



### NOMBRE DEL DOCUMENTO

Documento	Fecha	Revisión	Contrato No.	Página 1 de 35
GT-M-MC-04	02/07/2025	1	-	

**CLIENTE**

GTX

**TÍTULO PROYECTO**

AMPLIACIÓN CPF MA CONCHITA

**CONTRATO NÚMERO**

-

1	Construcción	02-07-25	MRC	JAB	SORC
0	Construcción	04-06-25	MRC	JAB	SORC
A	Emitido para revisión interna	28-05-25	MRC	JAB	SORC
Rev.	Descripción	Fecha	Elaboró	Revisó	Aprobó
Revisión					



**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

## **Contenido**

INFORME DE RESULTADOS INTERCAMBIADOR DE CALOR GAS- GLICOL (E-303)....	3
1) ALCANCE.....	3
2) NORMAS .....	3
3) INTRODUCCIÓN.....	4
4) DATOS DE ENTRADA .....	5
4.1 Condiciones operativas.....	6
4.2 Composición del gas natural (cromatografía) .....	7
4.3 Propiedades físicas de los fluidos.....	8
4.4 Parámetros de diseño térmico.....	9
5) CÁLCULOS Y SELECCIÓN .....	10
5.1 Intercambiador 1: Gas–Glicol .....	11
5.2 Selección preliminar de equipos.....	19
6) RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	32
6.1 Resultados del Intercambiador Gas–Glicol .....	33
6.2 Conclusiones .....	33
7) ANEXOS .....	34



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

## INFORME DE RESULTADOS INTERCAMBIADOR DE CALOR GAS- GLICOL (E-303)

### 1) ALCANCE

El presente documento tiene por objetivo la validación y el dimensionamiento técnico del intercambiador de calor Gas-Glicol (E-303), correspondiente al proyecto "Ampliación CPF María Conchita", cuyo propósito es incrementar la capacidad de tratamiento de gas de 20 MMSCFD a 30 MMSCFD, bajo condiciones operativas de presión y temperatura de 450-900 psig y 65°F, respectivamente.

Este informe se enfoca en el análisis del Intercambiador Gas-Glicol (E-303), en el cual el gas natural es enfriado utilizando como fluido refrigerante una solución agua-glicol 65% agua + 35% TEG) proveniente del sistema de refrigeración (chiller).

Se incluyen la revisión de cálculos de carga térmica, verificación de eficiencia, estimación del área de intercambio térmico y criterios de selección de materiales, así como el dimensionamiento mecánico básico del equipo. Esto último abarca:

- Número de tubos
- Configuración de pasos de tubo y carcasa
- Distribución y tipo de deflectores (baffles)
- Longitud y disposición del haz tubular

No se consideran en este informe aspectos relacionados con equipos existentes, modificaciones externas al intercambiador, ni elementos fuera del alcance del sistema de intercambio de calor.

### 2) NORMAS

Las referencias documentales consideradas para la elaboración de la presente **memoria de cálculo**, y que respaldan los criterios de diseño térmico y mecánico aplicables al **intercambiador de calor gas-gas**, son las siguientes:

- **TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association):** Recomendaciones y estándares aplicables al diseño, fabricación y evaluación de intercambiadores de calor tipo carcasa y tubos, incluyendo configuraciones para servicio con gases y mezclas bifásicas.

GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

- **ASME B31.3 – Código de Tuberías de Procesos:** Norma que rige el diseño, fabricación e instalación de sistemas de tuberías sometidas a presión en plantas de proceso.
- **API 5L – Especificaciones para Tuberías de Transporte:** Norma aplicable a tuberías utilizadas en el transporte de hidrocarburos líquidos y gaseosos, considerando sus exigencias mecánicas y de integridad.
- **Procedimientos internos de SEDIMA CORP:** Documentación técnica corporativa que establece los lineamientos para diseño, análisis, calidad y control de ingeniería, aplicables al desarrollo del alcance del proyecto.

### 3) INTRODUCCIÓN

En este contexto, uno de los requerimientos clave es la incorporación del intercambiador de calor tipo gas-glicol (E-303), el cual permite enfriar el gas natural desde 65°F hasta 35°F utilizando una solución refrigerante de agua-glicol. Este proceso es crítico para alcanzar las condiciones de temperatura requeridas para el proceso de separación y tratamiento del gas natural.

El intercambiador ha sido diseñado para integrarse directamente en el esquema de proceso actual, trabajando en conjunto con el sistema de refrigeración (chiller) que proporciona la solución agua-glicol a 22°F. Su implementación responde a las nuevas condiciones de operación definidas para el proyecto: caudal de 30 MMSCFD, dimensionado para el rango de presión de operación de 450-900 psig y temperatura de entrada de 65°F.

El proyecto se localiza en el municipio de Riohacha, departamento de La Guajira, Colombia. Las coordenadas geográficas aproximadas del área de estudio son 11.54444°N, 72.90722°W.



**Figura 1: Ubicación del Campo María Conchita.**



**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

Esta revisión presenta la justificación técnica, termodinámica y de diseño que respalda la selección y dimensionamiento del Intercambiador Gas-Glicol (E-303), considerando:

- Las memorias de cálculos suministrada como datos de entrada (Data sheets)
- Las propiedades reales del gas natural y la solución agua-glicol
- Las condiciones del medio refrigerante (solución agua-glicol al 35% TEG Las restricciones de operación del sistema de bombeo
- Los criterios de eficiencia térmica, seguridad y continuidad del proceso

El informe incluye además la planimetría para construcción y el dimensionamiento mecánico básico del equipo, abarcando aspectos como el número de tubos, longitudes, configuración de pasos, distribución de deflectores (baffles) y disposición del haz tubular.

#### **4) DATOS DE ENTRADA**

Se detallan las condiciones operativas, propiedades de los fluidos y parámetros relevantes que se han considerado para el dimensionamiento y diseño del intercambiador de calor Gas-Glicol (E-303), un equipo esencial para el proceso de enfriamiento del gas natural en el proyecto "Ampliación CPF María Conchita". Estos datos se basan en las condiciones operativas reales del sistema, las cuales incluyen el caudal, la presión y la temperatura del gas natural a lo largo del proceso, así como las propiedades de la solución agua-glicol al 35% TEG utilizada como refrigerante.

El intercambiador Gas-Glicol (E-303) tiene como objetivo la transferencia de calor entre el gas natural proveniente del intercambiador gas-gas y la solución agua-glicol fría proveniente del sistema de refrigeración (chiller). La composición tanto del gas como de la solución refrigerante es crucial para poder evaluar con precisión las propiedades termodinámicas de los fluidos y entender su comportamiento térmico bajo las condiciones específicas del proceso.

La solución agua-glicol, compuesta por 65% agua y 35% trietilenglicol TEG, presenta propiedades termofísicas específicas que deben ser consideradas para el diseño térmico del intercambiador. En particular, el análisis de estas propiedades permite conocer parámetros como la densidad, el calor específico, la viscosidad y la conductividad térmica a diferentes temperaturas.

Estos parámetros son fundamentales para el desarrollo de los cálculos térmicos, que a su vez sirven de base para el diseño y dimensionamiento del intercambiador. Además, las condiciones operativas como el caudal de gas natural, la presión de entrada 450-900 psig y las temperaturas de proceso se integran en el modelo térmico para garantizar que el equipo



**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

sea capaz de manejar los flujos a las temperaturas y presiones requeridas, optimizando la eficiencia térmica en el proceso de intercambio de calor.

#### **4.1 Condiciones operativas**

Para el dimensionamiento térmico del intercambiador de calor Gas-Glicol (E-303), se han considerado las siguientes condiciones operativas, definidas de acuerdo con los parámetros reales del proceso en la planta CPF María Conchita.

##### **Lado Gas Natural:**

- Caudal de gas natural: 30 MMSCFD, correspondiente al caudal total de procesamiento previsto tras la ampliación de capacidad.
- Rango de presión de entrada: 450-900 psig, en línea con la presión operativa establecida para el sistema aguas arriba del intercambiador de calor.
- Temperatura de entrada del gas: 65°F, correspondiente al gas proveniente del intercambiador gas-gas (E-302).
- Temperatura de salida del gas: 35°F, temperatura objetivo requerida para el proceso posterior.

##### **Lado Solución Agua-Glicol:**

- Composición: 65% agua + 35% trietilenglicol TEG
- Caudal de proceso: 278-300 GPM (determinado por capacidad de la bomba)
- Temperatura de entrada: 22°F (proveniente del chiller)

##### **Restricciones Operativas:**

- Presión de salida esperada: será determinada en función de la caída de presión permisible a través del intercambiador de calor, estimada inicialmente dentro de un rango entre 5-10 psid para evitar impactos en la eficiencia del sistema.
- Caída de presión máxima lado glicol: limitada por la capacidad de la bomba.

Estas condiciones representan los parámetros base para el análisis térmico y permitirán establecer las necesidades de área de intercambio, características geométricas del equipo y configuración mecánica óptima para alcanzar los objetivos operativos del proceso.

**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

#### 4.2 Composición del gas natural (cromatografía)

La composición molar del gas natural utilizada para el análisis térmico se obtuvo mediante cromatografía, como se muestra a continuación;

**Tabla 1. Cromatografía**

COMPONENTE		MOLE%	WEIGHT %
H <sub>2</sub>	HYDROGEN	0,00	0,00
CO <sub>2</sub>	CARBON DIOXIDE	0,38	0,98
N <sub>2</sub>	NITROGEN	0,23	0,38
C1	METHANE	98,19	92,66
C2	ETHANE	0,27	0,48
C3	PROPANE	0,16	0,41
iC4	i-BUTANE	0,08	0,27
nC4	n-BUTANE	0,02	0,08
iC5	i-PENTANE	0,05	0,20
nC5	n-PENTANE	0,01	0,05
C6	HEXANES	0,03	0,17
C7	HEPTANES	0,09	0,48
C8	OCTANES	0,11	0,74
C9	NONANES	0,16	1,17
C10	DECANES	0,11	0,84
C11	UNDECANES	0,06	0,55
C12+	DODECANES PLUS	0,05	0,54

PROPIEDADES CALCULADAS DEL GAS TOTAL		
GAS GRAVITY	0,5869	@14,65 PSIA & 60°F
WHOLE SAMPLE MOLE WEIGHT	16,99	g mol-1
IDEAL GAS DENSITY	0,7152	kg m-3 @14,65 psia & 60°F
IDEAL GROSS CALORIFIC VALUE	1044,4	BTU ft-3 @14,65 psia & 60°F
IDEAL NET CALORIFIC VALUE	941,4	BTU ft-3 @14,65 psia & 60°F
PSEUDO CRITICAL PRESS	665,9	psia
PSEUDO CRITICAL TEMP	349,7	Rankie
GAS COMPRESSIBILITY FACTOR, Z	0,9978	@14,65 PSIA & 60°F
REAL GROSS CALORIFIC VALUE	1046,6	BTU ft-3 @14,65 psia & 60°F
REAL NET CALORIFIC VALUE	943,4	BTU ft-3 @14,65 psia & 60°F



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

#### 4.3 Propiedades físicas de los fluidos

Las propiedades físicas consideradas para el diseño térmico del intercambiador de calor Gas-Glicol (E-303) incluyen tanto las del gas natural como las de la solución agua-glicol (35 % TEG), la cual se emplea como fluido refrigerante.

Las propiedades del gas natural fueron determinadas a partir de su composición molar, obtenida mediante análisis cromatográfico, y evaluadas bajo condiciones operativas de entrada de 65°F y salida de 35°F, con presiones entre 450 y 900 psig. Por otro lado, la solución de agua-glicol (35 % TEG) se considera a una temperatura de entrada de 22°F y una presión de operación de 45 psi.

Las propiedades térmicas evaluadas para ambos fluidos son:

- **Calor específico a presión constante ( $C_p$ ):** Para el gas natural, el valor se calculó a partir de la temperatura media en el intercambiador. En el caso del glicol al 35 % TEG, se usaron datos tabulados en función de la concentración y la temperatura de operación. Esta propiedad influye directamente en la capacidad de los fluidos para absorber o liberar energía, afectando el cálculo de la carga térmica.
- **Densidad:** La densidad del gas natural se estimó mediante la ley de los gases reales, incorporando el factor de compresibilidad ( $Z$ ) correspondiente. Para la mezcla agua-glicol, se emplearon datos experimentales ajustados a su concentración y temperatura, necesarios para el cálculo del flujo másico y la caracterización del régimen de flujo.
- **Viscosidad dinámica:** En el caso del gas natural, la viscosidad se obtuvo según su composición y temperatura. Para la solución de TEG al 35 %, se consideraron valores experimentales dependientes de la temperatura. Esta propiedad incide en la determinación del número de Reynolds y en la evaluación de las pérdidas por fricción.
- **Conductividad térmica:** Para el gas natural, se estimó a partir de su composición y condiciones medias del proceso. La conductividad térmica del agua-glicol se tomó de fuentes confiables según su concentración y temperatura. Esta propiedad es esencial para estimar la eficiencia del proceso de transferencia de calor.

Asimismo, se utilizaron propiedades derivadas como la **viscosidad cinemática**, el **número de Prandtl ( $Pr$ )** y el **número de Reynolds ( $Re$ )**, los cuales permiten caracterizar el régimen de flujo en cada corriente y seleccionar las correlaciones adecuadas para determinar el coeficiente global de transferencia de calor.



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

#### 4.4 Parámetros de diseño térmico

Para el diseño del intercambiador de calor Gas-Glicol (E-303) se definen los siguientes parámetros técnicos y geométricos, basados en las condiciones operativas del sistema y en criterios de ingeniería aplicables a servicios con gas natural y soluciones de glicol.

Configuración General:

- **Tipo de intercambiador:** carcasa y tubos
- **Orientación:** Horizontal por facilidad de operación y drenaje
- **Fluidos de trabajo:**
  - Lado tubos: gas natural (entrada a 65°F, salida a 35°F)
  - Lado carcasa: solución agua-glicol 35% TEG (entrada a 22°F)
- **Caída de presión máxima permisible:** Entre 5 y 10 psid por lado.
- **Factor de ensuciamiento:** 0.001–0.003 ft<sup>2</sup>·h/°F·Btu (valores se basan en la tabla 9.9 del Capítulo 9 del manual GPSA).
- **Coefficiente global de transferencia de calor (U) lado gas:** "Estimado entre 40 y 70 BTU/h·ft<sup>2</sup>·°F.
- **Coefficiente global de transferencia de calor (U) lado carcasa:** "Estimado entre 80 y 120 BTU/h·ft<sup>2</sup>·°F.

Estos valores se basan en la tabla 9.9 del Capítulo 9 del manual GPSA

#### **Configuración geométrica preliminar (valores por definir. Ver tabla 3):**

- Diámetro de carcasa.
- Número de tubos.
- Diámetro externo del tubo.
- Longitud de los tubos.
- Espesor de tubos.
- Número de pasos por el lado del tubo.
- Configuración de tubos (paso triangular, cuadrado, etc.).
- Número de deflectores (baffles).
- Espaciamiento entre deflectores.



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

- Área total de intercambio térmico estimada.
- Material de construcción.

## 5) CÁLCULOS Y SELECCIÓN

El dimensionamiento térmico del intercambiador de calor Gas-Glicol (E-303) se realizó con base en las condiciones de operación descritas previamente, aplicando los principios fundamentales de transferencia de calor y balance de energía. El objetivo del diseño fue garantizar un enfriamiento eficiente del gas natural desde 65°F hasta 35°F utilizando la solución agua-glicol como refrigerante, asegurando un funcionamiento eficiente y confiable dentro del sistema existente. Para el análisis se consideraron los siguientes criterios técnicos:

- **Método de cálculo:** se empleó el método de la **diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD)**, ajustado mediante un factor de corrección, para reflejar condiciones reales del intercambiador.
- **Configuración térmica:** se seleccionó un esquema de **flujo contracorriente**, ya que esta disposición maximiza el gradiente de temperatura a lo largo del intercambiador y permite una transferencia de calor más eficiente, lo cual es clave para alcanzar la temperatura de salida deseada sin requerir un área excesiva.
- **Coefficiente global de transferencia de calor (U):** estimado en función de las propiedades térmicas del gas y la solución glicol, la configuración del equipo y las resistencias de las películas interna y externa, pared del tubo y factores de ensuciamiento.
- **Caída de presión permisible:** se controló dentro del rango de **5 a 10 psid** por lado, asegurando la continuidad del proceso y evitando penalizaciones energéticas.
- **Área de intercambio térmico requerida (A):** determinada a partir de la carga térmica total (Q), calculada con el flujo másico, el calor específico y la diferencia de temperatura entre las corrientes, tomando en cuenta la eficiencia del sistema y las condiciones objetivo de enfriamiento.

El diseño geométrico preliminar incluyó consideraciones como el número y longitud de los tubos, tipo de paso, número de deflectores y configuración del haz tubular, todo orientado a asegurar un régimen de flujo **turbulento** ( $Re > 4000$ ) en ambas corrientes, optimizando así la eficiencia del intercambio térmico y minimizando el tamaño del equipo.

GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

Los resultados de estos cálculos servirán como base para la selección definitiva del equipo, ya sea mediante diseño interno o especificación a un proveedor, y podrán ser validados mediante herramientas de simulación térmica o verificación conforme a normas técnicas aplicables como **ASME Sec. VIII** y **TEMA**.

### 5.1 Intercambiador 1: Gas–Glicol

El intercambiador Gas-Glicol (E-303) tiene como objetivo reducir la temperatura del gas natural desde 65°F hasta 35°F, utilizando una solución agua-glicol (35% TEG) a 22°F como fluido refrigerante. Este enfriamiento es crítico para alcanzar las condiciones de temperatura requeridas en el proceso de tratamiento del gas natural.

#### Cálculos realizados:

- **Carga térmica (Q):** La carga térmica es la cantidad de calor que debe transferir el intercambiador para enfriar el gas de entrada hasta la temperatura deseada. Para calcularla, usamos la siguiente ecuación de balance de energía:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Donde:

- $\dot{m}$ : caudal másico del gas (lb/s)
  - $C_p$ : Calor específico promedio (Btu/lb\*°F)
  - $\Delta T$ : diferencia de temperatura entre entrada y salida
- **Coefficiente global de transferencia de calor (U):** El **coeficiente global de transferencia de calor** es una propiedad que depende de la naturaleza de los fluidos, el diseño del intercambiador y el régimen de flujo. Se puede obtener mediante simulaciones o correlaciones empíricas basadas en la geometría del intercambiador, pero generalmente se estima para un tipo de fluido determinado.

$$U = \frac{Q}{A \cdot \Delta T_{lm}}$$

**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

Donde:

**A** es el **área de transferencia de calor** (en ft<sup>2</sup>).

$\Delta T_{lm}$  es la **diferencia de temperatura media logarítmica** (LMTD) entre los fluidos a través del intercambiador de calor. Se calcula con:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})}{\ln\left(\frac{T_{h,in} - T_{c,out}}{T_{h,out} - T_{c,in}}\right)}$$

Donde:

- $T_{h,in}$  y  $T_{h,out}$  son las temperaturas de entrada y salida del fluido caliente (gas saturado).
- $T_{c,in}$  y  $T_{c,out}$  son las temperaturas de entrada y salida del fluido frío (glicol).

### **Cálculos de diseños Geométricos**

El diseño geométrico del intercambiador de calor (E-303) se desarrolló con el objetivo de dimensionar adecuadamente sus componentes internos, asegurando que cumplan con los requerimientos térmicos y de operación del proceso. Esta etapa de diseño incluyó el análisis detallado de elementos clave como el número y diámetro de los tubos, su longitud, el espesor de pared, la configuración del haz tubular y la disposición de los deflectores en la carcasa.

La selección de estos parámetros se basó en una combinación de recomendaciones normativas, buenas prácticas de ingeniería y la verificación del cumplimiento de condiciones críticas como la caída de presión permitida, el régimen de flujo turbulento ( $Re > 4000$ ) y la eficiencia de transferencia térmica. El dimensionamiento también consideró la compatibilidad con los materiales seleccionados, el tipo de servicio (flujo de gas en ambos lados), y la integración con la infraestructura existente.

Para determinar la geometría del haz tubular, se estimaron inicialmente el número de tubos necesarios para alcanzar el área de transferencia térmica requerida, así como el diámetro externo e interno de los mismos. Posteriormente, se definieron la longitud de los tubos y el



**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

tipo de paso, buscando mantener velocidades de flujo adecuadas que aseguren una buena eficiencia térmica sin exceder los límites de caída de presión establecidos.

La disposición de deflectores en el lado de la carcasa fue diseñada para inducir un patrón de flujo transversal sobre los tubos, incrementando la turbulencia del fluido y mejorando así el coeficiente de transferencia de calor. Se estimó el número de deflectores y la separación entre ellos en función de la longitud total del intercambiador, asegurando además que la pérdida de carga se mantuviera dentro del rango permisible.

Este conjunto de cálculos permitió obtener un diseño preliminar que cumple con los objetivos del proceso en términos de capacidad térmica, eficiencia operativa y confiabilidad mecánica, sirviendo como base para una futura validación mediante simulaciones térmicas o especificaciones del proveedor.

### **Cálculos del caudal volumétrico real del fluido caliente**

Para el dimensionamiento del intercambiador se requiere conocer el caudal volumétrico del gas natural en condiciones reales de operación. A partir del caudal a condiciones base y del factor de corrección (FC), se obtiene el caudal real con la siguiente relación:

$$Q_{real} = \frac{Q_{base}}{FC}$$

Donde:

- $Q_{real}$  es el caudal volumétrico real en condiciones de presión y temperatura de proceso.
- $Q_{base}$  es el flujo volumétrico a condiciones estándar (30 MMscfd).
- $FC$  es el factor de corrección.

### **Aplicando esta expresión:**

- Entrada del intercambiador (FC = 33.54):

- $Q_{real} = \frac{30000000scfd}{33.54} = 894454 \frac{ft^3}{d}$

- $Q_{real} = \frac{89454 \frac{ft^3}{d}}{86400} = 10.35 \frac{ft^3}{s}$



**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

- Salida del intercambiador (FC = 36.07):

- $Q_{real} = \frac{30000000scfd}{36.077 \times 0.95} = 875490 \frac{ft^3}{d}$

- $Q_{real} = \frac{875490 \frac{ft^3}{d}}{86400} = 10.13 \frac{ft^3}{s}$

### **Cálculo del caudal volumétrico del fluido frío**

Para el diseño térmico del intercambiador, se considera el caudal volumétrico de la solución refrigerante de agua-glicol (35 % TEG) dentro del rango operativo real del sistema, comprendido entre **278 y 300 GPM**. Este intervalo representa las condiciones normales de funcionamiento del circuito de refrigeración, por lo que se utiliza como base para los cálculos térmicos del equipo. Trabajar con este rango permite dimensionar el intercambiador de manera eficiente, asegurando una adecuada transferencia de calor y una operación estable sin sobredimensionamientos innecesarios.

La conversión del caudal a unidades del Sistema Internacional se realiza de la siguiente manera:

$$Q = 278gpm * \left( \frac{1ft^3}{7.48gal} \right) * \left( \frac{1min}{60s} \right) = 0.619 \frac{ft^3}{s}$$

Este valor será utilizado para los cálculos térmicos y de dimensionamiento del intercambiador en la etapa de diseño

### **Cálculo área mínima de paso**

Una vez determinado el caudal volumétrico real de ambas corrientes (fluido caliente y fluido frío), se procede a calcular el área mínima de paso requerida en el intercambiador de calor. Esta área representa la sección transversal total necesaria para permitir el flujo de gas natural y solución agua-glicol (35 % TEG) a velocidades controladas, asegurando un régimen de operación eficiente y una caída de presión aceptable.



**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

Para el gas natural, que circula por el lado de los tubos, se ha considerado una velocidad de diseño de **25 ft/s**, valor típico que favorece una buena transferencia de calor sin generar problemas de erosión. En cuanto al agua-glicol, que circula por el lado de la carcasa, se ha considerado una velocidad dentro del rango recomendado por el *GPSA Book* (Sección 9), el cual sugiere valores de **0.6-1.5 m/s (2-5 ft/s)** para líquidos en este lado del intercambiador. Este rango permite lograr un equilibrio adecuado entre eficiencia térmica, caída de presión y riesgo de ensuciamiento.

La relación utilizada es:

$$A = \frac{Q}{v}$$

Donde:

- A es el área mínima de paso (ft<sup>2</sup>).
- Q es el caudal volumétrico real (ft<sup>3</sup>/s).
- V es la velocidad del gas (ft/s).

#### **Fluido caliente (gas saturado):**

- Entrada
  - Caudal: 10.35 ft<sup>3</sup>/s
  - Área: 0.414 ft<sup>2</sup>
- Salida
  - Caudal: 10.13 ft<sup>3</sup>/s
  - Área: 0.4053 ft<sup>2</sup>

#### **Fluido frio (agua-glicol):**

- Entrada
  - Caudal: 0.619 ft<sup>3</sup>/s
  - Área: 0.126 ft<sup>2</sup>



**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

- Salida
  - Caudal: 0.619 ft<sup>3</sup>/s
  - Área: 0.126 ft<sup>2</sup>

### **Determinación del diámetro hidráulico equivalente**

Con base en el área mínima de paso calculada para cada corriente, se estimó el diámetro equivalente de un solo conducto circular que permitiría el paso del caudal correspondiente a una velocidad de 25 ft/s para el gas y 5 ft/s para el glicol. Aunque el intercambiador de calor utiliza múltiples tubos, este cálculo preliminar permite visualizar la escala dimensional del sistema y sirve como punto de partida para determinar el número de tubos necesarios.

La relación empleada es:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

**Tabla 2: Recomendación diámetros.**

	<b>Gas saturado</b>	<b>Glicol</b>
Tamaño mínimo conexión IN	8.71 in	4,80 in
Tamaño mínimo conexión OUT	8.62 in	4,80 in
Tamaño recomendado conexión IN	10 in	6 in
Tamaño recomendado conexión OUT	10 in	6 in



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

### Diseño preliminar del intercambiador

Basado en estimaciones iniciales y prácticas de diseño de intercambiadores carcasa y tubos:

**Tabla 3: Comparativa de Diseño de Intercambiador de Calor - Cambios en Diámetro y Longitud de los Tubos**

Parámetro	Pre diseño inicial	Recomendación SORC
Número de tubos	170	200
Diámetro externo de tubos	0.875 in	1.05 in
Longitud de tubos	19.68 ft	19.68 ft
Espesor de pared	0.083 in	0.154 in
Material	Acero al Carbono ASTM A36	Acero al Carbono ASTM A36
Número de pasos	2	2
Número de deflectores	17	7
Tipo de deflectores	Segmento simple	Segmento simple
Separación entre deflectores	8 in	24 in
Diámetro de carcasa	12.75 in	24 in
Configuración térmica	Contracorriente	Contracorriente
Caída de presión máxima	10 psid por lado	10 psid por lado
Fouling resistance	0.003 ft <sup>2</sup> *h/°F*BTU	0.003 ft <sup>2</sup> *h/°F*BTU
Área de transferencia efectiva	621.15 ft <sup>2</sup>	764.83 ft <sup>2</sup>
Coef. global transferencia (limpio/sucio)	67.29-60.68 BTU/h*ft <sup>2</sup> *°F	67.29-60.68 BTU/h*ft <sup>2</sup> *°F
Temperatura gas saturado (in/out)	64.72-35.98 °F	64.72-35.98 °F
Temperatura glicol (in/out)	22-32.11°F	22-32.11°F
Presión gas saturado (in/out)	456.27-451.04 psia	456.27-451.04 psia
Presión glicol (in/out)	79.7-75.49 psia	45-40 psia



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

La propuesta SORC demuestra mayor eficiencia que el pre-diseño inicial mediante la optimización de cuatro parámetros fundamentales: el incremento del número de tubos de **170 a 200 unidades (+18%)** proporciona mayor superficie de contacto para la transferencia de calor, el aumento del diámetro externo de los tubos de **0.875 in a 1.05 in (+20%)** incrementa el perímetro de transferencia por tubo individual y permite mejor distribución del flujo de gas reduciendo las velocidades excesivas, el incremento significativo del espesor de pared de **0.083 in a 0.154 in (+85%)** garantiza mayor robustez mecánica y resistencia a la corrosión por glicol en servicio continuo, y como resultado directo de estas mejoras geométricas, el área de transferencia efectiva se incrementa de **621.15 ft<sup>2</sup> a 764.83 ft<sup>2</sup> (+23%)**, lo que según la ecuación fundamental  $Q = U \times A \times \Delta T_{LMTD}$  permite transferir la misma carga térmica con menor diferencia de temperatura media logarítmica o alternativamente manejar cargas térmicas superiores sin comprometer la eficiencia, convirtiendo al intercambiador en una solución más robusta, eficiente y confiable para el servicio gas-glicol del proyecto CPF María Conchita.

#### Verificación de caída de presión admisible:

Es importante asegurarse de que la caída de presión en el intercambiador no exceda los valores permitidos, ya que una caída de presión excesiva puede afectar el rendimiento del sistema. La caída de presión depende de las características del flujo y de la geometría del intercambiador.

$$\Delta p = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \rho \cdot v^2$$

Donde:

- $f$  es el **factor de fricción** (0.0246), que depende del régimen de flujo (laminar, transitorio, o turbulento).
- $L$  es la longitud del tubo (19.685 ft).
- $D$  es el diámetro del tubo (0.062 ft).
- $\rho$  es la densidad del gas (1.439 lb/ft<sup>3</sup>)
- $V$  es la velocidad del gas en los tubos (16.38 ft/s)



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

Reemplazando y resolviendo:

$$\Delta p \approx 10 \text{psi}$$

## 5.2 Selección preliminar de equipos

Con base en los resultados térmicos obtenidos en los cálculos desarrollados para el intercambiador **Gas-Glicol (E-303)**, se selecciona una configuración preliminar del equipo que cumpla con los requerimientos técnicos del proceso, condiciones de operación, y criterios de eficiencia y mantenibilidad. Esta selección toma en cuenta las características del fluido (gas natural), las restricciones de diseño y la integración con el sistema existente.

Los criterios considerados para la selección son los siguientes:

- **Tipo de intercambiador seleccionado:**

Se opta por un **intercambiador de carcasa y tubos**, debido a su robustez, facilidad de mantenimiento, versatilidad en el manejo de grandes volúmenes de gas y buena eficiencia térmica en aplicaciones de recuperación de energía entre corrientes gaseosas.

- **Orientación:**

Se selecciona una configuración **horizontal**, ideal para servicios con gas natural, facilita el drenaje de condensados (si los hubiera) y se integra mejor con la disposición en campo de la planta CPF.

- **Material de fabricación:**

Se propone el uso de acero al carbono **ASTM A36** para todos los componentes en contacto con el gas, dada su compatibilidad con gas seco y su costo competitivo. Este material también ofrece buena resistencia mecánica bajo las condiciones de presión y temperatura especificadas.

- **Número de pasos y configuración del haz tubular:**

Se elige una configuración de dos pasos por el lado de los tubos. Esta decisión se basa en la necesidad de controlar la velocidad del gas, asegurar un régimen de flujo turbulento ( $Re > 4000$ ) que mejore la eficiencia térmica, y al mismo tiempo evitar una



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

caída de presión excesiva. Una configuración de un solo paso podría generar velocidades insuficientes y baja eficiencia térmica, mientras que más de dos pasos aumentaría innecesariamente la pérdida de presión. Así, dos pasos representan un punto de equilibrio óptimo entre transferencia de calor y caída de presión, adaptándose bien al perfil de operación del sistema.

- **Deflectores (baffles):**

Se seleccionarán **deflectores de segmento simple**, espaciados adecuadamente para inducir un flujo transversal del gas por el lado de la carcasa, promoviendo la turbulencia y mejorando el coeficiente de transferencia de calor. El número y separación de los deflectores será definido con base en la longitud del intercambiador, área requerida y caída de presión permitida.

- **Caída de presión:**

La selección del equipo buscará cumplir con la **caída de presión máxima permisible entre 5 y 10 psid**, tanto en el lado del gas saturado como en el lado del gas seco, de acuerdo con los límites establecidos para el proceso.

- **Accesibilidad y mantenimiento:**

El diseño incluirá cabezales desmontables o tipo canal, bridas de acceso y puertos de inspección, facilitando las tareas de mantenimiento, limpieza e inspección durante la operación regular.

- **Integración con la infraestructura existente de la CPF:**

El intercambiador será diseñado para integrarse sin requerir modificaciones a los sistemas de separación, compresión o líneas existentes. Su ubicación, conexiones de entrada y salida, y requerimientos estructurales serán coordinados con la ingeniería de planta para minimizar impactos en el layout y en la operación actual.



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

### Especificaciones de Tubos y Cálculo de Peso Total

Se consideran 200 tubos rectos de acero al carbono grado 1A (ASTM A1), con las dimensiones típicas que se muestran en la tabla #3.

Para el volumen de un solo tubo tenemos;

$$V_{1\ tubo} = \pi \cdot L \cdot (R_{ext}^2 - R_{int}^2)$$

Una vez conocido el volumen del tubo y considerando que la densidad del acero al carbono es de 7850 kg/m<sup>3</sup>, es posible calcular su peso multiplicando ambos valores.

$$Peso_{1\ tubo} = V_{1\ tubo} \cdot \rho$$

Conociendo el peso de un tubo y considerando que el diseño contempla un total de 200 unidades (ver Tabla 3), se puede calcular el peso total multiplicando el peso de un solo tubo por 200.

$$Peso_{haz\ tubular} = 200 \cdot Peso_{1\ tubo}$$

Conociendo el volumen total, obtenido al multiplicar el volumen de un tubo por 200, y teniendo en cuenta que la densidad del gas es de 1.437 lb/ft<sup>3</sup>, es posible calcular el peso del gas contenido al 100 % de capacidad.

$$Peso_{haz\ tubular\ lleno} = Peso_{gas} + Peso_{haz\ tubular\ vacio}$$

A continuación, se procede al cálculo del volumen de la coraza utilizando la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D_{int}^2 \cdot L$$



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

Posterior al cálculo del volumen de la coraza, y conociendo la densidad del material se determina su peso.

$$Peso\ coraza_{vacía} = V \cdot \rho$$

Se calcula el peso del glicol con el fin de sumarlo al peso de la coraza vacía y así obtener el peso total de la coraza. Esto lo tenemos multiplicando el volumen por su densidad 71.62 lb/ft<sup>3</sup>.

$$Peso_{Coraza} = Peso_{glicol} + Peso_{coraza\ vacía}$$

Tabla #4 Peso del intercambiador de calor E-303

	Haz tubular	Coraza
Peso de equipo vacío (lb)	5807	16616
Peso de equipo lleno (lb)	5822	19043

El peso total del intercambiador de calor lleno, considerando el haz tubular y la coraza es de **24868 libras**



GTX  
Riohacha, Guajira  
Colombia

Documento: : GT-M-MC-04  
Fecha: : 02/07/2025  
Revisión: : 1  
Contrato No.: :-

## Selección de materiales

Para garantizar la adecuada selección de materiales y elementos se empleará como criterio de diseño la relación costo-eficiente de material-espesor que responda satisfactoriamente los requerimientos exigidos por ASME B31.3, así:

Tabla #5. Resultados de cálculo ASME B31.3

Variable	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Unidad
P	900	900	900	900	psi
S	60000	35000	35000	35000	psi
D	24	10	8	6	in
F	0,5	0,5	0,5	0,5	
E	1	1	1	1	
T	1	1	1	1	
tcal	0,360	0,257	0,206	0,154	in
CA	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	in
tmin	0,423	0,320	0,268	0,217	in
<b>tselec</b>	<b>0,750</b>	<b>0,365</b>	<b>0,322</b>	<b>0,280</b>	

Para todos los tamaños se consideró el factor de tolerancia a la corrosión uniforme para fomentar una selección comercial costo eficiente de la tubería, sin incurrir en mayores espesores por encima de la tendencia más comercial y disponible en el mercado.

Con lo cual, el piping class del proyecto quedaría definido como:

**GTX**  
**Riohacha, Guajira**  
**Colombia**

**Documento:** : GT-M-MC-04  
**Fecha:** : 02/07/2025  
**Revisión:** : 1  
**Contrato No.:** :-

<b>PIPING CLASS:</b>	AMPLIACIÓN CPF Ma. CONCHITA	<b>RATING</b> 600 ANSI
<b>SERVICIOS:</b>	GAS NATURAL - PROCESO	
<b>MATERIAL:</b>	Acero al Carbón	<b>CÓDIGO:</b> ANSI/ASME B31.3
<b>TOLERANCIA A LA CORROSIÓN:</b>	1/16"	
<b>RANGOS DE TEMPERATURA:</b>	De -20 F a 120 F	
<b>PRESIÓN DE DISEÑO:</b>	900 Psig	

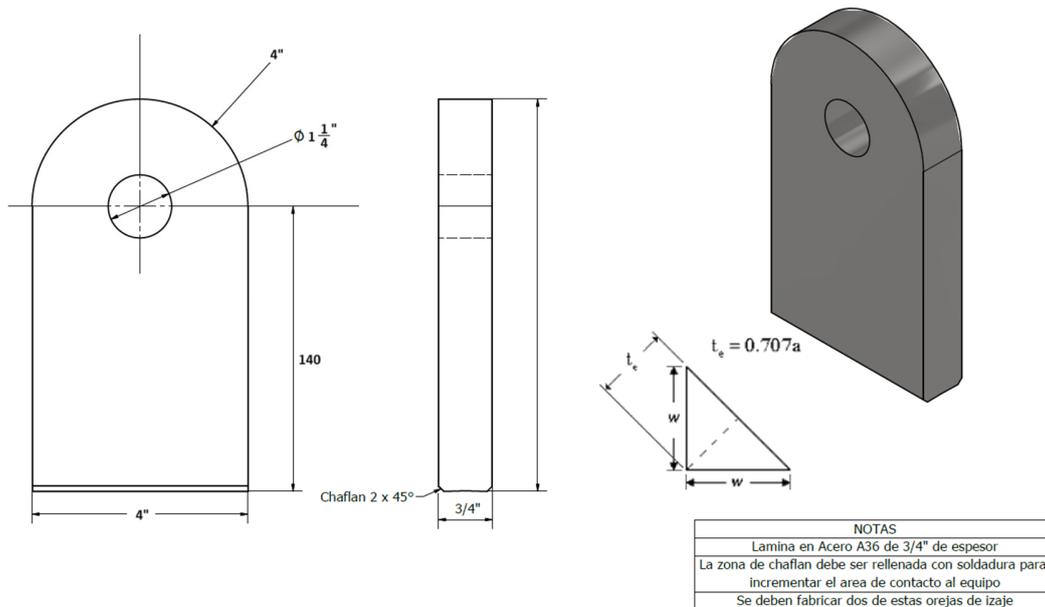
ELEMENTO	DIA (in)	EXTR	CEDULA o ESPESOR	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
TUBERÍA	6"	BE	SCH 40 / STD	CS, SEAMLESS, DIMENSIONS AS PER ANSI B36.10	API 5L Gr B
	8"	BE	SCH 40 / STD		API 5L Gr B
	10"	BE	SCH 40 / STD		API 5L Gr B
	24"	BE	<b>0,750"</b>		<b>API 5L X60</b>
ACCESORIOS	HASTA 1-1/2"	SW	SCH 80	CS, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.11	ASTM A234 WPB
	6"	BE	SCH 40 / STD	CS, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.9	ASTM A234 WPB
	8" - 10"	BE	SCH 40 / STD	CS, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.9	ASTM A234 WPB
	24"	BE	SCH 40	CS, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.9	ASTM A234 WPB
O - LETS	HASTA 1-1/2"	SW	SCH 80	CS, DIMENSIONS AS PER MSS SP 97	ASTM A105
	6"	BE	SCH 40 / STD		ASTM A105
	8"	BE	SCH 40 / STD		ASTM A105
	10"	BE	SCH 40 / STD		ASTM A105
BRIDAS	HASTA 1-1/2"	SW RF	SCH 80	CS, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.5	ASTM A105
	6"	WN RF	SCH 40 / STD		ASTM A105
	8"	WN RF	SCH 40 / STD		ASTM A105
	10"	WN RF	SCH 40 / STD		ASTM A105
	24"	WN RF	SCH 40		ASTM A105
EMPAQUES	6" - 24"	RF	600 ANSI	API 601 SPIRAL WOUND GASKET, 1/8" THK.	SS-316 (FIBRAS SIN ASBESTOS)
ESPÁRRAGOS				C.S. UNC THREADED ALL THROUGH, DIMENSIONS AS PER ANSI B18.2.2 AND ANSI B16.5	ASTM A193 Gr. B7
TUERCAS				C.S. HEXAGONAL HEAD, UNC. THREADED , DIMENSIONS AS PER ANSI B18.2.1	ASTM A194 Gr. 2H

**NOMBRE DEL DOCUMENTO**

<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página 25 de 35
CODIGO DEL DOCUMENTO	02/07/2025	1	-	

**5.4 Diseño geométrico de la soldadura**

Para las condiciones de carga más desfavorables calculadas en el ítem 5.2, a continuación, se presenta el diseño geométrico que define el perfil de filete más idóneo para garantizar el correcto ensamblaje e integridad de fusión en este servicio. Para lo cual las orejas de izaje, marcan la condición de máxima sollicitación mecánica a la soldadura, con lo cual se procederá a validar el desempeño del filete a 1/4" de perfil, que se definió por geometría constructiva para este servicio:



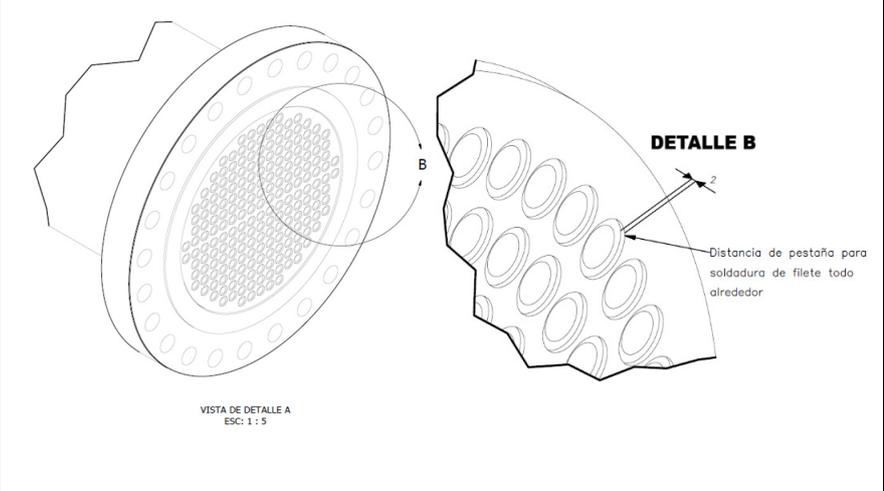
Falla cortante en concentrador		
S. fluencia	35000	psi
T.cortante	17500	psi
longitud	4	in
espesor	0,75	in
diametro	1,25	in
Acorte	2,0625	in <sup>2</sup>
Fmax	36093,75	Lbf
	<b>18,05</b>	<b>TON</b>

Soldadura Fijación de Base		
Electrodo	60000	psi
tao electro	30000	psi
Filete	0,1875	in
garganta	0,13258252	in
A Soldadura	1,25953395	in <sup>2</sup>
Fmax sol	37786,0186	Lbf
	<b>18,9</b>	<b>TON</b>

				
<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>				
<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página 26 de 35
CODIGO DEL DOCUMENTO	02/07/2025	1	-	

Con lo cual, la comparación directa de los resultados de falla de toda la carga concentrada del ensamblaje completo en un solo elemento de izaje, muestran desempeño de cumplimiento satisfactorio del filete evaluado; puesto que un solo elemento de izaje, se pudiera soportar la máxima carga muerta del sistema ensamblado, por lo tanto, en la realidad, al distribuir la carga física en dos elementos simétricos de sujeción para el izaje, el factor de seguridad se incrementa a más de 2. Concluyendo así que el filete de 1/4" en la soldadura con electrodo E-7018, demuestra ser idóneos para garantizar el adecuado servicio mecánico.

El diseño interno de unión de tubos a los espejos, plantea una soldadura a filete completo todo alrededor, de pestaña de 3/32"

	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
	Presión diseño	900	psi
	D ext	1,05	in
	filete	0,0938	in
	garganta	0,0663	in
	perímetro	3,2987	in
	Acor	0,2187	in <sup>2</sup>
	Electrodo	60.000	psi
	TCortante	30.000	psi
	tao real	3.564	psi
	<b>FS</b>	<b>8,4</b>	

Para las soldaduras exteriores de tubería, el diseño plantea soldadura SMAW, a tope con preparación de junta biselada con electrodo E-6011 / E-6013 y presentación con E-7018.

### NOMBRE DEL DOCUMENTO

<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página 27 de 35
CODIGO DEL DOCUMENTO	02/07/2025	1	-	

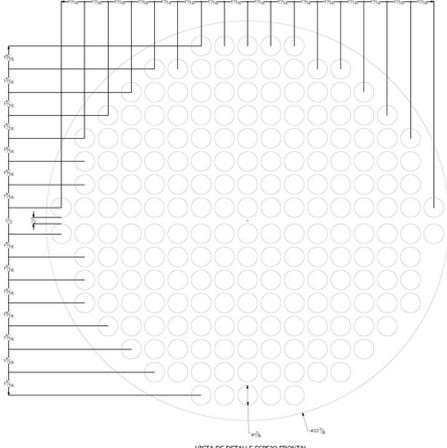
	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
	Presión diseño	900	psi
	D ext	23	in
	t pared	0,500	in
	garganta	0,354	in
	perímetro	72,257	in
	Acor	25,547	in <sup>2</sup>
	Electrodo	60.000	psi
	TCortante	30.000	psi
	tao real	14.637	psi
	<b>FS</b>	<b>2,0</b>	

Para las soldaduras internas de los deflectores se plantea soldadura SMAW, en filete todo alrededor de 3/32" con electrodo E-6011 / E-6013 para aplicar como agarre mínimo efectivo de la junta del sistema sobre 30 tubos, es decir cada tubo irá soldado a los espejos, pero como mínimo, sólo 30 de ellos irán soldados a ambos lados de las caras de los deflectores para garantizar el FS en al menos 2.0.

<p>Detalle Baffle deflector.</p>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
	Presión diseño	900	psi
	A de incidencia	415,48	in
	F incidencia	186964,0	Lbf
	Electrodo	60.000	psi
	TCortante	30.000	psi
	Area de Pega	6,232	sq in
	Filete soldadura	0,09375	in
	perímetro filete	3,299	in
	Area x tubo	0,21867	sq in
	# Pegas requeridas	28,5	

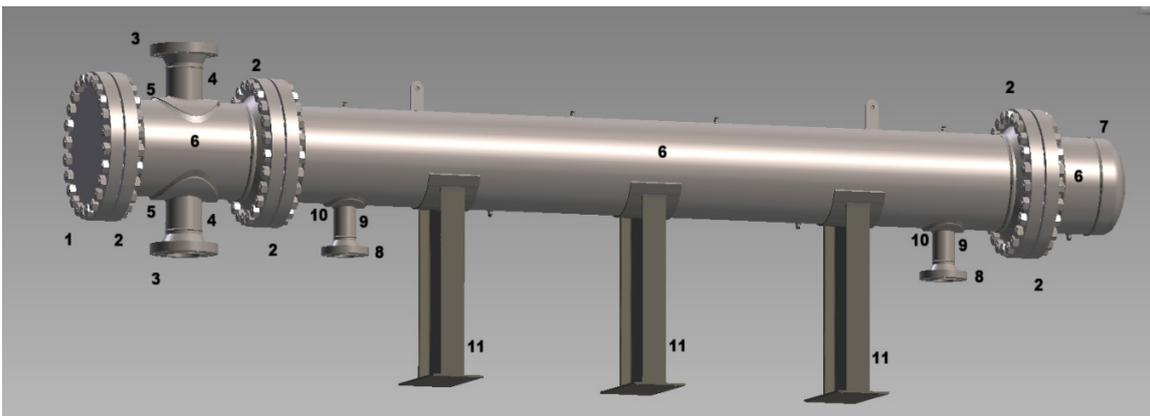
				
<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>				
<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página <b>28</b> de <b>35</b>
CODIGO DEL DOCUMENTO	02/07/2025	1	-	

Finalmente, diseño interno de unión la carcasa a los espejos, plantea una soldadura a filete completo todo alrededor, de pestaña de 1/4" mediante soldadura SMAW, con electrodo E-7018.

 <p style="font-size: small; text-align: center;">VISTA DE DETALLE ESPEJO FRONTAL ESC: 1 : 2 Número total de perforaciones #200 unids</p>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	
	Presión diseño	900	psi	
	D ext	23	in	
	F de incidencia	224356,8	lbf	
	Electrodo	70.000	psi	
	TCortante	35.000	psi	
	Filete	0,250	in	
	Garganta	0,177	in	
	Acorte	12,773	sq in	
	tao real	17.565	psi	
	<b>FS</b>	<b>2,0</b>		

### CONFIGURACIÓN FINAL DE DISEÑO.

La configuración final de diseño, es:



Donde el listado de materiales de los elementos mayores del sistema y su respectiva especificación de acuerdo al piping class del proyecto es:



### NOMBRE DEL DOCUMENTO

Documento	Fecha	Revisión	Contrato No.	Página 29 de 35
CODIGO DEL DOCUMENTO	02/07/2025	1	-	

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CANTIDAD
1	BLIND FLANGE WN RF 24" ANSI 600. ASTM A105 Gr II. CS, BE, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.5	1 und
2	FLANGE WN RF 24" ANSI 600 SCH-80 <sup>1</sup> ASTM A105 Gr II. CS, BE, DIM CS, AS PER ANSI B16.5	5 und
3	FLANGE WN RF 10" ANSI 600. SCH 40. ASTM A105 Gr II. CS, BE, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.5	2 und
4	TUBERIA 10" BE. SCH-40. API 5L-GrB. CS, PSL1, Electric Welded Pipe Or SAW Pipe, single random length	1 m
5	PAD DE REFUERZO INDUSTRIAL PARA SALIDA DE 10", FABRICACIÓN SEGÚN PLANOS DE DISEÑO.	2 und
6	TUBERIA 24" BE. E=0.750". API 5L-X60. CS, PSL1, Electric Welded Pipe Or SAW Pipe, single random length	7.5 ml
7	CAP 24". SCH 40. ASTM A234 WPB. CS, BE, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.9	1 und
8	FLANGE WN RF 6" ANSI 600. SCH 40. ASTM A105 Gr II. CS, BE, DIMENSIONS AS PER ANSI B16.5	2 und
9	TUBERIA 6" BE. SCH-40. API 5L-GrB. CS, PSL1, Electric Welded Pipe Or SAW Pipe, single random length	1 m
10	PAD DE REFUERZO INDUSTRIAL PARA SALIDA DE 6", FABRICACIÓN SEGÚN PLANOS DE DISEÑO.	2 und
11	SOPORTES DE ANCLAJE INDUSTRIAL, FABRICACIÓN SEGÚN PLANOS DE DISEÑO	3 und

El listado pormenorizado de los demás elementos constitutivos, tales como half cupling, empaques, espárragos y tuercas, estarán especificados en los planos de construcción correspondientes.

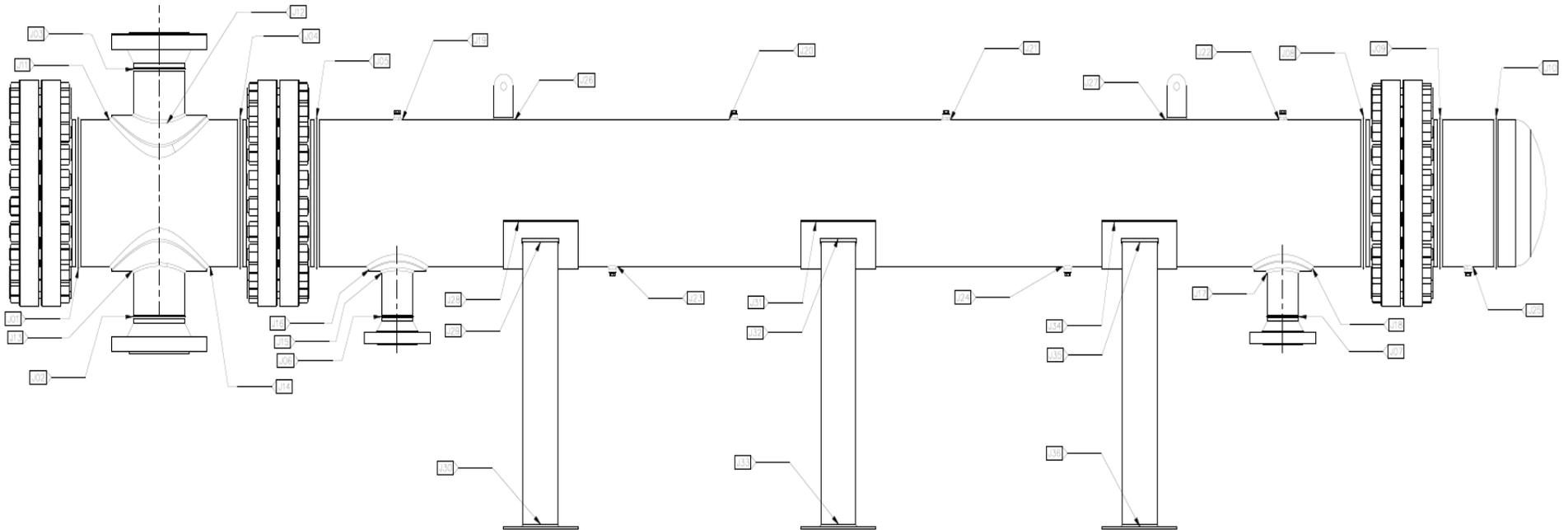
El mapa de juntas soldadas queda establecido con 41 juntas externas (siendo las dos últimas las asociadas a los cordones perimetrales de unión entre los espejos y las bridas de acople de la carcasa) y las indicadas en las memorias de cálculo para el ensamblaje interno del cartucho de tubos acoplados a los espejos y deflectores.

<sup>1</sup> A maquinar en taller para lograr espesor de 0.750".

**NOMBRE DEL DOCUMENTO**

Documento	Fecha	Revisión	Contrato No.	Página 30 de 35
CODIGO DEL DOCUMENTO		1	-	

MAPA DE JUNTAS SOLDADAS





### NOMBRE DEL DOCUMENTO

<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página <b>31</b> de <b>35</b>
CODIGO DEL DOCUMENTO		1	-	

IDENTIFICADOR DE JUNTA	TIPO DE JUNTA	TIPO DE EJECUCIÓN	DIMENSIÓN	SCHEDULE	ANSI	PROCESO	ELECTRODO	CÓDIGO / NORMA
J1	A TOPE	TODO ALREDEDOR	24"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J2	A TOPE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J3	A TOPE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J4	A TOPE	TODO ALREDEDOR	24"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J5	A TOPE	TODO ALREDEDOR	24"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J6	A TOPE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J7	A TOPE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J8	A TOPE	TODO ALREDEDOR	24"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J9	A TOPE	TODO ALREDEDOR	24"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J10	A TOPE	TODO ALREDEDOR	24"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J11	FILETE	TODO ALREDEDOR	20"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J12	FILETE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J12-RAIZ	FILETE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J13	FILETE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J13-RAIZ	FILETE	TODO ALREDEDOR	10"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J14	FILETE	TODO ALREDEDOR	20"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J15	FILETE	TODO ALREDEDOR	6"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J16	FILETE	TODO ALREDEDOR	12"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J17	FILETE	TODO ALREDEDOR	6"	STD	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J18	FILETE	TODO ALREDEDOR	12"	0.750"	600	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J19	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	3/4"	XS	# 3000	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J20	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	3/4"	XS	# 3000	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J21	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	3/4"	XS	# 3000	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J22	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	3/4"	XS	# 3000	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1



## NOMBRE DEL DOCUMENTO

<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página <b>32</b> de <b>35</b>
CODIGO DEL DOCUMENTO		1	-	

IDENTIFICADOR DE JUNTA	TIPO DE JUNTA	TIPO DE EJECUCIÓN	DIMENSIÓN	SCHEDULE	ANSI	PROCESO	ELECTRODO	CÓDIGO / NORMA
J23	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	3/4"	XS	# 3000	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J24	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	3/4"	XS	# 3000	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J25	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	3/4"	XS	# 3000	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J26	FILETE - 1/4"	TODO ALREDEDOR	4"	3/4"	A-36	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J27	FILETE - 1/4"	TODO ALREDEDOR	4"	3/4"	A-36	SMAW	E-7018	ASME SEC VIII. DIV 1
J28	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J29	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J30	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J31	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J32	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J33	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J34	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J35	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J36	FILETE - 3/32"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J37 ESPEJO	FILETE - 1/4"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J38 ESPEJO	FILETE - 1/4"	TODO ALREDEDOR	Según Plano	1/2"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1
J39 PLACA DIVISORIA	FILETE - 1/4"	LONGITUDINAL, TODO ALREDEDOR DOBLE CARA	Según Plano	3/4"	A-36	SMAW	E-6013	ASME SEC VIII. DIV 1

## 6) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como resultado del estudio técnico realizado para el dimensionamiento del intercambiador de calor tipo **Gas-Glicol (E-303)**, correspondiente al proyecto *"Ampliación CPF María Conchita"*, se definieron los parámetros operativos y de diseño que garantizan su adecuado desempeño térmico bajo las nuevas condiciones del proceso. El diseño fue desarrollado considerando la composición real del gas natural, las condiciones de operación esperadas, y los requerimientos de eficiencia y compatibilidad con la infraestructura existente.

				
<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>				
<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página <b>33</b> de <b>35</b>
CODIGO DEL DOCUMENTO		1	-	

### 6.1 Resultados del Intercambiador Gas–Glicol

El diseño propuesto para el intercambiador gas-glicol (E-303) cumple de manera eficiente con los objetivos del proyecto, al lograr la reducción de temperatura del gas natural desde 65°F hasta 35°F utilizando una solución agua-glicol como refrigerante, bajo condiciones de operación exigentes y caudales elevados; la configuración tipo carcasa y tubos, con selección adecuada de materiales y parámetros geométricos, garantiza una transferencia de calor óptima, caídas de presión controladas y compatibilidad con la infraestructura existente, mientras que la optimización de área de intercambio, disposición de deflectores y régimen de flujo turbulento aseguran tanto la eficiencia térmica como la confiabilidad mecánica del equipo, posicionando al intercambiador como una solución robusta y flexible para el proceso de ampliación de la CPF María Conchita.

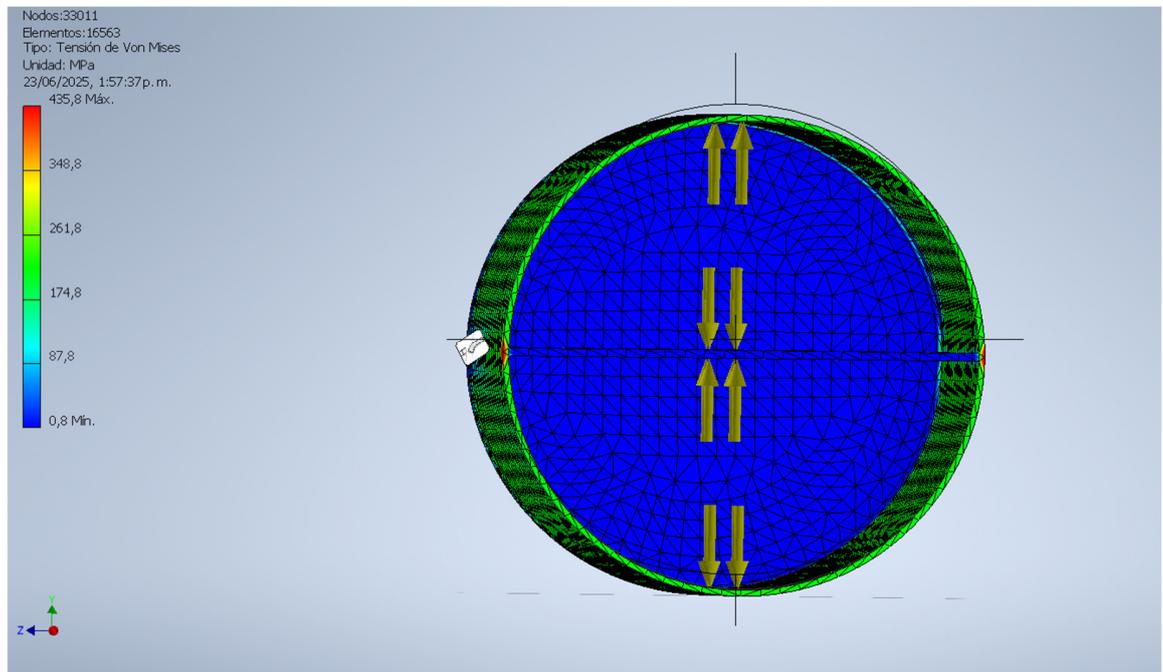
### 6.2 Conclusiones

- El intercambiador **Gas–Glicol (E-303)** está correctamente dimensionado para cumplir con las nuevas condiciones operativas del CPF, garantizando la reducción de temperatura requerida para facilitar el tratamiento posterior del gas.
- La configuración horizontal tipo carcasa y tubos, con dos pasos en los tubos y flujo en contracorriente, representa una solución robusta y eficiente, compatible con la planta existente y de fácil mantenimiento.
- El diseño permite mantener la caída de presión dentro de límites permisibles, lo cual asegura una operación estable del sistema sin sobrecargar los equipos de compresión ni afectar la continuidad del proceso.
- El material de fabricación propuesto, acero al carbono ASTM A36, asegura resistencia adecuada a las condiciones térmicas y químicas del gas, sin incurrir en sobrecostos de materiales especiales.
- Considerando que la validación mecánica de los intercambiadores de calor ya ha sido realizada conforme a los códigos y estándares aplicables (ASME Sección VIII División 1 y TEMA), se recomienda ahora verificar específicamente el cumplimiento de la prueba hidráulica, según lo establecido en la normativa ASME.

Dicha normativa indica que la prueba debe realizarse aplicando una presión equivalente a 1.5 veces la presión máxima de diseño. En este caso, siendo dicha presión de **900 psig**, la prueba hidráulica deberá llevarse a cabo a una presión de

				
<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>				
<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página <b>34</b> de <b>35</b>
CODIGO DEL DOCUMENTO		1	-	

**1350 psig**, durante un período mínimo de **dos horas**, conforme a los requisitos de la norma. Importante destacar la importancia de realizar el procedimiento de llenado gradual y progresivo, esto con el fin de minimizar las cargas por delta P sobre las placa divisoria, recomendación igual de extensiva y trascendente para considerarla en la puesta en servicio del arranque del sistema (presurización gradual y progresivo de llenado).



## 7) ANEXOS

Listado de planos del proyecto.

1. GT-M-PL-02 – Hoja 1: Isométrico, planta y perfil acotado.
2. GT-M-PL-02 – Hoja 2: Listado de Materiales.
3. GT-M-PL-02 – Hoja 3: Detalle ensamble interno de la coraza.
4. GT-M-PL-02 – Hoja 4: Detalle constructivo de espejos y baffles deflectores.
5. GT-M-PL-02 – Hoja 5: Detalle constructivo cartucho de tubos internos.
6. GT-M-PL-02 – Hoja 6: Detalle constructivo placa divisoria.
7. GT-M-PL-02 – Hoja 7: Soportes.
8. GT-M-PL-02 – Hoja 8: Identificación de juntas soldadas.

				
<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>				
<b>Documento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Contrato No.</b>	Página 35 de 35
CODIGO DEL DOCUMENTO		1	-	

## 8) CONTROL DE CAMBIOS

Revisión 1: Se ajusta el diseño para atender la solicitud de cambio del cliente en cuanto a especificaciones de trabajo, así:

- Uso de tubería de 24" API 5L X 60 de 0.750" y fabricación de costura longitudinal.
- Re-orientación de las boquillas por diseño del piping del sistema.
- Uso de conexiones tipo Branch con refuerzo para fabricación local.

