		
NOMBRE DEL DOCUMENTO				
Documento	Fecha	Revisión	Contrato No.	Página 1 de 13
CODIGO DEL DOCUMENTO	04/06/2025	0	-	

CLIENTE

GTX

TÍTULO PROYECTO

AMPLIACIÓN CPF MA CONCHITA

CONTRATO NÚMERO

-

0	Construcción	04-06-25	JPA	JAB	SORC
A	Emitido para revisión interna	23-05-25	JPA	JAB	SORC
Rev.	Descripción	Fecha	Elaboró	Revisó	Aprobó
Revisión					

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

TABLA DE CONTENIDO

1	ALCANCE	3
2	NORMAS APLICABLES	3
3	INTRODUCCIÓN.....	4
4	INFORMACIÓN DE ENTRADA	5
4.1	Justificación del cambio	5
5	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SEPARADOR	6
5.1	Dimensiones y características generales	6
5.2	Configuración actual de boquillas	6
5.3	Condiciones de operación actuales y proyectadas	6
6	CRITERIOS DE DISEÑO Y NORMAS DE REFERENCIA	7
6.1	Velocidades máximas recomendadas.....	7
6.2	Selección de diámetros y conexiones	7
6.3	Consideraciones de seguridad y operativas	7
7	CÁLCULO HIDRÁULICO PARA DIMENSIONAMIENTO DE BOQUILLAS	7
7.1	Cálculo del diámetro de las boquillas.....	8
7.2	Cálculo del coeficiente de descarga	8
7.3	Cálculo de fuerza dinámica y empuje	9
7.3.1	Fuerza dinámica (flujo):	9
7.3.2	Fuerza de empuje (diferencia de presión):.....	9
7.4	Verificación del diámetro de la vasija	9
8	RESULTADOS Y ANÁLISIS	10
8.1	Resultados del diámetro mínimo de vasija (referencia).....	10
8.2	Comparación de velocidades en boquillas	11
9	CONCLUSIONES.....	13

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

1 ALCANCE

El presente documento tiene como objetivo desarrollar la memoria de cálculo que justifica el cambio de la boquilla de entrada del separador ubicado en la etapa final de acondicionamiento térmico del gas natural. Este equipo opera posterior a un sistema de doble intercambio térmico, en el cual el gas saturado es enfriado progresivamente desde 98 °F hasta 35 °F, temperatura a la cual entra al separador con el fin de favorecer la condensación y separación de líquidos.

La modificación propuesta contempla el reemplazo de la conexión de entrada actual de 6" por una de 10" y la salida de 4" por una de 8", con el objetivo de adecuar el equipo a un nuevo caudal de operación de **30 MMSCFD** (desde **19,5 MMSCFD**) y mejorar las condiciones hidrodinámicas internas del separador. Asimismo, la presión de diseño será ajustada de **720 psig** en la configuración actual a **450 psig** en la configuración proyectada, en concordancia con los nuevos requerimientos operativos del sistema.

Con esta modificación, se busca garantizar una reducción de las velocidades de entrada y salida a rangos operativos más seguros y eficientes, lo que contribuye a optimizar la eficiencia de separación y reducir fenómenos indeseados como arrastre de líquidos, re-entrainment o erosión interna.

Es importante resaltar que el presente documento se limita exclusivamente al análisis técnico del separador y el cambio de sus boquillas de entrada y salida. No se consideran en este estudio los intercambiadores de calor ni otros componentes del sistema de acondicionamiento térmico.

El alcance de esta memoria incluye:

- Descripción técnica del equipo y condiciones actuales de operación.
- Análisis comparativo entre la configuración actual y la proyectada.
- Evaluación de velocidades de entrada y salida en ambas configuraciones.
- Justificación técnica del cambio de boquillas desde el punto de vista mecánico e hidráulico.
- Recomendaciones generales para implementación.

2 NORMAS APLICABLES

Para la memoria de cálculo del cambio de boquilla en el separador, se consideran las siguientes normas y códigos principales:

- **ASME BPVC Sección VIII, División 1:**
Norma fundamental para el diseño, fabricación y verificación de recipientes a presión, aplicable a la vasija del separador y sus conexiones.

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

- **API 12J (Separadores de Gas y Petróleo):**
Estándar para el diseño y operación de separadores, con recomendaciones específicas sobre configuraciones, eficiencia y parámetros hidráulicos internos.
- **API RP 14E:**
Prácticas recomendadas para diseño e instalación de sistemas de tuberías en plataformas de producción, incluyendo criterios para manejo de velocidades y erosión en líneas de proceso.
- **NACE MR0175/ISO 15156:**
Directrices para selección de materiales resistentes a la corrosión en ambientes con H₂S, relevante en operaciones de gas natural con potencial presencia de gases corrosivos.
- **Procedimientos internos de SEDIMA CORP:**
Procedimientos específicos de la compañía, que incluyen criterios para diseño, operación segura y mantenimiento del equipo.

3 INTRODUCCIÓN

El campo **María Conchita** se encuentra ubicado en el municipio de **Riohacha**, en el departamento de **La Guajira**, al norte de Colombia. Esta región es reconocida por su potencial en la producción de gas natural y representa un área estratégica para el desarrollo energético del país. El campo ha sido desarrollado para la extracción, tratamiento y comercialización de gas, integrando tecnologías que garantizan la eficiencia del proceso y el cumplimiento de estándares ambientales y operacionales.

En el marco de las actividades de acondicionamiento del gas extraído, el sistema de tratamiento incluye una etapa final de separación donde se remueven los líquidos condensados mediante un separador vertical. Este equipo recibe gas saturado que ha sido previamente enfriado en una secuencia de dos intercambiadores de calor, con el objetivo de llevarlo a condiciones favorables para la separación de líquidos.

Actualmente, el separador presenta limitaciones operativas asociadas a su configuración hidráulica, específicamente en las velocidades de entrada y salida del gas. Estas velocidades se encuentran fuera de los rangos recomendados, lo que podría afectar la eficiencia del proceso de separación y comprometer la integridad del equipo.

Por esta razón, el presente documento tiene como propósito desarrollar la memoria de cálculo que respalde el cambio de boquillas del separador, evaluando el impacto de dicha modificación sobre el comportamiento hidráulico del sistema. El análisis se realiza considerando las condiciones actuales y las proyectadas, con base en normativas reconocidas y los procedimientos internos de SEDIMA CORP, y está enfocado exclusivamente en el separador, sin incluir el estudio de los intercambiadores de calor u otros equipos del sistema.

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

4 INFORMACIÓN DE ENTRADA

El separador vertical del campo María Conchita fue diseñado originalmente para manejar un flujo de gas de **19,5 MMSCFD** a una presión de diseño de **720 psig**, con conexiones de entrada de **6"** y salida de **4"**. Sin embargo, se proyecta un incremento en la capacidad de tratamiento hasta **30 MMSCFD**, y una reducción de la presión de operación a **450 psig**, lo que exige una evaluación de la configuración actual del equipo.

Esta sección presenta un análisis comparativo entre las condiciones actuales, las condiciones proyectadas tras el cambio de boquillas, y las recomendaciones normativas en cuanto a velocidades internas de flujo.

Tabla # 1. comparación de velocidades

Condición	Velocidad de Entrada (ft/s)	Velocidad de Salida (ft/s)
Actual (entrada 6 in, salida 4 in).	20	50
Proyectada (entrada 10 in, salida 8 in).	22.1	31.2
Criterio Recomendado (API 12J / API RP 14E)	15-30	20-40
Cumplimiento: API 12J / API RP 14E (Boquillas Proyectadas)	✓ Cumple	✓ Cumple
Cumplimiento: API 12J / API RP 14E (Boquillas Actuales)	✗ Excede	✗ Excede

Nota:

- Se evalúa comportamiento a **30 MMSCFD y 450 psig**.
- En la configuración actual, la velocidad de entrada de 20 ft/s se encuentra dentro del rango aceptable, aunque cercana al límite inferior de riesgo de re-entrainment si se considera la presencia de líquidos.
- La velocidad de salida actual de 50 ft/s **excede el valor recomendado**, lo que puede generar **arrastre de líquidos, pérdida de eficiencia** y posibles problemas de **erosión**.
- La configuración proyectada, con boquillas de mayor diámetro, **reduce significativamente las velocidades**, colocándolas dentro de los rangos seguros y recomendados por las normas API.

4.1 Justificación del cambio

El aumento de caudal requiere una adaptación del sistema hidráulico interno del separador para evitar efectos adversos como:

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

- Re-entrainment de líquidos ya separados, afectando la calidad del gas seco.
- Pérdida de eficiencia del proceso de separación.
- Daño potencial por erosión en boquillas y paredes internas.
- Sobrecarga del sistema de manejo de líquidos.

Por lo anterior, se plantea la necesidad de cambiar las boquillas de entrada (de 6" a 10") y de salida (de 4" a 8"), con el fin de mantener el régimen de flujo dentro de los parámetros recomendados y garantizar la integridad y desempeño del separador.

5 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SEPARADOR

El separador vertical ubicado en el campo María Conchita es un equipo fundamental para la remoción de líquidos condensados del gas natural antes de su transporte y procesamiento. Su diseño y configuración influyen directamente en la eficiencia de separación y la calidad del gas exportado.

5.1 Dimensiones y características generales

El equipo cuenta con un diámetro de 30 pulgadas y una altura total de 120 pulgadas, construido en acero carbono adecuado para las condiciones de presión y temperatura esperadas. El separador está diseñado para operar bajo un rating ANSI 600, lo que le permite soportar presiones de hasta 1480 psig. Esta configuración le brinda resistencia y durabilidad frente a las condiciones de proceso del campo.

5.2 Configuración actual de boquillas

Actualmente, el separador dispone de una conexión de entrada de 6 pulgadas y una conexión de salida de 4 pulgadas. En su interior, cuenta con elementos internos tipo baffle y tangencia que facilitan la separación por gravedad y minimizan el riesgo de re-entrainment, asegurando una adecuada calidad del gas seco. Sin embargo, estas dimensiones y configuraciones fueron diseñadas para un flujo menor al propuesto.

5.3 Condiciones de operación actuales y proyectadas

En cuanto a las condiciones operativas, el equipo fue diseñado originalmente para un caudal de 19.5 millones de pies cúbicos estándar por día (MMSCFD) y una presión de diseño de 720 psig. Debido al incremento en la producción, se proyecta un aumento del caudal a 30 MMSCFD y una reducción de la presión de operación a 450 psig. Como consecuencia de estos cambios, se prevé modificar las conexiones a 10 pulgadas en la entrada y 8 pulgadas en la salida, con el fin de disminuir las velocidades del gas y evitar problemas de arrastre de líquidos y erosión. La velocidad del gas en la entrada pasaría de 20 ft/s a 22.1 ft/s, mientras que en la salida se reduciría significativamente de 50 ft/s a

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

31.2 ft/s, cumpliendo así con los rangos recomendados por las normas API para garantizar la eficiencia y la integridad mecánica del separador.

6 CRITERIOS DE DISEÑO Y NORMAS DE REFERENCIA

El diseño y selección de los componentes internos y conexiones del separador están basados en criterios técnicos y normativos que garantizan la operación segura y eficiente del equipo, además de su adecuada integración al sistema de producción.

6.1 Velocidades máximas recomendadas

Las normas API 12J y API RP 14E establecen parámetros de velocidad máxima para el gas dentro del separador, buscando evitar efectos negativos como la re-entrainment de líquidos, erosión interna y pérdida de eficiencia en la separación. Estas recomendaciones sugieren mantener velocidades de entrada típicamente entre 15 y 30 pies por segundo, y velocidades de salida entre 20 y 40 pies por segundo. Estos rangos aseguran que el gas tenga suficiente tiempo de residencia para que las gotas de líquido decanten y se eviten arrastres que comprometan la calidad del gas y la integridad del equipo.

6.2 Selección de diámetros y conexiones

Con base en los caudales y presiones proyectados, se seleccionaron boquillas de mayor diámetro para la entrada y salida del separador. Este aumento permite disminuir la velocidad del gas, reduciendo la posibilidad de erosión y mejorando la eficiencia del proceso de separación. La elección de diámetros de 10 pulgadas para la entrada y 8 pulgadas para la salida se fundamenta en cálculos hidráulicos que equilibran las condiciones de flujo con las restricciones físicas del equipo y las normativas vigentes.

6.3 Consideraciones de seguridad y operativas

El diseño también contempla aspectos críticos de seguridad, como el cumplimiento de los ratings de presión y temperatura establecidos por normas reconocidas, en este caso ANSI 600, para evitar fallas mecánicas. Asimismo, se consideran factores operativos como la facilidad de mantenimiento, la minimización de caídas de presión y la compatibilidad con el resto del sistema de producción. Estos criterios aseguran que el cambio de boquillas no solo cumpla con los requerimientos técnicos, sino que también se integre adecuadamente en el entorno operativo del campo María Conchita

7 CÁLCULO HIDRÁULICO PARA DIMENSIONAMIENTO DE BOQUILLAS

Este apartado presenta la metodología empleada para el cálculo hidráulico del sistema de entrada y salida del separador, enfocándose en el dimensionamiento de boquillas y la validación del diámetro del cuerpo del equipo. El objetivo es garantizar que las

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

velocidades internas se mantengan dentro de los rangos recomendados por normas como API 12J y API RP 14E, minimizando riesgos como el re-entrainment, la erosión y la pérdida de eficiencia.

7.1 Cálculo del diámetro de las boquillas

El cálculo del diámetro de las boquillas se basa en el caudal de gas y la velocidad máxima permitida por normativa. Se parte de la ecuación general de velocidad:

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

Luego, el diámetro interno se calcula mediante:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Donde:

- Q= caudal volumétrico real (ft³/s)
- V= velocidad del gas permitida (ft/s)
- d= diámetro de la boquilla (ft o in).

El caudal real se obtiene corrigiendo el caudal estándar por condiciones reales:

$$Q = Q_{base} \cdot Factor\ corrección$$

Con esto se determinan los diámetros de entrada y salida de las boquillas que permiten mantener la velocidad dentro de los valores operativos aceptables (usualmente 15–30 ft/s en entrada, 20–40 ft/s en salida).

7.2 Cálculo del coeficiente de descarga

El coeficiente de descarga C_m que ajusta el comportamiento real del flujo respecto al teórico, se estima mediante:

$$C_m = 0.707 \cdot \frac{D_{mod} - D_{nod}}{2}$$

Donde:

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

- D_{mod} = diámetro efectivo (in)
- D_{nod} = diámetro nominal de la boquilla (in).

Este valor se utiliza en cálculos complementarios como el de fuerza dinámica.

7.3 Cálculo de fuerza dinámica y empuje

Para estimar el esfuerzo sobre la boquilla y su soporte, se calculan:

7.3.1 Fuerza dinámica (flujo):

$$F_d = C_d \cdot A_p \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

7.3.2 Fuerza de empuje (diferencia de presión):

$$F_b = \frac{(P_1 - P_g) \cdot \pi \cdot d^3}{6}$$

Donde:

- F_d = fuerza dinámica (lbf)
- C_d = **coeficiente de descarga**, adimensional, que representa la eficiencia del flujo a través de la boquilla en relación con un flujo ideal (usualmente entre 0.6 y 1.0 dependiendo del tipo de orificio o boquilla).
- A_p = área de paso de la boquilla (ft²)
- ρ = densidad del gas (lb/ft³)
- V = velocidad del gas (ft/s)
- F_b = fuerza de empuje (lbf)
- P_1 y P_g = presiones absolutas a la entrada y salida (psia)
- d = diámetro interno de la boquilla (in).

Estas fuerzas son importantes para dimensionar adecuadamente los refuerzos estructurales de la vasija en la zona de boquillas.

7.4 Verificación del diámetro de la vasija

Aunque este documento se enfoca en el análisis hidráulico de las boquillas, se incluye a modo de referencia la fórmula usada para validar el diámetro requerido del cuerpo del separador:

$$d^2 = 5.04 \cdot \frac{T Z Q_g}{p} \cdot \left[\left(\frac{p_g}{p_1 - p_g} \right) \cdot \frac{C_d}{D_m} \right]^{\frac{1}{2}}$$

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

Donde:

- d = diámetro estimado de la vasija (in)
- T = temperatura absoluta del gas ($^{\circ}R$)
- Z = factor de compresibilidad del gas (adimensional)
- Q_g = caudal volumétrico de gas (MMSCFD)
- P_1 y P_g = presiones absolutas a la entrada y salida (psia)
- D_m = diámetro medio o nominal de diseño (in).

Esta ecuación permite asegurar que las dimensiones generales del equipo están alineadas con los requerimientos del flujo y las condiciones de operación.

8 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del análisis hidráulico y la comparación entre la configuración actual y la proyectada del sistema de boquillas del separador, con base en los cálculos descritos en el ítem anterior.

8.1 Resultados del diámetro mínimo de vasija (referencia)

Como parte del análisis integral, se calculó el **diámetro mínimo requerido** del cuerpo del separador bajo las condiciones de flujo proyectadas, obteniéndose un valor de 38,97 in. Este valor **excede el diámetro actual de la vasija (30 in)**. Sin embargo, se aclara que **el presente documento y proyecto no contempla modificaciones a la vasija**, y este resultado se incluye **solo como referencia técnica** para futuras evaluaciones de capacidad o eficiencia, puesto que en el efecto real de compensación del sistema sería incrementar el tamaño de partículas D_m capaz de retener eficientemente el equipo, sin embargo la menor velocidad en operación en la boquilla de salida, fomentará una menor tasa de arrastre, situación que se vuelve favorable para mejorar la separación buscada.

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

8.2 Comparación de velocidades en boquillas

Se comparan las velocidades actuales y proyectadas en las boquillas de entrada y salida contra los valores recomendados por normas como API 12J y API RP 14E:

Tabla 2. Resultados finales.

Condición	Diámetro de boquilla (in)	Caudal (MMSCFD)	Velocidad (ft/s)	Recomendado (ft/s)	Cumple?
Actual Entrada	6	30	54	15-30	✗ Alta
Actual salida	4	30	123	20-40	✗ Alta
Entrada proyectada	10	30	22,1	15-30	✓
Salida proyectada	8	30	31,2	20-40	✓

Análisis:

Las velocidades de entrada y salida de **54 ft/s y 123 Ft/s en la configuración actual** corresponde a las condiciones proyectadas de flujo de **30 MMSCFD** a una presión de **450 psig**, manteniendo el diámetro de boquilla existente (6" y 4"). Estas velocidades exceden el límite recomendado por normas como API 12J y API RP 14E (máximo 40 ft/s), lo que puede causar problemas operativos como re-entrainment, ruido, vibración y erosión acelerada.

La configuración proyectada, que incluye boquillas de mayor diámetro (10" en la entrada y 8" en salida), reduciendo las velocidades a **22.1 y 31,2 ft/s** bajo las mismas condiciones de flujo y presión, ubicándose así, dentro de los rangos normativos aceptables y garantizando así una operación más segura y eficiente.

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

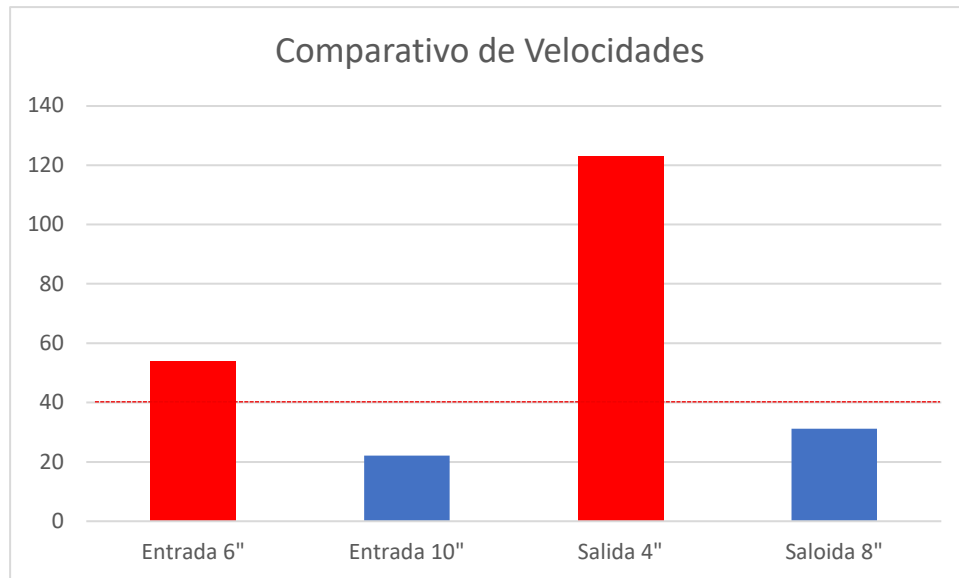


Figura 1. Representación de velocidades.

Las **velocidades de entrada y salida con el tamaño actual (54 y 123 ft/s)** superan claramente el límite recomendado de 40 ft/s (línea roja), lo que se representa en color rojo para señalar incumplimiento.

Las otras condiciones (entrada proyectada y salida proyectada) se mantienen dentro de los límites recomendados por API, representadas en azul.

La **propuesta de cambio de boquillas corrige completamente el exceso de velocidad** en la salida, situándola en un rango seguro (31.2 ft/s).

El gráfico ofrece una visual clara para argumentar técnicamente la necesidad del cambio de boquillas.

GTX
Riohacha, Guajira
Colombia

Documento: : GT-M-MC-05
Fecha: : 04-06-25
Revisión: : 0
Contrato No.: : -

9 CONCLUSIONES

- ✓ **El sistema actual de boquillas presenta una condición crítica**, donde la velocidad del gas excede los 50 ft/s, superando los límites establecidos por normas como API 12J y API RP 14E (máximo recomendado: 40 ft/s). Esta situación puede provocar fenómenos no deseados como re-entrainment, erosión, vibraciones y pérdida de eficiencia en la separación
- ✓ **La propuesta de cambio de boquillas a un diámetro de 10" en entrada y 8" en salida** permite reducir las velocidades a **22,1 ft/s** y **31,2 ft/s**, respectivamente. Ambas se encuentran dentro de los rangos operativos recomendados, lo cual mejora significativamente el desempeño hidráulico del separador.
- ✓ La modificación propuesta mejora el cumplimiento normativo, reduce riesgos operativos y optimiza el comportamiento del flujo dentro del separador, asegurando una operación más estable y segura bajo las condiciones proyectadas de flujo.
- ✓ Se recomienda que, a futuro, se realice una evaluación integral de capacidad de la vasija si se proyectan aumentos adicionales de flujo o se presentan cambios en las condiciones de proceso, a fin de garantizar la continuidad operativa del sistema.