cleaning and Packaging (SC-10)* (MS-06-62), page 1174. Each hose is bagged individually and boxed; longer hoses are coiled, bagged, and boxed.

**⚠ Do not subject flexible metal hose to pressure surges, shock, or pulsations, where the peak pressure is greater than 50 % of the working pressure rating.**

## FX Series Metal Hose

### Ordering Information

#### Custom Hose Assemblies

Build a hose assembly ordering number by combining the designators in the sequence shown below.

#### Typical Ordering Number

1    2    3    4    4       5    6       5    6  
 SS - FX 4 TA4 PM4 - 28 - F or 71 CM - F  
└── in. ──┘    └── cm ──┘

**1 Material**

**End Connections**

SS = 316 stainless steel

**2 Hose**

FX = FX series high-pressure metal hose

**3 Nominal Hose Size, in.**

4 = 1/4      8 = 1/2

**4 End Connections**

See **End Connection Designator** column in tables on next page.

**5 Overall Length**

Inches or centimeters, in whole numbers. Include **CM** as shown for centimeter lengths.

**6 Options**

For multiple options, add designators with a dash between each designator.

F = Fire jacket

F1 = Thermosleeve

H7 = Helium leak test ( $1 \times 10^{-7}$  std cm<sup>3</sup>/s)

N3 = Nitrogen pressure test

T = Lanyard tag

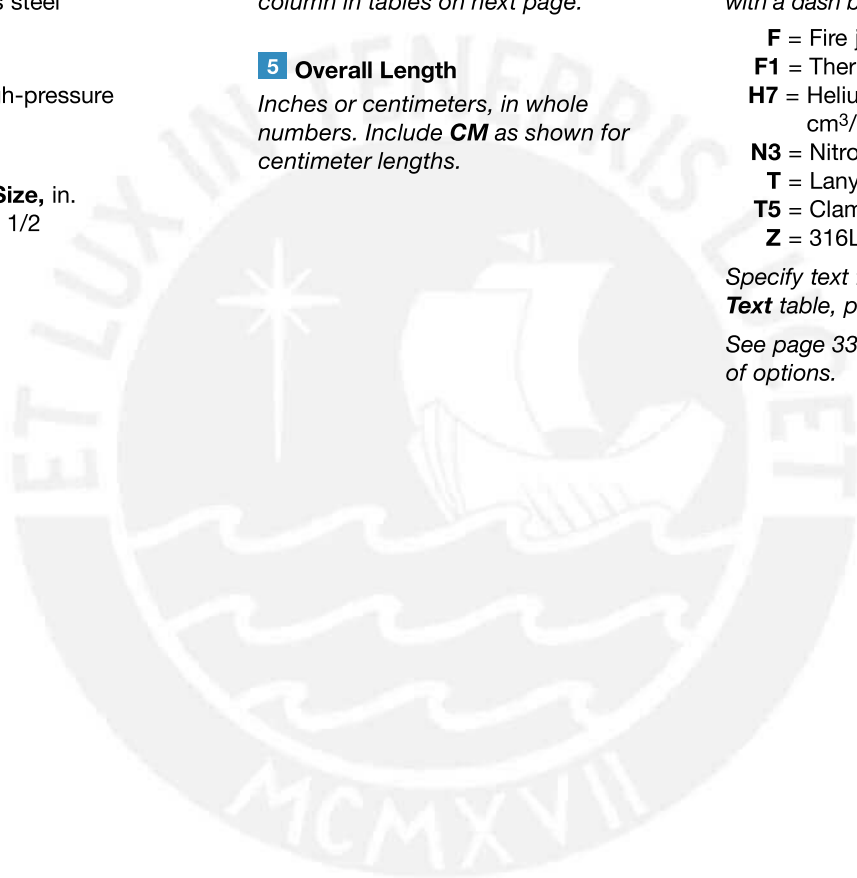
T5 = Clamp tag

Z = 316L SS braid material

Specify text for tags. See **Hose Tag Text** table, page 337.

See page 336 for detailed descriptions of options.

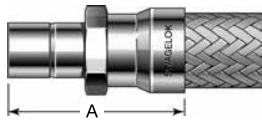
HOSE/  
FLEXIBLE  
TUBING



## FX Series Metal Hose

### End Connections

#### Swagelok Tube Adapters



End Connections with Hex Flat

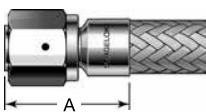
| Tube Adapter Size           | Nominal Hose Size Designator | End Connection Designator | Dimensions  |                         |                           |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|
|                             |                              |                           | A           | Minimum Inside Diameter | Maximum Outside Dimension |
| <b>Dimensions, in. (mm)</b> |                              |                           |             |                         |                           |
| 1/4                         | 4                            | TA4                       | 1.52 (38.6) | 0.18 (4.6)              | 0.54 (13.7)               |
| 1/2                         | 8                            | TA8                       | 2.16 (54.9) | 0.37 (9.4)              | 0.93 (23.6)               |
| <b>Dimensions, mm (in.)</b> |                              |                           |             |                         |                           |
| 6                           | 4                            | TM6                       | 39.0 (1.54) | 4.1 (0.16)              | 13.7 (0.54)               |
| 8                           | 4                            | TM8                       | 39.2 (1.54) | 5.6 (0.22)              | 13.7 (0.54)               |
| 12                          | 8                            | TM12                      | 64.8 (2.55) | 8.9 (0.35)              | 25.5 (1.00)               |

#### Swagelok Tube Fittings



| Tube Fitting Size           | Nominal Hose Size Designator | End Connection Designator | Dimensions  |                         |                           |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|
|                             |                              |                           | A           | Minimum Inside Diameter | Maximum Outside Dimension |
| <b>Dimensions, in. (mm)</b> |                              |                           |             |                         |                           |
| 1/4                         | 4                            | SL4                       | 1.87 (47.5) | 0.19 (4.8)              | 0.65 (16.6)               |
| 1/2                         | 8                            | SL8                       | 2.43 (61.7) | 0.41 (10.4)             | 1.02 (25.8)               |
| <b>Dimensions, mm (in.)</b> |                              |                           |             |                         |                           |
| 6                           | 4                            | SM6                       | 47.5 (1.87) | 4.8 (0.19)              | 16.2 (0.64)               |
| 8                           | 4                            | SM8                       | 48.3 (1.90) | 6.4 (0.25)              | 17.4 (0.69)               |
| 12                          | 8                            | SM12                      | 61.7 (2.43) | 9.7 (0.38)              | 25.5 (1.00)               |

#### Female VCO O-Ring Face Seal Fittings

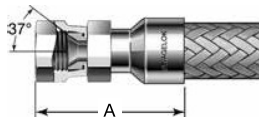


| VCO Size in. | Nominal Hose Size Designator | End Connection Designator | Dimensions, in. (mm) |                         |                           |
|--------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
|              |                              |                           | A                    | Minimum Inside Diameter | Maximum Outside Dimension |
| 1/4          | 4                            | VF4                       | 1.15 (29.2)          | 0.19 (4.8)              | 0.80 (20.3)               |
| 1/2          | 8                            | VF8                       | 1.31 (33.3)          | 0.41 (10.4)             | 1.16 (29.5)               |

HOSE / FLEXIBLE TUBING

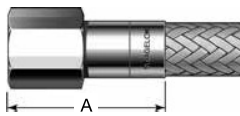
### FX Series Metal Hose

#### SAE 37° (JIC) Female Swivel



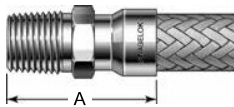
| Swivel Size in. | Nominal Hose Size Designator | End Connection Designator | Dimensions, in. (mm) |                         |                           |
|-----------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
|                 |                              |                           | A                    | Minimum Inside Diameter | Maximum Outside Dimension |
| 1/4             | 4                            | AS4                       | 1.55 (39.4)          | 0.19 (4.8)              | 0.65 (16.6)               |
| 1/2             | 8                            | AS8                       | 1.95 (49.5)          | 0.39 (9.9)              | 1.02 (25.8)               |

#### Female Pipe Threads, NPT



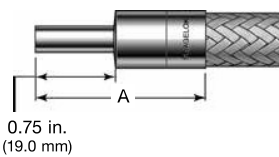
| NPT Size in. | Nominal Hose Size Designator | End Connection Designator | Dimensions, in. (mm) |                         |                           |
|--------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
|              |                              |                           | A                    | Minimum Inside Diameter | Maximum Outside Dimension |
| 1/4          | 4                            | PF4                       | 1.60 (46.0)          | 0.30 (7.6)              | 0.87 (22.1)               |
| 1/2          | 8                            | PF8                       | 2.45 (62.2)          | 0.58 (14.7)             | 1.23 (31.3)               |

#### Male Pipe Threads, NPT and ISO/BSP Tapered (ISO 7)



| NPT and ISO/BSP Tapered Size in. | Nominal Hose Size Designator | End Connection Designator | Dimensions, in. (mm) |                         |                           |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
|                                  |                              |                           | A                    | Minimum Inside Diameter | Maximum Outside Dimension |
| <b>NPT</b>                       |                              |                           |                      |                         |                           |
| 1/4                              | 4                            | PM4                       | 1.70 (43.2)          | 0.28 (7.1)              | 0.65 (16.6)               |
| 1/2                              | 8                            | PM8                       | 2.32 (58.9)          | 0.47 (11.9)             | 1.02 (25.8)               |
| <b>ISO/BSP Tapered</b>           |                              |                           |                      |                         |                           |
| 1/4                              | 4                            | MT4                       | 1.70 (43.2)          | 0.28 (7.1)              | 0.65 (16.6)               |
| 1/2                              | 8                            | MT8                       | 2.32 (58.9)          | 0.47 (11.9)             | 1.02 (25.8)               |

#### Tube Butt Welds



| Tube Butt Weld Size in. | Wall Thickness in. | Nominal Hose Size Designator | End Connection Designator | Dimensions, in. (mm) |                         |                           |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
|                         |                    |                              |                           | A                    | Minimum Inside Diameter | Maximum Outside Dimension |
| 1/4                     | 0.035              | 4                            | TB4                       | 1.64 (41.7)          | 0.18 (4.6)              | 0.54 (13.7)               |
| 1/2                     | 0.049              | 8                            | TB8                       | 2.04 (51.8)          | 0.40 (10.2)             | 0.93 (23.6)               |

**Señor(es)**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU  
 20155945860  
 AV. UNIVERSITARIA 1801 URB. PANDO  
 SAN MIGUEL  
 4602870

**Cotizacion de Venta**

Numero 00028011  
 27 de Octubre de 2016

**Presente**

Estimados señores:

**Atn.:**

**Ref.:**

De acuerdo a lo solicitado, tenemos el agrado de cotizar lo siguiente:

| Item | Codigo          | Descripcion   | Cantidad | U.M | Precio | Total    |
|------|-----------------|---|----------|-----|--------|----------|
| 1    | SS-83PF8        | VALVULA BOLA SERIE 83 DE 1/2"NPTH,SS 316,<br>ASIENTO PEEK<br>Entrega 1: 10 días útiles Qt.: 18.000 / Entrega 2: Qt.: 0.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000                      | 18.00    | UND | 322.47 | 5 804.46 |
| 2    | SS-CHF8-1       | VALVULA CHECK SERIE CH 1/2"NPTF, 1 PSIG, SS 316<br>Entrega 1: 2 días útiles Qt.: 3.000 / Entrega 2: Qt.: 0.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000                                  | 3.00     | UND | 108.42 | 325.26   |
| 3    | SS-4R3A5        | VALVULA ALIVIO S. R3A, 1/4"NPTM X 1/4"NPTF,<br>SS316<br>Entrega 1: 10 días útiles Qt.: 3.000 / Entrega 2: Qt.: 0.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000                            | 3.00     | UND | 172.06 | 516.18   |
| 4    | SS-8-E          | CODO HEMBRA 1/2"NPT, SS 316<br>Entrega 1: 2 días útiles Qt.: 14.000 / Entrega 2: 10 días útiles Qt.: 8.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000                                      | 22.00    | UND | 53.47  | 1 176.34 |
| 5    | SS-8-T          | TE HEMBRA, 1/2" NPTF, SS 316<br>Entrega 1: 2 días útiles Qt.: 6.000 / Entrega 2: 10 días útiles Qt.: 9.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000                                      | 15.00    | UND | 72.34  | 1 085.10 |
| 6    | SS-16-RA-8      | ADAPTADOR 1"NPTF X 1/2"NPTM, SS 316<br>Entrega 1: 10 días útiles Qt.: 4.000 / Entrega 2: Qt.: 0.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000   | 4.00     | UND | 52.30  | 209.20   |
| 7    | SS-8-RA-4       | ADAPTADOR 1/2"NPTF X 1/4"NPTM, SS 316<br>Entrega 1: 2 días útiles Qt.: 8.000 / Entrega 2: Qt.: 0.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000  | 8.00     | UND | 22.53  | 180.24   |
| 8    | SS-8-HRN-4      | NIPLE REDUCTOR HEX., 1/2"NPTM X 1/4"NPTM, SS<br>316<br>Entrega 1: 2 días útiles Qt.: 3.000 / Entrega 2: 10 días útiles Qt.: 1.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000               | 4.00     | UND | 16.20  | 64.80    |
| 9    | SS-FX4PF4PF4-37 | MANG. SERIE FX C/MALLA INOX 316 1/4"<br>NPTF-1/4"NPTF,L=37CM<br>*SS-FX4PF4PF4-37CM-Z<br>Entrega 1: 4 semanas Qt.: 1.000 / Entrega 2: Qt.: 0.000 / Entrega 3: Qt.: 0.000 | 1.00     | UND | 294.85 | 294.85   |

|                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| <b>Valor Neto</b>  | US\$. 9 656.43  |
| <b>I.G.V.</b>      | US\$. 1 738.16  |
| <b>Valor Total</b> | US\$. 11 394.59 |

**Condicion de Venta**

Forma de Pago : FACTURA 30 DÍAS

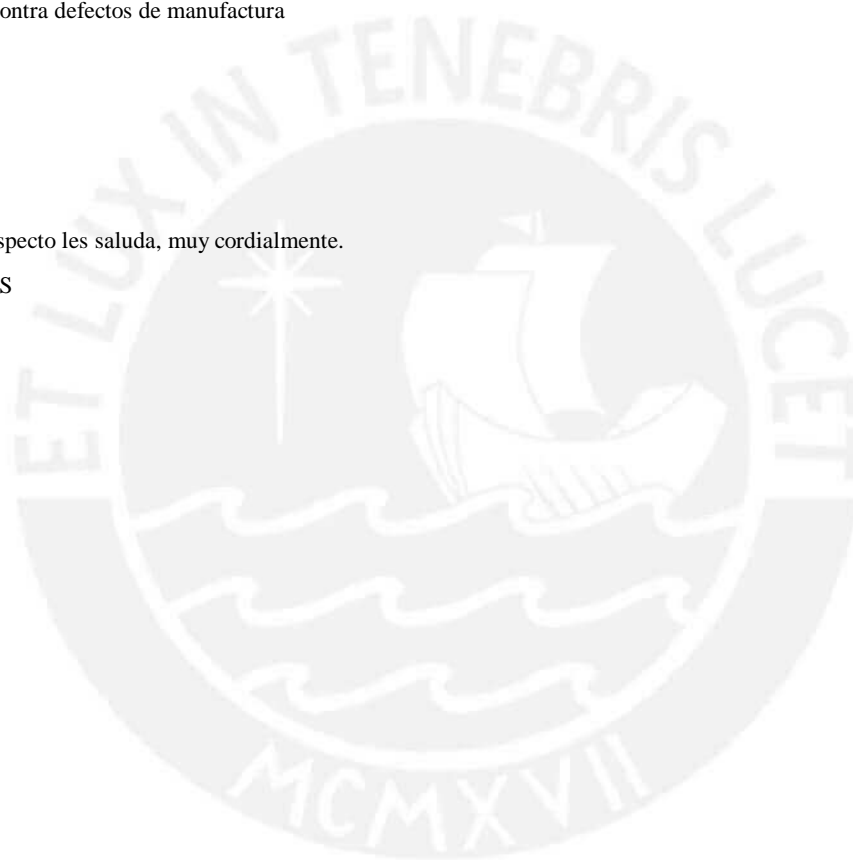
Validez de la Oferta : 5 días

Garantia : Vitalicia contra defectos de manufactura

**Observacion**

Atentos a cualquier consulta al respecto les saluda, muy cordialmente.

KARINA ENRIQUEZ PUENTES



## ANEXO 12: INFORMACIÓN DETALLADA DE LA CONFIGURACIÓN FINAL DEL SISTEMA

Se adjunta respecto a la configuración final del sistema:

- Diagrama P&ID final
- Plano de Distribución

