

**PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ESTACIONES DE RECIBO Y  
ENTREGA DE GAS NATURAL.**

**CESAR AUGUSTO CORTES LANCHEROS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE GAS  
BUCARAMANGA, SANTANDER**

**2005**

**PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ESTACIONES DE RECIBO Y  
ENTREGA DE GAS NATURAL.**

**CESAR AUGUSTO CORTES LANCHEROS**

**Monografía para optar el título de Especialista  
En Ingeniería de Gas.**

**DIRECTOR**

**ING. JULIO CESAR PEREZ**

**Profesor Especialización Ingeniería de Gas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE GAS  
BUCARAMANGA, SANTANDER**

**2005**

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>18</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
<b>1. ESTACIONES DE MEDICION Y REGULACIÓN</b>	<b>20</b>
1.1 GENERALIDADES	20
1.2 TIPOS DE ESTACIONES	22
1.3 ESTÁNDARES Y CÓDIGOS	28
1.4 LOCALIZACIÓN ESTACIONES	29
1.5 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA ESTACIÓN	30
1.5.1 Calidad del Gas Natural	30
1.5.2 Capacidad de Diseño	31
1.5.3 Especificaciones de equipo y Tuberías	32
1.5.4 Especificaciones eléctricas	33
1.6 INSTRUMENTACIÓN	33
1.7 INSPECCIÓN Y PRUEBAS	36
1.8 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO DE LA ESTACIÓN	36
<b>2. BASES DE DISEÑO DE LA ESTACIÓN</b>	<b>38</b>
2.1 BASES GENERALES	38
2.2 CRITERIOS DE DISEÑO	40

2.3	CODIGOS, NORMAS Y ESTANDARES	42
<b>3.</b>	<b>INGENIERIA BASICA Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS</b>	<b>43</b>
3.1	INGENIERIA DE TUBERIA	43
3.1.1	Generalidades	43
3.1.2	Dimensionamiento de la tubería	43
3.2	VÁLVULAS EN LAS ESTACIONES	48
3.2.1	Válvulas de bola	48
3.2.2	Válvulas de tapón	48
3.2.3	Válvulas de mariposa	49
3.2.4	Válvulas de compuerta	49
3.2.5	Válvulas de globo	50
3.3	SISTEMAS DE FILTRACION	50
3.3.1	Generalidades	50
3.3.2	Criterios básicos para la selección de filtros de gas	51
3.3.3	Tipos de filtro para gas natural	52
3.3.4	Datos básicos de diseño	52
3.3.5	Dimensionamiento de los filtros	54
3.3.6	Accesorios incluidos dentro del diseño del filtro	55
3.3.7	Inspecciones y Pruebas	55
3.4	SISTEMA DE CORTE AUTOMATICO POR ALTA Y BAJA PRESION	55
3.4.1	Generalidades	55
3.4.2	Criterios Básicos de Diseño	56
3.4.3	Datos básicos de diseño para válvulas de corte por alta y baja presión	57
3.4.4	Dimensionamiento de válvulas de corte	58
3.4.5	Inspección y Pruebas	60
3.4.6	Proveedores de válvulas de corte por alta presión	60
3.5	SISTEMA DE REGULACION DE PRESION	60
3.5.1	Generalidades	60

3.5.1.1	Reguladores cargados por resorte	61
3.5.1.2	Reguladores cargados por presión o por piloto	62
3.5.1.3	Válvulas de control	63
3.5.1.4	Válvulas reguladoras de flujo axial	64
3.5.2	Tipos de Regulación	66
3.5.2.1	Regulación en etapa sencilla	66
3.5.2.2	Regulación en doble etapa	67
3.5.2.3	Regulación monitora	67
3.5.2.4	Regulación en paralelo	69
3.5.2.5	Regulación por transferencia de mando (“override”)	69
3.5.3	Congelamiento en los Reguladores	69
3.5.4	Ruido en los Reguladores	70
3.5.5	Criterios básicos de diseño	71
3.5.6	Datos básicos de diseño reguladores de presión	71
3.5.7	Dimensionamiento de los reguladores	73
3.6	MEDIDORES DE GAS	74
3.6.1	Generalidades	74
3.6.1.1	Medidores de diafragma	75
3.6.1.2	Medidores rotatorios	76
3.6.1.3	Medidores de turbina	78
3.6.1.4	Medidores de orificio	79
3.6.1.5	Medidores Tipo Coriolis	80
3.6.2	Criterios básicos de diseños	81
3.6.3	Datos básicos de diseño de Medidores	82
3.6.4	Dimensionamiento de los medidores	83
3.6.5	Inspección y pruebas	84
3.7	SISTEMA DE RELEVO DE PRESIÓN	85
3.7.1	Generalidades	85
3.7.2	Criterios de diseño	86
3.7.3	Bases técnicas de diseño	86

3.7.4	Dimensionamiento de las válvulas de alivio	87
3.8	SISTEMA DE CALENTAMIENTO	90
3.8.1	Generalidades	90
3.8.2	Criterios Básicos de Diseño	91
3.8.3	Datos Básicos de Diseño	91
3.8.4	Dimensionamiento de los calentadores	92
3.9	SISTEMAS DE ODORIZACION	95
3.9.1	Generalidades	95
3.9.2	Criterios básicos para selección del odorizador	98
3.9.3	Datos básicos de diseño	99
3.9.4	Dimensionamiento sistema de odorización	100
3.10	SISTEMA DE PROTECCION	101
3.10.1	Generalidades	101
3.10.2	Conexión a tierra	101
3.10.3	Aislamiento con el sistema externo	102
3.10.4	Sistema de pararrayos	102
3.10.5	Sistema de alumbrado	103
3.10.6	Encerramiento de la estación	103
3.10.7	Sistema de contraincendio	103
3.10.8	Venteo de gases de relevo	103
<b>4.</b>	<b>TRAMPAS DE ENVÍO Y RECIBO DE RASPADORES</b>	<b>105</b>
4.1	GENERALIDADES	105
4.2	DIMENSIONAMIENTO	106
<b>5.</b>	<b>EJEMPLOS DE ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>109</b>
5.1	ESPECIFICACIONES TRAMPAS DE ENVÍO Y RECIBO DE RASPADORES	109
5.2	MONTAJE TRAMPAS DE ENVÍO Y RECIBO DE RASPADORES	117

5.3	ESPECIFICACIONES PARA CITY GATE	121
5.4	MONTAJE DE CITY GATES	137
5.5	ESPECIFICACIONES PARA VALVULAS DE SECCIONAMIENTO DE EMERGENCIA ESDV	141
<b>6.</b>	<b>PIPING CLASS</b>	<b>152</b>
6.1	EJEMPLO DE PIPING CLASS	152
6.1.1	Alcance	152
6.1.2	Clases de Tubería	153
6.1.3	Códigos Y Estándares Aplicables	153
6.1.4	Glosario	154
6.1.5	Piping Class	155
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>159</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>161</b>
	<b>ANEXOS</b>	
	<b>PLANOS</b>	

**TITULO:** PARÁMETROS DE DISEÑO PARA ESTACIONES DE RECIBO Y ENTREGA DE GAS NATURAL \*

**AUTOR:** ING. CESAR AUGUSTO CORTES LANCHEROS \*\*

## **PALABRAS CLAVES**

Estación de recibo  
Estación de entrega  
City Gate  
Regulación  
Medición

## **RESUMEN**

Éste es un documento guía que da parámetros de diseño, características técnicas y aspectos fundamentales de estaciones de recibo y entrega de gas Natural incluyendo estaciones de envío y recibo de raspadores.

Unifica criterios de diseño y selección de estaciones, y tiene como base diferentes tipos de literatura especializada del tema; así mismo, recopila información y datos adquiridos durante experiencias del autor y otras personas idóneas en Diseño de Estaciones de recibo y entrega de Gas Natural.

Se enfoca en los parámetros para que el diseño de Estaciones cumpla con las especificaciones necesarias, con las normativas Nacionales e Internacionales, con los requisitos mínimos de seguridad y facilidades para su futuro mantenimiento, garantizando de esta manera una óptima operación a lo largo de su vida útil.

En la monografía se muestran selección, dimensionamiento e ingeniería básica de tuberías, válvulas, sistemas de filtración, válvulas de corte por alta y baja presión, sistemas de regulación, medidores, calentadores, sistemas de odorización, sistemas de protección, y de estaciones de envío y recibo de raspadores. También se ilustran ejemplos de especificaciones para estaciones City Gate, Estaciones de raspadores, Válvulas ESDV y un Piping Class. Se anexan algunos Catálogos que permiten enfocar para la selección de los componentes, Data sheet de los elementos constitutivos, Ordenes de compra y planos de diferentes disposiciones de estaciones.

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Especialización en Ingeniería de Gas, Director: Ingeniero Julio César Pérez Angulo

**TITLE: PARAMETERS OF DESIGN FOR STATIONS OF RECEIPT AND DELIVERY DE NATURAL GAS**

**AUTHOR: ENGINEER CESAR AUGUSTO CORTES LANCHEROS**

**KEY WORDS**

Receipt station  
Delivery station  
City Gate  
Regulation  
Mensuration

**SUMMARY**

This is a guide document that gives design parameters, technical characteristics and fundamental aspects of receipt stations and delivery of Natural gas including shipment stations and receipt of pigs.

It unifies design approaches and selection of stations, and it has as base different types of specialized literature of the topic; likewise, it gathers information and acquired data during the author's experiences and other suitable people in Design of receipt Stations and delivery of Natural Gas.

It is focused in the parameters so that the design of Stations fulfills the necessary specifications, with the National and International normatives, with the minimum requirements of security and facilities for its future maintenance, guaranteeing by this way a good operation along its useful life.

The monograph shows selection, dimensioning and basic engineering of pipes, valves, filtration systems, court valves for high and low pressure, regulation systems, meters, heaters, odorization systems, protection systems, and of shipment stations and receipt of pigs. Examples of specifications are also illustrated for stations City Gate, Stations of pigs, Valves ESDV and a Piping Class. Some Data sheets are attached and they allow to focus for the selection of the components, Order of purchase and planes of different dispositions of stations.

\* Monograph

\*\* Physical and Quimics engineering Faculty. Gas Engineering Specialization, Director: Julio César Pérez Angulo, Engineer

## GLOSARIO

**Actuador.** Mecanismo que hace que una válvula se cierre o se abra.

**Cabezal.** Arreglo de tubería con una o varias entradas y una o varias salidas.

**Capacidad de diseño de la estación de regulación.** Máximo flujo de gas que una estación de regulación puede entregar operando a las condiciones de diseño.

**Capacidad de un regulador.** Máximo flujo de gas que pasa por un regulador a determinadas presiones de entrada y de salida.

**Capacidad en falla.** Flujo máximo de gas que puede pasar por el regulador cuando falla abierto.

**Cámara.** Recinto situado parcial o totalmente por debajo del nivel del suelo, destinado a alojar los equipos de una estación de regulación así como los elementos auxiliares.

**Caseta.** Recinto situado por encima del nivel del suelo, destinado a alojar los equipos de una estación de regulación así como los elementos auxiliares.

**Centro de medición.** Equipos y elementos requeridos para efectuar la regulación, control y medición del suministro del servicio de gas.

**Compañía Operadora.** Entidad que opera una línea de transporte o una red de distribución de gas.

**Condiciones de operación normales.** Condiciones en las cuales la operación no está afectada por situaciones de emergencia, casos de fuerza mayor o labores de mantenimiento programadas.

**Drenaje.** Sistema empleado para evacuar líquidos.

**Estación de entrega.** Estación que regula la presión de una línea a la de entrega pactada con el usuario.

**Estación de distrito.** Estación que regula la presión de entrega de una red principal y una red secundaria.

**Estación de recibo (city gate).** Estación que regula la presión entre una red primaria y una red secundaria.

**Estación subterránea.** Estación construida totalmente por debajo del nivel del suelo.

**Estación semi-subterránea.** Estación construida parcialmente por debajo del nivel del suelo.

**Estación superficial.** Estación construida totalmente por encima del nivel del suelo.

**Flujo remanente.** Flujo de gas que algún tipo de regulador permite pasar cuando está nominalmente cerrado.

**Gas inerte.** Gas no combustible.

**Gas o gases combustibles.** Gases de la segunda o tercera familia aptos para uso como combustible en aplicaciones de tipo doméstico, comercial o industrial, suministrados a los usuarios a través de uno o varios sistemas de tubería. Los tipos comunes de estos gases que se distribuyen comercialmente en la República de Colombia son el gas natural (GN), y los gases licuados del petróleo (GLP) en estado de vapor mediante vaporización natural o forzada, con o sin la mezcla de aire propelente. (Ver NTC 3527).

**Indicador de posición de la válvula.** Accesorio incorporado en una válvula reguladora para poder evidenciar el grado de apertura de la misma.

**Líneas de Acometidas.** Sistema de tubería para el suministro de gas a uno o varios usuarios desde las líneas primarias o secundarias hasta la válvula de corte individual de consumo, inclusive.

**Líneas de Transporte.** Sistemas de tuberías para el transporte de gas, comprendidos entre las fuentes de abastecimiento y la estación receptora (City Gates) o de los centros de distribución de los grandes consumidores (gran industrial). También comprenden los sistemas de tubería empleados para la interconexión de dos o más fuentes de abastecimiento o acopio; se excluyen las líneas de recolección entre los

diferentes pozos. Las líneas de transporte son regularmente operadas a alta presión.

**Líneas Primarias.** Sistemas de tubería destinados a la distribución de gas hacia sectores puntuales de consumo. Están comprendidos entre las salidas de la estación receptora y las entradas a las estaciones de reguladoras dispuestas en la red de distribución. Por lo general se componen de tuberías metálicas operadoras de alta presión.

**Líneas Secundarias.** Sistemas de tubería que se derivan de las líneas primarias desde las salidas de las estaciones reguladoras de distrito y se extiende hacia la línea de acometida de todos los usuarios en un sector determinado de la red de distribución. Por lo general se componen de tuberías de materiales plásticos especiales, operadas a media presión.

**Mecanismo de cierre rápido.** Dispositivo que se instala para cerrar automáticamente el flujo de gas en el evento que se presente una situación de operación anormal.

**Presión de bloqueo.** Presión a la salida del regulador, bajo condiciones de no flujo. Es equivalente a la presión de salida preestablecida del regulador, más un diferencial intrínseco del mismo, requerido para efectuar el cierre total del regulador.

**Raspador.** Es un conjunto de anillos (copas o copelas) elásticos montados sobre un núcleo que se ajustan al diámetro interior de la tubería.

**Regulador de presión.** Dispositivo que se ajustan para entregar gas a una presión uniforme dentro de una tolerancia determinada.

**Reguladores falla abierto.** Dispositivo que en caso de falla permite el flujo total de gas.

**Regulación monitor/trabajador.** Conjunto de dos reguladores en serie cuyos valores de presión permiten que un regulador (trabajador) controle normalmente la presión de salida y el otro (monitor) asuma el control en el caso de falla del regulador trabajador.

**Regulador de flujo.** Regulador que mantiene una tasa prefijada constante de flujo sin importar la presión de salida.

**Tren de regulación.** Conjunto de reguladores, tuberías y dispositivos que garantizan una presión de salida de la estación.

**Unión mecánica.** Empalme entre dos tuberías mediante accesorios o elementos que proporcionan hermeticidad sin que haya continuidad entre los materiales de las tuberías a diferencia de las uniones soldadas. Las uniones mecánicas pueden ser desmontables o no y son de diversos tipos: Abocinado, roscado, de anillo de ajuste y acoples por compresión entre otros.

**Válvula cheque.** Válvula diseñada para permitir el flujo de una sola dirección y para cerrarse automáticamente y prevenir así el contra flujo.

**Válvula de alivio.** Dispositivo que permite evacuar gas para evitar un exceso de presión.

**Válvula de seccionamiento.** Válvula que se utiliza para aislar uno o varios tramos de la red de distribución.

**Venteo.** Dispositivo que permite el flujo de gas desde la cámara atmosférica del diafragma de un regulador hasta la atmósfera en el evento de una ruptura del diafragma.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos principales antes de que el gas llegue a los consumidores finales es el de regulación de presión con la cual se logran disminuir las altas presiones que se manejan en las líneas de transporte o distribución, hasta las bajas presiones a las que trabajan los equipos industriales y gasodomésticos. Esta primera etapa de regulación de presión se consigue en las estaciones reguladoras para posteriormente conseguir las presiones de trabajo de los equipos utilizando reguladores más sencillos.

La base más importante para la futura operación de cualquier tipo de mecanismo, sistema, instalación, etc., es el diseño, el cual debe cumplir con las especificaciones necesarias, con las normativas Nacionales e Internacionales, con los requisitos mínimos de seguridad y facilidades para su futuro mantenimiento, garantizando de esta manera una óptima operación a lo largo de su vida útil.

Un diseño por fuera de estas especificaciones puede generar problemas operacionales durante su normal funcionamiento, incurriendo en pérdidas de eficiencia, pérdidas económicas, tragedias, daños ambientales y materiales.

Este documento guía, dará parámetros de diseño, características técnicas y aspectos fundamentales de estaciones de recibo y entrega de gas Natural incluyendo estaciones de envío y recibo de raspadores.

La monografía se desarrolla en seis capítulos, en el primer capítulo denominado estaciones de medición y regulación se presentan las generalidades de las estaciones y algunos conceptos básicos de diseño. El capítulo dos denominado bases de diseño de la estación muestra unas bases generales y los criterios de diseño que se emplearán a lo largo de la monografía. En el tercer capítulo llamado ingeniería básica y de dimensionamiento se muestran los conceptos y aplicación de los criterios de diseño para la selección de cada uno de los componentes de las estaciones en general. El cuarto capítulo habla de las estaciones de envío y recibo de trampas de raspadores, que hacen parte de las estaciones y cumplen un papel importante durante el arranque y el mantenimiento de las estaciones. Los capítulos cinco y seis muestran algunos ejemplos de especificaciones de construcción y piping class respectivamente que servirán a los lectores de orientación a la hora de la ejecución de proyectos que involucren el uso de estaciones de recibo y entrega de Gas natural.

## **JUSTIFICACIÓN**

A menudo nos vemos en la difícil situación de no encontrar de manera clara y organizada información que sirva de guía para el diseño de estaciones de Gas natural.

Esto hace necesario crear un documento que Unifique criterios de diseño y selección de estaciones, que tenga como base diferentes tipos de literatura especializada del tema, y así mismo, recopile información y datos adquiridos durante experiencias del autor y otras personas idóneas en Diseño de Estaciones de recibo y entrega de Gas Natural.

Con la Información adquirida se hace este documento guía, que muestra de forma metodológica y secuencial todo el desarrollo, elementos constitutivos, herramientas de selección, etc., necesarios para construir estaciones diseñadas teniendo en cuenta los parámetros de normalización, seguridad y operación adecuados.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un Documento guía de consulta que sirva como base para futuros diseños y selecciones de los diferentes componentes de Estaciones de recibo y entrega de Gas Natural.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características de las estaciones de recibo y entrega.
- Detallar cada uno de los componentes utilizados en las estaciones.
- Exponer los parámetros más importantes para la selección de los componentes de las estaciones.
- Elaborar especificaciones técnicas para las estaciones, incluidas estaciones de raspadores y válvulas ESDV.

- Elaborar Hojas de Datos (Data Sheets) para los componentes de las estaciones.
- Mostrar planos y modelos para las estaciones.
- Anexar algunos catálogos para selección que se encuentran en el mercado.

## **1. ESTACIONES DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN**

El objetivo de las estaciones de medición y regulación es proporcionar control automático de presión, con el fin de proteger los equipos que se encuentran aguas abajo de ellas, los cuales son diseñados para una menor presión de operación.

### **1.1 GENERALIDADES**

Cada estación de entrega desarrolla las siguientes operaciones de proceso a saber:

- Filtración
- Calentamiento del gas, sólo para mantener la temperatura del gas en un rango de 60 °F a 80 °F después de la reducción de presión.
- Reducción de presión.
- Medición del gas.
- Odorización, cuando el consumidor es el sector residencial.

El diseño de la estación de entrega debe garantizar una operación confiable, segura y económica en los procesos de regulación y medición del gas natural.

El control automático asegura que el flujo de gas se corte tan rápido cuando la presión aguas abajo comience a exceder cierto valor de presión prefijada.

Aunque el principal objetivo de la estación es el de regular la presión, también tiene otras funciones. Con el fin de controlar el sistema de suministro, es esencial que la información acerca del volumen que fluye en la línea y la presión en la línea se recolecten en un punto central. La estación mide cuánto gas se suministra en ese punto y a qué presión.

En algunos casos especiales los elementos vitales de la estación se duplican, de tal forma que ésta continúa operando, en el evento de falla o cuando se requieren mantenimientos o reparaciones.

Por otra parte, la odorización es necesaria cuando el gas que sale de la estación se va a suministrar a redes que servirán para atender el consumo residencial. Esto se hace con el fin de detectar oportunamente cualquier escape de gas (mediante el olor nauseabundo que desprenden las sustancias odorizantes) antes de que el gas llegue a alcanzar el límite inferior de inflamabilidad y se tenga una mezcla explosiva.

Las estaciones de medición y regulación pueden ser con o sin control de custodia. En el último caso, la información se usa para controlar el flujo de gas en un sistema en que no hay de por medio transacciones de dinero. En algunas ocasiones el sistema de medición no se implementa y solamente el control de presión (seguridad) es el que se tiene en cuenta y se instala. En otros casos se acentúa el cuidado en la medición, por ejemplo, para determinar el consumo de diferentes equipos en una fábrica.

En los casos en que ocurren transacciones financieras, la demanda en la calidad de la medición es generalmente mayor cuando el gas pasa de las manos de un transportador a las del otro, generalmente no se instala regulación de presión. Lo mismo sucede cuando hay exportación de gas natural de un país a otro, en los cuales en las estaciones de frontera se miden grandes volúmenes de gas. En estas situaciones, se le presta una atención especial al alto nivel de precisión del equipo de medición. Cuando hay transferencia de custodia, el equipo de medición se calibra periódicamente en presencia de las partes.

## **1.2 TIPOS DE ESTACIONES**

Existen en general, tres tipos de estaciones: las de recepción (puerta de ciudad o "City Gate"), las denominadas de distrito y las industriales.

Las primeras (de recepción o "City Gate") se diseñan e instalan para recibir gas natural proveniente generalmente de un gasoducto de alta presión, con destino a una ciudad o a una población. Estas estaciones, dependiendo del tamaño del consumo, disminuyen o reducen la presión desde valores tan altos como 1200 psia, hasta niveles del orden de 250 psia, para los casos de ciudades grandes, en las cuales el gas se comienza a distribuir a través de troncales de acero.

Las estaciones de distrito se encargan de entregar el gas a una red de distribución que, en Colombia, generalmente opera a 60 psia. Estas estaciones pueden recibir el gas, bien sea directamente del gasoducto troncal (para el caso de pequeñas poblaciones) o de estaciones de recepción, en cuyo caso reciben el gas a aproximadamente 250 psia.

Las estaciones industriales sirven para suministrar el gas a los clientes con mayores consumos, generalmente industrias o plantas termoeléctricas. Estas estaciones industriales pueden recibir el gas directamente del gasoducto troncal o de una línea de acero que atraviesa la ciudad y que opera a una presión media, de alrededor de 250 psia. En algunas ocasiones también pueden recibir el gas de la red de distribución que opera a 60 psia.

El diseño de la estación tiene que ver principalmente con la seguridad. Por lo tanto, se debe limitar la presión aguas abajo de la estación a un valor tal que todos los equipos instalados operen dentro de sus límites de seguridad. En consecuencia, varios dispositivos auxiliares de seguridad se instalan normalmente como una protección extra.

El regulador normalmente tiene un asiento suave para prevenir el pase de gas hacia el lado aguas abajo, en caso de que no haya consumo de gas. El cierre hermético del regulador de gas determina la máxima presión que se alcanza en estas condiciones. Como una segunda línea de defensa de la seguridad está, en primer lugar, la válvula de alivio. Si la presión se eleva por encima de cierto nivel, el gas se alivia a la atmósfera. Una pequeña válvula de alivio se instala frecuentemente para que sirva de prevención contra la situación en la cual la válvula reguladora no cierra completamente y ocurre algún pase. Sin embargo, la presión de cierre podría llegar a ser demasiado alta y la válvula de alivio sólo descarga una pequeña cantidad de gas. Si también se desea tener protección contra una falla en que el regulador llegue a quedar completamente abierto, se puede escoger una válvula de seguridad de tal forma que (si el regulador queda abierto y no hay consumo de gas) la presión aguas abajo sea suficientemente baja para proteger el equipo. Esta válvula se denomina como válvula de alivio de flujo total; también se le llama válvula de seguridad.

- **Operación Normal de Estaciones**

El diagrama muestra una estación de reducción de dos (2) corrientes, con un medidor y una línea de "by-pass".

La primera parte es la sección de filtración y reducción y la parte de la inferior es la sección de medición con "by-pass". Cada corriente de reducción tiene una capacidad de 100%. Una corriente está en servicio y la otra se encuentra disponible (en "stand by").

En algunas ocasiones se le instalan dos sistemas idénticos de medición, uno en servicio con el 100% de la capacidad y el otro disponible.

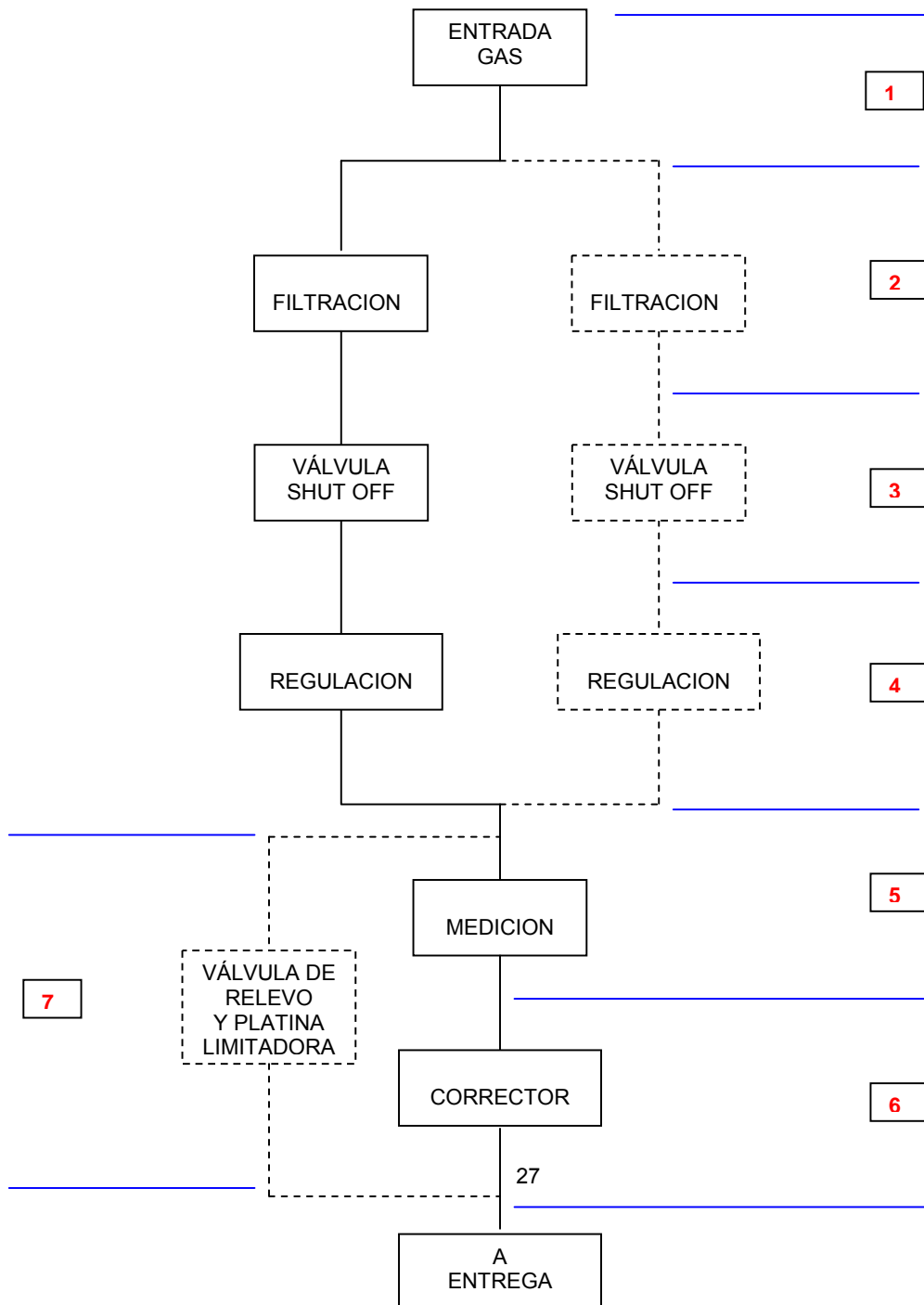
Pueden darse casos en que los sistemas de medición se diseñan para el 50% de la capacidad de la estación. En tales situaciones se requieren tres sistemas de medición, con el tercero manteniéndose en "stand by". Este sistema de medición de reserva permite que uno cualquiera de los otros dos sistemas se saque de servicio, bien sea por daño o por razones de mantenimiento, en cuyo caso entra a operar el llamado medidor "by-pass", el cual tiene una dotación completa, incluida la corrección electrónica de volumen.

A continuación se describe el sistema y operación de una estación típica de entrega (Ver Figura 1):

1. El gas natural procedente del sistema troncal de transporte a una presión determinada, es recibido en la estación de regulación y medición para ser entregado o realizar cambio de custodia.
2. La válvula del bloqueo de entrada permite el flujo de gas hacia la unidad de filtración donde se remueven los sólidos como polvos, grasas, etc., contenidos en el gas. El filtro dispone de un drenaje para desalojar los posibles líquidos acumulados y facilitar la limpieza del mismo. En condiciones normales de operación la caída de presión a través del filtro debe ser inferior a 3 psia, en caso de exceder este valor se procede al cambio inmediato del elemento filtrante para lo cual el filtro se ha diseñado con tapa superior de apertura rápida y un nuevo elemento filtrante es instalado. Para proceder a su cambio se aísla el filtro bloqueando las válvulas y poniendo en servicio el filtro auxiliar. Este filtro continúa en operación hasta que las condiciones operacionales obliguen a su limpieza. El filtro que se somete a limpieza se despresuriza abriendo la válvula de drenaje, una vez el sistema muestra que no hay presión interna se abre la tapa superior del filtro y se retira el elemento filtrante. El nuevo elemento se debe posicionar y ajustar de tal forma que garantice un sellamiento apropiado, evitando el flujo de gas por fuera del elemento filtrante.
3. El gas libre de polvos, sólidos antes de entrar a la etapa de regulación de presión, como protección el sistema dispone de una válvula de corte de flujo (on - off). Esta válvula recibe señal de la presión aguas abajo y aguas arriba del equipo de regulación con el fin de proteger los equipos por exceso de presión ocasionado por daños o incorrecta operación del regulador de presión.

4. La reducción de presión se realiza automáticamente mediante un sistema de regulación; con un arreglo en paralelo como sistema auxiliar se garantiza que siempre este en servicio la estación.
  
5. La medición del gas se efectúa con un medidor. Éste dispone usualmente de un odómetro que indica localmente el flujo instantáneo y acumulado de gas a las condiciones de operación.
  
6. La señal generada del medidor se corrige por la presión, temperatura y factor de compresibilidad en corrector de flujo, de acuerdo con la señales localizadas en el cuerpo del medidor, esta corrección se hace a condiciones estándar 60 °F y 14.7 psia. Los resultados de la medición se obtienen directamente del corrector de flujo, el cual posee facilidades de almacenamiento de información, para registros históricos de caudal, presión y temperatura.
  
7. El sistema de medición posee una línea de by-pass la cual tiene una válvula de relevo como protección. De igual manera en algunos casos se dispone de una platina de orificio como elemento limitante de flujo es instalada en esta línea de by-pass, con el objeto de controlar el flujo cuando el medidor se encuentre fuera de servicio.

Figura1. Diagrama operación normal Estación de entrega



### **1.3 ESTÁNDARES Y CÓDIGOS**

Es importante hacer énfasis en que el diseño de estaciones esta regido en Colombia por la Norma Técnica Colombiana NTC 3949 “GASODUCTOS. ESTACIONES DE REGULACIÓN DE PRESIÓN PARA LÍNEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS COMBUSTIBLE”. Esta norma establece los parámetros para el diseño, construcción, ensayo, operación y mantenimiento de las estaciones de regulación para presiones de entrada hasta 99,5 bar (1 440 psia) y presiones de salida superiores a 345 mbar (5 psia).

El diseño, ingeniería y construcción de las estaciones de gas deben tener en cuenta los códigos, normas y estándares Internacionales a saber:

- Filtros y odorizador
  - ASME Sección VIII División 1
  
- Calentadores
  - ASME
  - API Std 600 Intercambiadores de calor en servicio de hidrocarburos
  - API RP – 573 Inspección de calentadores
  
- Tubería, válvulas y accesorios
  - ANSI B 31.3 Tubería para la industria del petróleo

- ANSI B 31.8 Transmisión y distribución de gas
- ANSI B 16.5 Accesorios y tuberías bridadas
- API 6D Válvulas, uniones y otros accesorios
- API RP 520 Normas para el diseño e instalación del sistema de relevo de presión
- Eléctricas
  - NEC Código eléctrico
- Medidores de gas
  - API Manual de medición de gas
  - AGA Normas de la AGA para medidores
- Instrumentación
  - ISA Normas de la Asociación Americana de Instrumentación
  - API RP-550

#### **1.4. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES**

El estudio aplica para instalar estaciones de entrega de gas en cualquier punto de la geografía Colombiana por donde exista red de gasoductos troncales, extensiva a derivaciones de ramales secundarias de transporte de gas.

Teniendo en cuenta la diferencia de condiciones de temperatura y presión ambientales que se presentan en las áreas potenciales a instalar estaciones de entrega de gas, es importante analizar el uso de calentadores de gas que garanticen temperaturas por encima de 60 °F después de la regulación de presión.

De otra parte, el uso de odorizante sólo es tenido en cuenta cuando el gas es entregado a un distribuidor urbano. Las anteriores consideraciones de localización obligan a que el diseño y construcción de la estación facilite la eliminación de estos equipos cuando no se requieran.

El diseño de la estación debe considerar la disponibilidad de energía eléctrica en el área de instalación o en su defecto el uso de baterías para suministro energía.

Como aspectos importantes a tener en cuenta con el fin de tomar las previsiones pertinentes para garantizar la seguridad y la operabilidad de la estación están:

- a) Accesibilidad a la estación.
- b) Características del terreno para minimizar los riesgos naturales.
- c) El tráfico vehicular.
- d) Separación a redes eléctricas y otras líneas de servicio.

Debe evaluarse según el criterio del diseñador y los requerimientos del proceso, la distancia mínima a otro tipo de construcciones e instalaciones.

Todos los aspectos a tener en cuenta están incluidos en la Sección 4 de la Norma Técnica Colombiana NTC 3949.

## **1.5 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA ESTACIÓN**

### **1.5.1 Calidad del gas natural**

El esquema operativo de la red de gasoductos establece que un productor de gas puede acceder al sistema siempre y cuando el gas natural cumpla con una norma de calidad, la cual establece unas especificaciones mínimas que garanticen la operación rentable, segura y eficiente de los gasoductos y las partes que lo conforman, incluidas las estaciones de entrega.

Independiente de la calidad del gas en los diferentes yacimientos en Colombia se ha establecido unas especificaciones lo que determina el grado de inversiones que en tratamiento y procesamiento debe realizar el productor para cumplir dicha especificación, de otra parte asegura una calidad estable al consumidor final del gas.

En la tabla 1 se muestra la norma de calidad del gas natural para transporte incluido en el RUT (Según RUT - Resolución - 1999 – CREG 071-99.).

**Tabla 1. Norma de calidad de gas para transporte**

Variable	Sist. Internacional	Sist. Ingles
Poder Calorífico, bruto, min.	35.4 M J / m <sup>3</sup>	950 Btu / pie <sup>3</sup>
Poder Calorífico, bruto, máx.	42.8 M J / m <sup>3</sup>	1150 Btu / pie <sup>3</sup>
Contenido hidrocarburo liquido	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido H <sub>2</sub> S, máx.	6 m gr / m <sup>3</sup>	0.25 grano / 100 pie <sup>3</sup>
Contenido total de Azufre, máx.	23 m gr / m <sup>3</sup>	1 grano / 100 pie <sup>3</sup>
Contenido de CO <sub>2</sub> , máx., % Vol.	4%	4%
Contenido de N <sub>2</sub> , máx., % Vol.	3%	3%
Contenido de inertes, máx., % Vol.	5%	5%
Contenido de oxígeno, máx., % Vol.	1%	1%
Contenido de agua, máx.	97 m gr / m <sup>3</sup>	6.0 lb / MPCS
Temperatura, máx.	49° C	120° F
Temperatura, min.	4.5° C	40° F
Libre de Gomas, polvos y material de suspensión		

### **1.5.2 Capacidad de diseño**

Toda estación de entrega en su diseño define las condiciones de presión, temperatura y capacidad volumétrica, por lo tanto, dentro del rango de estas variables toda estación debe operar dentro de los márgenes de error permitidos y bajo condiciones de seguridad y eficiencia.

Es importante tener en cuenta este requerimiento técnico pues las características propias de la demanda del gas hacen que las condiciones de presión y flujo volumétrico cambien en forma permanente lo que obligan a que la estación de entrega responda eficientemente a dichos cambios en especial a los consumos pico. De igual manera toda estación de entrega debe prever incrementos de capacidad en el tiempo con cambios que no impliquen grandes inversiones o sustitución total de la estación.

### **1.5.3 Especificaciones de equipo y tuberías**

Los equipos y el arreglo de tubería que componen la estación de entrega deben facilitar las labores de operación y mantenimiento, al igual que poseer una identificación y una determinación en cuanto a capacidad, localización y servicio.

El manejo del gas exige el cumplimiento de ciertos criterios que determinan el dimensionamiento de equipos y tubería, tal como la velocidad del gas, el nivel de ruido y el diferencial de presión entre otros.

Para la construcción y montaje de la estación se deben cumplir los procedimientos de soldadura, calificación de soldadores y las pruebas e inspecciones que garanticen una construcción de alta calidad, la inspección

radiográfica a las soldaduras debe cubrir el 100% de las pegadas realizadas y pruebas hidrostáticas o neumáticas, deben ser ejecutadas en la estación en su conjunto a 1.5 veces la presión de diseño.

#### **1.5.4 Especificaciones eléctricas**

La disponibilidad de energía eléctrica no es una variable decisoria en cuanto a la localización de una estación de entrega de gas, el uso de paneles solares y baterías son una solución a este requerimiento. De otra parte los equipos eléctricos deben ser diseñados, fabricados y probados de acuerdo a los estándares establecidos.

El alcance de las labores eléctricas en cada estación dependerá del tipo de los equipos a ser instalados y de la presencia o no de personal en forma permanente.

El diseño del sistema eléctrico estará caracterizado por los siguientes valores de voltaje:

- 208 voltios AC para circuitos de fuerza
- 120 voltios AC para alumbrado
- 24 voltios DC para circuitos de instrumentación y control

Todas las estaciones deben contar con sistemas de puesta a tierra y su diseño se hará con base en los estándares establecidos como son el uso de materiales de aleaciones de cobre que ofrezcan máxima conductividad y continuidad en la conexión.

## **1.6 INSTRUMENTACIÓN**

Los instrumentos integrados a las estaciones de entrega de gas objeto de este estudio sólo se limitan a indicaciones y registros de campo tipo análogos y no se incluye instrumentación electrónica para la transmisión de señales a un sistema de control y adquisición de datos (SCADA). Se debe tener en cuenta que señales de control tales como apertura y cierre de válvulas, se deberán llevar al mismo sistema de las señales electrónicas de campo, para conocer y controlar las diferentes variables de operación de la estación de entrega.

El sistema de instrumentación de cada estación de entrega estará conformado por los sensores o elementos primarios, transmisores, instrumentos de campo para indicación local, instrumentos receptores y elementos de corte descritos en los diagramas de tubería e instrumentación.

El sistema debe quedar diseñado para medir y registrar por lo menos las siguientes variables:

- Presión
- Temperatura
- Flujo volumétrico de gas

De igual manera se deben definir los equipos de alimentación de energía que permitan una operación continua, confiable y segura a todo el sistema de la estación de entrega.

Los equipos de transmisión y transductores deben ser electrónicos con señal de transmisión de 4 - 20 mA.

Como elemento primario para la medición de flujo se utilizarán medidores con una exactitud en la medición menor al 0.5% en un rango de operación superior 10:1. Su selección, dimensionamiento e instalación debe obedecer a las normas AGA diseñadas para medidores en forma particular. Respecto a instalación se debe tener presente los tramos cortos de tubería aguas arriba y aguas abajo para garantizar homogenización en las condiciones de flujo de gas a la entrada del medidor si el medidor escogido lo requiriera.

Los medidores de presión deben tener capacidad para soportar hasta 1.3 veces la presión máxima de medida sin requerir calibración. Los termómetros e interruptores deben ser instalados en termopozos y los indicadores locales deben ser termómetros bimetálicos.

Las válvulas de control seleccionadas deben permitir su ajuste en operación, su instalación debe permitir su fácil acceso y remoción. Dichas válvulas serán del tipo de flujo axial cargados por resorte, donde la parte inferior del diafragma reporta la presión regulada o presión de entrega al usuario, también se pueden utilizar reguladores cargados por presión o por piloto los cuales son de mayor precisión.

Las válvulas de alivio o de seguridad son del tipo fuelle de presión balanceada o convencional.

Para la medición y totalización de los flujos de gas en la estación de entrega se dispondrá de un computador de flujo o Corrector electrónico de Volumen el cual recibirá señales directamente del medidor siendo alimentado con la totalidad de datos y señales de presión, temperatura y gravedad específica para realizar los cálculos de flujo en tiempo real.

La precisión recomendada de los instrumentos se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2. Precisión de los Instrumentos**

<b>VARIABLE A MEDIR</b>	<b>PRECISION</b>
Temperatura	+/- 0.15 °C del Span
Presión	+/- 0.1 % del Span
Diferencial de presión	+/- 0.075% del Span
Flujo	+/-0.5% del rango de medición (rangeabilidad)

## **1.7 INSPECCIÓN Y PRUEBAS**

Con el fin de garantizar la calidad y seguridad de los equipos a utilizar, se requiere la realización de pruebas e inspecciones durante la etapa de adquisición, referentes a su dimensionamiento, materiales de construcción y aspecto externo. En el caso de los instrumentos se debe solicitar el certificado de calibración de fábrica antes de su despacho. El punto de ajuste de las válvulas de relevo debe ser chequeado mediante prueba operacional.

## **1.8 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO DE LA ESTACIÓN.**

Para diseñar una estación de medición y regulación se requiere conocer:

- Máxima presión de entrada del gas, en psia

- Presión normal de entrada del gas, en psia
- Presión mínima de entrada del gas, en psia.
- Máxima temperatura del gas de entrada, en grados Fahrenheit
- Mínima temperatura del gas de entrada, en grados Fahrenheit.
- Análisis del gas, o gravedad específica real.
- Diámetro de la tubería a la que se va a conectar la estación aguas arriba.
- Flujo máximo, en pies cúbicos estándar por hora.
- Flujo normal, en pies cúbicos estándar por hora.
- Flujo mínimo, en pies cúbicos estándar por hora.
- Presión regulada, para el sistema aguas abajo de la estación, en psia.  
Mínima temperatura requerida.
  
- ¿Se requiere medidor de gas? Si la respuesta es sí, ¿se requiere el medidor para transferencia de custodia o para uso interno?
  
- ¿Se requiere corrección de volumen? En caso de medición fiscalizada (transferencia de custodia), ¿cuál debe ser la cantidad medida: energía, pie cúbico estándar, metro cúbico estándar, pie cúbico real, metro cúbico real?
  
- ¿Se necesita registro de flujo, presión y temperatura?
  
- ¿Se requiere señalización o alarma por:
  - Baja presión de entrada
  - Alta presión diferencial a través del filtro
  - Estado de la válvula de cierre rápido
  - Presión de salida muy alta o muy baja?

- ¿Se requiere brida de aislamiento de la estación, a la entrada y a la salida?
- ¿Hay disponibilidad de energía eléctrica (a 220 V, 60 Hz; ó 110 V, 60 Hz; ó 24 V CD ó 12VCD)?

## **2. BASES DE DISEÑO DE LA ESTACIÓN.**

Para el diseño de las estaciones se hace importante establecer las bases y criterios que servirán como base en el momento de seleccionar y dimensionar los componentes de la estación.

### **2.1. BASES GENERALES**

- **Composición del Gas**

Como base para el diseño de las estaciones de entrega se tomará la composición del gas el cual va a ser transportado por el gasoducto y por ende sus estaciones.

- **Presión**

- Sistema Troncal

- Presión máxima operacional: 1200 psia
    - Presión normal operacional: 600 psia
    - Presión mínima operacional: 300 psia

- Sistema al consumidor

Generalmente el diseño facilita la entrega de gas al consumidor a dos niveles de presión, dadas las necesidades que se presentan en la demanda de gas natural.

- Presión máxima operacional (Caso alta presión): 265 psia
- Presión mínima operacional (Caso baja presión): 60 psia

- **Temperatura**

- Temperatura mínima operacional del gas natural: -5 °C
- Temperatura máxima operacional del gas natural: 40 °C

- **Humedad Relativa Ambiental**

- Mínima: 40%
- Máxima: 100%
- Promedio: 70%

- **Capacidad Volumétrica**

De acuerdo al volumen diario de las estaciones estas se clasifican de acuerdo a lo mostrado en la tabla 3.

**Tabla 3. Capacidades Volumétricas estaciones**

Rango KPCSD	
Tipo I:	0-300

Tipo II:	300-600
Tipo III:	600-1000
Tipo IV:	1000-2000
Tipo V:	2000-5000
Tipo VI:	5000-10000
Tipo VII:	10000-15000

## 2.2. CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación se muestran los criterios utilizados por diseñadores que sirven como base para el diseño y selección de los componentes de la estación.

- **Velocidad del gas**

- Máxima velocidad del gas por tubería: 20 m/seg (65.61 pies/segundo)
- Máxima velocidad del gas por cuerpo de válvulas: 40 m/seg (131 pies/segundo)

- **Condiciones estándares**

- Presión: 14.70 psia
- Temperatura: 60 °F (15.5 °C)

- **Gravedad Específica**

La gravedad específica expresa la relación existente entre el peso por unidad de volumen del gas con respecto al peso de un volumen igual de aire. Para diseño utilizamos una Gravedad específica de 0,60, si no se conoce por cromatografía.

- **Poder Calorífico**

Se adopta como poder calorífico para los fines correspondientes el poder calorífico superior del gas. El poder calorífico será de 1.000 Btu/pie<sup>3</sup>, si no se conoce por cromatografía, se encuentra dentro del rango permitido por el RUT.

- **Reducción de temperatura en el gas por expansión**

La reducción de temperatura por efecto de expansión es de 0.5 °C por cada (1) bar de caída de presión.

- **Diámetro de tubería**

El diámetro de tubería se basará en las condiciones de mínima presión operacional a la máxima rata de flujo (flujo pico).

- **Sistemas de Calentamiento**

El calentamiento requerido por el gas se define como la pérdida de temperatura del gas por efectos de la expansión a la capacidad volumétrica de flujo. De acuerdo a la situación geográfica y a las condiciones de caída de presión por regulación se analiza la conveniencia de utilizar calentamiento.

- **Sistemas de Odorización**

Sólo se incluye sistema de odorización cuando el consumidor sea el sector residencial y comercial. Para uso industrial no se requiere el equipo de odorización.

### **2.3. CODIGOS, NORMAS Y ESTANDARES**

- ANSI B 31.8
- ANSI B.31.4
- ASME Secc VIII Div 1
- API - 1105
- API RP 1107
- API 5L
- API 6D
- ISA
- NFPA 59 /59<sup>a</sup>
- ICONTEC

### 3. INGENIERIA BASICA Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

Con los criterios y bases del capítulo anterior, se seleccionan y en algunos casos comprobamos por medio de fórmulas y tablas cada uno de los componentes de la estación. (Ver Anexos 1 y 4).

#### 3.1 INGENIERIA DE TUBERIA

##### 3.1.1 Generalidades

Todos los componentes en el sistema de tuberías, incluyendo válvulas, bridas, accesorios, colectores, ensamblajes especiales, etc., deben diseñarse para que resistan la máxima presión de operación. Los componentes se seleccionan de tal manera que su diseño permita soportar las presiones de prueba a las cuales son sometidas, sin falla o escape y sin disminución en la seguridad en su servicio.

##### 3.1.2. Dimensionamiento de la tubería

- Ecuación de comportamiento real del gas natural

Criterio de máxima velocidad: 65.62 pies/seg (20 m/seg).  
Condiciones Base: Pb = 14.65 psia (1.013 bar)  
Tb = 60 °F (15.5 °C)

$$Q_b = ( Q_o * P_o * T_b * Z ) / ( P_b * T_o )$$

Qb: Tasa de flujo Volumétrica a condiciones base, PCS/hr

- Qo: Volumen a condiciones operacionales, PCH  
Po: Presión a condiciones operacionales, Psia  
Pb: Presión base o de referencia: 14.65 psia  
To: Temperatura del gas a condición operacional, °R  
Tb: Temperatura base o de referencia, °R  
Z: Factor de compresibilidad, depende de la composición del gas y de las condiciones de presión y temperatura.

Despejando Qo

$$Q_o = (Q_b * P_b * T_o) / (P_o * T_b * Z)$$

$$V = Q / A$$

A: Área de Flujo

V: Velocidad limite del gas: 65.61 pies/seg

- Datos de diseño de la tubería a utilizar

En esta parte se mostrarán algunos aspectos de mayor relevancia en cuanto a la tubería a ser utilizada (ver tabla 4) pero se deben establecer con mayor detalle en el documento de diseño "Piping Class" que se mostrará mas adelante.

**Tabla 4. Especificaciones tuberías estaciones**

DN	DE	Área de Flujo	Espesor	Especificaciones	S	DI	Máy. Presión Diseño
2"	2.375	0.0205	0.154	API 5L Gr B	35.000	2.067	3129
3"	3.500	0.0513	0.216	API 5L Gr B	35.000	3.068	2957
4"	4.500	0.0884	0.237	API 5L Gr B	35.000	4.026	2472
6"	6.625	0.2006	0.280	API 5LX - 60	60.000	6.343	1601
8"	8.625	0.3474	0.322	API 5LX - 60	60.000	8.249	1641
10"	10.750	0.5475	0.365	API 5LX - 60	60.000	10.312	1529
12"	10.750	0.7854	0.375	API 5LX - 60	60.000	12.000	1480

Localización: Clase 2, DN: Diámetro nominal (pulgadas), DE: Diámetro externo (pulgadas), Área de flujo (pies<sup>2</sup>), Espesor (pulgadas), S: Máximo esfuerzo (Psia), DI: Diámetro interno (pulgadas), Máxima presión Diseño: Psia

- Especificaciones de la tubería y accesorios

En esta parte se mostrarán algunos aspectos de mayor relevancia en cuanto a la tubería a ser utilizada pero se deben establecer con mayor detalle en el documento de diseño "Piping Class" que se mostrará mas adelante.

- Tubería en Acero al Carbón Clase A

Las Tablas 5,6 y 7 muestran las características del material Acero al carbón Clase A, de la tubería de los elementos y accesorios del mismo material utilizado en estaciones.

**Tabla 5. Características material tubería Acero al carbón Clase A**

CARACTERÍSTICAS ACERO CLASE A	
<b>Clase</b>	A
<b>Material</b>	Acero al Carbón
<b>Rango (ANSI)</b>	150# (Rating)
<b>Corrosión Perm</b>	0.0625 pulgadas
<b>Límite de Temperatura</b>	20 °F a 250 °F
<b>Código General</b>	ANSI B 31.8
<b>Servicio</b>	Gas Natural

**Tabla 6. Características tubería Acero al carbón Clase A**

Diámetro	Extremo	Rating Cédula	Material
≤ 1 ½ "	Planos	Sch 80	API 5L - Gr B S/C
2" - 10"	Biselados	Sch 40	API 5L - Gr B S/C

**Tabla 7. Características Elementos y accesorios Acero al carbón Clase A**

	Diámetro	Extremo	Material
<b>Accesorios</b>	≤ 1 ½ "	SW	ASTM A-105
	≥ 2"	Biseladas	ASTM A-234 Gr WPB
<b>Bridas</b>	≤ 1 ½ "	SW	ASTM A-105 150 #RF
	≥ 2"	De cuello	ASTM A-105 150 #RF

**Empaques:** Espiro-Metálicos 31655, 1/16", 150#

**Espárragos:** ASTM A - 193 - Gr B7

**Tuercas:** ASTM A - 194 - Gr 2H

- Tubería en Acero al Carbón Clase B

Las Tablas 8,9 y 10 muestran las características del material Acero al carbón Clase B, de la tubería de los elementos y accesorios del mismo material utilizado en estaciones.

**Tabla 8. Características material tubería Acero al carbón Clase B**

CARACTERÍSTICAS ACERO CLASE B	
<b>Clase</b>	B
<b>Material</b>	Acero al Carbón
<b>Rango (ANSI)</b>	600# (Rating)
<b>Corrosión Perm</b>	0.0625 pulgadas
<b>Límite de Temperatura</b>	20 °F a 250 °F
<b>Código General</b>	ANSI B 31.8
<b>Servicio</b>	Gas Natural

**Tabla 9. Características tubería Acero al carbón Clase B**

Diámetro	Extremo	Rating Cédula	Material
≤ 1 1/2 "	Planos	Sch 80	API 5L - Gr B S/C
2" - 4"	Biselados	Sch 40	API 5L - Gr B S/C
6" - 10"	Biselados	XS	API 5LX - 60 S/C

**Tabla 10. Características Elementos y accesorios Acero al carbón Clase B**

	<b>Diámetro</b>	<b>Extremo</b>	<b>Material</b>
<b>Accesorios</b>	$\leq 1 \frac{1}{2}$ "	SW	ASTM A-105
	$\geq 2$ "	Biseladas	ASTM A-234 Gr WPB
<b>Bridas</b>	$\leq 1 \frac{1}{2}$ "	SW	ASTM A-105 150 #RF
	$\geq 2$ "	De cuello	ASTM A-105 150 #RF

**Empaques:** Espiro-Metálicos 31655, 1/16", 600#

**Espárragos:** ASTM A - 193 - Gr B7

**Tuercas:** ASTM A - 194 - Gr 2H

## 3.2 VÁLVULAS EN LAS ESTACIONES

**3.2.1 Válvulas de bola.** Las válvulas de bola son las que más se usan actualmente en las estaciones de regulación y medición, tales como las que se describieron anteriormente. El mejoramiento en las técnicas de producción ha hecho este tipo de válvulas cada vez más económicas.

Las válvulas de bola de paso completo se requieren realmente aguas arriba del medidor, con el fin de eliminar disturbios en el flujo, en la forma más efectiva que sea posible. En el resto de la estación se pueden usar válvulas de bola de paso restringido, ya que el incremento en el sonido, debido a aumento en la velocidad, es despreciable comparado con el ruido del regulador.

**3.2.2 Válvulas de tapón.** Estas válvulas tienen la ventaja de ser menos sensibles al sucio en la línea. Las válvulas de tapón siempre se tienen que engrasar para

que mantengan un sello hermético en la posición cerrada. Una válvula de tapón también se puede usar para ciertas operaciones limitadas de control. La desventaja de esta válvula reside en que la grasa del tapón puede entrar en la tubería y seguir con el gas corriente abajo y afectar el medidor, si es de orificio o de diafragma. Si el medidor es de turbina, puede dañar los rodamientos, debido al desbalance que ocasiona en el rotor.

**3.2.3 Válvulas de mariposa.** Una válvula de mariposa usada para cierre del sistema puede manejar solamente bajas presiones diferenciales. El diseño sencillo de estas válvulas las hace efectivas en costo para usarlas en estaciones de medición y regulación. La válvula de mariposa también se puede usar para control de flujo. Existen válvulas de mariposa de diseño especial, disponibles para altas presiones diferenciales.

**3.2.4 Válvulas de compuerta.** Las válvulas de compuerta se pueden usar para altas y bajas presiones, ya que producen muy poca obstrucción en las condiciones de máximo flujo.

Estas válvulas no se pueden usar para restringir presión ni para controlar flujo. En caso de que operen permanentemente abiertas y el gas traiga material sólido, debe tenerse cuidado al cerrarla para evitar daño en la compuerta (se debe abrir y cerrar varias veces, para desalojar los depósitos de sólido que se almacenan el asiento).

Sus grandes dimensiones, hacen menos práctico su uso en estaciones de reducción, medición y odorización.

Las válvulas de compuerta no se usan mucho en estos días en las estaciones de medición, regulación y odorización, debido a que las válvulas de bola llegaron a ser más baratas.

**3.2.5 Válvulas de globo.** Las válvulas de globo se usan principalmente como válvulas de estrangulamiento y para control de flujo y de presión. El estrangulamiento es aplicable en válvulas de drenajes de filtro, para toma de muestras y en válvulas de purga. Cuando las válvulas de globo se instalan como válvulas de estrangulamiento, una válvula de bola se debe instalar aguas abajo de la válvula de globo para permitir un cierre hermético.

### **3.3 SISTEMAS DE FILTRACION**

#### **3.3.1 Generalidades**

Los filtros en una estación de entrega de gas se usan para proteger el equipo localizado aguas abajo de polvos y arenas. Las tuberías de gas natural tienen algún grado de contaminación como polvo, principalmente óxidos de hierro, arenas provenientes de los campos de producción y grasas las cuales son un problema potencial para reguladores y medidores, lo que hace necesario remover estas partículas sin grandes pérdidas de presión y una alta eficiencia en su remoción.

La tendencia desde el pasado ha sido instalar filtros de polvo de tipo seco en las estaciones industriales y de distrito. Varios estudios de contaminación del aire y de disposición de desechos de energía atómica han desarrollado materiales cada vez mejores para filtrar partículas muy pequeñas en las corrientes de gas. El elemento filtrante está construido con una tela de fieltro, de poliéster o de fibra de vidrio, en forma de cartucho, alrededor de un soporte metálico. Algunos fabricantes garantizan que estos cartuchos remueven el 100% de las partículas mayores de 3 micrones y el 99½% de todas las partículas de ½ a 3 micrones.

### 3.3.2 Criterios básicos para la selección de filtros de gas

La eficiencia de recolección de polvo disminuye cuando baja la rata de flujo

- La formación de una torta de polvo sobre la superficie del elemento filtrante incrementa la eficiencia en la recolección de polvo pero también incrementa la caída de presión.
- La capacidad de un filtro depende de la presión de operación y la caída de presión permisible.
- Caídas de presión en el filtro por encima de los valores límite causan un colapso en el elemento filtrante lo que hace necesario su mantenimiento (limpieza o sustitución).
- El filtro de gas debe disponer de bridas o tapas especiales de apertura rápida, para poder cambiar el elemento filtrante.
- El filtro debe disponer de una sección para la recolección de condensados líquidos presentes en el gas. Dado que la posibilidad de retención de líquidos diferentes a hidrocarburos es muy escasa y las condiciones presentes son debidas a la presión del sistema cuando se procede a su descripción de baja presión, estos hidrocarburos se vaporizan, esta operación debe ser tomada en cuenta en la selección del filtro.
- El filtro debe seleccionarse teniendo en cuenta la menor presión del gas en la línea de gas de suministro.
- El filtro separador debe ser fabricado de acuerdo al código ASME sección B división 1.

El filtro debe disponer de las siguientes accesorios y facilidades:

- Venteo o válvula de seguridad según capacidad
- Indicador de presión diferencial
- Drenaje de acuerdo a capacidad
- Otros elementos que sean necesarios para una adecuada operación del filtro

El filtro a seleccionar debe tener en cuenta que la estación de entrega de es una instalación de proceso no atendida en forma permanente.

### **3.3.3 Tipos de filtro para gas natural**

Entre los filtros que generalmente se encuentran en el mercado y que se usan con mayor frecuencia tenemos:

- Filtro Vertical
- Filtro Horizontal
- Filtro con acumulador de liquido independiente

### **3.3.4 Datos básicos de diseño**

- Servicio: Gas Natural
- Composición: Lo especificado en las bases generales de diseño y cumplan la norma de calidad del gas a ser transportado por sistemas troncales.

- Presión de entrada de gas
  - Sistema Troncal
    - Presión máxima operacional: 1200 psia
    - Presión normal operacional: 600 psia
    - Presión mínima operacional: 300 psia
  - Sistema al consumidor
    - Presión máxima operacional (Caso alta presión): 265 psia
    - Presión mínima operacional (Caso baja presión): 60 psia
- Diferencial de Presión
  - En estado limpio: máximo 2 psi
  - En estado sucio: máximo 10 psi
- Temperatura
  - Temperatura mínima: - 5°C
  - Temperatura máxima: 40°C
- Capacidad de filtración

98% de remoción a 5 micras

### 3.3.5. Dimensionamiento de los filtros

Para el dimensionamiento de los filtros se tiene en cuenta los datos básicos de diseño asociados a las capacidades suministradas por los proveedores y a los criterios de selección expuestos en el numeral 3.3.2.

Es importante tener en cuenta que se considera la retención de líquidos como una situación no permanente y que su desocupación se hará hacia el sistema de venteo de la estación.

En la tabla 11 se muestra el diámetro de conexión de los filtros según los tipos de estación de entrega.

**Tabla 11. Diámetro de conexión de los filtros según los tipos de estación de entrega**

Estación de entrega	Flujo Volumétrico PCSD	$\Delta P$ Permisible (Psia)	Diámetro entrada de filtro
0-300000	300.000	2	2"
300000-600000	600.000	2	2"
60000-1000000	1.000.000	2	2"
1000000-2000000	2.000.000	2	3"
2000000-5000000	5.000.000	2	3"
5000000-10000000	10.000.000	2	4"
>10.000.000	15.000.000	2	6"

### **3.3.6. Accesorios incluidos dentro del diseño del filtro**

- Venteo 1 ½ ", SW
- Válvula de seguridad bridada de acuerdo a capacidad
- Indicador de presión diferencial
- Drenaje, 1"φ, SW

### **3.3.7. Inspecciones y Pruebas**

El filtro y sus componentes deben acreditar prueba de materiales y comportamiento debidamente certificados, al igual que las pruebas neumáticas e hidráulicas requeridas.

## **3.4. SISTEMA DE CORTE AUTOMATICO POR ALTA Y BAJA PRESION**

### **3.4.1 Generalidades**

Las estaciones de regulación y medición están diseñadas para garantizar la máxima confiabilidad en el suministro de gas dentro de un sistema seguro y continuo. Para proteger los sistemas aguas abajo del regulador, las válvulas de cierre automática son instaladas para suspender el flujo de gas en casos de alta y baja presión.

El cierre completo del suministro de gas en una estación de regulación sólo se hace en casos de emergencia.

Válvulas de cierre por alta, baja o una combinación de alta-baja presión, se pueden instalar para cortar el flujo, en caso de que la presión de salida del regulador llegue a ser demasiado alta o demasiado baja.

Cuando se requiere una segunda válvula, como medida de protección en la estación de medición y regulación, dicha válvula debe ser de un diseño diferente del de la primera válvula. La segunda válvula de protección puede ser una válvula de bola con actuador, con un sensor de presión, que "monitoree" la presión de salida. Si, en caso de emergencia, la primera válvula falla, entonces la segunda válvula de protección debe entrar en acción.

En reguladores de estaciones de distribución, el corte por alta y/o baja presión puede venir incorporado como parte del regulador. Esta opción reduce los costos, al igual que disminuye el tamaño global de la estación.

En algunos casos especiales cuando el efecto de una presión por encima de la máxima de operación es de alto riesgo se instala una segunda válvula como medida de protección, dicha válvula debe ser de un diseño diferente al de la primera válvula. Existen algunos casos donde el mismo regulador actúa como válvula de corte de flujo por alta y baja presión, reduciendo de esta forma costos en la estación.

Todos los dispositivos de corte una vez actuados debe ser reposicionados manualmente una vez verificado y solucionado el problema que derivó el cambio de presión.

### **3.4.2 Criterios Básicos de Diseño**

- La válvula debe poseer facilidades de rápida operación de apertura.

- Su localización debe ser aguas arriba del regulador.
- El reseteo de la válvula una vez actuado debe ser únicamente por método manual.
- La señal al actuador debe estar conectada en la línea aguas abajo del regulador.
- Pérdida de presión a través de la válvula.
- El valor de corte por alta presión debe ser ligeramente superior al punto de control del regulador y muy por debajo de la presión del sistema troncal.
- Las válvulas de corte automático deben tener facilidades de reajustarse sus puntos de control de presión en el campo.
- La velocidad máxima del gas a través de la válvula es 40 m/seg. (131 pulg/seg.)

### **3.4.3 Datos básicos de diseño para válvulas de corte por alta y baja presión**

- Servicio: Gas Natural
- Composición: Lo especificado en las bases generales de diseño y cumplan la norma de calidad del gas a ser transportado por sistemas troncales.

- Tipo de Conexión

ANSI – 600 – 300 - 150

- Presión de entrada de gas

- Sistema Troncal

- Presión máxima operacional: 1200 psia
- Presión normal operacional: 600 psia
- Presión mínima operacional: 300 psia

- Sistema al consumidor

- Presión máxima operacional (Caso alta presión): 265 psia
- Presión mínima operacional (Caso baja presión): 60 psia

- Temperatura del gas

- Temperatura mínima: -5 °C
- Temperatura máxima: 40 °C

#### **3.4.4 Dimensionamiento de válvulas de corte**

- Cálculo de Dimensionamiento

Para el caso de  $P_v > P_{m1}/2$  entonces:

$$Q = K * C_g * P_m * \text{Sen} \left( \left( \frac{3417}{C_1} \right) * \left( \frac{P_m - P_v}{P_m} \right)^{1/2} \right)$$

Para el caso de  $P_v < P_{m1}/2$  entonces:

$$Q = K * C_g * P_{m1}$$

Donde:

$Q$  = Capacidad volumétrica (m<sup>3</sup>/hr)

$C_g$  = Coeficiente del gas

$C_1$  =  $C_g / C_v$

$C_v$  = Coeficiente volumétrico

$K$  = Factor del gas = 0.52 para densidad del gas máx.: 0.8

$P_{m1}$  = Presión mínima de entrada (bar): 300 psia = 20.5 bar

$P_{m2}$  = Presión máxima de entrada (bar): 1200 psia = 82 bar

$P_v$  = Presión de corte (bar) 290 psia = 20 bar

- Tamaño de válvulas por estación de entrega, la Tabla 12 resume el tamaño de las válvulas de corte de acuerdo a la capacidad volumetrica de las estaciones.

**Tabla 12. Tamaño de válvulas de corte por estación de entrega**

Estación de Entrega	Flujo Volumétrico PCSD	Diámetro Válvula
0 - 300.000	300.000	1"
300.000 - 600.000	600.000	1"
600.000 - 1.000.000	1.000.000	1"
1.000.000 - 2.000.000	2.000.000	1"
2.000.000 - 5.000.000	5.000.000	2"
5.000.000 - 10.000.000	10.000.000	2"
> 10.000.000	15.000.000	3"

### **3.4.5 Inspección y Pruebas**

El material de la válvula y sus partes internas debe ser certificado de acuerdo con las especificaciones solicitadas.

### **3.4.6 Proveedores de válvulas de corte por alta presión**

- ◆ Pietro Fiorentini
- ◆ Instromet
- ◆ American Meter
- ◆ I E A
- ◆ Tartarini

## **3.5. SISTEMA DE REGULACION DE PRESION**

### **3.5.1. Generalidades**

Las presiones de entrada a las estaciones pueden variar entre 1200, 250 y 100 psia. De acuerdo con estas presiones, los reguladores son fabricados con cuerpo y conexiones de diferente resistencia. Por lo tanto, los hay con cuerpo de bronce, de hierro fundido o de acero y con conexiones roscados o con bridas. Ya que la mayoría de las veces operan a la intemperie, su operación no debe ser afectada por el ambiente que los rodea (agua, barro, polvo, etc.).

Los reguladores de gas se pueden dividir en diferentes tipos, dependiendo de sus funciones. Tres categorías principales se pueden identificar

1. Reguladores cargados por resorte.
2. Reguladores cargados por pilotos.

### 3. Válvulas de control.

Las tres clases de reguladores tienen diferentes configuraciones dependiendo de su aplicación.

**3.5.1.1 Reguladores cargados por resorte.** El regulador cargado por resorte es del tipo empleado en las instalaciones residenciales y opera sin ningún accesorio extra montado, para controlar la posición de la válvula. (Ver figura 2)

En él hay un diafragma bajo el cual se encuentra el gas natural a la presión que se entrega al usuario. Esta presión causa una fuerza que trataría de hacer subir el diafragma e inclusive lo destrozaría si no se le controla. Para ello, en la parte superior del diafragma se encuentra el aire, que entra por un orificio o conexión de venteo y que causa una presión sobre el diafragma, que es la presión atmosférica. La presión atmosférica no es suficiente para contener la opuesta del gas, por lo que el regulador lleva un plato cilíndrico sobre el diafragma, empujado por un resorte. Así se logra equilibrar la fuerza de la presión del gas con la suma de las causadas por la presión atmosférica y el resorte.

**Figura 2. Regulador cargado por resorte**



Cuando el usuario (o la red) demandan más gas por aumento de consumo, la presión del gas entregado cae y el diafragma empieza a bajar. El diafragma se conecta por sistemas de palancas a una válvula interna del regulador que abre o cierra el paso del gas. Cuando el diafragma baja, la válvula se abre, entrando gas suficiente para que se mantenga la presión al servicio.

Por el contrario, si la presión de entrega empieza a ser excesiva, el diafragma sube y cierra la válvula, con lo cual se cierra el paso al gas.

Con un ajuste roscado se puede comprimir en mayor o menor medida el resorte aumentando su fuerza sobre el diafragma. A mayor fuerza en el resorte, mayor es la presión de entrega y viceversa. Así se puede ajustar la presión de salida.

Este regulador, operando bajo el mismo principio, con mayores tamaños y características ligeramente diferentes, se emplea para regular la presión a establecimientos comerciales, industrias y aún a redes de distribución urbana.

**3.5.1.2 Reguladores cargados por presión o por piloto.** Los reguladores más exactos son cargados por la presión de otro regulador, llamado regulador piloto, o simplemente piloto.

El regulador cargado por presión es hermético en la parte superior del diafragma, por lo que no está entrándole aire y no recibe presión atmosférica. En cambio, recibe la presión de entrega de un regulador cargado por resorte.

El regulador cargado por presión normalmente es más exacto en su regulación que el de resorte. Esto es, que ante las variaciones en la presión del gas que le entra, no cambia mucho la presión que entrega. Si el consumo por atender requiere una presión bastante estable, se recomienda emplear el regulador cargado por piloto. En la Figura 3 se enseña un regulador cargado con piloto.

**3.5.1.3 Válvulas de control.** Las válvulas de control son de uso común en las plantas, en las áreas donde existe aire de instrumento. En muchas ocasiones se puede utilizar el gas de proceso, previa reducción de presión y la instalación de un pequeño filtro, para que haga las veces de aire de instrumento. Las válvulas de control en estaciones de reducción de presión se aplican cuando ciertas características de flujo o de control son requeridas. Estas válvulas requieren un diseño muy cuidadoso, para asegurar la mejor operación y balance. Estas válvulas son más costosas comparadas con los reguladores cargados por piloto. Un sistema de válvula de control consiste de:

- Válvula de control.
- Posicionador.
- Controlador.
- Transmisor de presión (en algunos casos).

- **Válvula de control.** Es la parte del sistema que está montada en la tubería. Consiste del cuerpo de la válvula y el actuador. El cuerpo de la válvula puede tener diferentes configuraciones. Las válvulas de globo y de pistón son las configuraciones más comunes. Ellas tienen diferentes diseños de orificio ("port") para que se ajusten lo mejor posible a los requerimientos del proceso. *El actuador puede ser tipo pistón o diafragma.*
  
- **El posicionador.** Es el instrumento que recibe una señal del controlador y da una señal correspondiente al actuador, poniendo la válvula en la posición correcta y da una retroalimentación al controlador. Ver Figura 6.14. El posicionador puede ser electrónico o neumático. En algunas aplicaciones no se requiere el uso de posicionador. La señal de control neumático normalmente se da entre 3 y 5 psia. La señal de control eléctrica normalmente es de 4 - 20 mA ó 1-5 voltios.

- **El controlador.** Es el instrumento que envía la señal a la válvula de control, en función de la señal recibida del transmisor de presión (cuando está instalado en un sitio remoto) o directamente de la línea (cuando está instalado localmente). El controlador puede tener diferentes configuraciones en función del proceso aplicable. El controlador puede ser neumático o electrónico, dependiendo de la complejidad del proceso o la disponibilidad en el sitio de corriente eléctrica.
- **El transmisor de presión.** Es el instrumento que mide la presión en la línea, a la salida de la válvula de control, y da una señal correspondiente eléctrica o neumática al controlador. Cuando el controlador de presión está montado localmente en el cuerpo de la válvula, no se requiere transmisor de presión.

Para ciertas aplicaciones, la válvula de control cambia de control de presión a control de flujo, para limitar o mantener un volumen constante de suministro a un cliente o, en algunas ocasiones, para evitar la sobrevelocidad de los medidores de turbina. En este caso, la señal que envía el controlador a la válvula de control es función de la señal que recibe del medidor o del computador de flujo.

**3.5.1.4 Válvulas reguladoras de flujo axial.** Estas válvulas en lugar de tener un tapón que sella el orificio por donde circula el gas a través el cuerpo del regulador (o de la válvula de control)- opera mediante una manga o camisa elástica que permite mayor o menor paso, o cierra el flujo del gas. (Ver figura 3)

**Figura 3. Válvulas reguladoras de flujo axial, y cargadas por piloto**



El regulador axial es de forma cilíndrica, similar a un tubo, con un disco en la mitad que impide el paso del gas entre los dos extremos de entrada y de salida. Ambos extremos cuentan con ranuras en toda la periferia y en su exterior se ajusta una manga elástica que forra el cilindro y cierra las ranuras.

La presión de entrada del gas al regulador puede pasar a través de las ranuras del extremo de entrada, hinchar la manga, expandiéndola, circular entre ésta y el exterior del cilindro y pasar a las ranuras del otro lado, continuando hacia el consumo.

Todo el exterior de la manga se rodea por la presión de un regulador piloto, que hace que la manga se ciña al cilindro y tape las ranuras, evitando que el gas pueda pasar del fado de entrada al de salida. La manga actúa, entonces, como el diafragma de cualquier otro regulador, sólo que en este caso no se comunica por palancas a una válvula, sino que ella misma, al permitir o no el paso del gas a través de las ranuras, trabaja como válvula.

Este regulador de flujo axial es de gran capacidad y muy exacto en la presión de entrega, con alto o bajo consumo y aún con variaciones grandes en la presión de entrada.

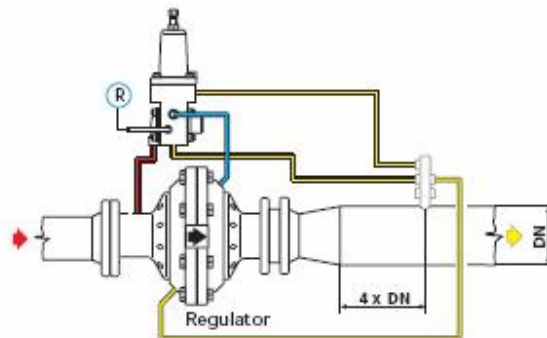
### 3.5.2 Tipos de Regulación

Dependiendo del servicio al que esté destinada la estación y sus características, la regulación puede montarse en varios arreglos:

- a) Regulación en etapa sencilla.
- b) Regulación en dos etapas.
- c) Regulación monitora
- d) Regulación en paralelo.
- e) Regulación por transferencia de mando (“override”)

**3.5.2.1 Regulación en etapa sencilla.** La regulación en etapa sencilla (Figura 4) comprende un solo regulador que se hace cargo por completo de controlar, reducir y estabilizar la presión del gas por entregar.

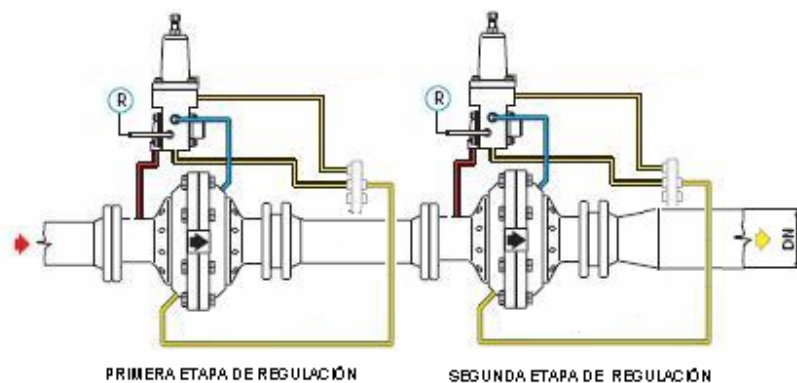
**Figura 4. Regulación en etapa sencilla**



Su uso más común es en las estaciones de entrega a los usuarios industriales y comerciales, conectados a redes de polietileno, que por sus presiones menores a las de acero no requieren medidas especialmente complejas para controlar cualquier sobrepresión originada por la falla de la regulación. Normalmente se acompañan de una válvula de alivio, que cubren los riesgos por tal evento.

**3.5.2.2 Regulación en doble etapa.** La regulación en dos etapas (Figura 5) consta de dos reguladores en serie (uno después del otro), operando ambos. El primer regulador hace un descenso importante de la presión y el segundo completa la reducción.

**Figura 5. Regulación en doble etapa**



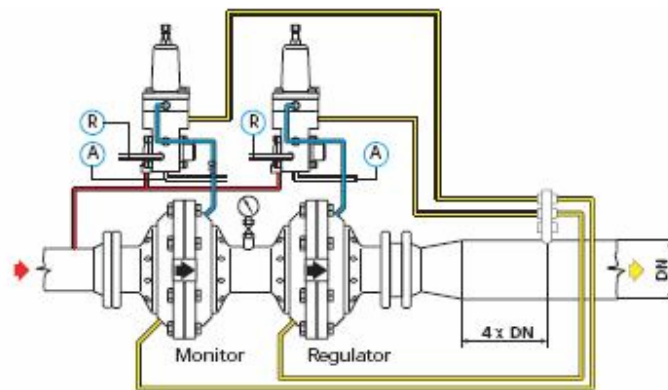
Se recomienda utilizar en altas presiones (como en el caso de las estaciones "City Gate" de pequeñas poblaciones), con el fin de no descender con un solo regulador toda la presión, ya que esto ocasiona problemas, como altísimo ruido y desgaste de las partes interiores del regulador, por exceso de velocidad del fluido, ya que en una sola etapa se alcanzaría velocidades sónicas. En los casos en que el gas pueda traer algo de humedad también se pueden presentar problemas de condensación de hidrocarburos o de agua o la formación de hidratos. También se logra un control bastante exacto de la presión de salida, puesto que el segundo regulador está protegido por el primero de las variaciones de la presión de entrada a la estación.

**3.5.2.3 Regulación monitora.** Consta de dos reguladores en serie, de los cuales uno trabaja (regulador o trabajador) mientras el otro (monitor) permanece totalmente abierto y entra en operación en forma automática cuando el trabajador

falla, gracias a que la presión de ajuste del regulador monitor es ligeramente mayor que la del regulador trabajador. (Ver Figura 6)

En este arreglo ambos reguladores tienen líneas sensoras, conectadas en la misma zona, aguas abajo de ambos reguladores.

**Figura 6. Regulación monitora**



La regulación monitora es segura ante la falla de un regulador, ya que el consumo sigue atendido y no se presentan variaciones significativas en la presión.

Aunque cualquiera de los dos reguladores puede ser el trabajador, se recomienda dejar al primero (el que recibe la presión de entrada a la estación) como monitor y al segundo como trabajador.

Si se instalan indicadores de presión entre los dos reguladores, se conoce si la operación es normal o si falló el trabajador y está regulando el monitor.

**3.5.2.4 Regulación en paralelo.** La regulación en paralelo se constituye cuando se instala cualquier tipo de regulación en dos o más trenes paralelos.

La regulación en paralelo se adopta para contar con mayor capacidad cuando no se dispone de reguladores que con un solo tren atiendan la demanda de gas; cuando se atienden consumos muy variables y que pueden ser servidos por un solo tren o varios, dependiendo de como aumente o se reduzca el consumo, o cuando se quiere contar con una regulación de emergencia para el caso de falla de la principal.

**3.5.2.5 Regulación por transferencia de mando (“override”).** Consiste básicamente en dos reguladores en serie, siendo el primero del tipo cargado por piloto y que se ajusta 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, estando el primero totalmente abierto. Si falla el regulador de salida, transfiere el control de la regulación al primer regulador

### **3.5.3 Congelamiento en los Reguladores**

La reducción de presión da como resultado una caída en la temperatura, debida a la expansión del gas. Para evitar el congelamiento de los reguladores, se deben tomar algunas precauciones. Como una regla general, la reducción de la presión a través de un regulador de gas ocasionará una caída de temperatura de 0.5°C

por cada barg (14.5 psi) de caída de presión. Si el gas natural contiene una cantidad excesiva de agua, se pueden formar hielo o hidratos en las áreas donde hay restricción, ocasionando taponamiento del regulador o de las tuberías. Sin embargo, es una práctica común que el gas proveniente de las líneas de transmisión sea un gas deshidratado. La deshidratación prácticamente elimina la posibilidad de tener agua libre para la formación de hidratos. El agua remanente de la prueba hidrostática también puede ocasionar problemas.

La formación de hidratos en los reguladores no es muy común, pero se recomienda mantener la temperatura del gas por encima de los 40°F, tal como aparece en el proyecto del Reglamento Único de Transporte (RUT).

#### **3.5.4 Ruido en los Reguladores**

Los estudios de nivel de ruido han indicado que, en una estación de regulación, el sonido es transmitido de las tuberías aguas abajo, particularmente en los cabezales de la parte de baja presión.

El uso de tuberías de paredes más gruesas, corriente abajo del regulador, disminuirán levemente la transmisión del ruido.

Se puede disminuir el nivel del ruido por medio de:

1. Diseño de la estación.
2. Uso de configuraciones especiales (“trims”) reductores de ruido en los orificios de los reguladores.
3. Uso de silenciadores de tubería.
4. Aislamiento de la tubería
5. Cerramiento de la estación en un edificio.

El balance apropiado entre demasiado ruido y un nivel aceptable de ruido tiene que determinarse antes de evaluar el mejor método para su reducción. La mayor parte de los códigos prescriben un máximo nivel de ruido de 85 a 90 decibeles, medido a una distancia de un metro del regulador.

### **3.5.5 Criterios básicos de diseño**

- Para la selección de un regulador de presión se debe tener en cuenta las facilidades de mantenimiento, instalación y operación.
- Exactitud en la presión de salida ante la variación de la presión de entrada.
- El regulador debe actuar como una válvula de control de flujo.
- Debe proporcionar cierre hermético en situaciones de sobrepresión.
- Control remoto con señal neumática o electrónica.
- El regulador debe permitir el ajuste de las condiciones operación.
- Máximo nivel de ruido de 90 dB.

### **3.5.6 Datos básicos de diseño reguladores de presión**

- Servicio: Gas Natural
- Composición: Lo especificado en las bases generales de diseño y cumplan la norma de calidad del gas a ser transportado por sistemas troncales.

- Tipo de Conexión  
ANSI – 600 – 300 - 150
  
- Presión de entrada de gas
  - Presión máxima operacional: 1200 psia
  - Presión mínima operacional: 300 psia
  - Presión Mínima Operacional en Gasoductos regionales PE: 100 psia
  
- Presión de salida o regulada
  - Caso 1:      Presión alta:      265 psia
  - Caso 2:      Presión baja:      60 psia
  
- Temperatura del gas
  - Temperatura mínima: - 5°C
  - Temperatura máxima: 40°C
  
- Capacidad de flujo volumétrico

De acuerdo con la capacidad máxima de cada tipo de estación.

### 3.5.7 Dimensionamiento de los reguladores

- Cálculo Base

Para dimensionar un regulador se debe calcular su coeficiente de regulación,  $C_G$  mediante las siguientes ecuaciones:

$$C_G = Q (G)^{1/2} / 25 (P_2 * \Delta P)^{1/2} * F \quad \text{Para } P_2 > P_1 / 2 \text{ (Flujo sub - critico)}$$

$$C_G = Q (G)^{1/2} / 12.5 * P_1 * F \quad \text{Para } P_2 < P_1 / 2 \text{ (Flujo critico)}$$

Donde:

Q= Flujo en m<sup>3</sup>/hr. (Condiciones estándar: 15.5 °C / 1013 bar)

$C_G$ = Coeficiente de regulación

P1= Presión de entrada (bar<sub>a</sub>)

P2= Presión de salida (bar<sub>a</sub>)

$\Delta P$ = Presión diferencial ( $P_1 - P_2$ )

G= Gravedad específica del gas

F= Factor de dimensionamiento seco de características del regulador (se usa para diseño 0.7)

El  $C_G$  determina el diámetro del regulador a utilizar, el proveedor del equipo o fase del equipo que se ajusta al  $C_G$  calculado por cada tipo estación.

La Tabla 13 utiliza los criterios de Caudal máximo, Presión de entrada máxima y Presión regulada, para la selección de la Válvula reguladora. Para ver la totalidad de tablas según el porcentaje de restricción y el ANSI ver anexo 3.

**Tabla 13. Tabla de selección de Válvula reguladora axial**

600 SERIES 2R10 (10%) AXIAL FLOW VALVE CAPACITY TABLE - ISA METHOD - (mscfh)  
 Valve Coefficient, Cv Gas - .60 Specific Gravity Base pressure- 14.73 psig Base Temperature - 60 Deg. F  
 Cv = 6.0 Fp = 1.00 Fg = 1.291 Xt = 0.700 Fk = 0.929

Inlet Pressure psig	OUTLET PRESSURE - psig															
	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
100	28.5	27.2														
150	40.9	40.8	35.4													
200	53.3	53.3	51.5													
250	65.8	65.8	65.3	48.0												
300	78.2	78.2	78.1	68.6												
350	90.6	90.6	90.6	85.3	58.0											
400	103	103	103	100	82.4											
450	115	115	115	114	102	66.5										
500	128	128	128	127	119	94.4										
550	140	140	140	140	134	116	74.1									
600	153	153	153	153	149	135	105									
650	165	165	165	165	163	152	129	81.0								
700	178	178	178	178	176	168	150	115								
750	190	190	190	190	189	183	168	141	87.3							
800	202	202	202	202	202	197	185	163	124							
850	215	215	215	215	215	211	201	183	152	93.2						
900	227	227	227	227	227	225	217	201	175	132						
950	240	240	240	240	240	238	232	218	197	162	98.8					
1000	252	252	252	252	252	251	246	235	216	187	140					
1050	265	265	265	265	265	264	260	250	234	210	171	104				
1100	277	277	277	277	277	274	274	266	252	230	198	147				
1150	289	289	289	289	289	289	287	280	268	250	222	180	109			
1200	302	302	302	302	302	302	300	294	284	268	244	208	154			
1250	314	314	314	314	314	314	313	308	299	285	264	233	189	114		
1300	327	327	327	327	327	327	326	322	314	302	283	256	218	161		
1350	339	339	339	339	339	339	339	336	329	318	301	277	244	197	118	
1400	351	351	351	351	351	351	351	349	343	333	318	297	268	228	167	
1450	364	364	364	364	364	364	364	362	357	348	335	316	290	255	205	123
1480	371	371	371	371	371	371	371	370	365	357	345	327	303	270	225	155

### 3.6 MEDIDORES DE GAS

#### 3.6.1. Generalidades

En el control operacional ninguna variable es más importante para el proceso que el flujo. La medición de flujo es esencial en todas las fases del manejo del gas, incluyendo la producción, el procesamiento y en especial en la contratación de transporte y producto. Una medición confiable y exacta del flujo de un fluido exige un conjunto de actividades de ingeniería que involucran , en primer lugar un entendimiento profundo del proceso a ser medido, después la selección del instrumento de medición, su instalación, la operación , el mantenimiento y la interpretación correcta de los resultados obtenidos. Un sistema de medición de gas debe considerarse globalmente como un conjunto integrado por el medidor, los tramos de tubería recta aguas arriba y aguas abajo. Este conjunto puede

incluir además acondicionadores de flujo, reguladores del perfil de velocidad, filtros, tomas de presión, entre otros.

Los medidores de gas son instrumentos de precisión de alta tecnología y disponibles de acuerdo a diferentes principios operacionales, tales como los tipo diferencial: platina de orificio, tipo lineal como son los tipo turbina, ultrasónico, rotatorio y tipo másico como el medidor Coriolis.

Al comparar varios métodos de medición de gas, factores tales como la exactitud y la rangeabilidad juegan un papel primordial en la selección del medidor apropiado. La relación de capacidad o rangeabilidad en los medidores garantizan su correcta operación a bajos flujos.

#### **3.6.1.1 Medidores de diafragma.**

Se usan para capacidades muy bajas, hasta  $=100 \text{ m}^3/\text{hora}$  (aprox. 85 KPCD). Para grandes flujos y altas presiones llegan a ser demasiado caros y voluminosos. Tienen gran relación de capacidades ("rangeability"), mayor de 150:1, arranque a bajo flujo y requieren muy poco mantenimiento. (Ver Figura 7)

**Figura 7. Medidor de Diafragma**



Su desventaja, para ser usado en las estaciones de medición, radica en la dificultad para su manejo por el tamaño voluminoso, máxima presión de trabajo limitada y relativamente alta caída de presión a través del medidor.

Están disponibles en capacidades desde 2.5 m<sup>3</sup>/hora hasta 250 m<sup>3</sup>/hora (2.12 - 212 KPCD). Debido a su tamaño pequeño a bajas capacidades, se usa ampliamente en instalaciones domésticas y en pequeñas industrias.

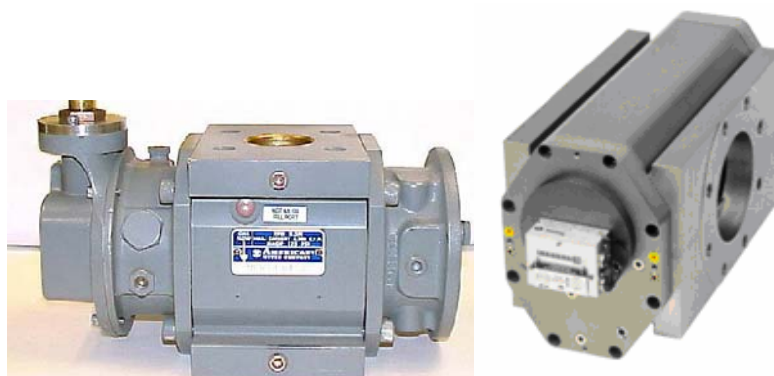
Sin embargo, para uso industrial, por encima de 65 m<sup>3</sup>/hora (55 KPCD), se recomienda ampliamente el uso de medidores rotatorios.

Los medidores de diafragma son casi siempre suministrados con conexiones roscadas, aunque a veces pueden venir con bridas.

### 3.6.1.2 Medidores rotatorios

Los medidores rotatorios (Figura 8) se usan para capacidades más altas, hasta 400 m<sup>3</sup>/hora (339 KPCD).

**Figura 8. Medidores Rotatorios**



Dependiendo del tamaño, su relación de capacidades ("rangeability"), puede llegar a ser hasta 150:1.

La máxima presión de trabajo, para cuerpos en aleaciones de aluminio, es de 16 bar (232 psia). El flujo de arranque, dependiendo del tamaño, puede ir de 0.0050 a 0.400 m<sup>3</sup>/hora.

Sus principales ventajas son: tamaño pequeño, cuando trabaja a presiones más altas, comparado con un medidor de diafragma de la misma capacidad, una relación de capacidades ("rangeability") más alta, comparado con un medidor de turbina o con un medidor de orificio; es casi insensible a los disturbios de flujo aguas arriba, de tal manera que se pueden instalar virtualmente en cualquier configuración de tubería, sin pérdida de precisión.

Su desventaja radica en que requieren frecuente lubricación (aunque se están desarrollando modelos en que la lubricación casi se ha eliminado); son sensibles al flujo pulsante, el cual le ocasiona desgaste prematuro y hasta ruptura del sistema de medición: además, es muy sensible al gas sucio. El medidor puede ocasionar resonancia en las tuberías periféricas.

Su principal desventaja (que algunos consideran una ventaja) es que puede bloquear el flujo cuando falla el medidor. Sin embargo, algunos fabricantes producen versiones libres de bloqueo.

Los medidores rotatorios, en general, se deben instalar en conexiones *libres de estrés*, puesto que las partes móviles tienen unas tolerancias muy pequeñas.

### 3.6.1.3 Medidores de turbina.

Tienen un amplio uso en las estaciones de medición y regulación, sobre todo en los países europeos. (Ver Figura 9).

**Figura 9. Medidores de Turbina**



La relación de capacidades ("rangeability"), es de alrededor de 3.5:1 cuando se prueba con aire a presión atmosférica. Sin embargo, esta relación se incrementa con la presión, llegando a valores hasta de 200:1.

En cuanto a su presión de trabajo, las hay hasta de ANSI 900 libras (2160 psig), en tamaño desde 2" hasta 30".

Sus principales ventajas radican en la facilidad de instalación, continuidad en el suministro de gas en caso de falla del medidor, poco mantenimiento y diseño compacto.

Sus desventajas son: no hay indicación inmediata en caso de falla del medidor, los flujos pulsantes incrementan la inexactitud del medidor, debido a sobre-velocidad; requiere cierto tramo de tubería recta aguas arriba para que tenga alta precisión y tiene una menor relación de capacidades ("rangeability") que los medidores rotatorios. Los medidores de turbina no pueden manejar flujos que

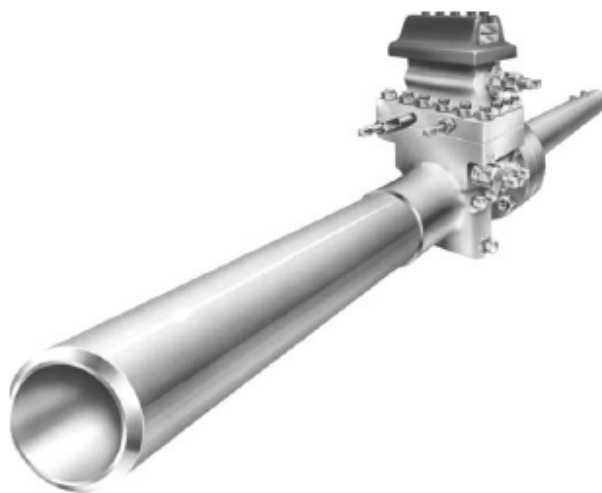
caigan a cero (pulsantes), de manera que no se pueden usar para operaciones pulsantes ("on/off"). Adicionalmente, sus rotores pueden verse seriamente afectados por el gas sucio, por lo que se recomienda el uso de filtros aguas arriba de este medidor.

#### **3.6.1.4 Medidores de orificio.**

Son ampliamente usados en aquellos casos en los que se manejan grandes volúmenes de gas, con tasas de flujo relativamente constantes.

Sus ventajas son: bajo costo, sencillez, no tiene partes móviles, por lo que tiene menores costos de mantenimiento Su funcionamiento y principio de operación son ampliamente conocidos; es menos afectado por los fluidos sucios que un medidor de turbina, de diafragma o rotatorio; su rango de medición se puede variar fácilmente, mediante el cambio de la platina de orificio. (Ver Figura 10).

**Figura 10. Medidor de Platina Orificio**

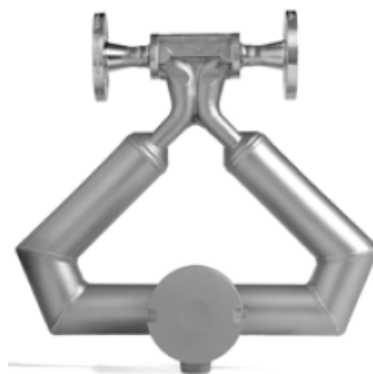


Sus principales desventajas son: baja relación de capacidades ("rangeability"), para un diámetro de orificio dado, la cual es de 3.5:1 cuando se usa una celda de presión diferencial o de 10:1 cuando se usan dos (aunque esto se puede obviar parcialmente con el cambio de platina); alta pérdida permanente de presión; requiere grandes longitudes de tubería recta, especialmente aguas arriba del medidor; su exactitud es afectada por los flujos pulsantes.

### **3.6.1.5 Medidores Tipo Coriolis**

Los medidores de coriolis (Figura 11) están tomando gran importancia en el uso del gas natural por su bajo costo de mantenimiento, no poseen partes móviles, medición lineal y calibración estable.

**Figura 11. Medidor Tipo Coriolis**



El medidor tipo Coriolis determina la rata de flujo másico de una corriente de gas a partir de la fuerza de Coriolis. Este flujo másico requiere conversión a unidades de volumen base o estándar cuando así lo exige la parte contractual. El medidor puede ser utilizado en aplicaciones bidireccionales. Para convertir las unidades

de masa a volumen es necesario conocer la composición del gas a fin de determinar la densidad. La presión y temperatura del sistema no son necesarias para convertir el flujo a unidades de volumen.

Ventajas: Su rangeabilidad brinda la posibilidad de medición en momentos en que el caudal es mínimo que no nos ofrece otro medidor como el tipo turbina. Esta condición se hace necesaria sobre todo en los consumos iniciales de Gasoductos. Así mismo la precisión de la medición es una función del caudal del fluido independiente de la temperatura de operación, presión y composición del Gas.

### **3.6.2 Criterios básicos de diseños**

- El gas natural debe estar libre de polvos, arenas y otros solidos para evitar una operación incorrecta del medidor.
- El medidor seleccionado debe cumplir las especificaciones requeridas en la transferencia de custodia.
- El sistema de medición debe incluir un sistema de calibración capaz de llevar al sistema de medición hasta niveles de exactitud que generen errores por debajo del 0.5%.
- La rangeabilidad del medidor debe garantizar duraciones menores al 5% a baja rata de flujo.
- En la instalación del medidor se deben cumplir las exigencias del fabricante para garantizar su correcta operación.

- La diferencial de presión a través del medidor debe ser bajas a las diferentes ratas de flujo
- La capacidad del medidor esta directamente proporcionada con la presión del gas a medir, lo que determina su dimensionamiento.
- El medidor debe proporcionar confiabilidad mecánica y de medición.

### **3.6.3. Datos básicos de diseño de Medidores**

- Servicio: Gas Natural
- Composición: Lo especificado en las bases generales de diseño y cumplan la norma de calidad del gas a ser transportado por sistemas troncales.
- Tipo de Conexión  
ANSI – 150 – 300 - 600
- Presión de entrada de gas Troncal
  - Presión máxima operacional: 1200 psia
  - Presión mínima operacional: 300 psia
- Presión de entrada de gas Gasoductos Regionales
  - Presión operacional caso 1: 265 psia
  - Presión operacional caso 2: 60 psia

- Capacidad de flujo volumétrico

De acuerdo a la capacidad máxima de cada tipo de estación.

- Instalación

El medidor será instalado en posición horizontal y debe facilitar su conexión al computador de flujo

### 3.6.4 Dimensionamiento de los medidores

- Verificación de Capacidad de Flujo

La verificación a condiciones de operación de la capacidad del medidor se calcula aplicando la Ley General de los Gases a saber:

$$Q_a = \frac{(Q_{st} * P_{st}) * (T + 273.15)}{(T_{st} + 273.15) * (P_{min} + P_{atm})}$$

Donde:

Qa = Tasa de flujo Volumétrica a condiciones de operación M<sup>3</sup>/h (PCS/hr)

Qst = Tasa de flujo Volumétrica a condiciones estándar, M<sup>3</sup>S/h (PCS/hr)

Pst = Presión a condiciones estándar, 1.013 bar (14.7 psia)

Tst = Temperatura a condiciones estándar, 15.5 °C (60 °F)

Pmin = Presión Mínima de entrada al medidor, bar (psia)

Patm = Presión Atmosférica, 1.03 bar (14.65 psia)

T = Temperatura a las condiciones de operación, °C (°F)

Qa = ?

Con el Valor de Qa hallamos la Clasificación G para de acuerdo a la Tabla 14, para proceder a su selección según catálogos (Ver catálogos anexos).

**Tabla 14. Clasificación G para medidores**

<b>Q<sub>max</sub> actual m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Clasificación G</b>
2,5	G 1,6
4	G 2,5
6	G 4
10	G 6
16	G 10
25	G 16
40	G 25
65	G 40
100	G 65
160	G 100
250	G 160
400	G 250
650	G 400
1.000	G 650
1.600	G 1000
2.500	G 1600
4.000	G 2500
6.500	G 4000
10.000	G 6500
16.000	G 10000
25.000	G 16000
40.000	G 25000

### 3.6.5 Inspección y Pruebas

El proveedor del medidor debe certificar las pruebas de calibraciones realizadas en fábrica al medidor con el fin de determinar las características de su

desempeño. El error limite será de 1% para ratas de flujo entre  $Q_{\min.}$  y  $0.20 Q_{\max.}$  y 0.5% de error entre  $0.20 Q_{\max.}$  y  $Q_{\max.}$

### **3.7. SISTEMA DE RELEVO DE PRESIÓN**

#### **3.7.1. Generalidades**

Las válvulas de alivio de presión están diseñadas para proteger los equipos y la estación de entrega de altas presiones ocasionadas por fallas operacionales o mecánicas.

Las válvulas de alivio de presión pueden ser de capacidad total o limitada. La primera de ellas se diseña para descargar el flujo total de la estación, en caso de falla en el regulador. Para los casos donde se desea operar a unas condiciones cercanas a la máxima presión permisible, entonces se debe usar una válvula de alivio operada con piloto, puesto que ellas abren completamente para evitar un incremento posterior de la presión en la línea.

Cuando una válvula de capacidad total es operada con resorte se requiere un incremento adicional en la presión de la línea para poder abrir la válvula completamente contra el resorte.

Las válvulas de alivio de capacidad limitada relevan sólo el 10% de la rata de flujo máxima de la estación. Estas válvulas se instalan aguas abajo el regulador para descargar cualquier incremento de presión en la línea en caso de que haya un pequeño pase en el regulador, después que se alcance la presión de cierre.

El punto de ajuste de esta válvula está entre la presión de cierre del regulador y la máxima presión de ajuste de la válvula de cierre rápido por alta presión. Esta

válvula de alivio proporciona un pequeño descargue de gas a una condición de cero flujo, en caso de que haya pequeño pase a través del orificio del regulador, esto se hace con el fin de prevenir que se cierre la válvula de corte por alta presión, al igual que los aumentos de presión debidos al incremento de temperatura ambiental.

La mayor parte de las válvulas de alivio en las estaciones de entregas son de capacidad limitada para reducir la cantidad de gas descargado a la atmósfera, siendo venteado en un punto elevado y en lugar donde el gas se difunda con facilidad.

### **3.7.2. Criterios de diseño**

- En las estaciones de entrega se utilizan válvulas de alivio de capacidad limitadas.
- Los puntos de venteo deben ser localizados en campo abierto donde se facilita su difusión y se evitan los riesgos sobre arcos poblados
- Las válvulas serán del tipo fuelle de presión balanceada o convencional.

### **3.7.3. Bases técnicas de diseño**

- Servicio: Gas Natural
- Composición: Lo especificado en las bases generales de diseño y cumplan la norma de calidad del gas a ser transportado por sistemas troncales.

- Tipo de Conexión
  - Válvula de alivio en el equipo de filtración: ANSI – 600 – 300 - 150
  - Válvula de alivio aguas abajo del regulador: ANSI – 600 - 300 - 150

- Capacidad de relevo

El 10% de la capacidad máxima estipulado por cada uno de los tipos de estaciones de entrega.

- Presión de relevo
  - Equipo de Filtración: 1440 psia
  - Equipos aguas abajo del regulador: Caso 1 (Alta Presión): 280 psia  
Caso 2 (Baja Presión): 80 psia

- Temperatura del gas
  - Temperatura mínima: -5 C
  - Temperatura máxima: 40 C

#### **3.7.4. Dimensionamiento de las válvulas de alivio**

Antes de iniciar el cálculo de dimensionamiento de las válvulas es necesario definir la categoría general de la válvula es seleccionar, es decir especificar el tipo de válvula a saber: convencional o balanceada con resorte.

Capacidad de relevo: 10% de la rata de flujo máxima para cada tipo de estación.

Ecuación para tipo convencional (contrapresión menor al 10% de la presión de ajuste) y balanceado (contrapresión mayor al 10% de la presión de ajuste)

$$A = V * (G)^{1/2} * (T)^{1/2} * (Z)^{1/2} / 1.175 * C * K_d * P * K_b$$

Donde: V = Capacidad de relevo, PCSM

A = Área de orificio requerido, pulgadas<sup>2</sup>

G = Gravedad específica del gas - O.G -

T = Temperatura del gas °R (°F+460) → 530 °R (70 °F)

Z = Factor de compresibilidad 0.96 (75 psia)  
(265 psia)

C = Constante de flujo del gas -Tablas

K<sub>d</sub>= Coeficiente de descarga; para gas natural 0.953

P = Presión de relevo, psia

K<sub>b</sub>= Factor de corrección de flujo a contra presión constante

Con la ecuación anterior se calcula el área de orificio de la válvula de alivio cuando la variación de la contra presión (back pressure) excede el 10% de la presión de ajuste de la válvula.

Con base en el área calculada del orificio, la presión de ajuste y la temperatura, se selecciona la válvula en los catálogos que suministra el fabricante.

En la tabla 15 se determina el área del orificio de las válvulas de alivio de capacidad limitada (10%) localizados en el filtro y aguas abajo del regulador.

Presión del relevo en el filtro: 1440 psia.

Presión de relevo de aguas abajo del regulador:

Caso 1: Alta presión: 265 psia.

Caso 2: Baja presión: 60 psia.

**Tabla 15. Área del orificio de las válvulas de alivio de capacidad limitada (10%)**

Tipo de Estación	Rata de Relevo PCSM	Presión de Relevo Psia	Área de Orificio Pulg <sup>2</sup>	Diámetro del Orificio (Pulg)
I (0-300)	20.8	1440	0.000707	0.04
		280	0.00364	0.09
		80	0.01274	0.17
II (300-600)	41.6	1440	0.001414	0.056
		280	0.00728	0.128
		80	0.02548	0.24
III (600-1000)	70.0	1440	0.00235	0.0727
		280	0.0121	0.165
		80	0.0424	0.308
IV (1000-2000)	140.0	1440	0.00471	0.103
		280	0.0243	0.234
		80	0.085	0.437
V (2000-5000)	350	1440	0.01175	0.162
		280	0.605	0.369
		80	0.212	0.69
VI (5000-10000)	700	1440	0.0235	0.23
		280	0.121	0.52
		80	0.424	0.976
VI (10000-15000)	1050	1440	0.03525	0.27
		280	0.1815	0.64
		80	0.637	1.20

## **3.8 SISTEMA DE CALENTAMIENTO**

### **3.8.1 Generalidades**

La reducción de presión da como resultado una caída de la temperatura debido a la expansión del gas. Para evitar la formación de condensados de hidrocarburo, se debe calentar el gas a una temperatura que impida la formación de estos líquidos. Como una regla general, la reducción de la presión a través de un regulador de gas ocasiona una caída de temperatura de 0.5° C por cada bar (14.5 psi) de caída de presión. Si el gas natural contiene agua libre se forman los hidratos por efecto de la baja temperatura ocasionando taponamientos en el regulador y en las tuberías. El calentamiento del gas, aguas arriba del regulador por medio de un equipo de transferencias de calor, evitara los anteriores inconvenientes.

De acuerdo a la capacidad de flujo a manejar, la diferencial de presión a controlar en el regulador y las temperaturas del gas se puede determinar el requerimiento de calor para garantizar un óptimo manejo de gas en la estación de entrega.

Para las estaciones de entrega de gas se puede considerar los siguientes tipos de calentadores a saber:

- Eléctricos
- Calentador de fuego indirecto alimentado con gas como combustible.
- Celdas combustibles alimentados con gas.

La selección del tipo de calentador a utilizar depende del "duty" del equipo, pues a bajas necesidades de calentamiento el equipo eléctrico es el más conveniente. El punto de decisión del uso de eléctrico a calentador de fuego indirecto solo obedece a evaluación económica y disponibilidad de energía.

### **3.8.2 Criterios Básicos de Diseño**

- El calentador debe suministrar al gas el calor necesario para evitar la formación de condensados e hidratos.
- Los códigos y normas a ser aplicados en un diseño del sistema de calentamiento será el ASME Sección 8 Div 1 y NFPA, API-665 y API-630.
- El sistema de calentamiento es opcional ya que su uso solo depende de las condiciones operacionales del sistema.
- La capacidad térmica del calentador esta directamente relacionada con la capacidad de flujo volumétrico a manejar en la estación.

### **3.8.3 Datos Básicos de Diseño**

- Calentadores eléctricos.
  - Servicio: Gas natural.
  - Capacidad: De acuerdo a la capacidad de cada tipo de estación.
  - Presión: De acuerdo al sistema
  - Conexiones: ANSI – 600 – 300 - 150
  - Montaje: El equipo ira instalado en una unidad paquete con un panel de control para su operación automática.
  - Seguridad en su operación: Debe poseer sistemas de control para evitar riesgos en el manejo de gas y facilitar una temperatura del gas dentro del rango permisible de 60°F y 80°F.

- Calentadores de fuego Indirecto
  - Servicios: Calentamiento de gas natural utilizando agua u otro fluido como medio de intercambio de calor.
  - Capacidad : La capacidad esta directamente relacionado alto flujo de gas a manejar en la estación y a las variables operacionales de presión y temperatura.
  - Combustible : Gas natural
  - Tipo de equipo: Unidad de paquete con suministro de todos los elementos requeridos para una operación segura y eficiente.
  - Conexión: Bridas de convención ANSI-600 – 300 - 150 para el gas y las determinadas por el equipo para el medio de calentamiento.
  - Sistema de Control: Debe garantizar el control de temperatura del gas en un rango entre 60°F y 80°F.
  
- Celdas Combustible

En los últimos años se ha venido desarrollando nuevas tecnologías para sistemas de calentamiento utilizando el principio de los celdas combustibles alimentados un gas natural, por lo que es importante analizar esta alternativa y establecer una evaluación que determine la conveniencia de su uso. Al igual que los anteriores calentadores vienen en unidades de paquete con operación automática no asistida.

### **3.8.4 Dimensionamiento de los calentadores**

- Datos de diseño

Temperatura mínima de entrada del gas: 5 °C (35 °F)

Temperatura máxima del gas:	27 °C (80 °F)
Presión máxima a la entrada del regulador:	82 bara (1200 psia)
Presión mínima de regulación:	5.2 bara (75 psia)
Diferencial de temperatura máxima debido a la expansión:	38 °C
Temperatura de salida del calentador:	43 °C (135 °F)
Presión mínima de operación del calentador:	20 bara (300 psia)

- Dimensionamiento

Calor al gas = Entalpía @ 135 °F - Entalpía @ 35 °F

De las gráficas de entalpía del GPSA (Natural Gas Processors Suppliers Assoc) se tiene:

- Entalpía @ 135 F = 192 btu / lb
- Entalpía @ 35 F = btu / lb
- Calor a entregar el gas @ btu / lb = 39btu / lb
- Temperatura promedio del gas en el calentador =  $(135 \text{ °F} + 35 \text{ °F}) / 2 = 85 \text{ °F}$

En la Tabla 16 se muestra los requerimientos energéticos netos a entregar al gas a condiciones de operación por parte del calentador en BTU/hr

**Tabla 16. Requerimientos energéticos netos a entregar al gas por parte del calentador**

Tipo de Estación	Flujo Máximo @ Cond.Op. PCH	Duty Btu/hr.
Tipo I 0-300	736	28.704
Tipo II 300-600	1472	57.408
Tipo III 600-1000	2453	95.680
Tipo IV 1000-2000	4906	191.360
Tipo V 2000-5000	12267	478.400
Tipo VI 5000-10000	24530	956.800
Tipo VII 10000-15000	36800	1435.200

Así mismo la figura 12 muestra como se pueden disponer o hacer arreglos de calentadores para lograr el “Duty” necesario. Se debe tener en cuenta que los calentadores del tipo catalítico tienen una eficiencia del 50%.

**Figura 12. Arreglo modelo para montaje de Calentadores Catalíticos**



## **3.9. SISTEMAS DE ODORIZACION**

### **3.9.1 Generalidades**

El gas natural es completamente inodoro. Por esta razón, el gas que se va a distribuir en redes para consumo doméstico se le debe agregar un odorizante para que le imparta un olor nauseabundo que permita en casos de fuga y escape ser detectado cuando todavía no haya alcanzado su límite inferior de inflamabilidad.

El límite de inflamabilidad inferior para el gas natural es del 5% de concentración en aire, el odorizador permite detectarlo cuando su concentración en el aire sea del 1%. Existen varios tipos de odorizadores, de mayor a menor complejidad y de varias capacidades, tales como by-pass, gotas e inyección.

- **Tipos de odorizadores**

El odorizador debe poder introducir el odorizante al gas sin una variación amplia en el nivel de odorización

Existen varios tipos de odorizadores, de mayor o menor complejidad y de varias capacidades. El más común es el de tipo "by-pass", que opera autónomamente, sin partes o piezas mecánicas, por lo que es muy confiable.

- **Odorizador Tipo By-pass**

Este odorizador se instala en el "by-pass" de una válvula de la estación parcialmente cerrada o de una platina de orificio. La presión diferencial creada

por la restricción en la línea principal se usa para producir un flujo de gas a través del odorizador, el cual es proporcional al flujo sobre la línea principal. La uniformidad de la odorización depende de que se mantenga la proporción establecida, a través de un amplio rango de las condiciones de flujo de la línea principal. Esto se logra mediante la instalación de una válvula de precisión en la línea de "by-pass", aguas arriba del odorizador.

Esta válvula de precisión y la restricción en la línea principal crean la condición de dos orificios en paralelo, ocasionando que el flujo de gas a través del "by-pass" permanezca proporcional a las variaciones de flujo en la línea principal. Los cambios en la presión de la línea se pueden compensar fácilmente, mediante un simple ajuste de la válvula.

El gas entra a la parte superior del tanque y se pone en contacto con la superficie del odorizante, efectuándose una absorción inicial. Antes de dejar el odorizador, se efectúa una absorción completa, ya que la corriente de gas es forzada a pasar a través del espacio anular comprendido entre una mecha saturada con odorizante y el tubo de salida. La mecha se extiende desde el fondo del odorizador hasta la conexión de salida; de esta forma, siempre está saturada con el odorizante, por efecto de la capilaridad.

El odorizador tiene, además, un flotador, conectado mediante medio magnético a una carátula externa que indica el contenido de mercaptano líquido en el tanque, útil para programar sus operaciones de llenado y conocer la cantidad de odorizante entregada a la red.

- Odorizador de mecha

En el cual, por capilaridad a través de una mecha que conecta un recipiente con odorizante, se lleva el odorizante a un "by-pass" controlado con un orificio o una

válvula restrictora. Normalmente es de tamaño pequeño y se emplea en aplicaciones rurales.

- Odorizador de Burbujeo

En el cual una parte muy pequeña de la corriente de gas pasa por un "by-pass" controlado por una restricción y entra por el fondo de un tanque con odorizante, circula en forma de burbujas en el odorizante y sale odorizado por la parte superior del tanque.

- Odorizador de Goteo

Usa la presión diferencial del gas a través de una platina de orificio o válvula parcialmente cerrada, para obligar al odorizante líquido a entrar al sistema.

- Odorizador de Bomba

Aprovecha el flujo del gas para accionar una espiral que mueve una bomba para inyectar el odorizante al flujo de gas.

- Odorizador de Medidor y Bomba

Mediante la medición del flujo de gas regula el caudal de una bomba de inyección de odorizante. La medición del gas se realiza por un orificio o tubo Pitot. La señal de la medición se emplea, bien para ajustar la velocidad de la bomba mediante un control electrónico o bien para regular la longitud del recorrido del pistón de la bomba. Así se logra siempre que el contenido de odorizante en la corriente del gas sea totalmente estable.

- Odorizador de Inyección

Los odorizantes más modernos controlan electrónicamente la dosificación del odorizante.

### **3.9.2 Criterios básicos para selección del odorizador**

- Aplicación de códigos y normas. Los códigos y normas a ser aplicados en el diseño, suministro y fabricación de los equipos de odorización serán el ASME sección VIII, división uno, ANSI B 31.8 y ANSI B 16.5
- El sistema de odorización sólo se aplicará en casos de entrega de gas natural para uso doméstico. Para uso industrial o generación eléctrica no se requiere equipo de odorización.
- La capacidad del odorizador está directamente relacionada con la velocidad volumétrica del flujo de gas a odorizar.
- Los cambios de presión en el sistema deben afectar mínimamente el proceso de odorización.
- El suministro de odorizante debe obedecer a concentraciones en el gas que faciliten la detección de fugas o escapes de gas.
- El odorizador según el tipo a utilizar debe disponer de las siguientes facilidades:
  - Válvula de llenado
  - Tapa de cobertura

- Tubos de entrada y salida de gas para el tipo by-pass y bomba dosificadora para el tipo inyección.
  - Válvula de corte
  - Válvula de restricción de flujo de gas al odorizador
  - Sistema de absorción para tipo by-pass
  - Indicador de nivel
  - Capacidad volumétrica suficiente para almacenar el odorizante
- La composición y propiedades del gas natural determinan el tipo de odorizante a utilizar.
- El odorizante seleccionado debe ser especificado de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas a saber: rango de ebullición, peso molecular, densidad, punto de nube, presión de vapor, contenido de mercaptano, contenido de azufre, corrosión a la lámina de cobre, solubilidad en agua, punto de inflamación y análisis composicional.
- Forma de suministro del odorizante por parte del proveedor: tambores, cilindros; a granel.

### **3.9.3 Datos básicos de diseño**

- Servicio: Gas Natural
- Composición: Libre de mercaptanos, humedad y condensados de hidrocarburo. El gas natural debe estar libre de mercaptanos.
- Presión de entrada de gas

#### Sistema al consumidor

- Presión máxima operacional (Caso alta presión): 265 psia
- Presión mínima operacional (Caso baja presión): 60 psia
  
- Temperatura del gas
  - Temperatura mínima: -5°C
  - Temperatura máxima: 40°C
  
- Concentración del odorizante

1.0 libras de odorizante por un millón de pies cúbicos estándar de gas.

#### **3.9.4. Dimensionamiento sistema de odorización**

Para el dimensionamiento de los sistemas de odorización se muestra la Tabla 17 que de acuerdo a la capacidad de la estación establece el consumo del odorizante y la unidad de odorización.

**Tabla 17. Dimensionamiento sistema de odorización**

<b>Estación de Entrega</b>	<b>Flujo Volumétrico PCSD</b>	<b>Consumo de Odorizante<sup>2</sup></b>	<b>Unidad de Odorización<sup>1</sup></b>
0 - 300.000	300.000	0.162	14.58
300.000 - 600.000	600.000	0.324	29.16
600.000 - 1.000.000	1.000.000	0.54	48.6
1.000.000 - 2.000.000	2.000.000	1.08	97.2
2.000.000 - 5.000.000	5.000.000	2.70	243
5.000.000 - 10.000.000	10.000.000	5.40	486
> 10.000.000	15.000.000	8.10	729

1. (Litros) El dimensionamiento de la unidad esta basado en la capacidad de almacenado del odorizante para un consumo de 90 días de operación continua.
2. (Litros/día) La densidad del odorizante se considera de 7.8 lb/gal.

### **3.10 SISTEMA DE PROTECCION**

#### **3.10.1 Generalidades.**

Las estaciones de entrega deben ser protegidas del medio externo para garantizar la seguridad y correcta operación de los equipos.

#### **3.10.2. Conexión a tierra.**

Con el fin de drenar cualquier energía estática acumulada debido al sistema eléctrico de la estación o a un incorrecto funcionamiento de la instrumentación se debe instalar una conexión a tierra, mediante una malla de cobre alrededor de la estación o en varillas de conexión a tierra, dependiendo de las condiciones de terreno. Si se utilizan varillas deben ser de acero con un recubrimiento de cobre

electrolito para un diámetro mínimo de  $\frac{3}{4}$ ". Si se usa malla, este debe ser un cable de cobre pelado y con la debida protección contra la corrosión.

La resistencia desde el corrector electrónico de volumen y la turbina de gas hasta tierra debe ser de 10 ohmios, como máximo.

Es importante tener en cuenta que desviaciones en la medición puede ser provocado la existencia de corrientes parásitas en la estación, situación que es poco tenida en cuenta cuando se evalúa las posibles desviaciones detectadas en la operación de los medidores de gas.

El diseño de puesta a tierra deberá ser adelantado con base en las recomendaciones de las normas NACE y ANSI y se basará en la resistibilidad del terreno.

### **3.10.3 Aislamiento con el sistema externo.**

Cuando una estación es conectada a un sistema de transporte que posee protección catódica, ya sea por línea de recibo o de entrega se debe aislar la estación mediante el uso de empaques o bridas de aislamiento.

### **3.10.4 Sistema de pararrayos.**

En todas las estaciones deben instalarse un conjunto de pararrayos debidamente conectados a la tierra. Los materiales como la instalación deben obedecer a normas y códigos NACE y ASME.

### **3.10.5. Sistema de alumbrado.**

Teniendo en cuenta que las estaciones de entrega en este caso son no atendidas el sistema de alumbrado a instalar debe ser sencillo y eficiente, con sensores de encendido automático.

### **3.10.6 Encerramiento de la estación.**

Cada estación debe estar rodeada con una cerca construida en malla ciclónica de alambres recubiertos de PVC, como soporte se utiliza tubería galvanizada y terminación con alambre púas en la parte superior. La malla debe tener una altura mínima de 2,4 metros y su anclaje será en concreto.

El encerramiento se debe conectar a tierra y poseer una puerta de acceso con seguridad en su manejo.

### **3.10.7. Sistema de contraincendio.**

Como protección contra incendios en una estación de entrega no asistida, se debe disponer de 3 extintores de polvo químico seco colocados en lugares visibles en la estación.

### **3.10.8. Venteo de gases de relevo**

Para facilitar el desalojo seguro de los gases de relevo conectadas a las válvulas de alivio y al drenaje del filtro se instala un venteo de mínimo de 4 metros de altura localizado en sitio donde, previa evaluación de las direcciones del viento, garantiza una operación segura y exenta a riesgos de terceros.

El venteo consiste en una tubería de 6 “de diámetro soportada a tierra con bases metálicas y concreto, y en su parte inferior se debe instalar un drenaje para evacuar los posibles líquidos que sean arrastrados con las corrientes de gas natural.

## **4. TRAMPAS DE ENVÍO Y RECIBO DE RASPADORES**

Las Trampas de Envío y recibo de son dispositivos utilizados para fines de envío o recibo de Raspadores de inspección o limpieza interna del ducto. Se Instalan trampas de Raspadores según se considere necesario para una eficiente operación y mantenimiento del ducto. Para el diseño de la trampa se deben cumplir las dimensiones, materiales y el arreglo indicados.

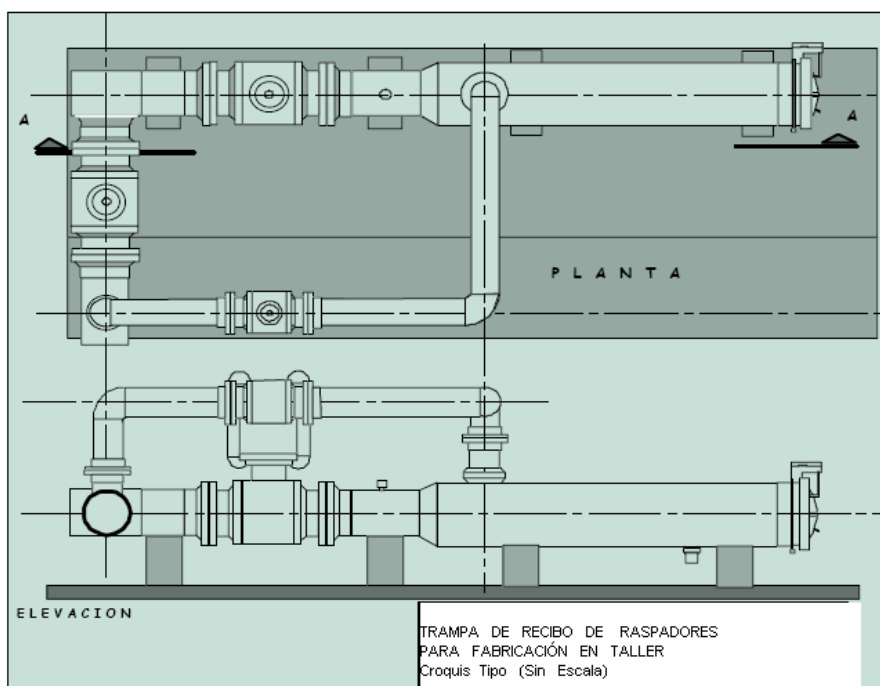
### **4.1 GENERALIDADES**

Todas las trampas de Raspadores deben quedar con anclajes y soportes adecuados para evitar que se transmitan esfuerzos originados por la expansión y contracción de la tubería, a las instalaciones y equipos conectados.

La trampa de Raspadores y sus componentes preferentemente deben probarse simultáneamente con la tubería de transporte y bajo las mismas condiciones. (Ver Figura 13)

El lanzador/receptor para trampa de envío y/o recibo de Raspadores, debe ser completamente fabricado, inspeccionado y probado hidrostáticamente en taller, con la opción de montarse desde el sitio de su fabricación sobre un patín estructural ó en mochetas de soporte de concreto en el sitio de instalación definitiva, conforme se solicite, así mismo debe ser seccionable para facilitar en taller su embarque y traslado al sitio de localización definitiva.

**Figura 13. Partes o componentes de Unidad Paquete de Recibo**



NOTA:

1. Cubeta o barril con tapa abisagrada y boquillas o preparaciones necesarias para igualar presión, drenar e instalar toda la instrumentación de este recipiente.
2. Sección o carrete de conducción (con una válvula esférica (# 1) para bloqueo).
3. Sección o carrete de derivación (con una válvula esférica (# 2) para bloqueo).
4. Igualador de presión o ducto de pateo (con una válvula esférica (# 3) para bloqueo).
5. Dren o purga (con una válvula esférica (# 4) para bloqueo).
6. Actuadores para las válvulas principales (#1) y (# 2).
7. Instrumentación básica (presión, temperatura e indicador de paso de diablos).
8. Dispositivo para alivio de sobrepresión (válvula relevo, seguridad o disco de ruptura).
9. Patín estructural de soporte (cuando se solicite).
10. Abrazaderas/correderas para mochetas soporte (cuando se soliciten).

## 4.2 DIMENSIONAMIENTO

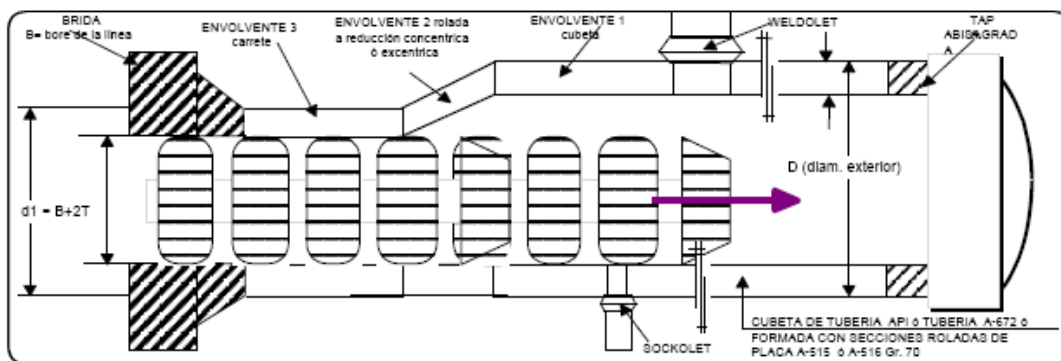
Los planos anexos muestran las dimensiones, materiales y características de algunas trampas ejemplo.

En el Anexo 2 las figuras D2 y D3 presentan los esquemas de la trampa de diablo de envío y de recibo respectivamente de acuerdo a la Normativa de PEMEX.

Las dimensiones necesarias mostradas en estas figuras se presentan en las Tablas D1 a D4 del Anexo 2, las cuales están de acuerdo al diámetro del ducto y al tipo de contenido que transporta.

En la Figura 14 se muestra un croquis para el diseño del barril de la trampa de Raspadores a base de tubería ASTM A-672 CL. 30, GR. 70 o placa A-516 GR. 70 o equivalentes. En la Tabla 18 se indican las dimensiones correspondientes.

**Figura 14. Croquis para el diseño del barril de la trampa de Raspadores**



**OBSERVACIONES:**

DISEÑO Y FABRICACION DE ACUERDO ASME SECCION VIII Y IX, LAS UNIONES TANGENCIALES Y CIRCUNFERENCIALES ENTRE PLACAS SOLDADAS PARA FORMAR LA CUBETA, REDUCCION Y EL CARRETE Ó DUCTO DE TRANSICION DEBEN RADIOGRAFIARSE AL 100%, IGUAL PARA LAS UNIONES SOLDADAS ENTRE TUBO Y BRIDA PRINCIPAL DEL BARRILETE ASI COMO LAS DE ACOPLAMIENTO DE LAS DIVERSAS VALVULAS Y DERIVACIONES DEL PAQUETE, ASI COMO LA TAPA ABISAGRADA. LOS ELEMENTOS SOLDADOS (WELDOLETS, SOCKOLETS, BOQUILLAS , MEDIOS COPLES, ETC. ) PARA BOQUILLAS Y DERIVACIONES SE DINESBPEERCACNIO NAR POR ULTRASONIDO EN SU TOTALIDAD .

**MATERIALES:**

ENVOLVENTES 1, 2 Y 3 .-A BASE DE TUBERIA API IGUAL A LA DE LA LINEA, O COMO ALTERNATIVA TUBERIA ASTM-A-672 GRADO B70 Ó C70 Ó PLACA A-515 Ó A-516 EN GRADO 70 AMBAS, ROLADA A FORMAR LAS ENVOLVENTES NECESARIAS.  
BRIDAS Y CONEXIONES PARA DERIVACION .- FORJA DE ACERO EN ASTM-A694 Ó ASTM-A707 EN GRADO F DE ACUERDO A LA RESISTENCIA DE LA TUBERIA  
CONDUCTORA, ASTM-A105 Ó ASTM-A350 GRADO LF2 NORMALIZADOS.  
TUBERIA PARA NIPLERIA O CARRETES EN RAMALES Y/Ó BOQUILLAS .- ASTM A106 GR. B NORMALIZADA,  
TAPA ABISAGRADA .- EL ACERO AL CARBON FORJADO O TUBERIA QUE SE UTILICE PARA LA FABRICACION DE CUBO Y YUGOS, DEBERA SER DE ALTO GRADO EN LIMITE ELASTICO (HIGH YIELD) Y DE TOTAL COMPATIBILIDAD PARA SOLDARSE A TUBERIA (BARRIL Ó CUBETA Ó BY-PASS) API STD 5L PARA SERVICIO  
AMARGO O NO, DE ACUERDO A NORMAS NRF-001 O 002; LAS FORJAS ASTM-A694 Ó A707 SON LAS APROPIADAS, EN SEGUNDA INSTANCIA SE PUEDEN USAR LOS ACEROS FORJADOS A-105, Ó A350 GR. LF2 CUANDO LAS ENVOLVENTES SEAN DE PLACA A-515 Ó A516.

**Tabla 18. Dimensiones Barril Trampa de Raspadores**

P diseño Kg/cm2	P diseño Psi	D ext. cubeta Pulg.	T calc. Pulg.	T calc + corr Pulg.	T comercial Pulg. cubeta, reducción y carrete	
60	853	6	0.143	0.268	0.312	5/16
70	995	6	0.166	0.291	0.312	5/16
80	1138	6	0.189	0.314	0.375	3/8
90	1280	6	0.212	0.337	0.375	3/8
100	1422	6	0.235	0.360	0.375	3/8
60	853	8	0.190	0.315	0.375	3/8
70	995	8	0.221	0.346	0.375	3/8
80	1138	8	0.252	0.377	0.438	7/16
90	1280	8	0.283	0.408	0.438	7/16
100	1422	8	0.313	0.438	0.438	7/16
60	853	10	0.238	0.363	0.375	3/8
70	995	10	0.277	0.402	0.438	7/16
80	1138	10	0.315	0.440	0.438	7/16
90	1280	10	0.353	0.478	0.500	½
100	1422	10	0.391	0.516	0.562	9/16
60	853	12	0.285	0.410	0.438	7/16
70	995	12	0.332	0.457	0.500	½
80	1138	12	0.378	0.503	0.500	½
90	1280	12	0.424	0.549	0.562	9/16
100	1422	12	0.470	0.595	0.625	5/8
60	853	14	0.333	0.458	0.500	½
70	995	14	0.387	0.512	0.562	9/16
80	1138	14	0.441	0.566	0.625	5/8
90	1280	14	0.495	0.620	0.625	5/8
100	1422	14	0.548	0.673	0.688	11/16
60	853	16	0.380	0.505	0.562	9/16
70	995	16	0.442	0.567	0.625	5/8
80	1138	16	0.504	0.629	0.688	11/16
90	1280	16	0.565	0.690	0.750	¾
100	1422	16	0.626	0.751	0.750	¾
60	853	18	0.428	0.553	0.562	9/16
70	995	18	0.498	0.623	0.625	5/8
80	1138	18	0.567	0.692	0.750	¾
90	1280	18	0.636	0.761	0.875	7/8
100	1422	18	0.704	0.829	0.875	7/8
60	853	20	0.476	0.601	0.625	5/8
70	995	20	0.553	0.678	0.688	11/16
80	1138	20	0.630	0.755	0.875	7/8
90	1280	20	0.707	0.832	0.875	7/8
100	1422	20	0.783	0.908	1.000	1
60	853	24	0.571	0.696	0.625	5/8
70	995	24	0.664	0.789	0.875	7/8
80	1138	24	0.756	0.881	1.000	1
90	1280	24	0.848	0.973	1.000	1
100	1422	24	0.939	1.064	1.125	1 1/8

ESPEJOR PARA TUBO ASTM-672 GRADO B70 Ó C70 Ó PLACA ROLADA ASTM-515 Ó ASTM-516 GRADO 70

P diseño Kg/cm2	P diseño Psi	D ext. cubeta Pulg.	T calc. Pulg.	T calc + corr Pulg.	T comercial Pulg. cubeta, reducción y carrete	
60	853	30	0.713	0.838	0.875	7/8
70	995	30	0.830	0.955	1.000	1
80	1138	30	0.945	1.070	1.125	1
90	1280	30	1.060	1.185	1.250	1 1/8
100	1422	30	1.174	1.299	1.375	1 3/8
60	853	36	0.856	0.981	1.000	1
70	995	36	0.996	1.121	1.125	1 1/8
80	1138	36	1.134	1.259	1.375	1 3/8
90	1280	36	1.272	1.397	1.500	1 ½
100	1422	36	1.409	1.534	1.625	1 5/8
60	853	42	0.999	1.124	1.125	1 1/8
70	995	42	1.161	1.286	1.375	1 3/8
80	1138	42	1.323	1.448	1.500	1 ½
90	1280	42	1.484	1.609	1.625	1 5/8
100	1422	42	1.644	1.769	1.875	1 7/8
60	853	48	1.141	1.266	1.375	1 3/8
70	995	48	1.327	1.452	1.500	1 ½
80	1138	48	1.512	1.637	1.750	1 ¾
90	1280	48	1.696	1.821	1.875	1 7/8
100	1422	48	1.878	2.003	2.000	2
60	853	52	1.236	1.361	1.375	1 3/8
70	995	52	1.438	1.563	1.625	1 5/8
80	1138	52	1.638	1.763	1.875	1 7/8
90	1280	52	1.837	1.962	2.000	2
100	1422	52	2.035	2.160	2.250	2 ¼

ESPEJOR PARA TUBO ASTM-672 GRADO B70 Ó C70 Ó PLACA ROLADA ASTM-515 Ó ASTM-516 GRADO 70

NOTA: Para ver a detalle las características de los componentes que integran un lanzador o receptor de diablos, se deben consultar las hojas de datos técnicos de cada material, de las especificaciones generales de tubería y materiales para ductos de recolección, transporte e instalaciones terrestres desarrolladas en la Gerencia de Coordinación Técnica Operativa de la Región Sur (Subgerencia de Ingeniería y construcción).

## 5. EJEMPLOS DE ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

### 5.1 ESPECIFICACIONES TRAMPAS DE ENVÍO Y RECIBO DE RASPADORES

- **Objeto**

La presente especificación tiene el objeto de definir los parámetros técnicos mínimos en el diseño, fabricación, pruebas, suministro y montaje de Trampas de Raspadores, incluyendo sus válvulas principales, indicador de paso del raspador, válvula de alivio, venteo, indicadores de presión, drenaje y tapa de entrada, de acuerdo con los códigos y normas aplicables.

- **Alcance**

Los trabajos a realizar por el fabricante de la trampa de raspadores incluye lo siguiente:

- Diseño detallado del suministro.
- Selección y suministro de tuberías, válvulas y accesorios.
- Fabricación de la trampa.
- Suministro e instalación de manómetros, válvula de seguridad, indicador/interruptor de Paso de Raspadores, venteo y drenaje.
- Control de calidad de acuerdo con el plan de inspecciones y pruebas aprobado LA INTERVENTORÍA.
- La limpieza, pintura y recubrimiento de las tuberías y estructuras. El marcado e identificación del paquete.
- Documentación asociada.

- Garantía.
- Repuestos.

- **Estándares**

El diseño y fabricación de la trampa se ceñirá a las siguientes normas:

- American National Standard Institute (ANSI)/American Society of Mechanical Engineers (ASME) B.31.8, B 16.5, B 16.9, B 16.11, B 16.21, B 16.34.
- Manufactures Standarization Society (MSS): SP-44, SP-75, SP-25, SP-95.
- American Society for Testing & Materials (ASTM): A 105, A860, A106, A234,
- American Petroleum Institute (API) : 5L, 6D, 1104, 500, 600, 602.
- Steel Structures Painting Council (SSPC) : SP-6 y SP-10.
- Piping Class

- **Criterios de diseño**

La Información sobre el fluido a manejar y las características de diseño se encuentra en el documento: “Ingeniería de Proceso”

- **Condiciones especiales del suministro**

- Generalidades

La tubería, accesorios, bridas, válvulas y otros componentes, entregados por el proveedor, deberán ser nuevos y se ajustarán a la especificación del material y a las normas mencionadas.

Las estructuras de acero deben ser nuevas y ajustarse al ASME A 36, Standard Specification for Structural Steel. Los tornillos, tuercas y arandelas deben ajustarse al material especificado.

El fabricante entregará planos para comentarios y aprobación de acuerdo al documento "DOCUMENTACIÓN EXIGIDA" adjunto a la Requisición de Materiales correspondiente.

El conjunto de cada trampa deberá entregarse totalmente ensamblado.

Las dimensiones del barril de la trampa deben estar de acuerdo con los planos que se anexan.

Cada trampa se suministrará con una señal de tipo visual para indicación de paso del raspador, con reposicionador manual, para ser instalada en la tubería.

Las tees del "By-Pass" serán del tipo "Scraper Bar Tee" para permitir el paso de los raspadores y tendrán rejillas para evitar que el raspador se atravesara.

- **Tapa de la trampa**

*Requerimiento de Operación y Fabricación*

El conjunto de la tapa debe incluir los dos componentes de cierre: la cabeza y el cuello soldable.

- Entre la cabeza y el cuello deberá existir un sello "O-Ring" de material adecuado para el contacto con gas de las características y propiedades relacionadas en el documento de Ingeniería del Proceso.

- El sello deberá tener un sistema (o ranura) de autoretención y superficie de asiento que permita abrir y cerrar la tapa sin necesidad de manipular el sello.
- El diseño deberá ser sencillo, liviano, de pocos componentes y de fácil instalación, operación y mantenimiento.
- El diseño de la tapa debe ser de apertura y cierre rápido.
- La tapa deberá ser del tipo “Clamp Ring Closure” de operación manual equipada con un mecanismo de seguridad para alertar al operario de la existencia de presión interna antes de ser abierta. Estas mismas tapas tendrán un mecanismo tipo “Davit” o bisagra para operación horizontal.
- El diseño de las tapas debe garantizar que la operación de apriete y aflojamiento se pueda realizar manualmente aún cuando la tapa se encuentre bloqueada por el poco uso o incrustaciones de sólidos a través del tiempo; o en su defecto podrá tener un mecanismo de operación con herramienta manual no especializada de consecución estándar tal como una llave, pinza, destornillador o martillo. De cualquier forma, el diseño debe garantizar que las piezas no sufran daño al realizar esta operación.
- El diseño debe garantizar que el procedimiento de cambio o reposición de piezas en operaciones de mantenimiento, tal como el cambio de sello o cualquier otra recomendada por el fabricante, pueda realizarse en campo con herramienta manual no especializada. Para tal efecto, el fabricante debe incluir en su oferta un programa de mantenimiento especificando qué operaciones de mantenimiento deben realizarse regularmente y qué operaciones de reparación o cambio se deben realizar. Igualmente incluir en la oferta la cotización de los repuestos que se requieren para dos años de operación.
- La tapa deberá tener estampe ASME para una presión de diseño de 1440 psia y una temperatura de 100 °F.

### Materiales

Los materiales usados en la fabricación de las tapas deberán ser acero al carbón, nuevo y en cumplimiento con los códigos y normas mencionadas en este documento.

Empaques "O-Ring" deberán ser de un material adecuado, resistente al gas a manejar.

Los accesorios para soldar serán de acuerdo con ANSI B 16.9 última edición. El proveedor deberá indicar en su oferta los materiales de las tapas de las trampas y estará sujetos a la aprobación de LA INTERVENTORIA.

### Identificación

Cada tapa será marcada en forma indeleble o sobrepuesta firmemente con una placa que la identifique plenamente y que contendrá la siguiente información en idioma español:

- Nombre del fabricante
- Número de Identificación (Tag Number)
- Año de producción
- Diámetro nominal de la línea y del barril
- Presión de operación.

Igualmente cada componente deberá incluir un número o la información mínima necesaria que se requiera para identificación plena de sus características, con el cual el comprador pueda en un futuro cotizar o hacer la orden de compra de un elemento exactamente igual.

- Tuberías y accesorios
  - Los materiales de tuberías, válvulas y accesorios cumplirán con el Piping Class, con las siguientes salvedades:
  - Se empleará ASTM A 53 Gr B o ASTM A106 Gr B Seamless-butt weld salvo para el cuerpo de la trampa y para las líneas de entrada y salida, para las que deberá emplearse API-5L X 42. Los espesores serán calculados por el suministrador de acuerdo con el ASME B 31.8 para un factor de región igual a 3 y evitando que se generen deformaciones excesivas en las tuberías o esfuerzos sobre los soportes.
  - Los empaques serán espirometálicos
  - En las bridas de entrada y salida de la estación se instalarán Junta de aislamiento Pikotec.
  - Las Válvulas de diámetro  $\frac{3}{4}$ ", 1" y mayores serán de Bola.

- Fabricación

Todo el proceso de fabricación debe ser efectuado por el SUMINISTRADOR, siguiendo el plan de calidad propuesto.

LA INTERVENTORÍA podrá verificar la existencia de procedimientos, la calificación del personal que participe y la utilización de equipos y herramientas apropiados.

El montaje de tuberías, las pruebas, la pintura, el montaje de instrumentos y demás labores de fabricación, deberán efectuarse de acuerdo con las especificaciones anexas y las normas correspondientes.

- Estructura Metálica

Los soportes de tubería deberán fabricarse en acero ASTM A36 y bajo lo establecido por las normas S 326 del AISC y S 302.

Las soldaduras de elementos estructurales deberán cumplir con la norma AWS D1.1 (Structural Welding Code). Todas las soldaduras deben ser continuas y de un tamaño tal que supere la resistencia de los miembros que une.

Las pasarelas, plataformas, rampas, etc., deben satisfacer, los requerimientos de OSHA.

- **Inspección y Pruebas**

- Válvulas

Las pruebas de válvulas serán las establecidas por API 6D y el API 6F adicionando lo siguiente:

- Debe realizarse una prueba neumática de asientos (Air Seat Test) de acuerdo con el Anexo C del API 6D.

- Conjunto Ensamblado

En lo referente al conjunto ensamblado, deben considerarse las siguientes pruebas:

Prueba de Operación

La apertura de la tapa y el funcionamiento de los instrumentos deberán ser verificados una vez terminada la fabricación de la trampa.

Prueba Radiográfica

Todas las soldaduras en tubería de 2" nominal y mayores debe ser 100% inspeccionadas por radiografías y las menores de 2" se inspeccionaran con tintas penetrantes, aprobadas de acuerdo con el API 1104 o ASME Sección VIII, División 1.

#### Prueba Hidrostática

Todo ensamble de tuberías debe ser hidrostáticamente probado a 1100 psia mínimo por ocho horas. El fabricante debe notificar a LA INTERVENTORÍA al menos con tres (3) días de anticipación a la realización de la prueba, para que ésta pueda ser testificada, si así lo decide LA INTERVENTORÍA.

La presión y temperatura del agua de prueba debe ser continuamente registrada e incluida en el reporte de la prueba hidrostática. Todas las fugas y fallas deben ser reparadas y el ensamblaje probado nuevamente.

#### Prueba Neumática

Se debe realizar una prueba neumática al conjunto completo revisando con agua jabonosa cada una de las soldaduras, válvulas, empaques, instrumentos en busca de posibles fugas; la presión será de 100 PSI.

- **Limpieza y Pintura**

Las trampas de raspadores se instalarán a la intemperie, según se puede encontrar en el documento "Ingeniería del proceso" (Características del lugar).

- **Documentación**

Los dibujos de fabricación serán sometidos a la aprobación de LA INTERVENTORÍA y se ajustarán a la Requisición de Material correspondiente.

- **Certificación de Fabricación**

El CONTRATISTA debe entregar un certificado, sellado por el fabricante, de conformidad con las Especificaciones y Estándares aplicables.

- **Garantía**

El CONTRATISTA debe garantizar el equipo libre de defectos por un período mínimo de un año después de que las pruebas de aceptación en sitio sean realizadas a satisfacción de LA INTERVENTORÍA.

## **5.2 MONTAJE TRAMPAS DE ENVÍO Y RECIBO DE RASPADORES**

- **Objetivo**

La presente especificación incluye el montaje y puesta en funcionamiento de las trampas de envío y de recibo de raspadores.

- **Alcance de los Trabajos**

Los trabajos a realizar por parte del CONTRATISTA se inician con desembalaje y revisión para detectar posibles averías, faltantes o desperfectos de los accesorios que conforman las trampas y en tal caso informar a LA INTERVENTORIA para su restitución o reparación; ensamblaje

de secciones o partes componentes que vengan separadas, el transporte de las trampas y sus componentes, desde el sitio de almacenamiento hasta el sitio de montaje, verificación de la ubicación (relativa a los ejes o coordenadas del proyecto), orientación y elevación; montaje del equipo de acuerdo con lo mostrado en los planos aprobados para construcción y según las instrucciones del fabricante; nivelación y alineación, antes, durante y después de conectar las tuberías a las trampas, incluyendo el suministro de calzas (shims) y de mortero de nivelación (grouting); fijación de las trampas; conexión a las tuberías o a otros equipos tal como se indique en los planos de construcción y finalmente la limpieza y puesta en marcha de las trampas.

La trampa de raspadores comprende los siguientes elementos:

- Barril con las boquillas de conexión.
- Tapa de tipo Clamp Ring Closure.
- Indicadores de Presión.
- Venteos.
- Drenaje
- Bypass
- Válvula de corte tipo Bola full bore
- Válvula de cierre súbito ESDV
- Bypass de la válvula ESDV
- Válvula de Bola instalada en el Bypass de la válvula ESDV.
- Bridas de empalme con el gasoducto
- Junta aislante Pikotec.
- Bypass para envío o recibo del raspador
- Válvula de bola paso reducido para el Bypass de la trampa
- Soportes metálicos adicionales para fijar los elementos de la trampa y el Bypass

Las dimensiones y medidas están indicadas en los planos de cada una de las trampas de envío y recibo.

- Información del fabricante

Es necesario que el CONTRATISTA obtenga toda la información para el montaje y la puesta en operación del sistema.

- Nivelación

#### Mortero de Nivelación

Antes de colocar el mortero de nivelación (Grouting), deberá colocarse alrededor de la base del equipo una formaleta de madera o metálica, para contener el mortero y darle forma a los bordes. El mortero deberá prepararse con un producto “Grouting” según las instrucciones del fabricante.

- Alistamiento del Equipo

El alistamiento de las trampas debe realizarse cumpliendo con la especificación correspondiente y el manual que deberá desarrollar EL CONTRATISTA para tal fin.

El alistamiento debe incluir la verificación de la limpieza de los accesorios, válvulas y tuberías; constatar la existencia y funcionamiento de los instrumentos, los cuales deben tener su protocolo de calibración correspondiente; revisar conexiones entre tuberías, válvulas y accesorios; ajustar los espárragos; finalmente las partes expuestas a la intemperie deben quedar libres de óxido y debidamente pintadas.

Al finalizar el alistamiento de todos los equipos, sistemas y obras que componen una estación o gasoducto se obtendrá la certificación mecánica correspondiente.

- Pruebas

Una vez finalizada la verificación de los requerimientos de alistamiento del equipo, se procederá a realizar las pruebas del mismo.

Para dichas pruebas con y/o sin carga, se requiere una verificación cuidadosa y esta será responsabilidad absoluta del CONTRATISTA quién por lo menos verificará lo siguiente:

- Sistema de medición y control.
- Presiones de entrada y salida de gas.
- Fugas de gas.
- Sentido de flujo correcto de cada equipo.
- Verificación de los equipos auxiliares.
- Comprobación del correcto funcionamiento de las válvulas de alivio, seguridad y otros sistemas de emergencia.

- **Puesta en marcha**

Ninguna instalación podrá ser alimentada con gas sin haber recibido certificación de terminación mecánica y pruebas.

- **Documentación**

Con base en las normas, requisitos y lineamientos que se encuentran en esta especificación, las instrucciones de preparación para el montaje, la instalación, operación y mantenimiento, dadas por el fabricante de los equipos, EL CONTRATISTA preparará y emitirá, los procedimientos de montaje, pruebas, puesta en marcha y los protocolos de terminación mecánica.

Emitiendo un reporte completo de la actividad en donde quedarán registradas todas las operaciones desarrolladas, los datos de alineamiento y desempeño de las trampas de envío o de recibo de raspadores.

- **Unidad de medida**

Su pago será por unidad (UN) de trampa debidamente montada sobre soportes metálicos, probada de acuerdo con estas especificaciones y con la aprobación de LA INTERVENTORÍA.

- **Forma de Pago**

El precio unitario debe incluir transporte, instalación, pintura, prueba hidrostática, equipos de construcción y combustible necesario, mano de obra y cualquier otro costo en que se incurra para la correcta ejecución de estas labores.

### **5.3 ESPECIFICACIONES PARA CITY GATE**

- **Objeto**

La presente especificación tiene el objeto de definir los parámetros técnicos mínimos en el diseño, fabricación, pruebas, suministro y montaje de Estaciones de entrega (City Gate), incluyendo sus reguladores, filtros, medidores, calentadores, y odorizadores, de acuerdo con los códigos y normas aplicables. La ubicación del City Gate debe estar de acuerdo con el numeral 4, de la norma NTC 3949.

- **Alcance**

Los trabajos a realizar por el fabricante de los City Gates incluye lo siguiente:

- Diseño detallado del suministro.
- Selección y suministro de tuberías, válvulas y accesorios.
- Fabricación del City Gate.
- Suministro e instalación de manómetros, válvulas, filtro, regulador, enderezador de flujo (donde sea necesario), medidor, empaques, espárragos, niples, copleing, etc.

- Control de calidad de acuerdo con el plan de inspecciones y pruebas aprobado por LA INTERVENTORÍA.
  - La limpieza, pintura y recubrimiento de las tuberías y estructuras. El marcado e identificación del paquete.
  - Documentación asociada.
  - Garantía.
  - Repuestos.
- **Estándares**

ASME B31.8	GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS
ASME B 31.3	PROCESS PIPING
ASME B 16.5	PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS
API 6D	SPECIFICATION FOR PIPELINE VALVES (GATE, PLUG, BALL, AND CHECK VALVES)
API 600	STEEL GATE VALVES – FLANGED AND BUTT – WELDING EDS, BOLTED AND PRESSURE SEAL BONNETS
NEC	NATIONAL ELECTRICAL CODE
AGA 2	DISPLACEMENT METERS AND INSTALLATION PRACTICES
AGA 3	ORIFICE METERS AND INSTALLATION PRACTICES
AGA 4	GAS TURBINE METERING AND INSTALLATION PRACTICES
AGA 9	DESING OF METER AND REGULATOR STATION
NTC 332	TUBERIA METALICA. ROSCAS PARA TUBERIAS DESTINADAS A PORPOSITOS GENERALES
NTC 1420	MANOMETROS DE TIPO BOURDON PARA USO INDUSTRIAL
NTC 2050	CODIGO ELECTRICO NACIONAL
NTC 2057	METALURGIA. CODIGO PARA CALIFICAR EL PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR Y LA HABILIDAD DEL SOLDADOR
NTC 3728	GASODUCTOS. LINEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCION DE GAS
NTC 3838	GASODUCTOS. PRESIONES DE OPERACIÓN PERMISIBLES PARA EL TRANSPORTE, DISTRIBUCION Y SUMINISTRO DE GASES COMBUSTIBLES
NTC 3949	GASODUCTOS. ESTACIONES DE REGULACION DE PRESION PARA LINEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE
NTC 4991	SOLDADURA DE LINEAS DE TUBERIA PARA TRANSPORTE DE GAS Y PETROLEO Y DE INSTALACIONES RELACIONADAS
ISA	INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA
NEC	NATIONAL ELECTRICAL CODE

- Criterios de Diseño

La Información sobre el fluido a manejar y las características de diseño se encuentra en el documento: "Ingeniería de Proceso".

- **Condiciones Especiales del Suministro**

- Generalidades

La tubería, accesorios, bridas, válvulas y otros componentes, entregados por el proveedor, deberán ser nuevos y se ajustarán a la especificación del material y a las normas mencionadas.

Las estructuras de acero deben ser nuevas y ajustarse al ASME A 36, Standard Specification for Structural Steel. Los tornillos, tuercas y arandelas deben ajustarse al material especificado.

El fabricante entregará planos para comentarios y aprobación de acuerdo al documento "DOCUMENTACIÓN EXIGIDA" adjunto a la Requisición de Materiales correspondiente.

El conjunto de cada City Gate deberá entregarse totalmente ensamblado.

- Filtro tipo canasta

El filtro deberá estar provisto de una tapa superior que permita retirar el elemento filtrante. Adicionalmente, deberá estar provisto de un manómetro

diferencial incorporado que permita detectar cuándo el filtro está tapado (clog detector).

El sistema de cierre de la tapa superior deberá ser por medio de espárragos o clamps que garanticen que no van a presentarse fugas de gas. El filtro deberá incluir una válvula de purga (bleed) para poder desalojar el gas y permitir el cambio del elemento filtrante y la limpieza interna del filtro.

La eficiencia de los filtros deberá ser tal que éstos permitan remover por lo menos el 95% en peso de todas las partículas sólidas presentes en el gas, serán de felpa y malla.

Los filtros deben tener conexiones bridadas y las bridas de los filtros deberán ser tipo Raised Face, ANSI para el caso de las instalaciones conectadas a la red de alta presión; para estaciones conectadas a la red polietileno la clase debe estar de acuerdo con las presiones de operación.

Las conexiones de purga, venteo y drenaje de los filtros serán dimensionadas según las recomendaciones del fabricante y deben estar unidas y llevadas al exterior de la caseta.

El filtro y sus componentes deben acreditar prueba de materiales y comportamiento debidamente certificados, al igual que las pruebas neumáticas e hidráulicas requeridas.

- Válvula Slam Shut Off

Las válvulas deben tener los siguientes criterios básicos de diseño así:

- Las válvulas de cierre automática son instaladas para suspender el flujo de gas en casos de alta y baja presión.
- Los dispositivos de seguridad de cierre rápido "Slam Shut Off" deberán ser del tipo fallo a cerrado (fail to close), con mecanismos de cierre accionados por resorte, diafragma o piloto.
- Los dispositivos "Slam Shut Off" deberán poseer un indicador de posición en la parte superior de los mismos.
- Los dispositivos de seguridad "Slam Shut Off" deberán ser de restauración (reset) manual, de modo tal que si éstos se cierran, sea necesaria la intervención de un operario. La restauración de los dispositivos de cierre rápido deberá poderse realizar manualmente, sin necesidad de desmontar el dispositivo de la línea o interrumpir el flujo de gas.
- No se permitirán dispositivos de seguridad de cierre rápido accionados eléctricamente por medio de solenoides, servomotores o sistemas similares.
- La imprecisión del mecanismo de cierre de los dispositivos de seguridad "Slam Shut Off" deberá ser inferior al 2% del valor de ajuste (set point) y deberá tener un tiempo máximo de respuesta inferior a 0,5 segundos.
- Los dispositivos Slam Shut Off instalados en las estaciones que están conectados a la línea de polietileno, deben cumplir con los mismos requisitos enunciados para los dispositivos que van conectados a la línea de acero, cumpliendo la clase ANSI para cada caso.

- Su localización debe ser aguas arriba del regulador.
- La señal al actuador debe estar conectada en la línea aguas abajo del regulador.
- El valor de corte por alta presión debe ser ligeramente superior al punto de control del regulador y muy por debajo de la presión del sistema troncal.
- Las válvulas de corte automático deben tener facilidades de reajustarse sus puntos de control de presión en el campo.
- El material de la válvula y sus partes internas debe ser certificado de acuerdo con las especificaciones solicitadas.

#### ○ Regulador

Para la construcción de los City Gate se utilizarán reguladores, de tipo regulación monitora, el cual consta de dos reguladores en serie, de los cuales uno trabaja (regulador o trabajador), mientras el otro (monitor) permanece totalmente abierto y entra en operación en forma automática cuando el trabajador falla, gracias a que la presión de ajuste del regulador monitor es ligeramente mayor que la del regulador trabajador.

En este arreglo ambos reguladores tienen líneas sensoras, conectadas en la misma zona, aguas debajo de ambos reguladores.

La regulación monitora es segura ante la falla de un regulador, ya que el consumo sigue atendido y no se presentan variaciones significativas en la presión.

Aunque cualquiera de los dos reguladores puede ser el trabajador, se recomienda dejar al primero (el que recibe la presión de entrada a la estación) como monitor y al segundo como trabajador.

Si se instalan indicadores de presión entre los dos reguladores, se conoce si la operación es normal o si falló el trabajador y esta regulando el monitor.

La precisión de los reguladores de presión deberá tener una variación máxima de  $\pm 2,5\%$  del valor de ajuste (set point) para todo el rango especificado de temperaturas de operación, capacidades y presiones de entrada.

Los cuerpos, las cámaras de los diafragmas y tornillos de los reguladores deben ser seleccionados teniendo en cuenta la máxima presión y las variaciones de temperatura bajo condiciones de falla.

Los reguladores de presión deberán ser directa o indirectamente autoaccionados. No se permitirán válvulas de control de presión o reguladores controlados por medio de sistemas eléctricos o electrónicos, servomotores o válvulas de control accionadas por medio de actuadores.

- Medidor

- Los medidores deben tener los siguientes criterios básicos de diseño así:

- Se utilizarán medidores tipo, rotativo, Coriolis o Turbina considerando, para su selección, presión de trabajo del medidor, flujo máximo, el flujo mínimo de operación y las precisiones de medición establecidas en la NTC 2826 "Disposiciones Generales para medidores de volumen de gas". Cualquier otro tipo de medidor debe cumplir con las normas técnicas colombianas, o en su defecto con estándares internacionales reconocidos.
- Para caudales entre 16 m<sup>3</sup>/h estándar y 160 m<sup>3</sup>/h estándar y presiones mayores de 0,5 barg ó cuyos diámetros de diseño sean menores o iguales a 3", se puede usar medidor rotatorio y todo lo relacionado con éste debe cumplir la NTC 4136 "Medidores de gas tipo rotatorio" y las indicadas por ésta para su fabricación, instalación y mantenimiento.
- Si el sistema de medición utiliza medidor tipo turbina o Coriolis, éste debe cumplir con las normas y recomendaciones establecidas por la American Gas Association (AGA), ISO (International Standard Organization), API (American Petroleum Institute), NFPA (National Fire Protection Association), o NTC (Normas Técnicas Colombianas) y las relacionadas por éstas para su fabricación, instalación y mantenimiento
- El gas natural debe estar libre de polvos, arenas y otros sólidos para evitar una operación incorrecta del medidor.
- El sistema de medición debe incluir un sistema de calibración capaz de llevar al sistema de medición hasta niveles de exactitud que generen errores por debajo del 0.5%.

- La rangeabilidad del medidor debe garantizar duraciones menores al 5% a baja rata de flujo.
- En la instalación del medidor se deben cumplir las exigencias del fabricante para garantizar su correcta operación.
- La diferencial de presión a través del medidor debe ser bajas a las diferentes ratas de flujo
- La capacidad del medidor esta directamente proporcionada con la presión del gas a medir, lo que determina su dimensionamiento.
- El medidor debe proporcionar confiabilidad mecánica y de medición.
- El proveedor del medidor debe certificar las pruebas de calibraciones realizadas en fábrica al medidor con el fin de determinar las características de su desempeño.

o Sistemas de Calentamiento

Esta etapa de calentamiento debe cumplir básicamente con la función de elevar la temperatura del gas entrante a la etapa de regulación para mitigar los efectos de la expansión subita que sufre el gas en dicha etapa (aumento de temperatura requerida 70 ° F)

Los calentadores deben tener los siguientes criterios básicos de diseño así:

- La reducción de la presión a través de un regulador de gas ocasiona una caída de temperatura que se calcula con fórmulas termodinámicas o aplicando como regla una caída de 0.5° C por cada bar (14.5 psi) de caída de presión, .
- El calentador debe suministrar al gas el calor necesario para evitar la formación de condensados e hidratos.
- Los códigos y normas a ser aplicados en un diseño del sistema de calentamiento será el ASME Sección 8 Div 1 y NFPA, API-665 y API-630.
- El sistema de calentamiento es opcional ya que su uso solo depende de las condiciones operacionales del sistema.
- La capacidad térmica del calentador esta directamente relacionada con la capacidad de flujo volumétrico a manejar en la estación.

o Odorizador

El gas natural es completamente inodoro. Por esta razón, el gas que se va a distribuir en redes para consumo doméstico se le debe agregar un odorizante para que le imparta un olor nauseabundo que permita en casos de fuga y escape ser detectado cuando todavía no haya alcanzado su límite inferior de inflamabilidad.

Los Odorizadores deben tener los siguientes criterios básicos de diseño así:

El límite de inflamabilidad inferior para el gas natural es del 5% de concentración en aire, el odorizador permite detectarlo cuando su concentración en el aire sea del 1%.

Los códigos y normas a ser aplicados en el diseño, suministro y fabricación de los equipos de odorización serán el ASME sección VIII, división uno, ANSI B 31.8 y ANSI B 16.5

El sistema de odorización sólo se aplicará en casos de entrega de gas natural para uso doméstico. Para uso industrial o generación eléctrica no se requiere equipo de odorización.

La capacidad del odorizador está directamente relacionada con la velocidad volumétrica del flujo de gas a odorizar.

Los cambios de presión en el sistema deben afectar en lo mínimo el proceso de odorización.

El suministro de odorizante debe obedecer a concentraciones en el gas que faciliten la detección de fugas o escapes de gas.

El odorizador según el tipo a utilizar debe disponer de las siguientes facilidades:

- Válvula de llenado
- Tapa de cobertura
- Tubos de entrada y salida de gas para el tipo by-pass
- Válvula de corte
- Válvula de restricción de flujo de gas al odorizador
- Sistema de absorción para tipo by-pass

- Indicador de nivel
  - Capacidad volumétrica suficiente para almacenar el odorizante
- Bridas

Para las estaciones de regulación que van instaladas en la línea de acero, las bridas deberán fabricarse en acero al carbono forjado, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la norma ASTM A-105, ANSI (Depende del diseño), cara levantada "Raised face", y dimensiones según la norma ANSI B 16.5. Las estaciones de regulación que van instaladas en la línea de polietileno deberán ser clase compatible con las presiones de operación. Ver "Piping Class"

- Accesorios de tubería

Todos los tipos de accesorios para tubería (codos, tees, reducciones, etc.), deberán fabricarse de acero al carbono forjado de acuerdo con los requerimientos establecidos en la norma ASTM A-234, grado WPB, de extremos biselados y dimensiones según la norma ANSI B16.9.

Todos los accesorios de tubería deberán ser fabricados, inspeccionados y probados de acuerdo con los requerimientos establecidos en la norma ASTM A-234. Como requerimientos suplementarios, el material para la fabricación de los elementos deberá someterse a análisis químico y a pruebas de tensión para verificar el cumplimiento de la norma. Ver "Piping Class"

- Válvulas de corte

Estas válvulas deberán ser de tipo bola, de cierre rápido mediante el giro en un cuarto de vuelta, de paso reducido antes de regulación, de entrada

horizontal, ANSI (Según el diseño). En general, deberán cumplir con los requerimientos establecidos en la norma API 6D y poseer el respectivo estampe. Ver “Piping Class”

- **Sistema de Protección**

Las estaciones de entrega deben ser protegidas del medio externo para garantizar la seguridad y correcta operación de los equipos.

#### Conexión a tierra

Con el fin de drenar cualquier energía estática acumulada debido al sistema eléctrico de la estación o a un incorrecto funcionamiento de la instrumentación se debe instalar una conexión a tierra, mediante una malla de cobre alrededor de la estación o en varillas de conexión a tierra, dependiendo de las condiciones de terreno.

El diseño de puesta a tierra deberá ser adelantado con base en las recomendaciones de las normas NACE y ANSI y se basará en la resistividad del terreno.

#### Juntas de Aislamiento

Las Estaciones estarán conectadas a un sistema de transporte que posee protección catódica, en cada uno de los extremos (Recibo y entrega), por este motivo se debe aislar mediante el uso de empaques o bridas de aislamiento.

### Sistema de pararrayos

En todas las estaciones deben instalarse un conjunto de pararrayos debidamente conectados a la tierra. Los materiales como la instalación deben obedecer a normas y códigos NACE y ASME .

### Limpieza y pintura

Los City Gates se instalarán a la intemperie remitirse a la especificación de pintura en “PROTECCION DE TUBERIA AEREA Y ESTRUCTURAS EN SUPERFICIE”.

#### • **Cerramiento de la estación**

Se construirán cercas con malla metálica eslabonada de alambre galvanizado calibre 10 y con huecos de 0,05 x 0,05 m, de acuerdo con los alineamientos y detalles indicados en los planos u ordenados por el interventor. El contratista someterá a la aprobación del interventor una muestra de la malla que se propone usar, antes de proceder a construir el cerramiento.

Los elementos de soporte de la malla serán tubos galvanizados de 2” de diámetro, de peso normal y espaciados cada 2.5 metros. Las diagonales o arriostros serán del mismo diámetro que el elemento de soporte utilizado; éstos se instalarán en todas las esquinas y cada 10 metros y a ambos lados del poste arriostros.

En la parte superior de la cerca se instalarán 3 hilos de alambre de púas galvanizado calibre 12,5, con púas de 4 puntas cada 0,10 m, con el espaciamiento indicado en el diseño y rígidamente templados.

En la parte superior e inferior de la cerca se instalarán alambres galvanizados calibre 10, que actuarán como tensores. La malla quedará suficientemente templada en ambas direcciones. Los amarres a los postes o tubos verticales y a los diagonales se harán de alambre galvanizado calibre 12 y se espaciarán entre sí a una distancia no mayor de 0,30 m. En los extremos de cada tramo de cerca, la malla se envolverá al tubo y se soldará a éste; los amarres también se soldarán al tubo. Después de estas soldaduras se aplicarán sobre ellas 2 capas de pintura anticorrosiva y 2 capas de pintura de aluminio.

La instalación de la malla no se hará antes de transcurridas 90 horas de colocado el concreto de los cimientos. Si en algún sitio de la cerca se daña el galvanizado, éste será reparado aplicándole al sitio dañado dos capas de pintura anticorrosiva y dos capas de pintura de aluminio.

La cimentación de los postes se construirá en bloques de concreto de 0,20m x 0,20m x 0,40m, sobre una fundación de concreto ciclópeo. La fundación se apoyará sobre terreno firme. Se usará concreto de 2500 PSI de resistencia última a la compresión a los 28 días, para cuya preparación y colocación se aplicarán las normas estipuladas en estas especificaciones.

En los sitios indicados en los planos o donde lo ordene el interventor, se construirán puertas de malla eslabonada calibre 8, con tubería de acero negro SCH 40, de 0,05 m de diámetro, con las dimensiones y detalles mostrados en los mismos.

La malla perimetral tendrá un muro de soporte conformado por tres hiladas de bloques de concreto. Para esto se usarán bloques de concreto de 0,20x0,20x0,40 m, de primera calidad, de textura fina y uniforme, sin terrones, rajaduras, hendiduras y otros defectos que afecten su durabilidad y resistencia. Los bloques cumplirán los requisitos exigidos en la norma NTC 247 y se pegarán con mortero de cemento y arena, mezcla 1:3 por volumen y con

impermeabilizantes SIKA-1 o similar, incorporado y dosificado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

- **Pruebas**

Una vez se encuentre el conjunto ensamblado, se debe someter a ensayos de esfuerzos y fugas antes de colocarse en servicio.

Todos los componentes de la estación de regulación deben tener protocolos de ensayos o en su defecto ensayarse. Montado el sistema debe hacerse un ensayo de detección de fugas.

#### Inspección de soldaduras

Todas las soldaduras en tubería de 2" nominal y mayores debe ser 100% inspeccionadas por radiografías y las menores de 2" se inspeccionaran con tintas penetrantes, aprobadas de acuerdo con el API 1104 o ASME Sección VIII, División 1.

#### Prueba Hidrostática

Todo ensamble de tuberías debe ser hidrostáticamente probado a 1100 psia mínimo por ocho horas. El fabricante debe notificar a LA INTERVENTORÍA al menos con tres (3) días de anticipación a la realización de la prueba, para que ésta pueda ser testificada, si así lo decide LA INTERVENTORÍA.

La presión y temperatura del agua de prueba debe ser continuamente registrada e incluida en el reporte de la prueba hidrostática. Todas las fugas y fallas deben ser reparadas y el ensamblaje probado nuevamente. Se debe colocar carta de registro de temperatura y presión, la cual debe ser firmada por LA INTERVENTORIA, manómetros y tomar registro en los protocolos de prueba hidrostática.

### Prueba Neumática

Se debe realizar una prueba neumática al conjunto completo revisando con agua jabonosa cada una de las soldaduras, válvulas, empaques, instrumentos en busca de posibles fugas; la presión será de 100 PSI.

- **Documentación**

Los dibujos de fabricación serán sometidos a la aprobación de LA INTERVENTORÍA y se ajustarán a la Requisición de Material correspondiente.

- **Certificación de Fabricación**

El CONTRATISTA debe entregar un certificado, sellado por el fabricante, de conformidad con las Especificaciones y Estándares aplicables.

- **Garantía**

El CONTRATISTA debe garantizar el equipo libre de defectos por un período mínimo de un año después de que las pruebas de aceptación en sitio sean realizadas a satisfacción de LA INTERVENTORÍA.

## **5.4 MONTAJE DE CITY GATES**

- **Objetivo**

La presente especificación incluye el montaje y puesta en funcionamiento de los City Gates.

- **Alcance de los Trabajos**

Los trabajos a realizar por parte del CONTRATISTA se inician con desembalaje y revisión para detectar posibles averías, faltantes o desperfectos de los accesorios que conforman los City Gates y en tal caso informar a LA INTERVENTORIA para su restitución o reparación; ensamblaje de secciones o partes componentes que vengan separadas, el transporte de las trampas y sus componentes, desde el sitio de almacenamiento hasta el sitio de montaje, verificación de la ubicación (relativa a los ejes o coordenadas del proyecto), orientación y elevación; montaje del equipo de acuerdo con lo mostrado en los planos aprobados para construcción y según las instrucciones del fabricante; nivelación y alineación, antes, durante y después de conectar las tuberías a las estaciones, incluyendo el suministro de calzas (shims) y de mortero de nivelación (grouting); fijación de las estaciones; conexión a las tuberías o a otros equipos tal como se indique en los planos de construcción y finalmente la limpieza y puesta en marcha de los City Gates.

Los City Gates comprende los siguientes elementos:

- Válvulas de Cierre
- Filtro
- Regulador
- Medidor y corrector
- Bypass
- Junta aislante Pikotec.
- Accesorios y tubería
- Soportes metálicos adicionales para fijar los elementos de la trampa y el Bypass

Las dimensiones y medidas están indicadas en los planos de cada uno de los City Gates.

### Información del Fabricante

Es necesario que el CONTRATISTA obtenga toda la información para el montaje y la puesta en operación del sistema.

### Nivelación

- *Mortero de Nivelación.*

Antes de colocar el mortero de nivelación (Grouting), deberá colocarse alrededor de la base del equipo una formaleta de madera o metálica, para contener el mortero y darle forma a los bordes. El mortero deberá prepararse con un producto "Grouting" según las instrucciones del fabricante.

### Alistamiento del Equipo

El alistamiento de las estaciones debe realizarse cumpliendo con la especificación correspondiente y el manual que deberá desarrollar EL CONTRATISTA para tal fin.

El alistamiento debe incluir la verificación de la limpieza de los accesorios, válvulas y tuberías; constatar la existencia y funcionamiento de los instrumentos, los cuales deben tener su protocolo de calibración correspondiente; revisar conexiones entre tuberías, válvulas y accesorios; ajustar los espárragos; finalmente las partes expuestas a la intemperie deben quedar libres de óxido y debidamente pintadas.

Al finalizar el alistamiento de todos los equipos, sistemas y obras que componen una estación o gasoducto se obtendrá la certificación mecánica correspondiente.

### Pruebas

Una vez finalizada la verificación de los requerimientos de alistamiento del equipo, se procederá a realizar las pruebas del mismo.

Para dichas pruebas con y/o sin carga, se requiere una verificación cuidadosa y esta será responsabilidad absoluta del CONTRATISTA quién por lo menos verificará lo siguiente:

- Sistema de medición y control.
- Presiones de entrada y salida de gas.
- Fugas de gas.
- Sentido de flujo correcto de cada equipo.
- Verificación de los equipos auxiliares.
- Comprobación del correcto funcionamiento de las válvulas de seguridad y otros sistemas de emergencia.

### *Puesta en Marcha*

Ninguna instalación podrá ser alimentada con gas sin haber recibido certificación de terminación mecánica y pruebas.

### *Documentación*

Con base en las normas, requisitos y lineamientos que se encuentran en esta especificación, las instrucciones de preparación para el montaje, la instalación, operación y mantenimiento, dadas por el fabricante de los equipos, EL CONTRATISTA preparará y emitirá, los procedimientos de montaje, pruebas, puesta en marcha y los protocolos de terminación mecánica.

Emitiendo un reporte completo de la actividad en donde quedarán registradas todas las operaciones desarrolladas, los datos de alineamiento y desempeño de las Estaciones.

- **Unidad de medida**

Su pago será por unidad (UN) de Estación debidamente montada sobre soportes metálicos, probada de acuerdo con estas especificaciones y con la aprobación de LA INTERVENTORÍA.

- **Forma de Pago**

El precio unitario debe incluir transporte, instalación, pintura, prueba hidrostática, equipos de construcción y combustible necesario, mano de obra y cualquier otro costo en que se incurra para la correcta ejecución de estas labores.

## **5.5 ESPECIFICACIONES PARA VALVULAS DE SECCIONAMIENTO DE EMERGENCIA ESDV**

- **Objeto**

Establecer el alcance y los requisitos técnicos de accesorios y materiales de las válvulas de bloqueo automático y paradas de emergencia (ESDV) que se instalarán en Estaciones de recibo y entrega de Gas Natural.

- **Notas Generales**

- El suministro debe ser acorde con Requisición de Materiales, las normas y códigos mencionados. Para los suministros no cubiertos por ninguna de las especificaciones, el proveedor deberá enviar a LA INTERVENTORIA copia de las normas propuestas para su aprobación.
- El proveedor es responsable por el diseño, la selección de materiales para construcción del equipo y por el desempeño del mismo.

- **Códigos y Normas para Condiciones Generales**

Los siguientes códigos y normas en su última revisión deben ser aplicados para el diseño, fabricación y suministro de las válvulas:

API SPC 6D Pipeline valves, end closures, connector and swivels

ANSI B16.5	Steel pipe flanges and Flanged fittings
ANSI B31.8	Gas transmission and distribution piping systems
MSS SP 44	Steel pipe line flanges
ANSI B 16.34	Valves - Flanged and Butt Welding Ends.
API 598	Valve Inspection and Testing.
API 607	Fire Safe.
API 6FA	Specification For Fire Test For Valves
ASTM A 105	Forgings, Carbon Steel, for Piping Components.
SSPC	Steel Structures Painting Council.

- **Condiciones del Lugar**

El proveedor deberá utilizar la información suministrada en el diseño, selección de materiales y equipos y construcción, para realizar las provisiones necesarias para la realización del trabajo.

En caso de conflicto en las presentes especificaciones, las especificaciones de los equipos y/o las "Data sheets" anexas, el proveedor tiene la responsabilidad de verificar con LA INTERVENTORÍA la información correcta.

El equipo será instalado en un ambiente tropical húmedo y EL CONTRATISTA verificará las condiciones para cada uno de los puntos tal como se indica en los planos de construcción.

Las válvulas serán utilizadas en instalación a la intemperie y por lo tanto deberán estar protegidas contra las condiciones ambientales descritas a excepción de las indicadas en planos para protección de línea que se instalaran en Bunker de protección.

- **Requerimientos Técnicos**

- Diseño

El diseño y manufactura de las válvulas de bloqueo a suministrar y de sus componentes deberá ser seguro y cumplir las normas de seguridad aplicables a este tipo de equipos, así mismo deberá permitir un fácil mantenimiento y operación.

La máxima presión diferencial para las válvulas será igual a la presión de diseño correspondiente a la Clase ANSI 600 indicada en la norma API 6D.

- Especificación Mecánica y Tubería

Todas las válvulas de bloqueo automático y parada de emergencia deberán ser nuevas y libres de defectos de materiales y construcción, deben ser adecuadas para la utilización con las características de gas suministradas y cumplir con los siguientes requisitos técnicos y de materiales:

Tipo de Válvula

Las válvulas serán de entrada lateral, deben llenar los requerimientos de la norma API 6D, serán de bola, Tipo trunnion, de paso completo (Full Bore) en el caso de válvulas de seccionamiento que se instalarán en las líneas principales que permitirán el paso de raspadores y de paso reducido (Reduced Bore) que se instalarán en la línea By – pass de las trampas de raspadores. Para su selección deberá remitirse al Data Sheet y al Piping Class.

Clase

Serán de clase ANSI 600 y ANSI 150 según se indica en la Requisición de Materiales.

### Cuerpo Y Tapa

El cuerpo y bonete deben ser en acero fundido ASTM A 216 Gr WCB.

### Internos

Vástago: S.S.316

Bola: S.S.316

Asientos: Teflón reforzado o Nylon

Los materiales mencionados son los mínimos aceptados, sin embargo, los materiales de los internos deberán ser seleccionados de manera que sean aptos para el manejo de gas natural.

Tipo de Bidas: Raised Face, Welding Neck, material ASTM A-105, Especificación ANSI B16.5.

Empaques: Espirometálicos en Válvulas ubicadas dentro de estaciones y Kit de aislamiento en Válvulas ubicadas en línea.

Espárragos / Pernos: ASTM A193 B7 / ASTM A194 2H

### Otras Características

- Sello hermético
- Doble bloqueo y purga
- Se debe poder reparar sin desconectar sus bridas
- Alivio de presión
- By - pass interno

- Deben cumplir con API RP 6F (Fired safe ball valves)
- El sello será del tipo suave, sin embargo existirá un sello metálico de respaldo que cree un sello metal - metal en caso de deterioro del sello suave por incendio.
- Los tanques de almacenamiento de gas de potencia deberán poseer estampe ASME, tendrán capacidad suficiente para dos carreras completas y dispondrán de válvula de retención (cheque), sistema de drenaje con válvula y válvula de alivio

#### Especificación del Actuador

El actuador de la válvula debe operar, apertura y cierre, utilizando como energía el gas de la línea. Debe prever para mantenimiento o como respaldo para el caso de caída súbita de presión un tanque de almacenamiento del gas, potenciador del líquido de la línea a la presión de operación, el cual se cargará por medio de una válvula cheque a la presión máxima que alcance el gasoducto. El principio es el de un operador autocontenido que utiliza gas, como fluido de potencia, sobre aceite a presión que mueve el actuador de la válvula y la cierra en caso de emergencia o rotura de la línea. El actuador será del tipo pistón y yugo.

#### Especificación de Instrumentos

El controlador del actuador debe ser del tipo Line Guard, con sistema de control microprocesado que posea las siguientes características:

- Monitoreo continuo de la presión a ambos lados de la válvula.
- Cerrar la válvula cuando la velocidad de pérdida de presión en la línea se exceda de un valor predeterminado, el cual deberá ser graduable entre 1 PSI/min a 100 PSI/min.
- Cerrar la válvula cuando la presión en la línea caiga por debajo de la presión mínima de ajuste después de un tiempo predeterminado.

- Cerrar la válvula en caso de parada de emergencia (Emergency Shut Down device), mediante señal local (con posibilidad de señal remota) de ESD.
- Memoria de registro de presión antes y después de un cierre, con capacidad de guardar mínimo 500 operaciones.
- Posibilidad para futura Conexión a una RTU de estación, por medio de una interfase RS-232c, para propósitos de supervisión, control y adquisición de datos.
- El encerramiento de los tableros que contengan dispositivos eléctricos deberá ser NEMA 7 ó NEMA 4 en caso de ser intrínsecamente seguros.
- El sistema deberá recolectar las presiones de la línea y las alarmas por cierre de la válvula.
- El proveedor deberá entregar información sobre el sistema de intercambio de información del sistema de control; en especial en lo referente a:
  - Protocolos de comunicación I/O
  - Mapa de memoria
  - Mapa de conexionado de los puertos I/O

- **Condiciones de Proceso**

- Temperatura de Operación

Ver el documento “ingeniería Del Proceso”

- Presión de Operación

*ANSI 600*

- De diseño: 1020 psig
- Normal máxima: 850 psig
- Mínima: 200 psig

- Características Del Gas

Ver el documento “Ingeniería del proceso”

- Accionamiento de la Válvula

La válvula deberá tener las opciones de accionamiento automático y manual (con posibilidades de accionamiento remoto futuro); el accionamiento automático deberá efectuarse en los eventos descritos en el numeral 5.

- **Alcance del Suministro**

El alcance del suministro comprende el diseño, fabricación, pruebas, tratamiento anticorrosivo y pintura de acabado en el sitio de fabricación, ensamble con su respectivo actuador, instrumentación, embalaje, transporte al sitio que se indique en la solicitud de oferta, para válvulas de bloqueo. El proveedor deberá entregar dichas válvulas de bloqueo como una unidad completa y funcionando.

El suministro debe ser acorde con lo ilustrado en el diagrama P&ID anexo. Debe desempeñar las labores descritas en las presentes especificaciones e incluirá los siguientes suministros:

- *VÁLVULA PRINCIPAL*
- *ACTUADOR DE LA VÁLVULA*
- *SISTEMA DE CONTROL DEL ACTUADOR*
- *REPUESTOS*

Tanto para la válvula como para su actuador el proveedor deberá suministrar y cotizar por separado las partes de repuesto recomendadas para la puesta en marcha y dos años de operación, así como también las herramientas especiales requeridas.

- Empaque y Marcado de las Válvulas

Previo a su instalación en la unidad paquete, todos los extremos soldados y biseles deberán ser protegidos adecuadamente con tapones de plástico.

Todos los agujeros deberán ser taponados y las bridas protegidas con tapas de madera.

El empaque será tipo exportación

El cuerpo del equipo deberá ser claramente marcado en español con las siguientes indicaciones:

- Nombre del fabricante.
- Número de especificación. (Tag-Number)
- Año de producción.
- Diámetro nominal.
- Presión de operación y de prueba Hidrostática.
- Número de serie, tamaño, rating pressure, etc.

Además de los anteriores requerimientos, el proveedor deberá cumplir con la especificación para embalaje, marcado y transporte anexa.

- Documentación

Se suministrará la documentación solicitada en la requisición de materiales.

En caso de que la documentación exigida represente un costo adicional, éste deberá indicarse claramente.

- Ingeniería Básica y Detallada

El fabricante deberá realizar y presentar las labores de ingeniería necesarias incluyendo un P&ID de la instalación que garantice la segura y confiable operación del sistema.

Los dibujos, especificación de materiales y equipos deberán ser remitidos para aprobación previa a la fabricación del sistema.

- Hardware y Software

Se deberán suministrar los equipos (Hardware) y los programas (Software) necesarios para el procesamiento de la información recolectada con los computadores portátiles.

- Pruebas

Debe efectuarse las pruebas exigidas en esta especificación.

- Accesorios

Se refiere a todos los instrumentos y sus tuberías, baterías, paneles solares necesarios para la instalación y para la operación normal del sistema dentro de los límites indicados en el P&ID y en las presentes especificaciones.

- Elementos Adicionales

Se solicita que sean cotizados de manera separada accesorios que reciban la información de los controladores de los actuadores y la lleven al transmisor de un sistema de Comunicaciones y Monitoreo.

- **Inspecciones y Pruebas**

Todos los reportes de inspecciones y reportes de pruebas realizadas deberán ser remitidos a LA INTERVENTORÍA en un reporte certificado firmado por el inspector de calidad del fabricante. LA INTERVENTORÍA podrá inspeccionar, directamente o a través de un tercero, la fabricación de los suministros sin que esto releve al proveedor de su responsabilidad por la calidad y operabilidad del sistema.

El fabricante debe poseer un protocolo de pruebas certificado.

LA INTERVENTORÍA únicamente admitirá los suministros que hayan aprobado los siguientes controles:

- Inspección visual y control dimensional
- Certificados de inspección de materiales y equipos
- Pruebas Hidrostáticas y neumáticas
- Prueba neumática del sellado del cuerpo de la válvula cerrada
- Prueba de desempeño

A continuación se listan los requerimientos en cuanto a pruebas:

- o Inspección Visual y Control Dimensional

- *PRUEBA DE DESEMPEÑO*

Todos los instrumentos y el paquete completo deberán ser probados para comprobar su correcto desempeño

- *ANÁLISIS QUÍMICO DE MATERIALES*
    - *PRUEBAS RADIOGRÁFICAS*
    - *PRUEBA HIDROSTÁTICA AL CUERPO DE LA VÁLVULA.*

Esta prueba se llevara a cabo en la posición abierta y a las presiones especificadas en API 6D.

Durante la prueba, ninguna perdida de presión deberá ser registrada. El tiempo mínimo de prueba será de 30 minutos.

En caso de que cualquier defecto que sea registrado, el fabricante determinara su grado de importancia y previa autorización del Inspector se procederá a su reparación.

Una nueva prueba deberá ser realizada en el cuerpo después de efectuada la reparación, y todas las pruebas previas ejecutadas de nuevo.

- *PRUEBA HIDROSTÁTICA AL SELLO.*

Esta prueba se llevara a cabo en la posición cerrada, con uno de los lados expuesto a condiciones atmosféricas (Seco y limpio) y el otro con la presión de prueba especificada.

La prueba se efectuara en ambos lados y el tiempo de duración para cada una será de 30 minutos como mínimo.

En caso de que cualquier fuga sea registrada, el fabricante la eliminará y una nueva prueba deberá ser realizada.

Adicionalmente, se realizará una prueba neumática a 85 psig durante 30 minutos.

- *VERIFICACIÓN DE OPERACIÓN.*

Cada válvula deberá ser probada conjuntamente con su actuador a la presión de operación máxima. La válvula deberá ser abierta y cerrada sin presentar ningún problema.

Se verificará además la suficiente capacidad de los tanques de almacenamiento de gas.

- *PRUEBAS ADICIONALES*

Pruebas adicionales deberán ser cotizadas como alternativas, entre estas se cuentan:

- "Block and Bleed test"
- "Pop off test"

- Información del Fabricante

El proveedor debe suministrar la información solicitada en el anexo 3

## **6. PIPING CLASS**

En este documento se definen los códigos y estándares aplicables a todos los componentes del sistema de transporte, así como las especificaciones de materiales y dimensiones de todos los elementos que componen el sistema.

Describe tuberías, válvulas, accesorios, empaques, espárragos y los estandariza. Agrupa materiales según el servicio y de acuerdo a límites de parámetros o condiciones de operación.

El Piping Class termina siendo una gran herramienta para el control de la integridad del sistema.

Reduce riesgos en la selección de materiales incorrectos, facilitando el suministro de partes desde una bodega central.

### **6.1 EJEMPLO DE PIPING CLASS**

#### **6.1.1 Alcance**

Esta especificación define los materiales, dimensiones y normas a aplicar en la selección y compra de tuberías, válvulas y accesorios de tubería, que serán utilizados en el Las estaciones de Recibo y Entrega de Gas Natural.

### 6.1.2 Clases de Tubería

Por los requerimientos de diseño del Proyecto, se definen las siguientes clases de tubería:

**Tabla 14. Clases de Tubería**

CLASE	SERVICIO	MATERIAL	RATING
A	GAS NATURAL	ACERO AL CARBON	150
B	GAS NATURAL	ACERO AL CARBON	300
C	GAS NATURAL	ACERO AL CARBON	600
D	DRENAJES	ACERO AL CARBON	150
E	VENTEOS	ACERO AL CARBON	150

### 6.1.3 Códigos Y Estándares Aplicables

Las últimas ediciones de los siguientes códigos y estándares de tuberías, válvulas y accesorios de tubería serán de mandatorio cumplimiento en el diseño detallado, la selección y el suministro de materiales para este sistema:

- ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping System.
- ASTM / API / ANSI Standards for Piping Materials.
- ASTM De acuerdo con las tablas de datos adjuntas a esta especificación.
- API 5L Specification for Line Pipe.
- ANSI B36.10 Welded and Seamless Wrought Steel Pipe.
- API 601 Standard for Spiral-Wound Gaskets.
- ANSI / ASME Standards for Fittings.

- B 16.9 Factory - Made Wrought - Steel Buttwelding Fittings.
- B 16.11 Forged - Steel Fittings, Socketwelding and Threaded.
- API 6D For Steel Gate, Plug, Ball and Check Valves.
- ANSI B16.5 For Pipe Flanges and Flanged Fittings.
- ANSI B16.25 For Buttwelding Ends.
- ANSI B1.1 For Screw Threads For Piping, Nuts And Bolts.

#### **6.1.4 Glosario**

- PE: Plain Ends.
- BE: Bevel Ends.
- SW: Socket Weld neck.
- BW: Butt Weld.
- WN: Welding Neck.
- FLGD: Flanged Ends.
- SCRD: Screwed Ends.

### 6.1.5 Piping Class

**Tabla 15. Índice de Clases de Tubería**

CLASE	SERVICIO	MATERIAL	RATING	TEMPERATURA °F (1)	PRESIÓN (psi) (2)
C	GAS NATURAL	ACERO AL CARBON	600	-20a100	1480
B	GAS NATURAL	ACERO AL CARBON	300	-20a100	740
A	GAS NATURAL	ACERO AL CARBON	150	-20a100	285
D	DRENAJES	ACERO AL CARBON	150	-20a100	285
E	VENTEOS	ACERO AL CARBON	150	-20a100	285

**NOTAS:** 1. Rango de temperatura de servicio.  
2. Presión de operación máxima dentro del rango de temperatura de servicio

**Tabla 16. Tubería y accesorios**

<b>CLASE:</b> C	<b>SERVICIO:</b> GAS NATURAL	<b>RATING:</b> 600#
<b>MATERIAL:</b> Acero al Carbón	<b>TOLERANCIA A LA CORROSIÓN:</b>	<b>CODIGO:</b> ASME/ANSI B 31.8

ELEMENTO	DIAMETRO	EXTREMO	CEDULA / RATING	MATERIAL
TUBERIA	HASTA ¾	PE	SCH 160	ASTM A 106 Gr. B SEAMLESS PIPE DIMENSIONS AS PER ANSI B 36.10
	1 – 1 ½	PE	SCH 80	ASTM A 106 Gr. B SEAMLESS PIPE DIMENSIONS AS PER ANSI B 36.10
	2 – 4	BW	SCH 40, 80 0.154 / 0.280/ 0.432	ASTM A 106/53 GR B, API 5L X42, SEAMLESS OR ERW. PIPE DIMENSIONS AS PER ANSI B 36.10
ACCESORIOS	HASTA 1 1/2	SW, SCR D	3000 #, 6000#	ASTM A 105, DIMENSIONS AS PER ANSI B 16.9
	2 – 4	BW	SCH 40 (1)	ASTM A 234 Gr. B WPB, DIMENSIONS AS PER ANSI B 16.9
BRIDAS	HASTA 1 1/2	SW	600# RF	ASTM A 105, DIMENSIONS AS PER ANSI B 16.5
	2 – 4	WN	ANSI 600 RF (1)	ASTM A 105, DIMENSIONS AS PER ANSI B 16.5
ESPARRAGOS	TODOS			ASTM A 193 Gr. B7
TUERCAS	TODOS			ASTM A 194 Gr. 2H, HEXAGONAL
VÁLVULAS DE BOLA	HASTA 1 1/2	FLGD, SCR D	ANSI 600 RF, 6000#	ASTM A 105 BODY, FLOATING BALL, REDUCE BORE, STEM AND BALL: SS 316. SEAT/SEAT INSERT: TEFLON OR NYLON CONSTRUCTED AND TESTED UNDER API 6D REQUIREMENTS. FIRE SAFE AS PER API 6FA
	2 – 3	FLGD	ANSI 600	BALL VALVE, TRUNNION MONTED OR FLOATING BALL, FULL BORE AND REDUCED BALL (2)TWO OR THREE PIECE BODY, END CONECTIONS: FLANGED, RF (B16.5) BODY: ASTM A-216 GR WCB STEM AND BALL: S.S. 316 SEAT/SEAT INSERT: TEFLON OR NYLON CONSTRUCTED AND TESTED UNDER API 6D REQUIREMENTS. FIRE SAFE AS PER API 6FA.
VALVULA DE AGUJA	½ – 1 ½	F-SCR D x F-SCR D	NEEDLE VALVE 6000 LB. CWP	GLOBE BODY, INTEGRAL BONNET AND INSIDE RISING STEM; BONNET AND BODY: CHROMIUM STEEL 316 STEM. DISC AND SEATS: TEFLON PACKING
KIT DE AISLAMIENTO PARA JUNTAS BRIDADAS	2 - 4			EMPAQUE NEMA G-112/SS-316 SELLO EPDM, MANGUITO MYLARD, ARANDELAS NEMA G-11, ARANDELAS ZINC PLATED
EMPAQUES	TODOS		600# RF	SPIRAL WOUND GASKET SS 316 1/8" THICKNESS.

**NOTAS:**

1. En accesorios y bridas utilizar un espesor de pared igual al de la tubería a la que conectarán, teniendo en cuenta que la tubería API 5L grados x42 se deberá empalmar con accesorios y bridas tipo MSS del mismo grado y la tubería tipo ASTM A 53Gr. ASTM A106 Gr. B o API 5L Gr. B se deberá empalmar con accesorios tipo ASTM A 234 Gr. WPB.
2. Las válvulas de línea y entrada a trampas de raspadores serán Full Bore para permitir el paso de la herramienta, y, las válvulas dentro de estaciones serán reduce bore. Se utilizarán Válvulas Floting Ball y Trunnion donde se indique en plano.

**TABLA 17. Espesores de tubería ASM A 53 Gr. B o ASM A 106 Gr. B (C.A. 1/16)**

RATING	P (psi)	DIAMETRO NOMINAL (Pulgadas)				
		2	3	4	6	8
ANSI 150	285	Std	Std	Std	Std	20
ANSI 300	740	Std	Std	Std	Std	20
ANSI 600	1480	Std	Std	Std	Std	Std

Valores numéricos: Números de Schedule. Valores literales: Designación de pared

**TABLA 18. Características tubería**

DIAMETRO NOMINAL TUBERIA (PULGADAS)	TUBERIAS DE ACERO AL CARBON ESPESOR NOMINAL DE PARED EN PULGADAS			
	DIAMETRO EXTERIOR	STD	SCH 40	SCH 80
¾"	1.05	0.133	0.133	0.154
1"	1.315	0.133	0.133	0.179
1 ½"	1.900	0.145	0.145	0.200
2"	2.375	0.154	0.154	0.218
3"	3.500	0.216	0.216	0.300
4"	4.500	0.237	0.237	0.337
6"	6.625	0.280	0.280	0.432

**TABLA 19. Cantidades y dimensiones de pernos para Bridas del Piping Class**

DIAMETRO NOMINAL (PULGADAS)	RATING					
	ANSI 150		ANSI 300		ANSI 600	
	CANTIDAD	TAMAÑO (PULGADAS)	CANTIDAD	TAMAÑO (PULGADAS)	CANTIDAD	TAMAÑO (PULGADAS)
1	4	½ x 2 ¾	4	5/8 x 3 ¾	4	5/8 x 3 ¾
2	4	5/8 x 3 ¼	8	5/8 x 3 ½	8	5/8 x 4 ¼
3	4	5/8 x 3 ¾	8	3/4 x 4 ¼	8	3/4 x 5
4	4	5/8 x 3 ¾	8	3/4 x 4 ½	8	7/8 x 5 ¾
6	8	3/4 x 4	12	¾ x 5	12	1 x 6 ¾

**TABLA 20. Tabla típica para derivaciones**

Material Base: Acero a carbón

Rating: 600 #

Presión Máx.: 1480 psia

Clase de Tubería: Piping Class Gasoductos

**CODIGOS:**

- A: TE NORMAL
- B: TE REDUCTORA
- C: WELDOLET
- D: MEDIO ACOPLA 6000#
- E: TE REDUCTORA BW X SW (THD)

<b>CABEZAL (PULGADAS)</b>	<b>1/2</b>	A								
	<b>3/4</b>	B	A							
	<b>1</b>	B	B	A						
	<b>1 1/2</b>	E	B	B	A					
	<b>2</b>	D	D	E	E	A				
	<b>3</b>	D	D	E	E	B	A			
	<b>4</b>	D	D	D	D	B	B	A		
	<b>6</b>	D	D	D	D	B	B	B	A	
	<b>8</b>	D	D	D	D	C	B	B	B	A
	<b>DIAMETRO</b>		<b>1/2</b>	<b>3/4</b>	<b>1</b>	<b>1 1/2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
	<b>DERIVACIÓN (PULGADAS)</b>									

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El diseñador es independiente de seleccionar cada uno de los componentes de la estación, pero siempre debe estar basado en criterios de desempeño, seguridad y economía.
- La disposición de los elementos constitutivos de las estaciones varían de acuerdo al tipo de estación. Existen diferentes configuraciones para montaje, pero nunca se debe olvidar que se está trabajando con combustibles lo cual hace primordial la seguridad.
- Normalmente las estaciones poseen las etapas de regulación y medición, pero existen diseños donde solo contempla la etapa de regulación. Este sistema se está utilizando generalmente para abastecer líneas troncales de polietileno, que llegan a estaciones de ciudad o clientes que cuentan con medición.
- La estación por norma debe contener generalmente al menos dos protecciones, ya sean Regulador-Monitor y Válvula Shut Off, o Válvula Shut Off y Válvula de relevo después de Regulación, Válvula Shut Off y Válvula de seguridad etc. El diseñador elegirá la mejor alternativa.
- Existen sistemas de regulación y válvula de corte integrado que presentan gran efectividad y facilidad de montaje por lo cual se considera una excelente elección e igualmente una base para futuros proyectos.

- Para la selección del medidor se deben tener en cuenta varios aspectos, dentro de los cuales se encuentra la rangeabilidad, la capacidad máxima, y la exactitud.
- La odorización del gas debe garantizar la detección de fugas por cualquier persona y sin necesidad de detectores, lo cual hace necesario una correcta dosificación del odorizante.
- Se debe siempre elaborar un Piping Class que define los materiales y normas a aplicar en la selección y compra de tubería, válvulas y accesorios que serán utilizados en la fabricación de la estación diseñada.
- Nunca se debe sacrificar técnicamente ninguna estación por motivos económicos; es importante que la estación cuente por lo menos con los requisitos mínimos que exige la Norma.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE (ANSI)/AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME)** B.31.8, B 16.5, B 16.9, B 16.11, B 16.21, B 16.34. Ultima Edición.

**AMERICAN SOCIETY FOR TESTING & MATERIALS (ASTM):** A 105, A860, A106, A234, Ultima Edición.

**AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API):** 5L, 6D, 1104, 500, 600, 602. Ultima Edición.

**EE.PP.M.**, Especificaciones para la Construcción de Redes de Gas en el Sector Industrial. Empresas Públicas de Medellín. 2005.

**GALVIS**, Barrera Hernando. Medición de Gas Natural. Programa de Especialización en Ingeniería de Gas, Universidad Industrial de Santander, 2003.

**MANUALES Y CATÁLOGOS**, Selección de Diferentes Materiales y Elementos Constitutivos Estaciones.

**MENESES**, José Nicolás. Medición de Gases. Ediciones UIS. Bucramanga. 1993.

**MOHISTPOUR**, M, Golshan H., Murray A,. "Pipeline Design & Construction, A Practical Approach". Asme Press, New York 2000.

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3949** "Gasoductos. Estaciones de Regulación de Presión para Redes de Transporte y Distribución de Gas Combustible".

**RUIZ**, Álvaro. Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Gasoductos, Programa de Especialización en Ingeniería de Gas, Universidad Industrial de Santander, 2005

## **ANEXO 1**

### **FORMATOS DATA SHEETS ESTACIONES**



Adobe Acrobat 7.0  
Document

### **DATA SHEETS**

**ANEXO 2**  
**DIMENSIONES TRAMPAS PEMEX**



Adobe Acrobat 7.0  
Document

## ANEXO 3

### FORMATO DE REQUISICIONES



Adobe Acrobat 7.0  
Document

**ANEXO 4**  
**CATÁLOGOS ANEXOS**



Adobe Acrobat 7.0  
Document

## PLANOS ANEXOS



Adobe Acrobat 7.0  
Document