

DISEÑO PARA UN CITY GATE DE UN MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO  
DE TERCERA CATEGORÍA

JUAN CARLOS ORTIZ IREGUI

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA

2016

DISEÑO PARA UN CITY GATE DE UN MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO  
DE TERCERA CATEGORÍA

JUAN CARLOS ORTIZ IREGUI

Trabajo de grado para optar al título de  
Especialista en Ingeniería del Gas

Director:

JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA

2016

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. GENERALIDADES.....	13
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.3. ALCANCE .....	13
2. CATEGORIZACIÓN DE MUNICIPIOS COLOMBIANOS .....	14
2.1. MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA.....	14
3. ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE GAS (CITY GATE).....	16
3.1. FILTROS DE GAS EN ESTACIONES DE MEDICIÓN .....	17
3.2. VÁLVULAS DE CIERRE POR ALTA-BAJA PRESIÓN .....	19
3.3. REGULACIÓN DE PRESIÓN.....	19
3.4. TECNOLOGÍAS DE MEDICIÓN .....	21
3.4.1. Placas de Orificio.....	21
3.4.2. Medidores de Flujo Turbina .....	22
3.4.3. Medidores de Flujo Ultrasónicos .....	23
3.4.4. Medidores de Flujo Coriolis.....	24
3.4.5. Medidores de Flujo Desplazamiento Positivo.....	25
4. DISEÑO ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (CITY GATE).....	27
4.1. CRITERIOS DE DISEÑO .....	28
4.1.1. Condiciones estándar .....	28
4.1.2. Dimensionamiento de Tuberías .....	28
4.1.3. Válvulas de Regulación y Alivio de Presión .....	29
4.2. PARAMETROS DE DISEÑO.....	30
4.2.1. Condiciones del Gas natural .....	31
4.2.2. Flujo de Diseño.....	33
4.2.3. Presión de Diseño .....	38
4.2.4. Temperatura de Diseño.....	38
4.3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	40
4.3.1. Líneas de Alta Presión .....	43

4.3.2.	Líneas de Baja Presión .....	45
4.3.3.	Sistema de Relevó.....	46
4.3.4.	Venté.....	48
4.3.5.	Línea de Gas Combustible .....	49
4.4.	SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN.....	49
4.4.1.	Filtro – Separador .....	50
4.4.2.	Calentador de Gas.....	51
4.4.2.1.	Cuerpo .....	52
4.4.2.2.	Quemador.....	52
4.4.2.3.	Serpentín .....	52
4.4.2.4.	Tubo de Fuego .....	52
4.4.2.5.	Chimenea.....	52
4.4.2.6.	Cálculo de capacidad térmica de calentador .....	53
4.4.3.	Válvulas de Control.....	54
4.4.4.	Válvulas de Alivio .....	56
4.4.5.	Medidor de Flujo.....	58
5.	CONCLUSIONES.....	62
6.	RECOMENDACIONES .....	64
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	ANEXOS.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Filtro-Separador Horizontal Peco.....	18
Figura 2. Filtro-Separador Vertical Peco .....	18
Figura 3. Instalación de Medidor Tipo Platina .....	22
Figura 4. Medidor Tipo Turbina.....	22
Figura 5. Instalación recomendada Medidor tipo Turbina .....	23
Figura 6. Instalación recomendada Medidor tipo Ultrasónico.....	24
Figura 7. Medidor Coriolis forma Omega.....	25
Figura 8. Medidor Coriolis de un solo tubo. ....	25
Figura 9. Medidor Tipo Coriolis.....	25
Figura 10. Medidor de Diafragma.....	26
Figura 11. Medidor tipo Rotativo.....	26
Figura 12. Esquema Estación de Regulación y Medición .....	27
Figura 13. Gráfica de criterios de selección válvula de control .....	30
Figura 14. Especificaciones de calidad del Gas Natural.....	32
Figura 15. Curva de Formación de Hidratos.....	39
Figura 16. Simulación Estación de Regulación y Medición.....	42
Figura 17. Esquema de Tramos de Tubería .....	43
Figura 18. Simulación Cabezal Venteo 10" .....	46
Figura 19. Simulación Cabezal Venteo 12" .....	46
Figura 20. Cálculo Línea de Gas Combustible.....	49
Figura 21. Capacidad Térmica Requerida para Calentador.....	53
Figura 22. Hoja de Cálculo Válvula de Control.....	55
Figura 23. Curva de Flujo de Válvula de Control .....	56
Figura 24. Cálculo de Válvula de Alivio .....	57
Figura 25. Tabla para Dimensionamiento de Medidor tipo Turbina.....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones Estándar .....	28
Tabla 2. Criterios de Diseño .....	29
Tabla 3. Composición de Gas Natural para el Diseño .....	31
Tabla 4. Municipios y Usos de Unidades Censales.....	34
Tabla 5. Promedio de Unidades Censales en Municipios de Tercera Categoría ...	35
Tabla 6. Consumos y Factores de Demanda por Gasodoméstico .....	35
Tabla 7. Potencia Requerida por Tipo de Gasodoméstico.....	36
Tabla 8. Potencias Corregidas con Factor de Seguridad .....	36
Tabla 9. Flujos de diseño por unidad censal .....	37
Tabla 10. Consumo de Gas Proyectado para Municipio en 2036.....	37
Tabla 11. Presión de Diseño .....	38
Tabla 12. Temperatura de Diseño .....	40
Tabla 13. Cálculo de Velocidad de Gas para 1200 psig y 120 °F.....	44
Tabla 14. Cálculo de Velocidad de Gas para 320 psig y 120 °F.....	44
Tabla 15. Calculo de Velocidad de Gas para 250 psig y 120 °F.....	45
Tabla 16. Revisión de Cabezal de Venteo.....	47
Tabla 17. Evaluación de Venteo de la Estación.....	48

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Tabla de Municipios de Tercer Categoría .....	67
ANEXO D. Hoja de Datos Filtro Separador .....	70
ANEXO E. Hoja de Datos Calentador Indirecto de Gas .....	71
ANEXO F. Hoja de Datos Válvulas de Control .....	72
ANEXO G. Hoja de Datos Válvulas de Alivio .....	73
ANEXO H. Hoja de Datos Medidor de Flujo Tipo Turbina.....	74
ANEXO I. Diagrama de Tubería e Instrumentación (P&ID) .....	75

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO PARA UN CITY GATE DE UN MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA.\*

**AUTORES:** JUAN CARLOS ORTIZ IREGUI.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** City-Gate, estación de regulación y medición, medición, control de presión, fiscalización.

### **DESCRIPCIÓN:**

Dado el aumento de requerimientos para suministro de gas natural como sustituto a otros combustibles en múltiples municipios del territorio colombiano y al aumento en las capacidades de transporte del Sistema Nacional de Gasoductos, se hace necesaria la evaluación de proyectos para interconexión y creación de redes de distribución de gas en las poblaciones que se encuentran cercanas a la red de gasoductos colombianos.

Por otra parte, los combustibles más usados para el transporte vehicular son la gasolina o diesel, existiendo otras alternativas más económicas como el gas natural. Con el alto costo de los combustibles líquidos para vehículos, instalar estaciones de servicio de gas natural vehicular comprimido, es una opción sumamente beneficiosa para los usuarios.

Los diseños de Ingenierías Conceptuales y Básicas, permiten tener un panorama más claro y presupuestos más ajustados a los costos necesarios para la evaluación y posterior construcción del proyecto. Es por esto que se pretende con el desarrollo de esta monografía, realizar diseños básicos de ingeniería de equipos e instrumentos requeridos en la construcción de un city-gate para el suministro de gas a poblaciones de no más de 50.000 habitantes.

Los diseños cuentan con diagramas de tubería e instrumentación (P&ID's) así como con Hojas de Datos tanto para los equipos como para la instrumentación. Con estos diseños se podría realizar un presupuesto de forma rápida y con una desviación relativamente pequeña, para realizar evaluaciones financieras y obtener así viabilidades o no de los proyectos de interconexión de municipios.

---

\* Monografía de Especialización.

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos, Director Ing. Jorge Enrique Meneses Florez

## ABSTRACT

**TITLE:** CITY GATE DESIGN FOR A THIRD CATEGORY INTERMEDIATE COLOMBIAN MUNICIPALITY.\*

**AUTHORS:** JUAN CARLOS ORTIZ IREGUI.\*\*

**KEY WORDS:** City-Gate, pressure regulation and measurement station, pressure control, audit.

### **DESCRIPTION:**

Given the increased requirements for natural gas supply as a substitute for other fuels in many municipalities of Colombia and the increase in transport capacity of the National Gas Pipeline System, it is necessary the evaluation of interconnection projects and creating distribution gas networks in populations close to Colombian gas pipe network system.

On the other hand, the most common fuels used on vehicles are gasoline and diesel, even when there are cheaper alternatives such as natural gas. With the high cost of liquid fuels, installing compressed natural gas fueling stations it's a highly beneficial option for vehicle users.

Conceptual and Basic Engineering designs allow a clearer view and an adjusted budget to the necessary costs for project construction. That is why the development of this monograph aims to accomplish basic equipment and instruments engineering designs, required in a city-gate construction for gas supply to municipalities of no more than 50.000 people.

The designs include piping and instrumentation diagrams (P&IDs) as well as Equipment and Instruments Data Sheets. With these designs it could be made a relatively small deviation budget and in less time for financial evaluations and to obtain or not viabilities for gas interconnection.

---

\* Specialization Monograph.

\*\* Physic-chemist Engineering Faculty. Petroleum Engineering School, Director Jorge Enrique Meneses Florez B. Sc.

## INTRODUCCIÓN

Debido al aumento del uso de gas natural en sector residencial y algunas de las políticas del gobierno colombiano plasmadas en el plan de masificación de gas, existe la necesidad de aumentar la conectividad de municipios a las troncales o gasoductos colombianos para llegar a la mayoría de los hogares con el suministro de gas natural. Los municipios sin conexión al sistema de transporte de gas natural utilizan otros combustibles como el GLP, carbón, leña o combustóleo, lo cual constituye un alto riesgo y contribuye al aumento de los niveles de contaminación por las cantidades de dióxido de carbono generado en la combustión en comparación con el gas natural. Estas políticas se dan debido a que el gas natural es un recurso más económico en comparación con los combustibles líquidos para vehículos y es más seguro para el manejo en el sector residencial en comparación con los sustitutos actuales para combustible doméstico. De continuar con esto, se aumentan los riesgos de explosiones en los hogares debido al manejo de pipetas de GLP y los riesgos asociados a la salud por inhalación de gases nocivos generados en la combustión de carbón. También se incrementa el costo de vida por el uso de combustibles caros asociados al uso de transporte público y privado

Por otra parte, los combustibles más usados para el transporte vehicular son la gasolina o diesel, existiendo otras alternativas más económicas como el gas natural. Con el alto costo de los combustibles líquidos para vehículos, instalar estaciones de servicio de gas natural vehicular comprimido, es una opción sumamente beneficiosa para los municipios intermedios. Esto se traduce en un incremento del costo de vida por el uso de combustibles caros asociados al uso de transporte público y privado

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar los diseños para los equipos, instrumentación y control que componen un city-gate para un municipio colombiano intermedio categorizado en cuanto a su población bajo la ley 1551 de 2012.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Seleccionar las normas o regulaciones ambientales, legales y técnicas que aplican en el diseño de City-gates en Colombia para aplicarlas en los diseños de la estación.
- Establecer las bases o parámetros de diseño iniciales de la estación para delimitar las variables de proceso y establecer rangos de operación del City-gate.
- Realizar la especificación y selección de equipos e instrumentos que conformarán el City-gate que satisfagan las condiciones iniciales de diseño y cumplan con la legislación vigente en Colombia

### **1.3. ALCANCE**

En el presente trabajo de monografía se inicia con la determinación de consumos picos o máximos de gas para un municipio intermedio de categoría 3 de acuerdo a la clasificación de la Ley 617 de 2000. Los diseños estarán limitados a la especificación de equipos de proceso para la filtración, calentamiento, regulación, y medición en la estación. También se diseñará y especificará la instrumentación asociada a los equipos, el sistema de control automático para la operación de la estación y el sistema de alivio o venteos para contingencias de la estación. Los resultados de los diseños se verán plasmados en diagramas de proceso e instrumentación (P&ID's) y Hojas de Datos para la Instrumentación, al igual que las especificaciones del sistema de control.

## 2. CATEGORIZACIÓN DE MUNICIPIOS COLOMBIANOS

### 2.1. MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA

La Ley 1551 de 2012 sancionada en Julio 6 de 2012 en la cual se dicta normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios colombianos define una clasificación de los municipios de acuerdo a la cantidad de habitantes. En el Artículo 7 se hace modificación al Artículo 6 de la Ley 136 de 1994 y se indica lo siguiente:

*“Artículo 6°. Categorización de los Distritos y municipios. Los distritos y municipios se clasificarán atendiendo su población, ingresos corrientes de libre destinación, importancia económica y situación geográfica. Para efectos de lo previsto en la ley y las demás normas que expresamente lo dispongan, las categorías serán las siguientes:*

*I. PRIMER GRUPO (GRANDES MUNICIPIOS):...*

*II. SEGUNDO GRUPO (MUNICIPIOS INTERMEDIOS)*

#### *3. SEGUNDA CATEGORÍA*

*Población: Con población comprendida entre cincuenta mil uno (50.001) y cien mil (100.000) habitantes.*

*Ingresos corrientes de libre destinación anuales: Superiores a cincuenta mil (50.000) y hasta de cien mil (100.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.*

*Importancia económica: Grado tres.*

#### *4. TERCERA CATEGORÍA*

*Población: Con población comprendida entre treinta mil uno (30.001) y cincuenta mil (50.000) habitantes.*

*Ingresos corrientes de libre destinación anuales: Superiores a treinta mil (30.000) y hasta de cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales.*

*Importancia económica: Grado cuatro....”*

Fuente: Artículo 7, Ley 1551 de 2012

En esta ley se define un municipio intermedio colombiano de tercera categoría como un municipio con una población entre 30.001 y 50.000 habitantes, que será el caso de estudio de la presente monografía.

Este tamaño de población será un parámetro de diseño para determinar el flujo máximo de gas requerido en el city-gate, basado en consumos promedios por unidades de vivienda, unidades comerciales y potenciales estaciones de gas natural vehicular.

### **3. ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE GAS (CITY GATE)**

Son estaciones que se diseñan e instalan para recibir gas natural generalmente de gasoductos a alta presión y enviarlo a una población o ciudad en las condiciones de flujo y presión requeridas. Dependiendo del tamaño de consumo, estas estaciones disminuyen o reducen la presión desde valores del orden de 1200 psig hasta 275 psig, en el caso de ciudades grandes con redes de distribución en acero o a 60 psig en el caso de poblaciones pequeñas.

En la norma NTC 3949, que es la norma técnica colombiana creada por el ICONTEC, se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir las estaciones de regulación de presión abastecidas de líneas de transporte y líneas primarias de redes de distribución de gas combustible en cuanto al diseño, construcción, ensayo, operación y mantenimiento. En esta norma se define una “Estación de Recibo (City-Gate)” como una estación que regula la presión entre la línea de transporte y la red de distribución.

De acuerdo a la normativa mencionada anteriormente, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones mínimas para el diseño:

- Sistema de filtración
- Sistema de aislamiento o Shut-down
- Sistemas de alivio por sobre presión
- Sistemas de recolección de drenajes
- Sistema de Regulación de Presión
- Sistema de calentamiento de gas (si requiere)
- Sistema de Medición

### 3.1. FILTROS DE GAS EN ESTACIONES DE MEDICIÓN

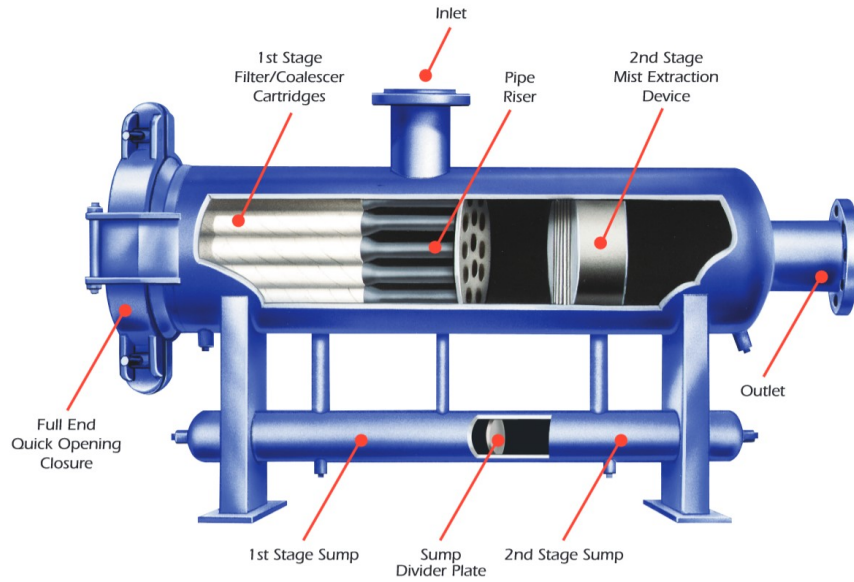
Los filtros de gas en una city-gate se usan para proteger el equipo localizado aguas abajo de dicha estación de arenas y polvos. También, en algunas ocasiones, para separar la fase líquida del fluido de gas.

Los filtros se componen principalmente de dos partes: el elemento Filtrante, encargado de la filtración en si del flujo de gas y la carcasa, que es el recipiente que contiene al elemento filtrante y almacena las partículas retiradas del gas. La fabricación debe cumplir con el Código ASME sección III, división 1.

La selección del filtro depende de varios parámetros definidos de acuerdo a las necesidades de la estación, tales como presión, máxima caída de presión permitida para el equipo, máximo tamaño de partícula permitido aguas abajo, contenido de agua o de fase líquida en el gas, calidad del gas. Generalmente, la caída de presión permisible en un filtro limpio está entre  $\frac{1}{2}$  y 2 psig. El cartucho normalmente está diseñado para soportar una máxima caída de presión de 6 a 7 psig antes que colapse.

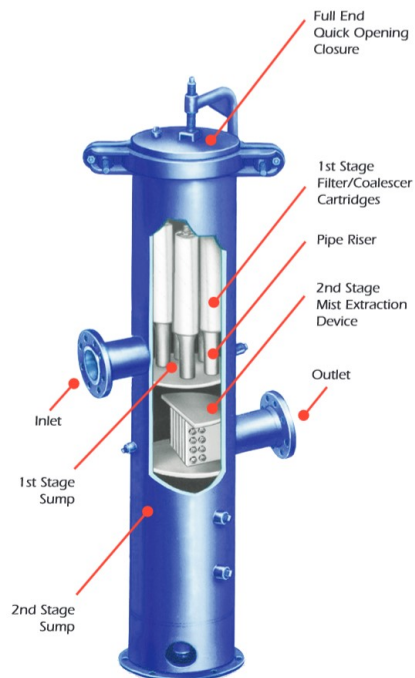
En la **Figura 1** y **Figura 2** se pueden apreciar dos tipos de filtros separadores coalescentes de dos etapas, uno horizontal y otro vertical.

**Figura 1. Filtro-Separador Horizontal Peco**



Fuente: [www.pecofacet.com](http://www.pecofacet.com)

**Figura 2. Filtro-Separador Vertical Peco**



Fuente: [www.pecofacet.com](http://www.pecofacet.com)

### **3.2. VÁLVULAS DE CIERRE POR ALTA-BAJA PRESIÓN**

Un city-gate debe estar diseñado para garantizar la seguridad y continuidad en la entrega de gas. Cuando se presentan casos de emergencia, se deberá realizar un cierre completo de la estación de regulación por medio de mecanismos de cierre rápido, para proteger los sistemas aguas abajo del regulador.

Esta condición de emergencia puede ser alcanzada cuando las presiones de salida de la estación llegan a ser demasiado altas o demasiado bajas.

La norma NTC 3949 indica que las válvulas de corte deberán ser de operación completamente automática y su restablecimiento podrá ser manual o automático, según las condiciones de la estación.

Se deberán tener en cuenta los siguientes factores para la selección de los mecanismos de cierre rápido o válvulas:

- a) *Caudal y caída de presión.*
- b) *Repetibilidad de la presión de calibración de disparo, la cual debe ser independiente de las variaciones en la presión de entrada.*
- c) *Un tiempo seguro de cierre. (Los sistemas de distribución que manejan pequeños volúmenes, requieren un tiempo de cierre más rápido para un regulador determinado).*
- d) *En caso de ser accionadas por gas, la disponibilidad de una señal de presión adecuada.*
- e) *El rango de presiones de operación.”*

Fuente: Norma Técnica Colombiana 3949, numeral 6.2.4.3

### **3.3. REGULACIÓN DE PRESIÓN**

Son los elementos que se encargan de reducir la presión en el flujo de gas. Estos elementos se disponen en la estación, de acuerdo a la necesidad de reducción de presión entre entrada y salida de la estación; entre mayor sea la razón presión de entrada a presión de salida, mayor número de etapas de regulación se requerirán. Los procesos en que la regulación del gas se hace de una manera no adecuada, generan ruido y cambios bruscos de temperatura en la línea. (Formación de hidratos o agua y condensación de hidrocarburos). De acuerdo al destino que esté

definido para la estación se pueden encontrar diversos esquemas de regulación, algunos son:

- Regulación en etapa Sencilla: La regulación en etapa sencilla comprende un solo regulador que debe cumplir con la reducción control y estabilización del flujo de gas. Son aplicadas en estaciones de bajo caudal en el que las exigencias de regulación son pobres.
- Regulación en doble etapa: Cuando la razón de regulación es grande, se debe realizar el proceso con dos reguladores trabajando en serie y ambos en operación. El primer regulador realiza una primera disminución de la presión y el segundo termina la regulación del flujo hasta su valor de entrega.
- Regulación monitora: Consta de dos reguladores en serie en los que trabaja solamente el primero (Trabajador) y el segundo (monitor) permanece abierto operando solamente en caso de falla del primero, gracias a que su presión de ajuste es mayor. Los dos reguladores tienen líneas de instrumentación aguas abajo de su punto de instalación. Es un esquema seguro y estable en la presión de entrega.
- Regulación en paralelo: Se constituye cuando se instala más de un regulador en trenes paralelos. Este esquema se usa para atender grandes demandas en aplicaciones en las que un solo regulador no alcanza a satisfacer el consumo total. También sirve para contar con una regulación de emergencia en casos muy críticos por su continuidad.
- Regulación por transferencia de mando (“Override”): Consiste básicamente en dos reguladores en serie, siendo el primero un regulador piloteado cuyo ajuste de presión es a una presión ligeramente superior a la de entrega, para que, en caso de que el segundo falle, no se exponga a sobrepresión el sistema servido con gas. El segundo regulador, del tipo de falla abierto, se carga mediante un segundo piloto que toma la presión de la salida del piloto del primer regulador. Se logra así una regulación muy precisa con un segundo regulador, de construcción y mantenimiento sencillos. En este

sistema el segundo regulador es el que controla mientras el primero está abierto. Si el primer regulador falla, la regulación se transfiere al primero.

Si una regulación genera excesivo enfriamiento, puede ocasionar el congelamiento de los reguladores. Un valor aproximado del enfriamiento es 0.5°C por cada bar de presión reducida. El ruido es otro efecto indeseable y su valor máximo de intensidad es de 85 decibeles y 500 Hz. de frecuencia, por lo cual se debe evitar mediante barreras acústicas ya sea en la tubería, en los reguladores o en la estación.

### **3.4. TECNOLOGÍAS DE MEDICIÓN**

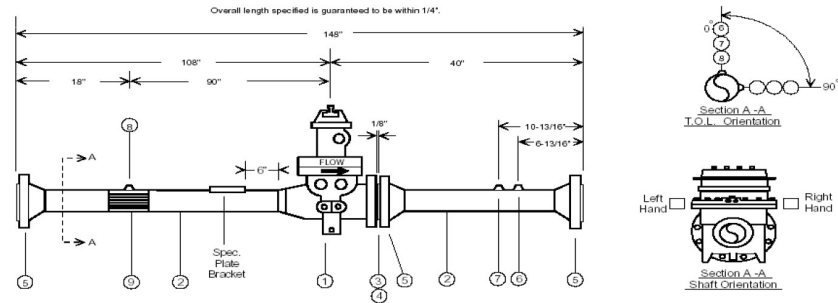
El suministro de gas para la estación de regulación y medición, por lo general está tomado de la red nacional de gasoductos propiedad de un agente transportador. La entrega de gas después de ser regulado y medido se hace a un distribuidor, un usuario industrial o una estación de GNV, por lo tanto se realiza una transacción y se presenta una transferencia de custodia en la cadena del gas. En Colombia de acuerdo a la regulación de la CREG, se admiten para transferencia de custodia las tecnologías aceptadas por AGA y son 5 tipos de medidores:

- Placa de Orificio
- Turbina
- Ultrasónico
- Másico Coriolis
- Desplazamiento Positivo (Rotativos y Diafragma)

#### **3.4.1. Placas de Orificio**

Es un medidor de flujo de inferencia por presión diferencial. Estos medidores utilizan elementos primarios que crean una caída de presión a través de una restricción al flujo y está relacionada con la rata de flujo. En la **Figura 3**, se aprecia una instalación típica para una platina con acondicionador de flujo y las distancias recomendadas aguas arriba y aguas abajo del medidor, para una buena medición.

**Figura 3. Instalación de Medidor Tipo Platina**

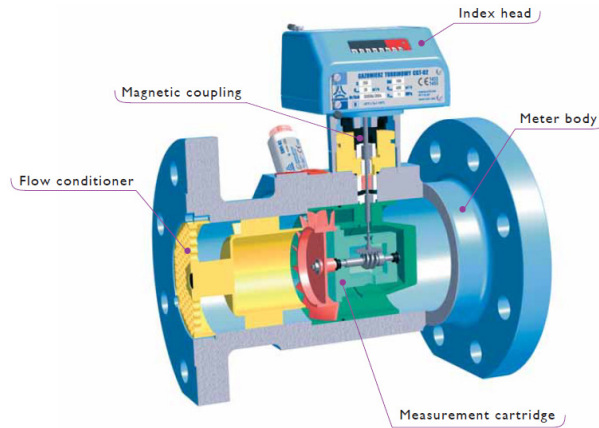


Fuente: [www.wyattflow.com/orifice-plate/ofp/](http://www.wyattflow.com/orifice-plate/ofp/)

### 3.4.2. Medidores de Flujo Turbina

Es un medidor de flujo de inferencia por velocidad. Las turbinas son medidores en los cuales se cuentan las revoluciones de un rotor dotado de álabes, siendo dicho conteo proporcional a la velocidad del gas. En la **Figura 4**, se aprecian algunas de las partes que componen este tipo de medidor.

**Figura 4. Medidor Tipo Turbina**

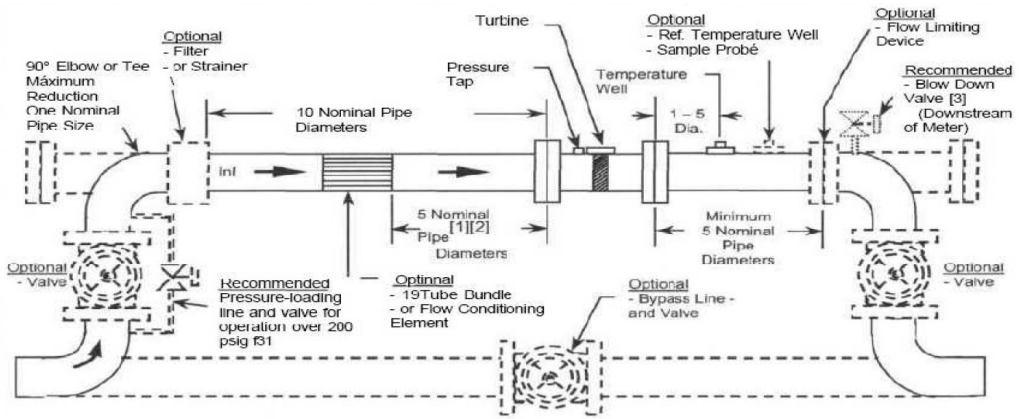


Fuente: [www.imacsys.co.uk](http://www.imacsys.co.uk)

De acuerdo a los accesorios de tubería que se tenga en el montaje del medidor en campo, se deben seguir recomendaciones del fabricante, o como en el caso de la

**Figura 5**, lineamientos generales o recomendados por las normas para su adecuada instalación.

**Figura 5. Instalación recomendada Medidor tipo Turbina**



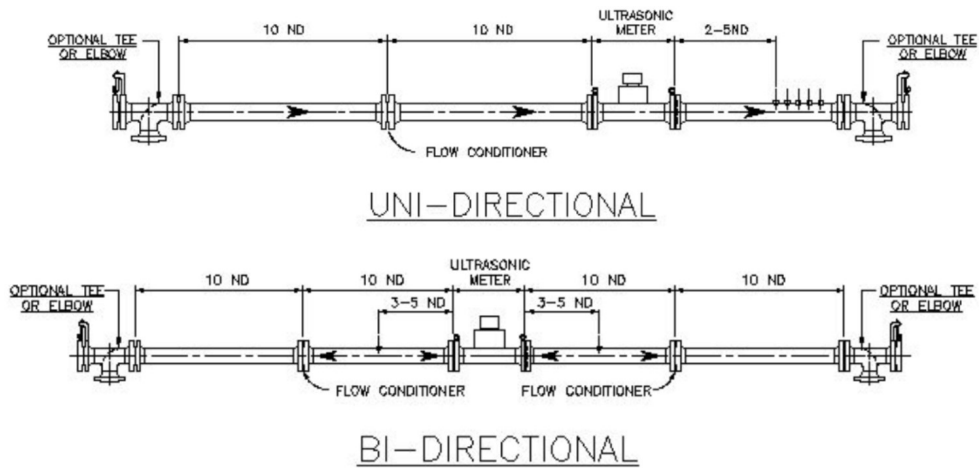
NOTES: [1] Recommended spacing, unless otherwise supported by published test data for the flow conditioning element.  
 [2] No pipe connections or protrusions allowed within this upstream section.  
 [3] Size of pressure loading line and valve to be the same as recommended blow down valve sizing, (see Table 1).

Fuente: Reporte AGA No. 7

### 3.4.3. Medidores de Flujo Ultrasónicos

Es un medidor de flujo de inferencia por velocidad. El principio de medición es llamado método diferencial de tiempo de tránsito. Esta se basa en los tiempos de tránsito de ondas ultrasónicas a través del flujo de gas que viajan en la dirección del caudal o en contra del mismo. Los tiempos de tránsito se miden continuamente y la diferencia en tiempo recorrida por las ondas ultrasónicas es directamente proporcional a la velocidad media del caudal de gas. Al igual que en varios de los diferentes tipos de medidores mencionados anteriormente, se requieren perfiles de flujo desarrollados para una óptima medición, para lo cual se dan recomendaciones de instalación por el fabricante o por norma, tal como se muestra en la **Figura 6**.

Figura 6. Instalación recomendada Medidor tipo Ultrasónico

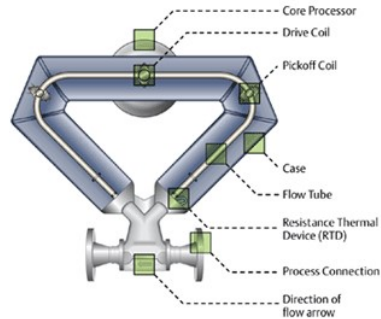


Fuente: Reporte AGA No. 9

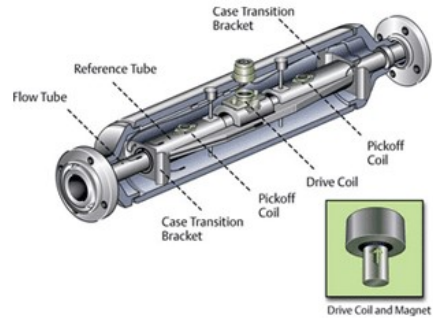
### 3.4.4. Medidores de Flujo Coriolis

Es un medidor de flujo másico del cual se puede inferir el flujo volumétrico. Se llama efecto Coriolis a la aceleración relativa que sufre un objeto que se mueve dentro de un sistema de referencia no inercial en rotación cuando varía su distancia respecto al eje de giro. En el caso del medidor tipo Coriolis, el cuerpo es un tubo a través del cual se desplaza el fluido. En el medidor se genera un movimiento de rotación mediante la vibración del tubo o los tubos por donde se desplaza el fluido. La fuerza inercial resultante es proporcional al flujo másico. En la **Figura 7**, **Figura 8** y **Figura 9** se puede apreciar las diferentes formas que pueden tener los tubos de medición de un medidor tipo coriolis.

**Figura 7. Medidor Coriolis forma Omega**



**Figura 8. Medidor Coriolis de un solo tubo.**



Fuente: [www3.emersonprocess.com](http://www3.emersonprocess.com)

**Figura 9. Medidor Tipo Coriolis**



Fuente: [www3.emersonprocess.com](http://www3.emersonprocess.com)

### 3.4.5. Medidores de Flujo Desplazamiento Positivo

Son medidores de flujo de tipo directo. Los hay de tipo Rotativo o Diafragma. El medidor de Diafragma (ver **Figura 10**) es por excelencia el más usado en la medición de gas para entregas residenciales y la mayoría de comerciales en redes de distribución. Son de bajo costo y alta durabilidad.

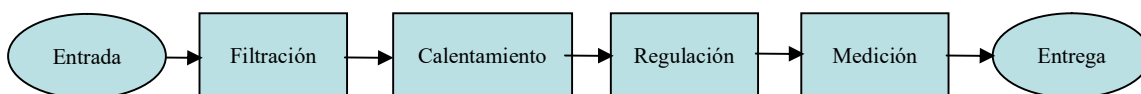
Los medidores rotativos (ver **Figura 11**) son muy usados en entregas a industrias conectadas a redes de distribución, así como para entregas a municipios pequeños y transferencias a estaciones de gas natural vehicular.



#### 4. DISEÑO ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN (CITY GATE)

El gas entra a la estación de regulación y medición donde es acondicionado para cumplir con los requerimientos de transporte o distribución, de acuerdo con el diagrama de bloques de la **Figura 12**.

**Figura 12. Esquema Estación de Regulación y Medición**



- Entrada y filtración. El gas entra al sistema a través de una válvula de seccionamiento auto-actuado ESDV (Emergency Shut-Down Valve), luego pasa por un filtro donde son retiradas partículas sólidas y gotas de condensados.
- Calentamiento. Dado que la caída de presión generada por el sistema de regulación de presión reduce considerablemente la temperatura del gas, se hace necesario realizar un precalentamiento del gas para evitar la formación de hidratos y condensados. Esto se logra mediante un calentador a gas que eleva la temperatura del fluido a condiciones normales de transporte. El combustible para el calentador será el mismo gas transportado.
- Sistema de regulación de presión. La presión del gas es reducida y regulada a 250 psig, utilizando una válvula reguladora de presión del tipo PV.
- Medición. El gas a baja presión pasa por una etapa de medición, la cual se lleva a cabo con un medidor de turbina, y cuya lectura es corregida por presión y temperatura en la RTU (Remote Terminal Unit), de forma tal que garantice la transferencia de custodia. Finalmente el gas es entregado en el punto de interconexión.

#### 4.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Los siguientes son los criterios establecidos para llevar a cabo los diseños de la estación de regulación

##### 4.1.1. Condiciones estándar

Las condiciones estándar mostradas en la **Tabla 1**, serán las definidas en el Reglamento Único de Transporte (RUT) y a estas condiciones serán referidos los volúmenes y todas las propiedades volumétricas del gas:

Tabla 1. Condiciones Estándar

CONDICIONES ESTÁNDAR	Unidad	Valor
Presión del gas	psia	14,65 <sup>1</sup>
Temperatura del gas	°F	60,0
Gravedad específica de referencia	Aire	1,0

##### 4.1.2. Dimensionamiento de Tuberías

Cada tramo de línea será dimensionado de forma tal que al final del tramo la presión de entrega sea igual o superior a la requerida por el equipo o instrumento aguas abajo del tramo.

Para el diseño y como criterio general, la velocidad del gas no deberá superar los 60 - 80 ft/s para evitar problemas de ruido excesivo, pero deberá evitarse exceder los 60 ft/s en lo posible.

Las tuberías a ser dimensionadas serán diseñadas asumiendo un flujo de gas monofásico a alta presión, que recorre tramos cortos y está caracterizado por caídas de presión significativas que permiten asumir un flujo turbulento (Número de Reynolds > 5,000).

La revisión hidráulica y el diseño de las nuevas tuberías de procesos será realizado en Hysys ® tomando los criterios expuestos en la **Tabla 2**:

---

<sup>1</sup> Condiciones establecidas en Resolución CREG-041 de 2008, art. 1 (RUT).

**Tabla 2. Criterios de Diseño**

<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR</b>
Tipo de fluido	Gas
Número de fases	Monofásico
Presión de diseño	1440 psig
Diámetro interno del tramo	0,8" < $\phi$ interno < 11,8"
Número de Reynolds	> 5000
Ecuación para dimensionamiento de líneas.	De acuerdo a la ecuación de Weymouth
Velocidad de flujo mínima	10 – 15 ft/s <sup>2</sup>
Velocidad de flujo máxima	60 – 80 ft/s <sup>3 4</sup>
Velocidad Erosional <sup>5</sup>	Velocidad de flujo Max < Velocidad Erosiva

#### 4.1.3. Válvulas de Regulación y Alivio de Presión

Se tendrán dos válvulas de control operando en paralelo, cada una con una válvula de seguridad aguas abajo para protección del sistema de baja presión.

El sistema de relevo será diseñado para el escenario de seguridad de apertura total e inadvertida de una de las dos válvulas de control, las cuales serán calculadas y seleccionadas de acuerdo a los siguientes criterios:

- El flujo normal de la válvula de control a un 80% de apertura corresponderá a la capacidad máxima de diseño.

<sup>2</sup> Arnold Kern & Maurice Stewart, Surface Production Operations; Vel. mínima, con el fin de minimizar el condensado en puntos bajos.

<sup>3</sup> Arnold Kern & Maurice Stewart, Surface Production Operations; Vel. máx. con el fin de minimizar el efecto del ruido y de la corrosión

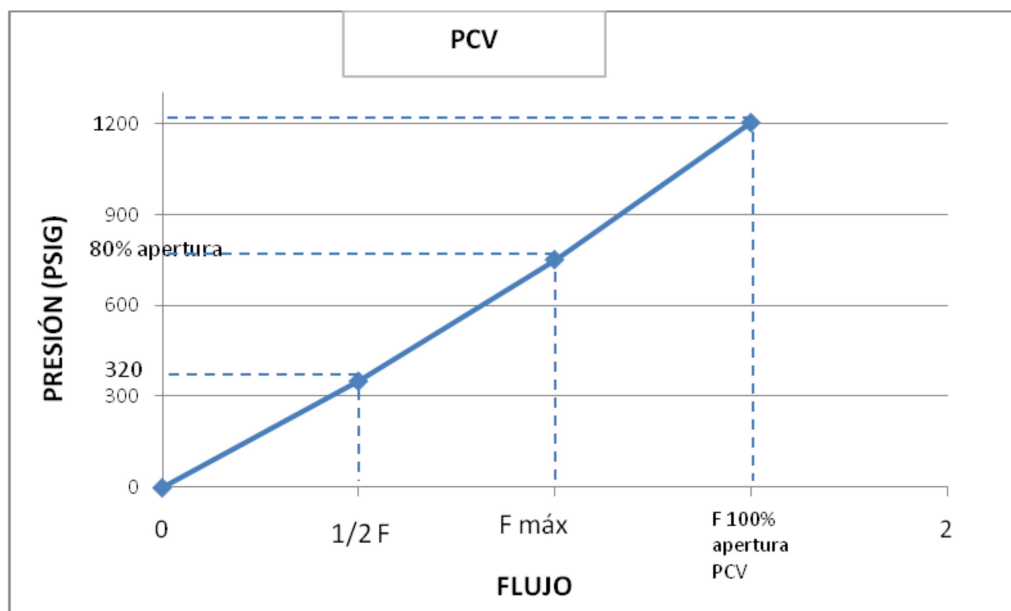
<sup>4</sup> API RP 14E, Offshore Production Platform Piping Systems

<sup>5</sup> La velocidad erosional (crítica) puede ser determinada con la expresión  $v_e = \frac{C}{\sqrt{\rho}}$ . Para un servicio continuo se utiliza un valor de C= 100 y  $\rho$  es la densidad del fluido (lb/ft<sup>3</sup>) como se indica en el API RP14E. Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping System. Si el fluido no es corrosivo o se tienen protecciones contra la corrosión se puede emplear un valor de C=150 de acuerdo a lo indicado en el API RP 14E.

- La condición mínima de flujo (la mitad de la capacidad máxima de diseño de la estación), estará dada considerando que la válvula de control estará totalmente abierta.
- Como condición adicional, se calculará el flujo máximo a 1200 psig y 100% apertura de la válvula, teniendo en cuenta que el Cv de la válvula de control, estará dado por las condiciones anteriores.

Los criterios anteriores se muestran en la gráfica de Flujo contra presión de la **Figura 13:**

**Figura 13. Gráfica de criterios de selección válvula de control**



- Cada brazo de regulación estará equipado con una PSV calculada teniendo en cuenta el flujo máximo a 1200 psig y 100% de apertura de la válvula de regulación a 45 °F.

#### **4.2. PARAMETROS DE DISEÑO**

Los parámetros de diseño a determinar, tales como Flujo, Presión, Temperatura y calidad del gas están dados de acuerdo a los requerimientos propios del proyecto,

es decir, deberán satisfacer completamente las condiciones y requerimientos planteados en la descripción del problema.

#### 4.2.1. Condiciones del Gas natural

A continuación, en la **Tabla 3**, se indica la composición del gas que se utilizará para el diseño. Es una mezcla de gas entre dos grandes fuentes de gas que cuenta el país actualmente, que son Gas Guajira y Gas Cusiana.

**Tabla 3. Composición de Gas Natural para el Diseño**

<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>GAS MEZCLA GUAJIRA-CUSIANA</b>
Gravedad específica	S	0,6416
Peso molecular	lb/lb mol	18,59
<b>COMPOSICIÓN<sup>6</sup></b>	<b>UNIDADES</b>	<b>GAS MEZCLA GUAJIRA-CUSIANA</b>
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	% mol	1,2377
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	% mol	0,8590
Metano (C <sub>1</sub> )	% mol	87,3076
Etano (C <sub>2</sub> )	% mol	7,1914
Propano (C <sub>3</sub> )	% mol	2,5640
Isobutano (iC <sub>4</sub> )	% mol	0,3690
N-butano (nC <sub>4</sub> )	% mol	0,3705
Isopentano (iC <sub>5</sub> )	% mol	0,0546
N-pentano (nC <sub>5</sub> )	% mol	0,0290
Hexano (C <sub>6</sub> )+	% mol	0,0173
Heptano (C <sub>7</sub> )	% mol	0,00
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	% mol	0,00
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	% mol	0
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	Ppm	0,00

<sup>6</sup> Máximo contenido de vapor de agua: 6.0 lb / MMSCF

De acuerdo a la Resolución CREG-071 de 1999 (Reglamento Único de Transporte RUT) y con todas sus actualizaciones o modificaciones posteriores, se establece unos parámetros o especificaciones de calidad del gas natural para la entrada al Sistema de Transporte. El gas debe tener unas cantidades máximas de agua, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Azufre y Nitrógeno determinadas, así como cumplir o estar dentro un rango de poder calorífico bruto. Estas características se definen en la **Figura 14**.

**Figura 14. Especificaciones de calidad del Gas Natural**

Especificaciones	Sistema Internacional	Sistema Inglés
Máximo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)	42.8 MJ/m <sup>3</sup>	1.150 BTU/ft <sup>3</sup>
Mínimo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)	35.4 MJ/m <sup>3</sup>	950 BTU/ft <sup>3</sup>
Contenido de Líquido (Nota 2)	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido total de H <sub>2</sub> S máximo	6 mg/m <sup>3</sup>	0.25 grano/100PCS
Contenido total de azufre máximo	23 mg/m <sup>3</sup>	1.0 grano/100PCS
Contenido CO <sub>2</sub> , máximo en % volumen	2%	2%
Contenido de N <sub>2</sub> , máximo en % volumen	3	3
Contenido de inertes máximo en % volumen (Nota 3)	5%	5%
Contenido de oxígeno máximo en % volumen	0.1%	0.1%
Contenido máximo de vapor de agua	97 mg/m <sup>3</sup>	6.0 Lb/MPCS
Temperatura de entrega máximo	49 °C	120 °F
Temperatura de entrega mínimo	7.2 °C	45 °F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión (Nota 4)	1.6 mg/m <sup>3</sup>	0.7 grano/1000 pc

Fuente: Resolución CREG-071 de 1999

#### 4.2.2. Flujo de Diseño

El flujo de diseño para el city-gate será definido de acuerdo a los consumos estimados de gas para la población de un municipio de tercera categoría. En la Ley 617 de 2000 se establece que un municipio dentro de esta categoría deberá tener una población entre 30.000 a 50.000 habitantes. El listado completo de Municipios de tercera Categoría en el Censo Nacional de 2005 se presenta en el **ANEXO A**.

Para definir el valor del flujo de diseño, se va a utilizar una tasa de crecimiento promedio establecida mediante las diferentes tasas de crecimiento calculadas con los datos obtenidos del DANE de acuerdo al último Censo Nacional del 2005. Se utiliza el método de Porcentaje Uniforme de Crecimiento y con referencia de la proyección poblacional 2005-2020, se calcula la tasa de crecimiento poblacional estimada.

$$Pf = Pa(1 + r)^n \Rightarrow r = \left(\frac{Pf}{Pa}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Dónde:

*Pf = Población Futura Proyectada*

*Pa = Población actual*

*r = Tasa de crecimiento poblacional*

*n = Años de proyección*

Las tasas de crecimiento obtenidas para estos periodos proyectados por el DANE también se pueden observar en el **ANEXO A**.

Ahora, para calcular la población proyectada para el 2036, ya que se estiman 20 años de vida para el proyecto, se toma como tasa de crecimiento el promedio de los valores obtenidos para cada municipio sin tener en cuenta las tasas de crecimiento negativas. Al promediar estos datos, el valor obtenido es para la tasa de crecimiento poblacional promedio es **0,012676182**. Con este último valor,

nuevamente se reemplaza en la fórmula de porcentaje uniforme de crecimiento, para un periodo de 20 años y se obtiene lo siguiente:

$$Pf = 50.000(1 + 0,012676182)^{20}$$

$$Pf = 64.326$$

Es decir, que la población futura proyectada para el año 2036 de un municipio colombiano clasificado bajo la ley 617 de 2000 como municipio de tercera categoría será de 64.326 habitantes.

Para definir los consumos requeridos, se van a utilizar los valores promedio de usos de unidades censales (Vivienda, Comercial, Industrial) reportados en el censo de 2005 y extrapolarlos al 2036.

**Tabla 4. Municipios y Usos de Unidades Censales**

Municipio	Población año 2005	Vivienda	%	Comercial	%	Industrial	%	Total
El Bagre	46.020	8.453	91,37	785	8,49	13	0,14	9.251
La Ceja	46.268	12.167	88,78	1.503	10,97	35	0,26	13.705
Marinilla	45.548	12.855	91,13	1.241	8,80	10	0,07	14.106
Necocli	47.989	10.334	93,03	772	6,95	2	0,02	11.108
María la Baja	45.395	9.613	99,86	12	0,12	1	0,01	9.626
Puerto Boyacá	50.301	13.368	92,72	1.025	7,11	24	0,17	14.417
Riosucio	54.537	10.026	90,31	1.071	9,65	5	0,05	11.102
Villamaría	46.324	12.371	93,49	848	6,41	13	0,10	13.232
El Tambo	45.804	9.782	95,56	454	4,43	1	0,01	10.237
Cajicá	45.391	10.681	91,43	989	8,47	12	0,10	11.682
Plato	49.195	11.278	85,71	1.877	14,27	3	0,02	13.158
Samaniego	50.437	10.013	96,41	369	3,55	4	0,04	10.386
San Onofre	46.383	9.872	97,67	226	2,24	9	0,09	10.107
Chaparral	46.712	12.915	93,87	839	6,10	4	0,03	13.758
Pradera	48.845	10.812	92,48	873	7,47	6	0,05	11.691
Sevilla	47.940	11.401	95,17	571	4,77	7	0,06	11.979
Puerto Asís	55.759	13.560	93,02	1.003	6,88	14	0,10	14.577
San José del Guaviare	53.994	8.665	89,52	999	10,32	15	0,15	9.679

En la **Tabla 4**, se muestran los municipios cuyas poblaciones a 2005 contaban con una población de 50.000 habitantes  $\pm$  10%, es decir entre 45.000 y 55.000 habitantes. Lo anterior con el fin de obtener los promedios de usos de vivienda y calcular el consumo estimado de un municipio de tercera categoría en el 2036, los cuales se indican en la **Tabla 5**.

**Tabla 5. Promedio de Unidades Censales en Municipios de Tercera Categoría**

<b>USO UNIDAD CENSAL</b>	<b>UNIDAD RESIDENCIA</b>	<b>UNIDAD COMERCIAL</b>	<b>UNIDAD INDUSTRIAL</b>
Promedio de unidades censales	11.009	859	10

El consumo estimado por unidad de vivienda residencial estaría estimado de la siguiente manera:

- Consumo por estufa de gas
- Consumo por calentador de agua a gas

Para el cálculo de consumo de gas, se utilizarán potencias nominales de catálogo y los factores de demanda expresados en la **Tabla 6**:

**Tabla 6. Consumos y Factores de Demanda por Gasodoméstico**

<b>GASODOMÉSTICO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>FACTOR DE DEMANDA</b>
Potencia Nominal estufa de gas (Según Catálogo <sup>7</sup> )	7,4 KW	0,14
	25.250 BTU/Hora	
Potencia Nominal calentador de agua (Según Catálogo <sup>8</sup> )	20,50 KW	0,30
	69.949 BTU/Hora	

<sup>7</sup> Dato obtenido de Manual de Usuario Haceb “*Cubiertas Line Up*” Ref. CUB ASL CG 60 ML.

<sup>8</sup> Dato obtenido de Manual de Usuario Haceb “*Calentador de Agua*” Ref. CAL AS CPG-13TN.

Con los datos anteriores se obtienen los valores de consumos estimados para la unidad censal de vivienda. Teniendo en cuenta que no en todas las viviendas se tendrá la necesidad de instalación del gasodoméstico tipo calentador de agua, se utilizará un factor adicional de 30% del requerimiento total de energía.

El resultado anterior se muestra en la **Tabla 7**.

**Tabla 7. Potencia Requerida por Tipo de Gasodoméstico**

<b>GASODOMESTICO</b>	<b>POTENCIA ESTIMADA</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>POTENCIA TOTAL</b>
Estufa de gas	3.534,98 BTU/Hora	100%	3.534,98 BTU/Hora
Calentador de agua	20.984,66 BTU/Hora	30%	6.295,4 BTU/Hora

Para el diseño se utilizará un factor de seguridad del 1,3 con lo cual los requerimientos de energía total estimada por unidad de vivienda residencial serán los indicados en la **Tabla 8**.

**Tabla 8. Potencias Corregidas con Factor de Seguridad**

<b>GASODOMESTICO</b>	<b>POTENCIA TOTAL</b>
Estufa de gas	4.595,47 BTU/Hora
Calentador de agua	8.184,02 BTU/Hora
<b>TOTAL</b>	<b>12.779,49 BTU/Hora</b>

Asumiendo un poder calorífico del gas aproximado de 1.000 BTU/ft<sup>3</sup>, se tienen que el flujo de diseño por unidad de vivienda residencial es de **12,78 ft<sup>3</sup>/hora (0,3067 MSCFD)**.

Ahora, para el cálculo de los consumos de unidades de tipo comercial e industrial, se van a tomar los consumos residenciales como 20 veces y 60 veces respectivamente. Estos valores de flujos de diseño para los 3 tipos de uso de unidad censal se muestran en la **Tabla 9**, a continuación.

**Tabla 9. Flujos de diseño por unidad censal**

<b>USO UNIDAD CENSAL</b>	<b>UNIDAD RESIDENCIA</b>	<b>UNIDAD COMERCIAL</b>	<b>UNIDAD INDUSTRIAL</b>
Flujo de Diseño (MSCFD)	0,31	6,13	18,40

Tomando como referencia los datos promedio indicados en el censo de 2005 (ver **Tabla 5**) y proyectándolos 20 años con la tasa de crecimiento poblacional promedio calculada anteriormente (0,012676182), se obtienen los siguientes caudales los cuales se muestran en la **Tabla 10**:

**Tabla 10. Consumo de Gas Proyectado para Municipio en 2036**

<b>USO DE UNIDAD CENSAL</b>	<b>TOTAL UNIDADES EXTRAPOLADAS</b>	<b>CONSUMO (MSCFD)</b>	<b>TOTAL CONSUMO (MSCFD)</b>
RESIDENCIAL	14.164	0,31	4.344
COMERCIAL	1.105	6,13	6.779
INDUSTRIAL	13	18,40	237
		<b>TOTAL</b>	<b>11.360</b>

Para los cálculos de flujo se utilizará un factor de sobre diseño del 10%, es decir 1,1 con respecto a los 11,36 MMSCFD indicados en la **Tabla 10**.

#### 4.2.3. Presión de Diseño

La presión de diseño máxima de entrada estará establecida de acuerdo al Reglamento Único de Transporte de Gas Natural (RUT) y será de 1200 psig. Se definirá que la salida de la estación deberá entregar a 250 psig ya sea para un cliente industrial o una red de distribución, para lo cual se definirá una presión mínima de entrada de 320 psig. En la **Tabla 11** se muestran las presiones para diseño de la estación, tanto de entrada como de salida.

Tabla 11. Presión de Diseño

CONDICIÓN DE PRESIÓN DEL GAS	UNIDAD	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMA	DISEÑO
Entrada	psig	320	750	1200	1440 <sup>9</sup> 1404 <sup>10 11</sup>
Salida (después de la válvula reguladora)	psig	250	250	250	275

#### 4.2.4. Temperatura de Diseño

Como no se tiene una temperatura ambiente de operación definida, ya que en Colombia los municipios clasificados como tercera categoría se encuentran localizados en diferentes pisos térmicos, para la temperatura de diseño, de acuerdo al RUT, la temperatura mínima de entrega es de 45°F y la temperatura máxima de entrega es de 120 °F.

Con la caracterización del gas indicada en la **Tabla 3**, considerando un contenido de agua máximo de 6 lb/MMSCF, se determina la curva de formación de hidratos del gas. En la **Figura 15**, se presenta la curva de formación de hidratos y la curva

<sup>9</sup> Para los equipos aguas arriba del calentador se toma el MAWP de ANSI 600 a 130°F (Diseño 1440 psig @ 130°F)

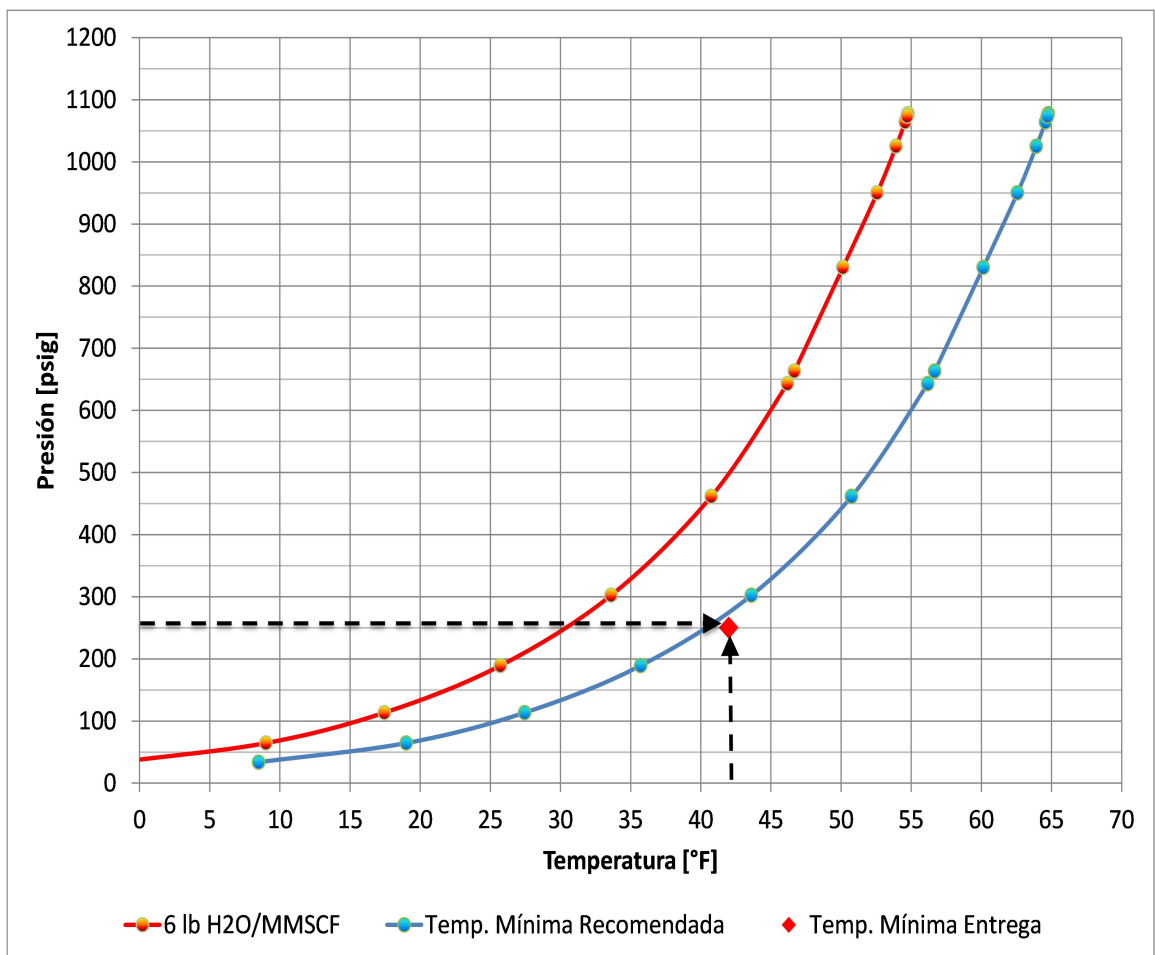
<sup>10</sup> Para el calentador (tubos de serpentín) se toma el MAWP de ANSI 600 a 175°F (Diseño: 1404 psig @175°F)

<sup>11</sup> Tanto los criterios de la nota 9 como la nota 10, cumplen con el criterio de presión de diseño mayor al 110% de la presión máxima.

con un margen de seguridad de 10 °F (6 °C) que indica la temperatura mínima recomendada para operación sin problemas de formación de hidratos a las condiciones de presión indicadas.

Con base en la **Figura 15**, se determinó que la temperatura mínima a la condiciones de presión de entrega (250 psig) en la cual no hay problemas de formación de hidratos es 42°F. No obstante lo anterior, el Reglamento Único de Transporte de Gas Natural indica que la temperatura mínima de entrega es de 45°F.

**Figura 15. Curva de Formación de Hidratos**



En el diseño se incluirá un calentador indirecto de gas para evitar la posible formación de hidratos aguas abajo al darse la expansión del gas posterior a la

regulación y previa a la medición. Adicionalmente, se incrementará el valor de temperatura mínima de salida, para asegurar que al realizar otra expansión del gas posterior a la entrega del city-gate esta se acerque a la curva de formación de hidratos de la **Figura 15**. Los valores para el diseño se encuentran indicados en la **Tabla 12**.

**Tabla 12. Temperatura de Diseño**

CONDICIÓN DE TEMPERATURA DEL GAS	UNIDAD	MÍNIMA	NORMAL	MÁXIMA	DISEÑO
Entrada	°F	45	70	120	170 <sup>12</sup>
Temperatura mínima de salida después de la expansión del gas (post regulación)	°F	60	70	120	175 <sup>13</sup>

### 4.3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Como se mencionó en los Criterios de diseño, la revisión hidráulica y dimensionamiento de tuberías de procesos será realizado en Hysys®. Para el valor Los parámetros de diseño para el City Gate, son los siguientes:

- Flujo: 1,1 x 11,36 MMSCFD = **12.5 MMSCFD**
- Alta Presión: 320 - 1200 psig
- Baja Presión 250 psig
- Temperatura: 45 - 120 °F

Los criterios de diseño aplicables para el diseño hidráulico de las líneas de proceso, gas combustible y sistema de relevo son:

- Velocidad menor a 60 ft/s ó velocidad erosional para tuberías de proceso

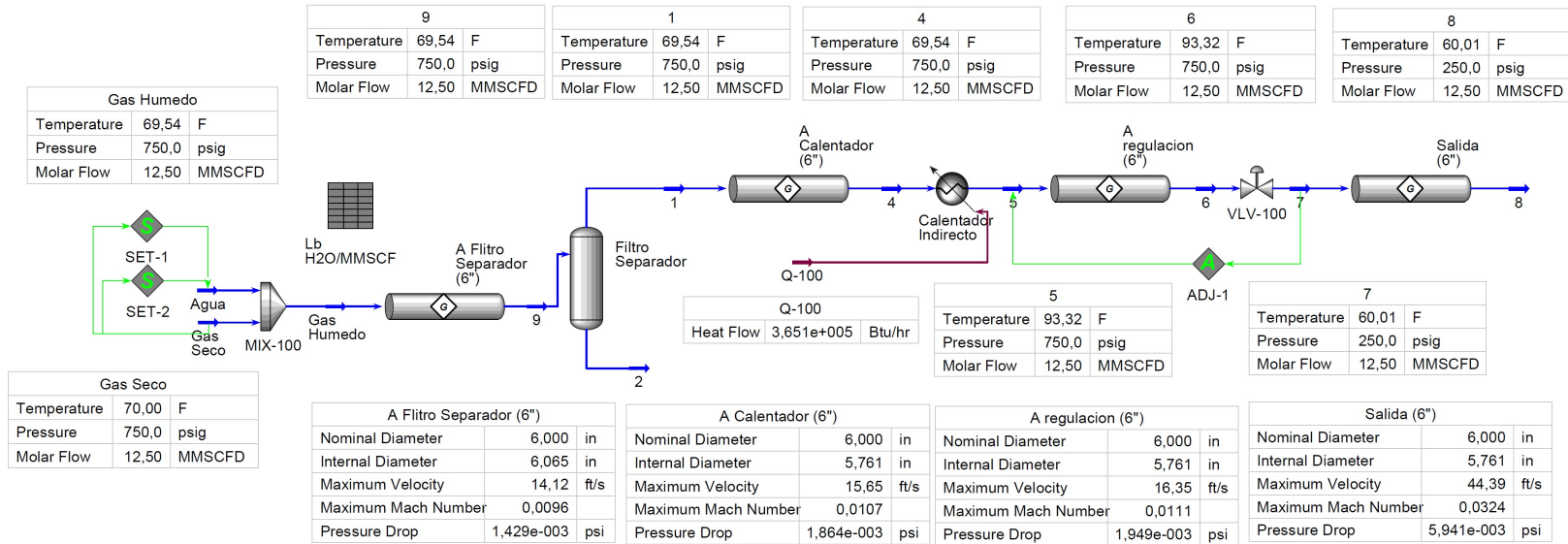
<sup>12</sup> Para los equipos aguas arriba del calentador (filtro) la temperatura de diseño es 130°F

<sup>13</sup> Para el calentador, la temperatura de diseño es 175°F

- Pérdida de carga menor al 10% para tuberías de proceso
- Número de Mach entre 0.2 y 0.5 en sistemas de relevo.

En la **Figura 16** se muestra la simulación realizada en Hysys de la estación de regulación y medición para los cálculos hidráulicos y dimensionamiento de equipos e instrumentos.

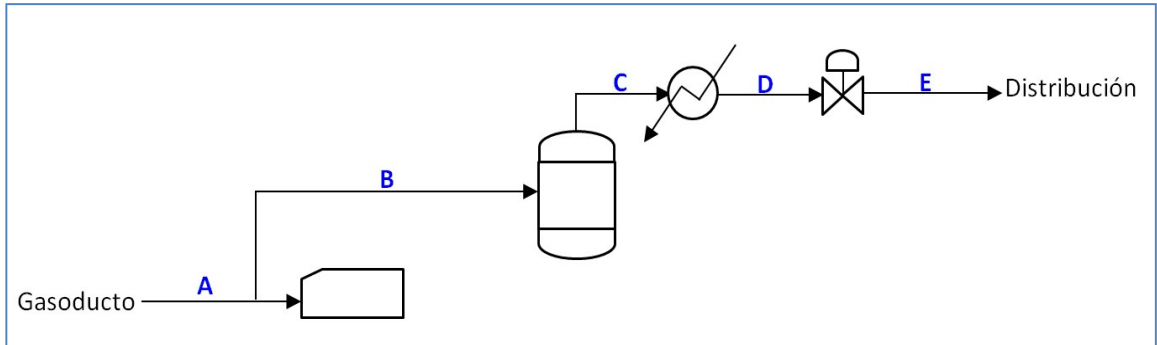
**Figura 16. Simulación Estación de Regulación y Medición**



Fuente: Simulación de Hysys 7.3

En la **Figura 17**, se presentan los diferentes tramos de tubería que deberán ser calculados para la estación.

**Figura 17. Esquema de Tramos de Tubería**



El tramo A, corresponde al gasoducto del cual se deriva la conexión de entrada a la estación y el cual no hace parte de este diseño. Los tramos B, C, y D corresponderían a las líneas de alta presión del City-Gate, aguas arriba de la etapa de regulación. El tramo E, corresponde a la línea de salida de la estación y pertenece a las líneas de baja presión.

#### **4.3.1. Líneas de Alta Presión**

Para las líneas de alta presión (Tramos B, C, D), se evaluaron los tamaños de tubería de 3" (Sch. STD), 4" (Sch. STD), 6" (Sch. STD) y 8" (Sch. STD). Para cada caso de diámetro se consideraron los valores de 1200 psig y 320 psig y la máxima temperatura de 120 °F. Los resultados se muestran en la **Tabla 13** y **Tabla 14**.

Tabla 13. Cálculo de Velocidad de Gas para 1200 psig y 120 °F

Presión [psig]	Tramo	Diámetro Nominal	Velocidad [ft/s]	Velocidad Erosional [ft/s]	Pérdida de Carga [%]
1200	B	3"	38,02	48,3	0,0530
		4"	22,02		0,0128
		6"	9,728		0,0015
		8"	5,618		0,0003
	C	3"	42,55	48,3	0,0712
		4"	24,45		0,0168
		6"	10,78		0,0020
		8"	6,155		0,0004
	D	3"	39,25	44,9	0,0694
		4"	22,55		0,0163
		6"	9,944		0,0019
		8"	5,676		0,0004

Tabla 14. Cálculo de Velocidad de Gas para 320 psig y 120 °F

Presión [psig]	Tramo	Diámetro Nominal	Velocidad [ft/s]	Velocidad Erosional [ft/s]	Pérdida de Carga [%]
320	B	3"	138	97,5	0,7309
		4"	80,12		0,1757
		6"	35,3		0,0209
		8"	20,39		0,0051
	C	3"	154,5	97,5	0,9991
		4"	88,72		0,2301
		6"	39,12		0,0273
		8"	22,33		0,0068
	D	3"	142,6	92,9	0,8938
		4"	81,85		0,2030
		6"	36,09		0,0240
		8"	20,6		0,0056

Los resultados de la **Tabla 14** indican que las tuberías 3" y 4" no presenta un desempeño adecuado para la condición de presión mínima de 320 psig, al mostrar velocidades de flujo por encima del criterio establecido de 60 ft/s.

En la **Tabla 13**, se aprecia que para la tubería de 8" presenta velocidades demasiado bajas, muy por debajo de los 10 ft/s.

La tubería de 6" muestra un desempeño satisfactorio para los dos niveles de presión evaluados, mostrando velocidades de flujo por debajo de 60 ft/s y valores de pérdida de carga mínimos.

Por consiguiente, las líneas de alta presión, localizadas desde la entrada del filtro hasta la entrada de la válvula reguladora, deberán ser de una tubería con tamaño de 6".

#### 4.3.2. Líneas de Baja Presión

Para las líneas de baja presión, desde la salida de la válvula reguladora hasta la entrega del patín, se revisaron los casos de tubería de 4" (Sch STD), 6" (Sch STD) 8" (Sch STD) y 10" (Sch STD). Para cada caso de diámetro se consideró la condición mínima de presión de 250 psig y la de mayor temperatura de 120 °F. Los resultados se muestran en la

**Tabla 15.**

**Tabla 15. Calculo de Velocidad de Gas para 250 psig y 120 °F**

Presión [psig]	Tramo	Diámetro Nominal	Velocidad [ft/s]	Velocidad Erosional [ft/s]
250	E	4"	102,5	104,5
		6"	45,21	
		8"	25,81	
		10"	16,41	

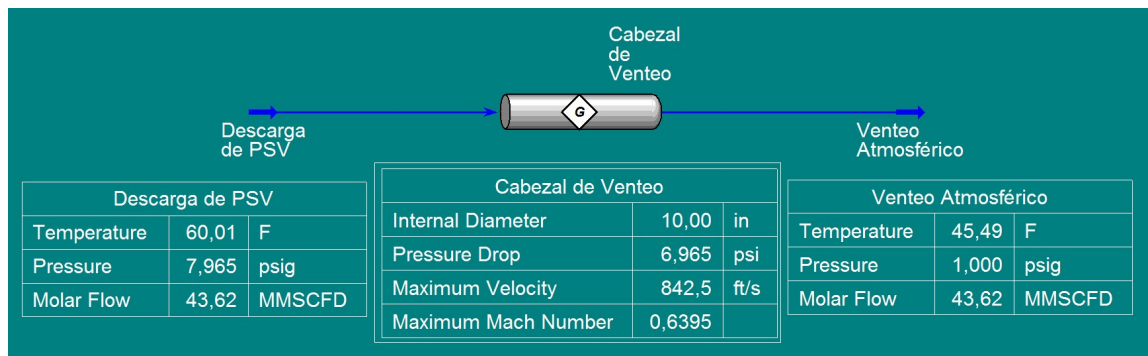
Los resultados de la **Tabla 15** indican que todo el sistema de tuberías baja presión, desde la salida de la válvula reguladora hasta la entrega del patín, puede ser de 6", 8" o 10" de diámetro, cumpliendo así con los criterios de velocidad. Se escoge la tubería de menor tamaño que cumpla con los criterios de diseño, por lo tanto el tamaño seleccionado es de 6".

Debido a que las distancias en el patín son cortas, la pérdida de carga no es un factor limitante en el diseño hidráulico de las líneas de baja presión. Para el carrete de la válvula de control se admite tubería de 4" (Sch STD) al tratarse de un tramo corto donde no se excede la velocidad erosional.

#### 4.3.3. Sistema de Relevo

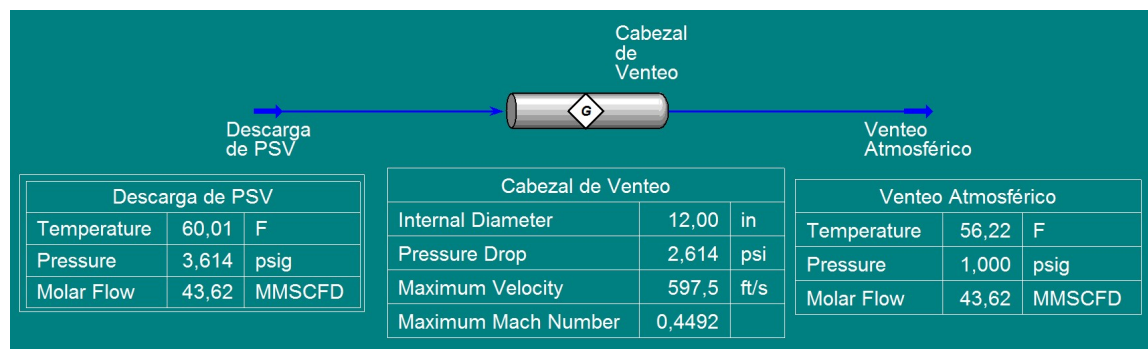
En la **Figura 18** y **Figura 19** se muestra la simulación para el cabezal de venteo de las válvulas de alivio, que recoge el gas en la eventualidad de un disparo por sobrepresión y lo lleva a un venteo atmosférico retirado de la estación.

**Figura 18. Simulación Cabezal Venteo 10"**



Fuente: Simulación de Hysys 7.3

**Figura 19. Simulación Cabezal Venteo 12"**



Fuente: Simulación de Hysys 7.3

La **Tabla 16** muestra los resultados de la evaluación del cabezal de 12" (Sch STD) para la estación de regulación y medición. Para efectos de comparación se muestra el caso adicional de 10" (Sch STD)

**Tabla 16. Revisión de Cabezal de Venteo**

<b>Flujo Máximo<sup>14</sup> [MMSCFD]</b>	<b>Válvula de Alivio Seleccionada</b>	<b>Diámetro de Cabezal</b>	<b>Número de Mach</b>	<b>Criterio de Número de Mach</b>
43,62	4" 600# N 6" 150#	12" (Sch STD)	0.45	0.2 – 0.5
43,62	4" 600# N 6" 150#	10" (Sch STD)	<b>0.64</b>	0.2 – 0.5

Para la estación se requieren dos válvulas de alivio, cada una con capacidad máxima de 44 MMSCFD en el caso de apertura inadvertida a 1200 psig y 45 °F en la de entrada.

Para poder relevar la capacidad máxima de cada válvula, se debe contar con una válvula de alivio de tamaño 4N6 aguas abajo de la válvula de control antes del primer bloqueo.

Para el cabezal de relevo se encuentra que a condiciones de apertura inadvertida, el número de Mach es menor a 0.5 si se considera tubería de 12". Sin embargo, se tendrá que realizar un estudio de dispersión para la locación exacta de instalación del city-gate, ya que puede incrementar la altura requerida del venteo atmosférico que podría llegar a modificar el diámetro del cabezal.

<sup>14</sup> Escenario de apertura total e inadvertida de la válvula de control seleccionada a 1200 psig y 45° F de condiciones de entrada.

A la salida de la válvula de alivio térmico del filtro se pueden emplear tuberías de tamaño de 1", que no presentan números de Mach mayores a 0.05 para el requerimiento de alivio térmico.

Por consiguiente, para el sistema de relevo de la estación el cabezal debe ser de 12". Los tramos de entrada y salida de las válvulas de alivio deben ser de longitud mínima, y se puede emplear tubería de 1" para los alivios térmicos.

#### 4.3.4. Venteo

Los resultados de capacidad para el venteo (X-001/2) propuesto en 12" (Sch STD) de 5 m de altura se muestran en la **Tabla 17**. Para comparación, se muestran los resultados con 10" (Sch STD)

Tabla 17. Evaluación de Venteo de la Estación

Diámetro del Venteo [MMSCFD]	Altura [m]	Capacidad Requerida [MMSCFD]	Capacidad Estimada [MMSCFD]	Número de Mach	Criterio de Número de Mach
12" (Sch STD)	5	44	45	0.5	0.2 – 0.5
10" (Sch STD)	5	44	32	0.5	0.2 – 0.5

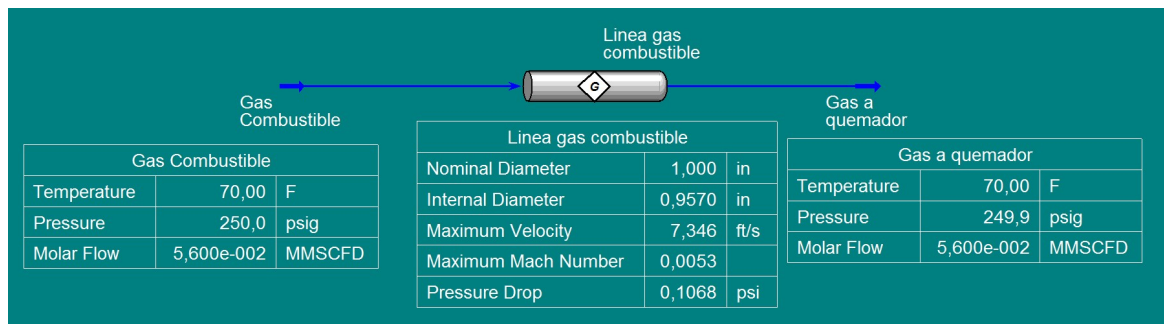
La capacidad máxima estimada para el venteo atmosférico X-001/2 es 45 MMSCFD que supera la carga requerida por el escenario de apertura total e inadvertida de una de las válvulas de control. Sin embargo, un estudio de dispersión deberá realizarse cuando se tenga definida la locación exacta para asegurar que la altura de 5 m es suficiente para evitar la presencia de atmosfera explosiva ante el evento de relevo de 44 MMSCFD. Cabe anotar que en caso que se requiera una altura mayor, es probable que se requiera incrementar el diámetro del venteo para evitar el incremento del número de Mach por encima del rango establecido por criterio.

Por tal razón, el nuevo venteo de la estación debe ser de 12” para cumplir con la condición de diseño de relevo de una de las dos PSV’s de la estación ante la apertura inadvertida de una de las dos válvulas reguladoras de presión, sin embargo, la verificación final esta depende los resultados de un estudio de dispersión que indicarán la altura requerida para el venteo atmosférico.

#### 4.3.5. Línea de Gas Combustible

El flujo de diseño para la línea de gas combustible es 56 MSCFD según estimados de carga térmica requerida en la estación. En la **Figura 20**, se muestra la simulación de esta línea de gas hacia el calentador indirecto.

Figura 20. Cálculo Línea de Gas Combustible



Fuente: Simulación de Hysys 7.3

Una tubería de 1” (Sch. XS) está en capacidad de transportar 465 MSCFD a 250 psig y 70 °F, lo cual excede ampliamente el flujo de gas combustible requerido. Por consiguiente, la línea de gas combustible de la estación se especifica en **1” (Sch. XS)**.

#### 4.4. SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

Para la selección de equipos e instrumentos, se utilizará software especializado de proveedores donde aplique, los cuales deben cumplir con los criterios y

parámetros de diseño de la estación. Estos cálculos y selecciones se reflejarán en las especificaciones de Hojas de Datos indicadas en los ANEXOS.

#### **4.4.1. Filtro – Separador**

Con el fin de acondicionar el gas para proteger los sistemas de regulación de presión y medición contra contaminante proveniente del gasoducto, se deberá instalar un filtro separador. Dados los caudales de la estación y la composición del gas, se seleccionó un filtro horizontal de dos etapas de limpieza. Lo anterior debido a la posible cantidad de líquido separada en la estación. La primera etapa de separación/filtración, se lleva a cabo en la parte superior del equipo en la cámara de entrada del gas. En esta etapa se retienen las partículas sólidas y gotas grandes mediante separación por impacto y filtros coalescentes (removibles e intercambiables). La segunda etapa (separación secundaria), se lleva a cabo en la cámara inferior del recipiente, donde se recibe y separa mediante un removedor de niebla. El líquido atrapado en el filtro deberá ser retirado por la parte inferior del filtro. El filtro deberá estar en la capacidad de remover el 98% de todas las partículas sólidas y gotas de líquido de un tamaño mayor o igual a 1 micrón.

Los recipientes a presión se diseñarán bajo los requerimientos del código ASME Sección VIII División Los cálculos para la selección de los espesores y tipos de cabezas, cuerpo y otras partes se harán de acuerdo con los requerimientos establecidos por el código ASME Sección VIII Div.1. El mínimo espesor aceptable para láminas que conforman el recipiente es de 1/4" (6.0 mm.). Las Juntas soldadas del recipiente deben ser soldadas a tope, con cordón continuo de acuerdo con UW12 y la figura UW3 del código.

Deberá contar con una válvula de alivio de presión y esta no deberá estar ajustada ("set point") por encima de la presión de trabajo y en ningún caso por encima de la presión de diseño del equipo (UG-134 ASME BPVC).

En el **ANEXO B**, se muestra la Hoja de Datos diligenciada para este equipo.

#### 4.4.2. Calentador de Gas

Con el fin de evitar la formación de hidratos aguas abajo de la estación, se instalará un calentador de gas, que deberá estar en capacidad de calentar el gas por encima de la temperatura mínima de salida indicada en la **Tabla 12** (60 °F) con las condiciones más críticas de entrada (1200 psig y 45 °F a máximo flujo).

Para esto se empleará un calentador de fuego indirecto, en el cual se realiza intercambio térmico producido por el fluido intermedio (agua-glicol generalmente), entre un tubo de fuego a llama directa y un haz de tubos de transporte del gas natural. No se selecciona un calentador de tipo eléctrico, ya que al no tener definida la locación del City-gate, no se sabe si se cuenta con la disponibilidad de una acometida eléctrica con la suficiente potencia para alimentar un calentador eléctrico.

El calentador estará compuesto principalmente por una carcasa aislada la cual contiene el agua como medio de calentamiento y el serpentín de tubos inmerso para la conducción del gas; también contiene el sistema de calentamiento de agua compuesto por un quemador de combustible con el mismo gas natural transportado, los tubos de fuego igualmente inmersos en el agua y la chimenea para salida de humos.

La energía del gas quemado calienta los tubos de fuego y éstos a su vez calientan el agua. El agua fría circula por convección natural descendiendo a los tubos de fuego y asciende calentada hacia el serpentín de gas natural.

La presión de diseño para la carcasa y los tubos de fuego/humos será cercana o igual a la presión atmosférica, La presión de diseño para los tubos del serpentín de gas a calentar será igual a la presión de diseño indicada en la **Tabla 11**.

El diseño de los múltiples colectores y de distribución, incluyendo los soportes y apoyos a cargo del proveedor del equipo, se deberán diseñar de acuerdo a los requerimientos establecidos en el código ASME B31.3 última edición o equivalente.

La estructura soldada, incluyendo chimeneas, deberá cumplir con los requerimientos del AWS D1.1.

La eficiencia térmica mínima será del 85 por ciento ( $\eta=85\%$ ) con base al poder calorífico inferior del combustible. Las eficiencias calculadas para operación por tiro natural se deberán basar en un 20 por ciento de exceso de aire siendo el combustible principal gas.

#### 4.4.2.1. Cuerpo

El cuerpo se diseñará para operar a presión atmosférica sin exceder la presión manométrica de operación en más de 1.0 psi.

El cuerpo y tapas se construirán a partir de lámina de acero ASTM A 516 Gr. 70 o equivalente.

#### 4.4.2.2. Quemador

El sistema del quemador se diseñará de acuerdo con los parámetros de la NFPA 85. El ruido máximo permisible de 85 decibeles a una distancia de un metro del punto de generación de este.

#### 4.4.2.3. Serpentín

El serpentín se diseñará para manejar el flujo máximo de gas indicado en la hoja de datos, de acuerdo con los requerimientos del código ASME B 31.3. Podrá ser de un paso o pasos múltiples.

#### 4.4.2.4. Tubo de Fuego

El Tubo de Fuego se diseñará de acuerdo con los requerimientos del código API 12K, y la máxima temperatura de pared de tubo se determinará con base a los criterios de cálculo para la máxima densidad de flujo térmico establecida en el estándar API 530.

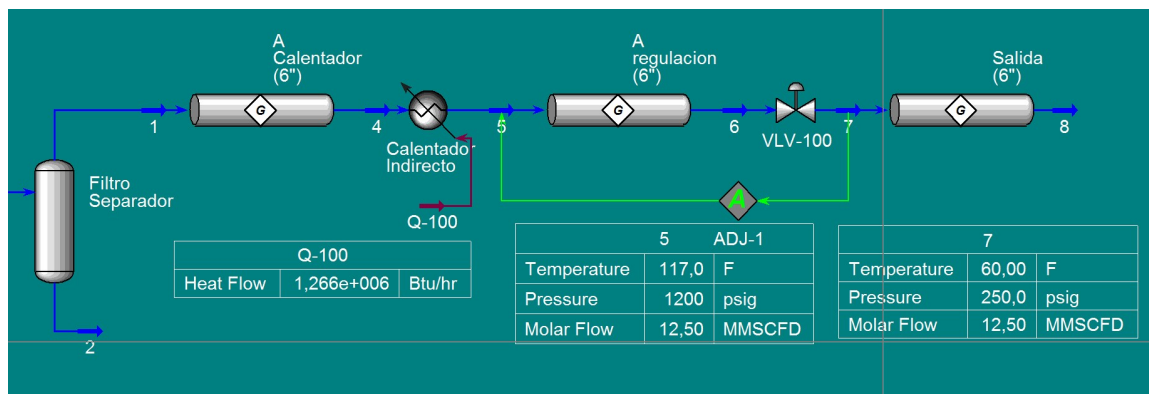
#### 4.4.2.5. Chimenea

Las chimeneas se construirán en acero al carbono, con una tolerancia para corrosión de 1/8". Su descarga estará a una altura mínima de 10 pies por encima de la cota superior del cuerpo del calentador.

#### 4.4.2.6. Cálculo de capacidad térmica de calentador

Para calcular la capacidad térmica requerida o el “Duty” del equipo, se utiliza la simulación en Hysys con las condiciones más críticas de entrada, es decir 1200 psig, 45 °F y 12,5 MMSCFD. En la simulación se incluye una función de ajuste para que automáticamente se calcule la temperatura de salida de gas del calentador requerida para que después de la expansión en la válvula de control de presión se obtenga una temperatura mínima de 60 °F. Así se obtiene el valor del Duty neto requerido. En la **Figura 21** se muestra la simulación realizada.

**Figura 21. Capacidad Térmica Requerida para Calentador**



Fuente: Simulación de Hysys 7.3

El valor obtenido de 1.266.000 BTU/Hora, corresponde al “duty” neto requerido, así que para calcular la capacidad bruta total se debe utilizar el factor de la eficiencia, que se definió previamente en el punto 4.4.2 como  $\eta=85\%$ .

$$Duty\ Bruto = \frac{Duty\ Neto}{\eta}$$

$$Duty\ Bruto = \frac{1.266.000\ BTU/Hora}{0,85}$$

$$Duty\ Bruto = 1.489.411\ BTU/Hora$$

$$Duty\ Bruto \approx 1.500.000\ BTU/Hora \approx 440\ kW$$

En el **ANEXO C**, se muestra la Hoja de Datos diligenciada para este equipo.

#### **4.4.3. Válvulas de Control**

En este diseño, se contemplan dos brazos de regulación, uno para operación y otro de Stand-by. Cada brazo deberá estar en capacidad de manejar el flujo completo de la estación. Esta distribución permite que el city-gate tenga una alta confiabilidad, ya que si por algún motivo se presenta alguna falla en uno de los brazos, el otro brazo estará en capacidad de entrar inmediatamente a operar sin tener mayores retrasos en la operación, como si lo implicaría una parada y cierre de la estación mientras se reemplaza la válvula de control con falla.

Se utilizará un software de proveedor para dimensionar el tamaño de la válvula, de acuerdo a los criterios especificados para el seleccionamiento de la válvula de control. Esta válvula será de tipo globo reciprocante con actuador neumático actuado con el mismo gas, con posicionador electro-neumático.

Se va a utilizar el software para dimensionamiento de Masoneilan "ValSpeQ".


En la **Figura 22** y **Figura 23** se muestra la Hoja de Cálculo y la curva de la válvula seleccionada respectivamente.

En el cálculo de la válvula se tiene en cuenta un caso adicional, aparte del de flujo mínimo, normal y máximo, en el que se toma como presión de entrada 1200 psig, y para el valor de temperatura 45 °F. Se calcula el flujo que permite el Trim de la válvula cuando está abierta completamente. En este caso, la válvula se seleccionó con un CV de 31, entonces se busca el flujo en un proceso de iteración hasta alcanzar la apertura del 100% y con este valor hallado se van a calcular las válvulas de alivio, tal como se indicó en los criterios de diseño del punto **4.1.3**.

El valor determinado fue de 43,619 MMSCFD.

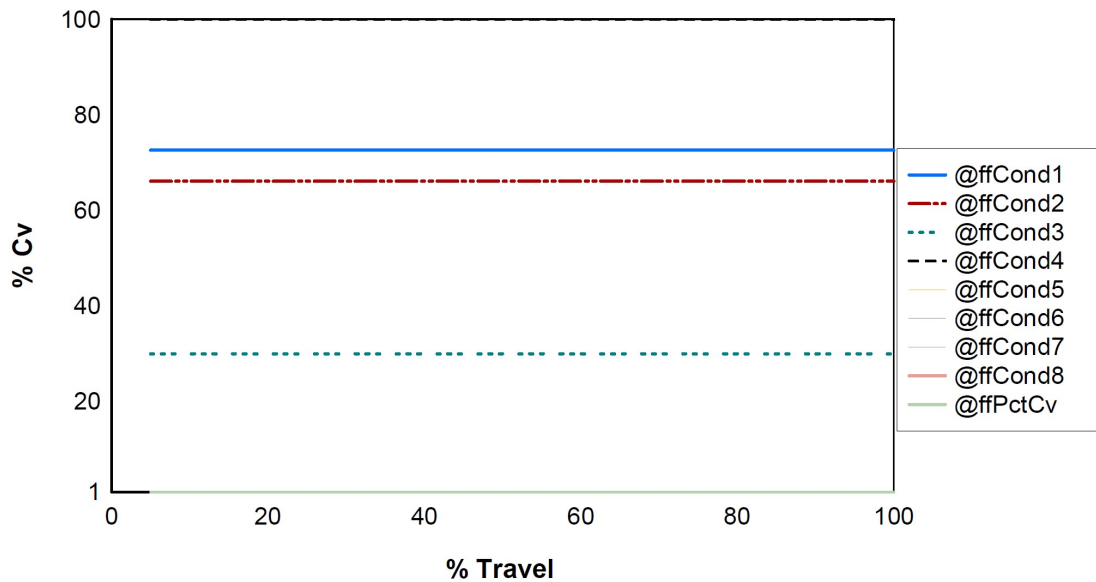
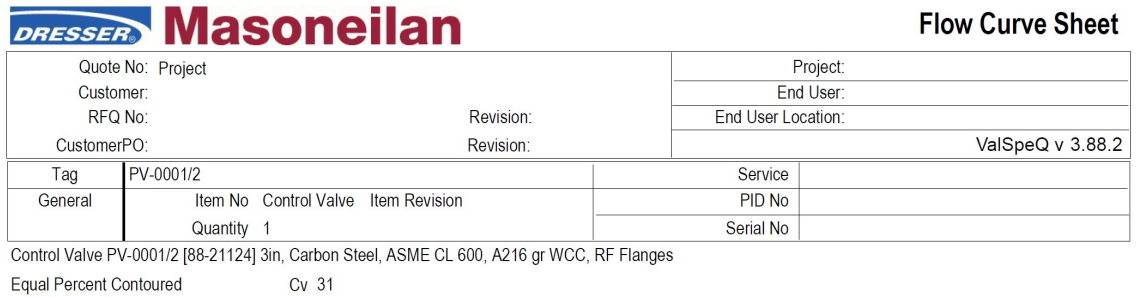
En el **ANEXO D**, se muestra la Hoja de Datos diligenciada para estas válvulas.

Figura 22. Hoja de Cálculo Válvula de Control

		Calculation Sheet				
Quote No: Project			Project:			
Customer:			End User:			
RFQ No:			Revision:			
CustomerPO:			Revision:			
			End User Location:			
			ValSpeQ v 3.88.2 Size v3.88.1			
Tag	PV-0001/2		Service			
General	Item No Control Valve	Item Revision	PID No			
	Quantity 1		Serial No			
Sizing Data	Size (In x Body x Out):		3 in ASME CL 600			
	Model No:		88-21124			
	Rated Cv:		31			
	Trim Type:		Equal Percent Contoured			
	Inlet Pipe Size / Sch / OD / Wall:	6 in / STD	/	6,625	/ 0,28	
	Outlet Pipe Size / Sch / OD / Wall:	6 in / STD	/	6,625	/ 0,28	
Fluid	Process Fluid / Design Press		- / 1440 psi g			
	Fluid State / Min / Max Design Temp:		Gas / 45/120 deg F			
Service Conditions	Sizing Conditions	Units	Min	Norm	Max	Other
	Flow Rate	MM scfd	5,68	11,36	12,5	43,619
	Inlet Pressure	psi g	320	529	1200	1200
	Outlet Pressure	psi g	250	250	250	250
	Pressure Drop	psi	70	279	950	950
	Temperature	deg F	70	100	120	45
	Z	psi a	0,9241	0,8635	0,8318	0,8318
	MW	MW	18,59	18,59	18,59	18,59
	k	k	1,383	1,498	1,589	1,588
	flowing cond.					
	required Cv.		22,51	20,5	9,28	30,99
	oversize req Cv.	Cv x 1	22,51	20,5	9,28	30,99
	sound level, IEC	dBA	80	94	95	111,6
	% lift		83,25	79,99	59,95	99,97
	% Cv		72,61	66,13	29,94	99,97
FL		0,91	0,91	0,92	0,9	
1/3 sonic diameter	in	1,178	1,628	1,682	3,036	
Sonic Diameter	in	0,6804	0,9401	0,9712	1,753	
Outlet Velocity	Mach# Valve Out	0,05016	0,09258	0,09697	0,3158	
Sizing Warning:						
Memo Pad Notes:						

Fuente: Reporte Hoja de Cálculo de software ValSpeQ

Figura 23. Curva de Flujo de Válvula de Control



Fuente: Reporte Curva de Flujo de software ValSpeQ

#### 4.4.4. Válvulas de Alivio

El dimensionamiento de las válvulas de alivio se realizará de acuerdo a la norma API 520 y API 526, para el caso de “Descarga Bloqueada”. Se instalará una válvula en cada uno de los brazos de regulación, las cuales deberán aliviar el flujo completo en caso de una contingencia en que la válvula de control falle completamente abierta, se tenga una presión de entrada de 1200 psig y una temperatura de 45 °F en la estación de regulación.

Para esto se utilizará el software de dimensionamiento de válvulas de alivio de Pentair “PVR<sup>2</sup>SIZE”. En la **Figura 24** se muestran los resultados de estos cálculos.

**Figura 24. Cálculo de Válvula de Alivio**

None Kra 57 # 159 - 11 Apto 508 <b>PENTAIR</b> Valves & Controls Colombia 3002190169 juanchow@hotmail.com					Pressure Relief Valve Sizing & Selection Report								
Quote Number:					No	Prpd.	Chk.	Appr.	Date	Revision			
Client: My Company					End-User Ref. No.:								
Location: Project: My Project					Project Ref. No.:								
<b>Valve ID</b>					<b>SIZING DATA</b>								
1	Tag No. PSV-01				41	Design Code ASME Section VIII				Sizing Std. API 520			
2	Service				42	Sizing Basis				Blocked Discharge			
3	PID No.				43	Fluid State at Inlet				Gas / Vapor			
4	Line No.				44	Relieving Case				Pressure Relief			
5	Quantity				45								
6	1				46	<b>Fluid Properties</b>							
<b>GENERAL</b>					47	Fluid Name				Natural Gas (SG=0.6)			
7	Valve Type				48	Molecular Weight, M				18,59			
8	Balanced Bellows, Direct Spring-Op				49	Compressibility, Z				0,94			
9	Safety / Relief				50	Ratio of Sp. Heats, k (Cp / Cv)				1,36			
10	Full Bonnet Vented				51	Gas Constant, C				352,5			
<b>CONNECTIONS</b>					52								
11	Inlet	4"	Fingd.	600# RF	53								
12	Outlet	6"	Fingd.	150# RF	54								
13	Standard ASME B16.5				55								
<b>MATERIALS OF CONSTRUCTION</b>					56								
14	Body / Base				57								
15	CS SA216-WCB/WCC				58								
16	Bonnet / Cylinder				59	<b>Sizing Coefficients</b>				Unit -			
17	CS SA216-WCB/WCC				60	Effective K, Gas				0,975			
18	Nozzle				61	Kb				1,0			
19	316 SST				62	Kc				1,0			
20	Disc				63								
21	316 SST				64	<b>Required Capacity</b>				Unit MMSCFD			
22	Seat				65	Total				43,619			
23	Metal				66								
24	316 SST				67	<b>Pressures</b>				Unit psig			
25	Spring				68	MAWP				Operating 285			
26	Chrome Steel - Corr. Rest.				69	Set				CDTP 285			
27	Gaskets				70	Over Pressure				28,5 10%			
28	316 SST				71	Back Pressure				Constant Superimposed 0			
29	Bellows				72	Variable Superimposed				5			
30	Inconel® 625				73	Built-Up				0			
31	Cap Type				74	Total				5			
32	Screwed				75	Inlet Loss				0 0%			
33	NACE MR0175 (2002)				76	Atmospheric (Barometric)				14,696 psia			
34					77	Relieving (Flowing)				328,196 psia			
35					78	<b>Temperatures</b>				Unit °F			
36					79	Operating				Relieving 70			
37					80	Design Min				Design Max 45 120			
38													
39	Estimated Reaction Force				647,58 daN								
40	Estimated Noise Level (db)				119,5 at 100-ft								
<b>Tag Notes</b>					<b>Valve Dimensions</b>					in			
										A		7,75	
										B		8,75	
										C		43,25	
										Weight		297	

Fuente: Software para cálculo de Válvulas de alivio PRV<sup>2</sup>SIZE

En el cálculo se obtiene una válvula de tamaño 4" 600# x 6" 150# con designación de orificio N. La válvula seleccionada es de tipo Balanceada con operación directa por resorte. La capacidad máxima de alivio de la válvula seleccionada es de 46,308 MMSCFD.

En el **ANEXO E**, se muestra la Hoja de Datos diligenciada para estas válvulas.

#### **4.4.5. Medidor de Flujo**

Para el medidor de flujo del City-gate se consideran 4 tecnologías de medición permitidas para transferencia de custodia por las normas AGA.

- Placa de Orificio
- Turbina
- Coriolis
- Ultrasónico

Las placas de orificio, son medidores que se han probado ampliamente en la industria, pero tienen una rangeabilidad menor en comparación con las otras tecnologías, lo cual no permite que se usen en mediciones en las cuales el valor del flujo presenta grandes variaciones ya que aumentan su incertidumbre. Adicionalmente, las placas de orificio tienen la precisión más baja con respecto a las otras tecnologías. Una ventaja clara es que son la opción más económica aprobada para transferencia de custodia.

Las turbinas son medidores que tienen una rangeabilidad típica de 1:20, sin embargo, presentan problemas cuando hay sobrevelocidades o cuando el flujo es intermitente. Al igual que las platinas y los medidores ultrasónicos, requieren unos perfiles de flujo turbulentos, lo cual se traduce en tramos de tubería recta aguas arriba y aguas abajo o accesorios para lograr el perfil de flujo deseado y obtener una buena medición.

El coriolis es un equipo con una muy buena rangeabilidad casi de 1:100, sin embargo, para la medición de gas presenta inconvenientes con las variaciones de densidad, ya que al ser un medidor másico requiere de la densidad para inferir la medición volumétrica.

El medidor de flujo ultrasónico es tal vez la mejor opción para la medición de gas, puede alcanzar una rangeabilidad de 1:100 bajo ciertas condiciones. Los equipos que cuentan con las mejores precisiones son demasiado costosos en comparación con las otras tecnologías.

Para este city-gate se va escoger un medidor tipo turbina ya que presenta un alto desempeño y es más económico que un medidor ultrasónico.

Los parámetros de diseño son 12,5 MMSCFD, 60 °F y 250 psig.

Para el seleccionamiento se va utilizar una tabla de proveedor de turbinas Daniel.

Se verifica que a 250 psig la turbina pueda manejar el caudal requerido y que la caída de presión sea aceptable.

$$Q = 12,5 \text{ MMSCFD} \times \frac{1.000 \text{ MSCF}/D}{1 \text{ MMSCF}/D} \times \frac{1 \text{ Dia}}{24 \text{ Horas}} = 520,8 \text{ MSCF}/H = 520.833 \text{ SCFH}$$

En la **Figura 25** se puede apreciar que no hay una fila para presión de 250 psig, así que se debe interpolar para hallar el flujo máximo a esta presión.

$$Q = Q_1 + \left[ \left( \frac{P - P_1}{P_2 - P_1} \right) (Q_2 - Q_1) \right]$$

$$Q = 524.798 \text{ SCFH} + \left[ \left( \frac{250 \text{ psig} - 200 \text{ psig}}{300 \text{ psig} - 200 \text{ psig}} \right) (769.198 \text{ SCFH} - 524.798 \text{ SCFH}) \right]$$

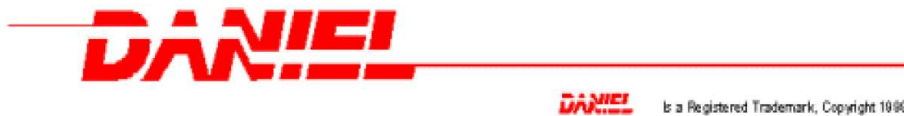
$$Q = 524.798 \text{ SCFH} + \left[ \left( \frac{50 \text{ psig}}{100 \text{ psig}} \right) (244.400 \text{ SCFH}) \right]$$

$$Q = 646.998 \text{ SCFH} = 15,53 \text{ MMSCFD}$$

Otra opción más sencilla es tomar la condición más crítica que correspondería a 200 psig y se verifica que el flujo máximo de la tabla sea superior a los 520.833 SCFH requeridos, que para este caso, corresponde a 524.798 SCFH.

En la tabla se dimensiona para un gas con una gravedad específica de 0,6, en este caso, el gas es de 0,64, lo cual implica una corrección en el valor de la tabla para la caída de presión. El delta de presión es inferior a 1 psi.

Figura 25. Tabla para Dimensionamiento de Medidor tipo Turbina



## 6" (150mm) Gas Turbine Meter

### PRESSURE/FLOW CHARACTERISTICS, 6" GAS TURBINE METER

ALL PRESSURES IN PSIG, FLOW RATES IN SCFH

All tables based on standard conditions: 14.73 psia and 60°F for 0.6 SG gas; supercompressibility not included.

Pressure		Maximum		Minimum		Turndown	Approx. Maximum Pressure Drop	
Psig	Bars	SCFH	Nm <sup>3</sup> /hr	SCFH	Nm <sup>3</sup> /hr		Ratio	IWC
0.00	1.02	36,000	1,019	2,291	64.9	16:1	1.5	3.7
0.25	1.03	36,611	1,037	2,310	65.4	16:1	1.5	3.7
1	1.08	38,444	1,089	2,367	67.0	16:1	1.6	3.9
10	1.71	60,440	1,711	2,968	84.0	20:1	2.5	6.1
25	2.74	97,100	2,750	3,762	106.5	26:1	4.0	9.9
50	4.46	158,200	4,480	4,802	136.0	33:1	6.5	16.1
75	6.19	219,299	6,210	5,654	160.1	39:1	8.9	22.3
100	7.91	280,399	7,940	6,393	181.0	44:1	11.4	28.5
125	9.64	341,499	9,670	7,055	199.8	48:1	13.9	34.7
200	14.81	524,798	14,861	8,746	247.7	60:1	21.4	53.3
300	21.71	769,198	21,781	10,589	299.8	73:1	31.4	78.1
400	28.60	1,013,597	28,702	12,155	344.2	83:1	41.3	103.0
500	35.50	1,257,996	35,622	13,542	383.5	93:1	51.3	127.8
600	42.40	1,502,395	42,543	14,799	419.1	102:1	61.3	152.6
700	49.29	1,746,794	49,464	15,947	451.9	109:1	71.2	177.4
800	56.19	1,991,193	56,384	17,037	482.4	117:1	81.2	202.3
900	63.08	2,235,593	63,305	18,052	511.2	124:1	91.2	227.1
1,000	69.98	2,479,992	70,226	19,013	538.4	130:1	101.1	251.9
1,100	76.88	2,724,391	77,146	19,928	564.3	137:1	111.1	276.7
1,200	83.77	2,968,790	84,067	20,803	589.1	143:1	121.1	301.6
1,300	90.67	3,213,189	90,987	21,642	612.8	148:1	131.0	326.4
1,400	97.57	3,457,589	97,908	22,450	635.7	154:1	141.0	351.2

The above table is based on standard conditions of 14.73 Psia and 60°F for 0.60 specific gravity gas. Supercompressibility not included.

Fuente: Daniel Standard Capacity Gas Turbine Meter Brochure

En el **ANEXO F**, se muestra la Hoja de Datos diligenciada para el medidor de flujo tipo turbina.

## 5. CONCLUSIONES

- Uno de los parámetros más determinantes para la realización del diseño de una estación de regulación y medición, es la definición del flujo de diseño. Este se deriva de la cantidad de viviendas, negocios, fábricas e industrias que se encuentran instaladas en municipio y su proyección hacia futuro. La determinación de este valor, es la que garantiza que el diseño del city-gate, no quede sobredimensionado y en el cual no se malgasten recursos al momento de la construcción, o, al contrario, que el diseño se quede corto y en poco tiempo se deba realizar nuevamente una inversión para su ampliación.
- A pesar de las ventajas que presenta el uso del gas natural, tanto para la industria como para el sector residencial y comercial, se debe tener muy claro que la cercanía de un municipio al Sistema Nacional de Gasoductos es un factor determinante para el desarrollo de este tipo de proyectos de interconexión. Si no se cuenta con una línea de transporte de gas a una corta distancia del punto de entrada del city-gate, es probable que los costos del trazado de tubería para el suministro de gas a la estación de regulación, sean demasiado elevados y no permitan el desarrollo del proyecto.
- La masificación del consumo de gas natural a nivel nacional por medio de la instalación de estaciones de regulación y medición, no siempre son viables económicamente, si presentan un beneficio significativo a las comunidades, así que deberían ser una de las políticas de estado para generar desarrollo al país.
- Para el diseño de este city-gate se definieron varios parámetros y características que no necesariamente se cumplen para todos los municipios colombianos de tercera categoría. Condiciones como las de

calidad del gas, temperatura, flujo, rosa de los vientos, etc., dependen del sitio en donde se proponga realizar la instalación de la estación de regulación, lo cual puede cambiar los diseños finales en cuanto a dimensionamiento de líneas, equipos e instrumentos.

- El tamaño de las válvulas de control (valores de CV) establecidos son los parámetros determinantes para los cabezales y venteos de la estación. Se debe ser muy cuidadoso en seleccionamiento de este equipo ya que si por ejemplo se selecciona una válvula de mayor tamaño para evitar accesorios de tubería, se podría estar incurriendo en un diseño aún más costoso debido a los requerimientos constructivos para el izaje de los venteos atmosféricos.
- Es indispensable tener un conocimiento adecuado de cada equipo involucrado en el diseño de la estación con la finalidad de realizar la mejor elección de tecnología en instrumentos y equipos. Las recomendaciones de los proveedores son casi siempre las más acertadas, pero no necesariamente las más económicas.

## 6. RECOMENDACIONES

- Siempre es recomendable al momento de diseñar cualquier equipo, instrumento, tramo de tubería, tener un factor de dimensionamiento adicional al requerimiento establecido. Esto permite tener un margen de operatividad del equipo en caso de cambios en los parámetros de operación. Esto sin exagerar, ya que se puede correr el riesgo de sobre dimensionar equipos y al contrario reducir sus eficiencias y obviamente incrementar los costos.
- Apoyarse con los diferentes proveedores de instrumentación para el dimensionamiento y selección de los equipos. Con esto se optimiza el tiempo del proyecto, enfocándose en las tareas más relevantes. Es importante mencionar que es importante conocer sobre la instrumentación para tener una base de criterio para la aceptación de la solución propuesta por el vendedor.
- Se debe diseñar la Estación de Regulación y Medición de tal forma que el nivel sonoro originado por el funcionamiento de la instalación no sobrepase los niveles máximos admitidos en las ordenanzas o reglamentos vigentes que sean de aplicación en el lugar donde esté ubicada la misma. O Escoger la localización del city-gate en un punto aislado de asentamientos de la comunidad.

## BIBLIOGRAFÍA

AGA Report No 3, Orifice Metering of Natural Gas Part 3: Natural Gas Applications (1992)

AGA Report No 7, Measurement of Natural gas by Turbine Meter (2006)

AGA Report No 9, Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters (2007)

AGA Report No 3, Measurement of Natural Gas by Coriolis Meter, Second Edition (2013)

API RP 14E, Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems, Fifth Edition (March 2007)

API RP 520 Part 1, Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries – Part 1, Sizing and Selection, Eighth Edition (December 2008)

API Std. 526, Flanged Steel Pressure-relief Valves, Sixth Edition (April 2009)

PEREZ, Martha Ilce y CADERON, Zuly. Orientaciones prácticas para la elaboración exitosa de trabajos de grado de ingeniería. División de Publicaciones UIS. Universidad Industrial de Santander. 2011. Bucaramanga 191p.

Resolución CREG-071 de 1999. Reglamento Único de Transporte.

NTC. Norma Técnica Colombiana NTC 3728. Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas.

NTC. Norma Técnica Colombiana NTC 3838. Gasoductos. Presiones de Operación Permisibles Para el Transporte, Distribución y Suministro de Gases Combustibles.

NTC. Norma Técnica Colombiana NTC 3949. Gasoductos. Estaciones de Regulación de Presión Para Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas Combustible.

KERN, Arnold & STEWART Maurice, Surface Production Operations. Gulf Publishing Company. Houston TX. 1989.

## ANEXOS

### ANEXO A. Tabla de Municipios de Tercer Categoría

Departamento	Municipio	Población 2005	Población 2020	Tasa de Crecimiento
Antioquia	Andes	41.591	47.747	0,009244633
Antioquia	Arboletes	30.738	45.710	0,026807521
Antioquia	Barbosa	42.453	53.946	0,016100638
Antioquia	Carepa	43.125	63.141	0,025743617
Antioquia	Carmen de Viboral	41.012	49.642	0,012812893
Antioquia	El Bagre	46.020	51.150	0,00707064
Antioquia	Girardota	42.581	60.617	0,023823842
Antioquia	Guarne	39.541	52.129	0,018596352
Antioquia	La Ceja	46.268	55.843	0,012618524
Antioquia	Marinilla	45.548	57.403	0,015541523
Antioquia	Necocli	47.989	70.824	0,026287998
Antioquia	Puerto Berrio	38.953	51.079	0,018232055
Antioquia	Sabaneta	44.443	55.220	0,014579779
Antioquia	Santa Rosa de Osos	31.025	37.864	0,013369075
Antioquia	Segovia	35.071	42.716	0,013233395
Antioquia	Sonson	38.779	33.598	-0,009515262
Antioquia	Taraza	32.943	48.926	0,026719407
Antioquia	Urrao	38.923	47.734	0,013696861
Antioquia	Yarumal	41.240	49.654	0,012454944
Atlántico	Galapa	31.985	48.812	0,028581439
Bolívar	María la Baja	45.395	49.774	0,006158271
Bolívar	Mompos	42.565	45.706	0,004757766
Bolívar	San Juan Nepomuceno	32.514	34.110	0,003199764
Boyacá	Puerto Boyacá	50.301	57.348	0,00877918
Caldas	Anserma	35.097	33.146	-0,003805648
Caldas	Riosucio	54.537	65.372	0,012154247
Caldas	Villamaría	46.324	61.880	0,019489953
Caqueta	San Vicente del Caguan	56.674	74.191	0,018117316
Cauca	Bolívar	43.978	44.864	0,00133063
Cauca	Cajibío	34.706	38.932	0,007689678
Cauca	Caldono	30.906	34.348	0,0070644
Cauca	Caloto	36.921	17.748	-0,047660647

Departamento	Municipio	Población 2005	Población 2020	Tasa de Crecimiento
Cauca	El Tambo	45.804	48.226	0,003441032
Cauca	La Vega	38.435	47.791	0,014630583
Cauca	Miranda	33.245	43.333	0,01782433
Cauca	Paez	31.800	36.977	0,010106045
Cauca	Piendamó	35.804	46.943	0,018222336
Cauca	Puerto Tejada	44.324	46.215	0,002789091
Cauca	Silvia	30.960	32.769	0,003792968
Cauca	Timbío	30.028	35.943	0,012059069
Cesar	Bosconica	30.885	40.315	0,017922242
Cesar	Chimichagua	30.993	30.192	-0,001744103
Cordoba	Ayapel	42.542	56.082	0,018592262
Cordoba	Chinú	43.274	50.743	0,010671316
Cordoba	Pueblo Nuevo	31.536	42.446	0,020004319
Cordoba	Puerto Libertador	35.186	55.622	0,030999481
Cordoba	San Bernardo del Viento	31.405	36.512	0,010095543
Cordoba	San Pelayo	39.260	45.816	0,010348323
Cordoba	Valencia	34.373	47.869	0,022325345
Cundinamarca	Cajicá	45.391	62.713	0,021784213
Cundinamarca	Guaduas	31.831	41.838	0,018391366
Cundinamarca	Sibaté	31.675	41.975	0,018947024
Cundinamarca	Villa de San Diego de Ubaté	36.433	39.728	0,005788775
Huila	Campoalegre	32.178	35.074	0,005761677
Magdalena	Aracataca	35.520	41.872	0,011028465
Magdalena	Ariguaní	31.047	32.758	0,003582737
Magdalena	Plato	49.195	62.904	0,016522868
Nariño	Barbacoas	30.270	42.193	0,022386718
Nariño	Samaniego	50.437	49.085	-0,001809797
Nariño	Tuquerres	41.380	40.038	-0,002195498
Norte de Santander	Abrego	34.492	39.805	0,009596764
Norte de Santander	Tibú	34.773	37.455	0,004965554
Quindío	La Tebaida	33.501	47.432	0,023452233
Quindío	Montenegro	39.871	41.990	0,003458116
Quindío	Quimbaya	34.060	35.352	0,002485169
Risaralda	La Virginia	31.266	32.406	0,002390342

Departamento	Municipio	Población 2005	Población 2020	Tasa de Crecimiento
Risaralda	Qinchía	33.323	34.075	0,001488849
Santander	Cimitarra	34.293	50.892	0,026667
Santander	Lebrija	30.980	42.895	0,02193126
Santander	Puerto Wilches	31.503	31.509	1,26961E-05
Santander	San Gil	43.519	46.152	0,003923856
Sucre	Sampués	36.481	38.631	0,003824862
Sucre	San Onofre	46.383	52.463	0,008245485
Sucre	San Luis de Sincé	30.648	35.374	0,009606494
Tolima	Chaparral	46.712	47.442	0,001034323
Tolima	Fresno	31.317	29.663	-0,003610839
Tolima	Guamo	34.781	31.089	-0,007453233
Tolima	Libano	42.269	39.459	-0,00457562
Tolima	Mariquita	32.933	33.348	0,000835189
Tolima	Melgar	32.774	37.523	0,009062051
Tolima	Ortega	33.873	32.078	-0,003623273
Valle del Cauca	Dagua	35.270	37.005	0,003206483
Valle del Cauca	Guacarí	31.785	35.947	0,00823715
Valle del Cauca	La Unión	31.800	41.020	0,017117756
Valle del Cauca	Pradera	48.845	58.724	0,012355471
Valle del Cauca	Roldanillo	34.710	31.842	-0,005732947
Valle del Cauca	Sevilla	47.940	43.746	-0,006084749
Valle del Cauca	Zarzal	40.968	47.534	0,009959534
Arauca	Saravena	42.766	48.968	0,009069119
Putumayo	Mocoa	35.755	46.616	0,017840861
Putumayo	Orito	43.654	59.283	0,020611385
Putumayo	Puerto Asis	55.759	63.953	0,009182544
Putumayo	Valle del Guamuez	44.959	54.819	0,013306817
Amazonas	Leticia	37.832	42.956	0,008504024
Guaviare	San Jose del Guaviare	53.994	70.019	0,017477217

## ANEXO B. Hoja de Datos Filtro Separador

HOJA DE DATOS FILTRO SEPARADOR																	
CITY-GATE MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA																	
EQUIPO	FILTRO SEPARADOR			TIPO	HORIZONTAL		TAG EQUIPO No	TFL-001									
PROYECTO	DISEÑO PARA UN CITY GATE DE UN MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA			CANTIDAD	1 (UNO)		LOCALIZACIÓN	MUNICIPIO COLOMBIANO TERCERA CATEGORÍA									
FABRICANTE				RFQ No.			PO No.										
P & ID No.				PLOT PLAN No.			PLANO REFERENCIA No.										
DATOS DE DISEÑO & OPERACIÓN					DATOS DE CONSTRUCCIÓN												
SERVICIO	SEPARACIÓN DE LIQUIDOS Y PARTICULAS (NOTA 1)			NOTA 1	pies		CÓDIGO	ASME Sect. VIII, Div. 1 ESTAMPE SI									
LONGITUD T/T	NOTA 1			pies	LONGITUD S/S	NOTA 1		pies	MATERIAL	SA-516 Gr.70 (Nota 1)	ESFUERZO PERMISIBLE	20000	psi				
VOLUMEN NOMINAL	NOTA 1			pies <sup>3</sup>	Gls	CABEZA DER.	ELIPSOIDAL		CABEZA IZQ.	APERTURA RÁPIDA (NOTA 1)							
<b>CONDICIONES DE DISEÑO</b>					<b>CONDICIONES DE CONSTRUCCIÓN</b>												
PRESIÓN INTERNA	1440			psig	TOLERANCIA CORROSIÓN	RECIPIENTE		1/8		pulg	BOQUILLAS	1/8	INTERNOS	1/8	SOPORTE	1/8	pulg
TEMPERATURA	130			°F	INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA	FULL		EFICIENCIA JUNTA		1,00							
<b>CONDICIONES DE OPERACIÓN</b>					<b>CONDICIONES DE CONSTRUCCIÓN</b>												
PRESIÓN INTERNA	Normal			750	psig	Max.	1200		psig	POSICIÓN RECIPIENTE	HORIZONTAL						
TEMPERATURA	70			°F	ALTURA DE SOPORTES (hs)	Nota 1		pies									
MÁXIMA CAÍDA DE PRESIÓN	4,0			psig	PRUEBA HIDROSTÁTICA	X		psig									
"MAWP" MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO PERMISIBLE	NOTA 1			psig	"PWH" TRATAMIENTO TÉRMICO	N.A.		°F									
"MDMT" MÍNIMA TEMPERATURA DE DISEÑO DEL MATERIAL	NOTA 1			°F	AISLAMIENTO TÉRMICO	N.A.		pulg									
FLUIDO CONTENIDO	GAS NATURAL			PESO MOLECULAR	18,59		Lb / Lb mol	A PRUEBA DE EXPLOSIÓN	X			Cajas de conexión					
VISCOSIDAD	0,01258			cP	GRAVEDAD ESPECÍFICA	0,6416		PESO VACÍO	Nota 3		kg	PESO OPERACIÓN	Nota 3		kg		
FLUJO MÁXIMO	12,50			MMSCFD	NORMAL	11,36		MMSCFD	PESO INTERNOS	Nota 3		kg	PESO LLENO AGUA	Nota 3		kg	
PRESIÓN DE VAPOR A MÁXIMA TEMPERATURA AMBIENTE	psig			SISTEMA TEV	SET @ 1404		psig	LOCALIZADO									
CONTAMINANTES DE PROCESO: ACEITE LUBRICANTE, CONDENSADOS, AGUA Y SÓLIDOS																	
COMPOSICIÓN DEL GAS (FRACCIÓN PROMEDIO)					MATERIALES												
COMPONENTE		FRACCIÓN MOLAR		COMPONENTE		FRACCIÓN MOLAR		CABEZA DERECHA	SA-516 Gr.70		ESPESOR	Nota 1		pulg			
METANO (C1)	87,3076		%	ISOPENTANO (IC5)	0,0546		%	CABEZA IZQUIERDA	SA-516 Gr.70		ESPESOR	Nota 1		pulg			
ETANO (C2)	7,1914		%	N-PENTANO (nC5)	0,0290		%	CUERPO	SA-106 Gr. B		ESPESOR	Nota 1		pulg			
PROPANO (C3)	2,5640		%	HEXANO (C6+)	0,0173		%	REFUERZOS	SA-516 Gr.70		Soldados al Recipiente						
ISOBUTANO (iC4)	0,3690		%	DIÓXIDO CARBONO	1,2377		%	BOQUILLAS TUBO	SA-106 Gr. B		BRIDA SA-105						
N-BUTANO (nC4)	0,3705		%	NITRÓGENO	0,8590		%	ESPÁRRAGOS	SA 193-B7		TUERCAS SA 194-4						
										EMPAQUES	SA-234 WPB		Por Fabricante				
										INTERNOS	Por Fabricante		Por Fabricante				
										ACCESORIOS	CARBON STEEL		SOPORTE SA - 36				
BOQUILLAS & CONEXIONES (Nota 2)					DIAGRAMA DEL RECIPIENTE												
Marca	Servicio			Cant.	Size	Rating	Facing										
N 1	RECIBO GAS			1	6"	600 #	RF										
N 2	SALIDA GAS			1	6"	600 #	RF										
C 1	VENTEO			1	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 2	INDICADOR DE PRESIÓN (P/PSH)			1	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 3	INDICADOR DE TEMPERATURA (TI)			1	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 4 A/B	SWITCH INDICADOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL (PDI/PDSH)			2	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 5 A/B	DRENAJE			2	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 6 A/B	INDICADOR DE NIVEL (LG)			2	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 7 A/B	INDICADOR DE NIVEL (LG)			2	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 8	SWITCH POR NIVEL ALTO (LSH)			1	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 9	SWITCH POR NIVEL ALTO (LSH)			1	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
C 10	CLEAN OUT			1	Notas: 1, 2	3000 #	NPT										
ACCESORIOS (NOTA 9)																	
ELEMENTO FILTRANTE				X	UN MICRÓN (NOTA 7)												
PLATAFORMAS/ ESCALERA				X	(NOTA 9)												
SKD (PATIN)				X	N.A.												
VÁLVULAS				X	DRENAJES, ALIVIO, etc.												
INSTRUMENTACIÓN (NOTA 9)																	
INDICADOR DE PRESIÓN (P/PSH)				X													
INDICADOR DE TEMPERATURA (TI)				X													
VÁLVULA DE ALIVIO TÉRMICO (TEV)				X													
SWITCH POR ALTA PRESIÓN (PSH)				X													
SWITCH INDICADOR PRESIÓN DIFERENCIAL (PDI/ PDSH)				X													
INDICADOR DE NIVEL (LG)				X	DOS INDICADORES DE NIVEL												
SWITCH POR NIVEL ALTO (LSH)				X	DOS												
Notas																	
1,	El diseño total y final del filtro estará a cargo de El Fabricante quien revisará la información suministrada y elaborará el diseño detallado																
2,	La orientación y localización de las boquillas serán definidas por El Fabricante de acuerdo a las Especificaciones dadas y a las condiciones de operación.																
3,	El Fabricante del filtro separador deberá suministrar el peso del recipiente vacío, lleno de agua y en operación.																
4,	La cabeza del filtro debe ser una tapa de apertura rápida (tipo quick open closure o equivalente).																
5,	El Fabricante definirá el tipo de material y seleccionará el tipo de cabeza para cierre rápido.																
6,	El Paquete será suministrado nuevo.																
7,	Se requiere remover el 98% de todas las partículas sólidas y gotas de líquido de un tamaño mayor o igual a un micrón.																
8,	El paquete debe incluir como mínimo la instrumentación y accesorios indicados en el P&ID																
9,	Tipo de válvula: Válvula de Bola, Brida, Clase 600, RF, Acabado Especial 125-250 AARH, Paso Total, Trunion, Cuerpo de dos o tres piezas, Cuerpo A-216 GRWCB, Bola A-105 CS ENP, Asiento PTFE, Gasket SS-304, Operación por llave, Construcción de acuerdo a API 6D Standard, Diseño según API 598, Prueba de Fuego API 607.																

## ANEXO C. Hoja de Datos Calentador Indirecto de Gas

HOJA DE DATOS CALENTADOR DE GAS INDIRECTO										
CITY-GATE MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA										
APLICABLE A:		PROPUESTA <input checked="" type="checkbox"/>	COMPRA <input type="checkbox"/>	CONSTRUCCIÓN <input type="checkbox"/>						
PROYECTO: DISEÑO PARA UN CITY GATE DE UN MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA				TAG: CGN-001		CANTIDAD: UNO (1)				
UBICACIÓN: MUNICIPIO COLOMBIANO TERCERA CATEGORÍA				P&ID:						
SERVICIO: CALEFACCIÓN DE GAS				TIPO: FUEGO INDIRECTO / BAÑO AGUA / TIRO NATURAL (NOTA 2)						
DATOS OPERATIVOS										
FLUIDO A CALENTAR		GAS NATURAL			CAPACIDAD TÉRMICA		BTU/hr / kW		1,5x10 <sup>6</sup> / 440	
CAUDAL DE DISEÑO		MMSCFD			12,5		TEMPERATURA DE SALIDA DE GAS, MÁXIMA		°F	125
DATOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN										
		UNIDADES	CUERPO	TUBO DE FUEGO	SERPENTÍN					
CÓDIGO		N.A	ASME SECCIÓN VIII DIV.1	API-12K	ASME B31.3					
TIPO		N.A	Cilíndrico	Tiro Natural	NOTA 1					
PRESIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA		Psig	ASME SECCIÓN VIII DIV.1	NOTA 1	ASME B31.3					
PRESIÓN DE DISEÑO		Psig	ATMOSFÉRICO	NOTA 1	1404					
PRESIÓN, MIN / MAX / OPERACIÓN		Psig	ATMOSFÉRICO	250 (NOTA 2, 8)	250 / 750 / 1200					
TEMPERATURA DE DISEÑO		°F	NOTA 1	NOTA 1	175					
TEMPERATURA DE ENTRADA GAS, MIN / NOR / MAX		°F	NOTA 1	60 / 70 (NOTA 2, 8)	45 / 70 / 120					
SOBRE ESPESOR POR CORROSIÓN		Pulg	1/8 (NOTA 7)	1/8 (NOTA 7)	1/8 (NOTA 7)					
RADIOGRAFIADO / EFICIENCIA DE JUNTAS		N.A	SPOT / 0.85	100% / 1.0	100% / 1.0					
MÁXIMA CAÍDA DE PRESIÓN		N.A	N.A	N.A	3%					
AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERNO		N.A	SI (NOTA 1,3)	N.A	N.A					
DATOS DIMENSIONALES (NOTA 1, 3)					DATOS DEL FLUIDO DE PROCESO					
CUERPO	Long =	Ø=	e=			PROPIEDAD		UNIDADES	MÁXIMO	
	Cabeza tipo:					Dióxido de carbono (CO2)		% mol	1,2377	
TUBO DE FUEGO		Ø=	e=			Nitrógeno (N2)		% mol	0,859	
						Metano (C1)		% mol	87,3076	
SERPENTÍN	Tipo:	Ø=	e=			Etano (C2)		% mol	7,1914	
						Propano (C3)		% mol	2,564	
CHIMENEA	Altura =	Ø=	e=			Isobutano (IC4)		% mol	0,369	
						N-butano (NC4)		% mol	0,3705	
						Isopentano (IC5)		% mol	0,0546	
						N-pentano (NC5)		% mol	0,029	
						Hexano (C6)+		% mol	0,0137	
ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES										
CUERPO (NOTA 3)	SAE A- 36	CABEZAS:	SAE A- 36							
TUBO FUEGO	SAE A- 106 Gr B	SERPENTÍN	SAE A-106 Gr.B							
CHIMENEA	SAE A- 106 Gr B	BRIDAS	SAE A-105							
TUERCAS	NOTA 1	COUPLING	NOTA 1							
ESPÁRRAGOS	NOTA 1	ESTRUCTURA	NOTA 5							
						GRAVEDAD ESPECÍFICA @ T		0,6416		
						MÁXIMO CONTENIDO DE AGUA		6 Lb H2O/ MMSCF		
LISTA DE CONEXIONES (NOTA 4)					NOTAS					
Ítem	CANT	Ø Nom	DESCRIPCIÓN	TIPO	RATING	1. El Diseño Final (Proceso y Mecánico) del Equipo estará a cargo del Fabricante o Proveedor, quien deberá entregar las Memorias de Cálculo y Planos de fabricación correspondientes. 2. El Sistema de Gas Combustible será alimentado con el mismo gas de la línea, por lo tanto contará con un sistema de combustión completo, compuesto por: filtro, válvula reguladora de presión con bloqueo incorporado, válvula termostática para alta temperatura del agua, válvula de seguridad por falta de llama en piloto, quemador tipo venturi y piloto de alta presión, encendido electrónico, scrubber y manómetro, BMS, suministrados por EL Proveedor. 3. El diseño, suministro e instalación del Aislamiento Térmico exterior, esta a cargo del Proveedor de los equipos. 4. La tubería prevista para la entrega del gas combustible es de 1". 5. El Calentador será una unidad montada sobre skid, con sus respectivas plataformas, barandas y escaleras. (en caso que sea necesario) 6. La eficiencia térmica mínima será del 85% con base al poder calorífico inferior del combustible. 7. En caso de utilizar acero inoxidable o aleaciones no ferrosas el sobre espesor de corrosión será $\geq 1/32"$ (0.8 mm.) 8. Condición de suministro del gas de combustión				
N1	1	6" (NOTA 1)	ENTRADA GAS	WN-RF	600 #					
N2	1	6" (NOTA 1)	SALIDA GAS	WN-RF	600 #					
N3	1	NOTA 1	CONEXIÓN DRENAJE	WN-RF	150 #					
N4	1	NOTAS 1,4	CONEXIÓN QUEMADOR	WN-RF	PROVEEDOR					
N5	1	NOTA 1	ENTRADA DE AGUA	WN-RF	150 #					
C1	1	NOTAS 1	CONTROL TEMPERATURA	COUP	3000 # NPT					
C2	1	NOTAS 1	CONEXIÓN ALARMA ALTA TEMP.	COUP	3000 # NPT					
C3	1	NOTAS 1	TERMÓMETRO	COUP	3000 # NPT					
C4	2	NOTAS 1	CONEXIÓN ALARMA NIVEL AGUA	COUP	3000 # NPT					
ESQUEMA (VISTA EN PLANTA)										

ANEXO D. Hoja de Datos Válvulas de Control

HOJA DE DATOS VÁLVULA DE CONTROL											
CITY-GATE MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA											
1.	Tag Nº:	PV-001/2		Fluid:	Natural Gas			Crit. Pressure:	998,3 psia		
	Service:	City-gate control pressure valve			P&ID:			Line Nº:			
2.	SERVICE CONDITIONS	Flow Rate	Units	Max. Flow	Norm. Flow	Min. Flow	Other	Shut-Off			
3.		Inlet Pressure	MMSCFD	12,5	11,36	5,68	43,619				
4.		Outlet Pressure	psig	1200	508	320	1200				
5.		Inlet Temperature	psig	250	250	250	250				
6.		Density	°F	125	100	70	45				
7.		Spec. Grav.	lb/ft <sup>3</sup>	4,319	1,941	1,187	4,319				
8.		Mol Wt		0,6416							
9.		Viscosity	cP	0,01444	0,01218	0,0115	0,01444				
10.		Spec. Heats Ratio		1,589	1,498	1,383	1,556				
11.		Vapor Pressure P <sub>v</sub>		N/A	N/A	N/A	N/A				
12.		Z Factor		0,8318	0,8635	0,9241	0,8318				
13.		*Required C <sub>v</sub>		9,28	20,5	22,51	30,99				
14.		*Travel	%	59,95	79,99	83,25	99,97				
15.		Allowable / *Predicted SPL	dBA								
16.		LINE	Pipe Line Size	In	6" SCH STD		53.	ACTUATOR			
17.	& Schedule		Out	6" SCH STD		54.					
18.	Pipe Line Insulation	N/A				55.	POSITIONER				
19.	*Type	Globe, Reciprocating				56.					
20.	Size	3"	ANSI Class	600#		57.					
21.	Max. Press. / Temp.	1200 psig / 125 °F				58.					
22.	*Mfr & Model					59.					
23.	*Body / Bonnet Matl.	A216 gr WCC				60.					
24.	*Liner Material / ID					61.					
25.	End	In	3" CL 600		62.						
26.	Connection	Out	3" CL 600		63.						
27.	Flg Face Finish	RF FLANGES				64.					
28.	End Ext. / Matl					65.					
29.	*Flow Direction	Flow to Open				66.					
30.	*Type of Bonnet	Standard				67.					
31.	Lub & Iso Valve	Lube				68.					
32.	*Packing Material	Braided PTFE/Carbon or aramid core				69.					
33.	*Packing Type					70.					
34.						71.					
35.	TRIM	*Type	Equal Percent Contoured				72.	SWITCHES			
36.		*Size					73.				
37.		*Characteristic	Equal Percent				74.				
38.		*Balanced / Unbalanced	Balanced				75.				
39.		*Rated C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	31	F <sub>L</sub>	X <sub>T</sub>	76.				
40.		*Plug / Ball / Disc Material	410 SS				77.				
41.		*Seat Material	410 SS				78.				
42.		*Cage / Guide Material	A276 type 440C				79.				
43.		*Stem Material	A564 gr 630 (1075)				80.				
44.							81.				
45.						82.					
46.	SPECIAL / ACCESSORIES	NEC Class:	I	Group:	B, C, D	Div.:	1, 2	TESTS			
47.		Note	1, 2, 3				84.				
48.							85.				
49.							86.				
50.											
51.											
52.											
*Information supplied by manufacturer unless already specified											
NOTES:											
1. Supplier shall confirm the valve sizing calculations to guarantee proper operation											
2. Vendor shall provide S.S tags, attached and marked, per this Data Sheet.											
3. Positioner shall be smart type and allow to perform autodiagnostic.											
4. Natural gas supply.											

## ANEXO E. Hoja de Datos Válvulas de Alivio

<b>HOJA DE DATOS VÁLVULA DE ALIVIO</b>				
<b>CITY-GATE MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA</b>				
<b>GENERAL</b>	Tag No.	<b>PSV-001</b>		<b>PSV-002</b>
	Service Description	Operational pressure regulator armoutlet pressure relief		Stand-by pressure regulator armoutlet pressure relief
	P&ID No.			
	Line or Vessel No.			
	Manufacturer			
	Model			
	Serial Number			
	Qty	1		1
<b>SERVICE</b>	Fluid	Natural Gas		Natural Gas
	Specific Gravity	0,6416		0,6416
	Viscosity cP	0,014		0,014
	Molecular Weight	18,59		18,59
	Design Pressure, Psig	N/A		N/A
	Process Max. Operating Pressure, Psig	285		285
	Normal Operating Pressure, Psig	250		250
	Design Temperature, °F	175		175
	Normal Temperature, °F	70		70
	Basis of Sizing	Blocked discharge		Blocked discharge
	Code Requirements	API 520, API 526		API 520, API 526
	Required Capacity	43,619 MMSCFD		43,619 MMSCFD
	Set Pressure, Psig	285		280
	Compressibility Factor, Z	0,94		0,94
	Latent Heat of Vaporization BTU/lb.	N/A		N/A
	Ratio of Specific Heats, Cp/Cv	1,36		1,36
% Allowable Overpressure	10%		10%	
Back Pressure psig	5		5	
Initial Calculated Area, Sq. Inch				
Barometric Pressure, Psia	14,7		14,7	
<b>VALVE</b>	Safety or Relief	Safety		Safety
	Type (Conv., Balan. Pilot)	Balanced Bellow s		Balanced Bellow s
	Body Material	Carbon Steel		Carbon Steel
	Nozzle Material	316 S.S.		316 S.S.
	Disc Material	316 S.S.		316 S.S.
	Bellow s Material	Inconel 625		Inconel 625
	Inlet Size / Rating / Type	4" / 600 / RF		4" / 600 / RF
	Outlet Size / Rating / Type	6" / 150 / RF		6" / 150 / RF
	Spring Material	Chrome Steel		Chrome Steel
	Bonnet Material	Carbon Steel		Carbon Steel
	Guide Material	SS		SS
	Ring Material	Mfr Std		Mfr Std
	Seat Material	Metal		Metal
	Valve Body Rating	600#		600#
	Soft Goods Material	TFE		TFE
	Orifice Designation	N		N
	Calculated Area, in2	4,088		4,158
	Orifice Area, in2	4,34		4,34
Cap/Material	Screw ed/SS		Screw ed/SS	
<b>ACCESSORIES</b>	Plain Lever	NO		NO
	Packed Lever	NO		NO
	Test Gag	NO		NO
	Pilot	NO		NO
	Back Flow Preventer	NO		NO
<b>NOTAS</b>	1. Valve shall have a permanently attached nameplate 304 S.S. stamped w ith the			
	- Identification TAG.			
	- Pressure			
	- Rating			
- Size				
- Set Pressure				
2. SELLER shall verify or confirm the proper valve sizing and selection.				
3. Valve shall have ASME Stamp				

**ANEXO F. Hoja de Datos Medidor de Flujo Tipo Turbina**

<b>HOJA DE DATOS MEDIDOR DE FLUJO TIPO TURBINA</b>				
<b>CITY-GATE MUNICIPIO INTERMEDIO COLOMBIANO DE TERCERA CATEGORÍA</b>				
<b>METER</b>	1	Tag Number		FE-001
	2	Service		Natural Gas
	3	Meter Location		
	4	Line Size		6"
	5	End Connections		6"-150# RF
	6	Body Rating		ANSI 150#
	7	Nominal Flow Range		36000 ACFH
	8	Accuracy		
	9	Linearity		Over stated range 1%
	10	K Factor, Cycles per Vol. Unit		
	11	Excitation		
	12	Materials: Body		Carbon Steel
	13	Materials: Support		By Mfr.
	14	Materials: Shaft		By Mfr.
	15	Materials: Flanges		Carbon Steel
	16	Materials: Rotor		By Mfr.
	17	Bearings: Type		By Mfr.
	18	Bearing Material		By Mfr.
	19	Max. Speed		By Mfr.
	20	Min. Output Voltage		
	21	Pickup Type		(2 Units) Magnetic
		Pickup coil		1500-1700 ohms inductance
22	Enclosure Class		NEMA 7, 4X	
<b>FLUID DATA</b>	23	Fluid		Natural Gas
	24	Flow Rate Min.	Flow Rate Max.	5,68 MMSCFD   12,5 MMSCFD
	25	Normal Flow		11,36 MMSCFD
	26	Operating Pressure		250 psig
	27	Back Pressure		250 psig
	28	Oper Temp.		60 °F
	29	Max Temp.	Min Temp .	120 °F   45 °F
	30	Operating Specific Gravity		0,6416
	31	Viscosity Range		0,0115 - 0,0144 cP
	32	Percent Solids & Type		N/A
	33			
<b>TRANSMITTER</b>	34	Tag Number		FQIT-001
	35	Preamplifier		YES (Universal)
	36	Display		NOTE 1
	37	Mounting		Integral
	38	Power Supply		8,5 - 30 VDC (Two Wire)
	39	Scale Range		MMSCFD
<b>OPTIONS</b>	40	Output Range		Pulse
	41	Enclosure Class		NEMA 7, 4X
	42	Compensation		NO
	43	Preset Counter		YES
	44	Strainer Size & Mesh		
	45	Flow Straightener		YES (Note 2)
	46			
	47	Manufacturer		
	48	Meter Model Number		
	49	Secondary Instr. Model Number		
<b>NOTES:</b>	1.-	Smart LCD display, 4-1/2 digits, configurable in engineering units (flow rate & totalizer)		
	2.-	Vendor shall provide "Profler conditioning flow plate" type as flow straightener MFR. Daniel. TAG: FR-001		

ANEXO G. Diagrama de Tubería e Instrumentación (P&ID)

