

**ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA PARA UN
PUNTO DE CONEXIÓN PARA ENTRADA DE GAS NATURAL AL SISTEMA
NACIONAL DE TRANSPORTE**

HERIBERTO GUALDRÓN CASTELLANOS

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

2012

**ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA PARA UN
PUNTO DE CONEXIÓN PARA ENTRADA DE GAS NATURAL AL SISTEMA
NACIONAL DE TRANSPORTE**

HERIBERTO GUALDRÓN CASTELLANOS

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Ingeniería del Gas

Director

Ing. César Augusto Quiroz Rincón

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

2012

DEDICATORIA

La presente Monografía se la dedico a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr este objetivo, además de su infinita bondad y amor, también se la dedico muy especialmente mi esposa y a mis hijos, a mis padres, a mis hermanos que gracias a sus consejos, apoyo, confianza y amor logre cumplir este meta y crecí como persona y profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por estar siempre a mi lado apoyándome, aconsejándome, brindándome enseñanzas y aliento en los momentos difíciles

A la empresa Transportadora de Gas Internacional TGI SA ESP y especialmente a la Gerencia de Proyectos por su apoyo, confianza y constante colaboración

A la Universidad Industrial de Santander y en especial a la Escuela de Ingeniería de Petróleos por haberme dado la oportunidad de forma parte de ellos

A los Directivos, Profesores y personal administrativo de la oficina de Posgrados de la Escuela de Ingeniería de Petróleos especialmente a María Isabel, a Sindy y a la señora Vicky, por su tiempo y colaboración, así como por la sabiduría que me transmitieron

Un agradecimiento especial a mi asesor y Director de Monografía el Ing. Cesar Quiroz por hacer posible este trabajo, y al calificador Ing. Nicolás Santos por su permanente apoyo

A mis compañeros de clase con quienes recorrí esta corta trayectoria de aprendizaje y conocimientos.

GLOSARIO

ACCESO AL SISTEMA NACIONAL DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL: Es la conexión por parte de productores-comercializadores, transportadores, comercializadores, usuarios no regulados, usuarios regulados atendidos a través de un distribuidor-comercializador, y en general de cualquier Agente a los gasoductos de transporte de gas combustible, con los derechos y deberes establecidos en el RUT y en todas sus resoluciones.

CALIDAD DEL GAS: Especificaciones y estándares del Gas Natural adoptados por la CREG en el RUT, y en las normas que lo adicionen, modifiquen o sustituyan.

CANTIDAD DE ENERGIA: Cantidad de gas medida en un Punto de Entrada o en un Punto de salida de un Sistema de Transporte, expresado en Mbtu (Millones de unidades térmicas británicas) o su equivalente en el Sistema Internacional de Unidades

CANTIDAD DE ENERGIA ENTREGADA: Cantidad de energía que el remitente entrega en el Punto de Entrada de un Sistema de Transporte durante el día de Gas

CAPACIDAD CONTRATADA: Capacidad de transporte de gas natural que el remitente contrata con el Transportador para el servicio de transporte expresada en miles de pies cúbicos estándar por día (KPCD) o en sus unidades equivalentes en el Sistema Internacional de Unidades

CAPACIDAD MAXIMA DEL GASODUCTO: Capacidad máxima de transporte diario de un gasoducto definida por el Transportador, calculada con modelos de dinámica de flujo de gas utilizando una presión de entrada de 1.200 psia, las

presiones para los diferentes puntos de salida del mismo y los parámetros específicos de fluido y del gasoducto.

CARGO POR CONEXIÓN A UN SISTEMA DE TRANSPORTE: Es el cargo que debe pagar un Agente al Transportador o a u tercero, por los costos de la conexión.

CENTROS PRINCIPALES DE CONTROL (CPC): Centros pertenecientes a los diferentes gasoductos (Sistema de Transporte) que hagan parte del Sistema Nacional de transporte, encargados de adelantar los procesos operacionales, comerciales y demás definidos en el RUT.

COMISION O CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas, organizada como Unidad Administrativa Especial del Ministerio de Minas y Energía de acuerdo con las leyes 142 y 143 de 1994.

CONDICIONES ESTANDAR: Definen el pie cubico estándar como el volumen de gas contenido en un pie cubico a una presión de 14.65 psia, y a una temperatura de 60°F. A estas condiciones se referirán los volúmenes y el poder calorífico del gas transportado por el Sistema Nacional de Transporte.

CONTRATO DE CONEXIÓN AL SISTEMA NACIONAL DE TRANSPORTE: Acuerdo de voluntades suscrito por las partes interesadas, mediante el cual se pactan las relaciones técnicas, administrativas y comerciales de las conexiones al Sistema Nacional de Transporte, e incluye el pago de un cargo por conexión.

ESTACION RECEPTORA O ESTACION DE ENTREGA: Es una unidad operacional, que consiste de por lo menos: a) medidores de flujo y sistema de transmisión de dotado de un computador de flujo con un puerto de

comunicaciones, cuyo protocolo se a compatible con el sistema SCADA del Transportador y, b) reguladores de presión y equipos de separación y filtración.

HOT TAP: Procedimiento para una conexión al gasoducto sin necesidad de suspender el flujo de gas natural, incluye el suministro de algunos accesorios que se instalan para realizar la derivación.

PUNTO DE ENTRADA: Punto en el cual un Agente o Remitente inyecta físicamente Gas Natural al Sistema Nacional de Transporte o gasoducto propiedad de un Transportador, desde la conexión del respectivo remitente. Incluye las facilidades para el control del punto y demás accesorios utilizados para la conexión (válvula y “T,” Weldolet” o “Split T”).

REGLAMENTO UNICO DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL (RUT): Conjunto de normas de carácter general expedidas por la CREG que reglamentan la actividad de las empresas que prestan el Servicio de Transporte de Gas Natural y su interrelación con los demás Agentes

TABLA DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL	19
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	19
1.1.1. Objetivo General	19
1.1.2. Objetivos Específicos	19
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. ALCANCES	20
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	21
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. GENERALIDADES DEL GAS NATURAL	22
COMPOSICIÓN DEL GAS (Porcentaje Molar)	23
2.1.1. Tipos de Gas Natural	23
2.1.2. Cadena Tecnológica del Gas Natural.....	25
2.1.3. Acondicionamiento del Gas Natural	26
2.1.4. Procesamiento del Gas Natural.....	26
2.1.5. Tratamiento del Gas Natural	27
2.1.6. Propiedades Básicas del Gas Natural.....	28
3. BASES DE DISEÑO	34
3.1. INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA	34
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL A TRANSPORTAR.....	34
4. PARÁMETROS OPERACIONALES DE DISEÑO	36
4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL GASODUCTO CENTRORIENTE	36

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA INGENIERÍA	36
4.3. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	37
4.4. CÓDIGOS Y NORMAS APLICABLES	38
4.5. RESTRICCIONES	39
5. BASES DE DISEÑO	41
5.1. PREMISAS DE DISEÑO.....	41
5.2. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.....	41
5.2.1. Descripción del Proceso	41
5.2.2. Descripción de la Instalación.....	42
5.3. FILOSOFÍA DE DISEÑO	46
5.3.1. Ubicación y Configuración de la Estación	46
5.3.2. Composición del Gas	47
5.3.3. Unidades de Medida	47
5.3.4. Condiciones de Operación	47
5.3.5. Condiciones de Presión	48
5.3.6. Temperatura.....	48
5.3.7. Niveles de Presión Sónica Permisible.....	48
5.3.8. Capacidad de la Estación.....	49
5.3.9. Presión de Diseño	49
5.3.10. Criterios para Definir Componentes Mecánicos	51
5.3.11. Sistema de Control.....	53
5.3.12. Pinturas para Tuberías Aéreas	54
5.3.13. Obras Civiles.....	54
5.3.14. Diseño Eléctrico	55

5.3.15.	Pruebas e Inspecciones	55
5.3.16.	Clasificación Eléctrica	55
6.	ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO	56
6.1.	ÁREA MECÁNICA	56
6.1.1.	Requerimientos Generales	56
6.1.2.	Montaje	57
6.1.3.	Información Del Fabricante	59
6.1.4.	Manejo de Equipos.....	59
6.1.5.	Nivelación.....	60
6.1.6.	Alineación.....	61
6.1.7.	Limpieza.....	61
6.1.7.	Inspección y Pruebas	62
6.1.8.	Verificación de Torque	62
6.1.9.	Tolerancias.....	63
6.1.10.	Inspección de los Equipos.....	63
6.1.11.	Seguridad.....	63
6.1.12.	Pinturas y Recubrimientos	63
6.1.13.	Documentación	64
6.1.14.	Especificación de Válvulas.....	64
6.2.	ÁREA INSTRUMENTACIÓN	66
6.2.1.	Requerimientos Técnicos Generales	66
6.2.2.	Tipos de Instrumentos.....	67
6.2.3.	Pruebas.....	71
6.3.	ÁREA TUBERÍA	72

6.3.1.	Piping Class	72
6.3.2.	Cálculo, Selección y Especificación de Tubería	83
6.4.	ÁREA ELÉCTRICA	85
6.4.1.	Especificaciones del Sistema de Alimentación Autónomo	85
6.4.2.	Especificación del Sistema de Puesta a Tierra	88
6.4.3	Diseño de la Malla de Puesta a Tierra	90
6.4.4.	Especificación del Sistema de Apantallamiento.	91
6.5.	ÁREA CIVIL	93
6.5.1.	Normas Aplicables	93
6.5.2	Procedimientos.....	94
6.5.3.	Concretos.....	101
6.5.4.	Acero de Refuerzo	109
6.5.5.	Carpintería Metálica	110
7.	CONCLUSIONES	113
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	114
9.	ANEXOS.....	117

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Composición del gas natural a transportar.....	23
Tabla 2.2. Poder calorífico de los hidrocarburos que componen el gas natural.....	30
Tabla 2.3. Propiedades del gas natural.	30
Tabla 3.1. Composición del gas a transportar	34
Tabla 3.2. Especificaciones de calidad del gas natural.....	35
Tabla 4.1. Parámetros de diseño del gasoducto.....	36
Tabla 4.2. Factores de diseño “F”, según la clase de localidad	37
Tabla 5.1. Resultados Dimensionamiento del Filtro.....	43
Tabla 5.2. Especificaciones Turbina ELSTER SM-RI-X-L-G400	44
Tabla 5.3. Sistema de unidades utilizado	47
Tabla 5.4. Condiciones de flujo de la estación.....	48
Tabla 5.5. Presión de diseño	48
Tabla 5.6. Temperaturas de diseño	48
Tabla 5.7. Criterios para uso de válvulas	52
Tabla 6.1. Derivaciones en tubería de gasoducto.....	73
Tabla 6.2. Derivaciones en la estación	73
Tabla 6.3. Diámetros y espesores de tubería.	75
Tabla 6.4. Diámetro y espesores de accesorios.	77
Tabla 6.5. Diámetro y espesores de accesorios.	78
Tabla 6.6. Especificaciones de materiales.....	79
Tabla 6.7. Clase de Localidad.....	83
Tabla 6.8. Calculo de velocidades en tubería	84
Tabla 6.9. Calculo de espesores en las tuberías seleccionadas	85
Tabla 6.10. Ancho máximo de zanja.....	96

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Isométrico de Juntas Lado City-Gate	117
Anexo B. Plano de Perfil City Gate Bunker	118
Anexo C. Detalle City Gate y Bunker	119
Anexo D. Estación Receptora Distribución General de Tubería	120
Anexo E. P&ID Estación Recibo	121
Anexo F. Patín	122
Anexo G. P&ID Patín de Medición	123
Anexo H. Especificaciones de Instalación Patín de Medición	124
Anexo I. Isométricos Estación de Transferencia de Custodia	125
Anexo J. Isometricos y Corte Bunker Estación de Entrega.....	126
Anexo K. Memorias de Cálculo.....	127

RESUMEN

TITULO: ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA PARA UN PUNTO DE CONEXIÓN PARA ENTRADA DE GAS NATURAL AL SISTEMA NACIONAL DE TRANSPORTE *

AUTOR: HERIBERTO GUALDRON CASTELLANOS**

PALABRAS CLAVES: Estación de entrega, punto de entrada, acceso al Sistema Nacional de Transporte

DESCRIPCION:

Debido al incremento en la demanda de gas natural, las compañías de hidrocarburos desean ingresar gas proveniente de pozo al Sistema Nacional de Transporte y de esta manera contribuir en los proyectos de expansión que se están desarrollando actualmente en el país. La compañía TURGAS SA ESP es propietaria del pozo Caldas Viejo ubicado en las inmediaciones del municipio de Alvarado en el departamento del Tolima, el cual produce cerca de 5 MMSCFD de gas natural, los cuales desean ingresar al Sistema Nacional de Transporte SNT.

El propósito de este trabajo es realizar la ingeniería conceptual y básica requerida para un punto de entrada al Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural de TGI S.A. ESP., para ello los diseños de la estación de entrega y transferencia de custodia deben cumplir con los requisitos establecidos por la Ley Colombiana y demás estándares internacionales, concernientes a estaciones conectadas a líneas de transporte de alta presión. En este diseño se deben tener en cuenta las etapas de filtración, medición y calidad del flujo de gas. Este proyecto consiste en diseñar la ingeniería básica y conceptual de la estación de entrega al transportador y del punto de entrada en caliente hot tap.

De esta forma este documento consta de cuatro capítulos donde se expondrá el marco teórico, la información general del proyecto, las bases del diseño en sus fases conceptual y básica, las especificaciones técnicas y su importancia como herramienta de insumo principal para la ingeniería de detalle y la posterior fase de construcción.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Especialización en Ingeniería del Gas, Director Ing. Cesar Augusto Quiroz

SUMMARY

TITLE: DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND BASIC CONCEPT FOR A POINT OF CONNECTION FOR INPUT TO NATIONAL NATURAL GAS TRANSPORT

AUTHOR: HERIBERTO GUALDRON CASTELLANOS**

KEY WORDS: Delivery station, point of entry, Access to National Transportation System

DESCRIPTION:

Due to increased demand for natural gas, oil companies wishing to enter gas from wells to the National Transportation and thereby contribute to the expansion projects are currently being developed in the country. The company owns TURGAS SA ESP Viejo Caldas well located near the town of Alvarado in the department of Tolima, which produces about 5 MMSCFD of natural gas, which want to join the NTS National Transportation System.

The purpose of this work is conceptual and basic engineering required for an entry point to the National Natural Gas Transportation TGI SA ESP., Designs for this season of delivery and transfer of custody must meet the requirements of Colombian law and other international standards relating to stations connected to transmission lines of high pressure. In this design must take into account the steps of filtration, and quality measurement of gas flow. This project is to design the basic engineering and conceptual station delivery to the carrier and the entry point (hot tap)

This document consists of four chapters that outline the theoretical framework, the overview of the project, the foundation stages of conceptual design and basic technical specifications and its importance as a major input tool for the detailed engineering and the subsequent construction phase

* Monograph

** Physicochemical Engineering Faculty, School of Petroleum Engineering Sspecializing in Gas Engineering, Director Engineer Cesar Augusto Quiroz

INTRODUCCIÓN

Este proyecto contempla el desarrollo de la ingeniería conceptual y básica de la estación de recibo y un punto de entrada en caliente (Hot Tap) para el gas natural proveniente del pozo Caldas Viejo propiedad de TURGAS SA ESP al sistema nacional de transporte de gas natural de TGI SA ESP, la estación comprende las etapas de filtración, medición de la calidad del gas y medición de flujo.

La compañía TURGAS SA ESP desea ingresar 3 MMSCFD de gas natural proveniente del pozo Caldas Viejo ubicado en las inmediaciones del municipio Alvarado en el departamento del Tolima, al sistema nacional de transporte de gas natural de TGI SA ESP, a través del gasoducto CENTRORIENTE (tramo Mariquita-Gualanday).

La idea central de este documento es servir como herramienta de insumo en el desarrollo del proyecto para el futuro desarrollo de la ingeniería de detalle y la posterior fase de construcción.

Metodológicamente, el documento se estructura en cuatro capítulos que ofrecerán:

- Capítulo 1. Información general del proyecto donde se especifican los objetivos, el alcance, el planteamiento del problema y la justificación.
- Capítulo 2. Marco Teórico.
- Capítulo 3. Se describe la información disponible para el desarrollo de la ingeniería conceptual y básica, además se exponen las bases del diseño.
- Capítulo 4. Especificaciones del diseño.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1.1. Objetivo General

Realizar la ingeniería conceptual y básica requerida para un punto de entrada al sistema nacional de transporte de gas natural, cumpliendo con los requisitos establecidos por la Ley Colombiana y demás estándares internacionales, concernientes a facilidades e infraestructura de gasoductos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar la ingeniería conceptual y básica de los diseños requeridos para una estación de recibo y medición de gas cumpliendo con los requisitos establecidos por la Ley Colombiana y demás estándares internacionales, concernientes a estaciones conectadas a líneas de transporte de gas combustible a alta presión.
- Desarrollar la ingeniería básica de un punto de entrada en caliente (Hot Tap) cumpliendo con la normatividad vigente.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el pozo Caldas Viejo ubicado en las inmediaciones del municipio Alvarado en el departamento del Tolima, el cual es propiedad de TURGAS SA ESP, produce cerca de 5 MMSCFD de gas natural, los cuales desean ingresar al Sistema Nacional de Transporte SNT, para lo cual es necesario diseñar un punto

de conexión en caliente (hot tap) y una estación de filtración y medición, de tal manera que sea posible desarrollar la transferencia de custodia según las normas de la Nación.

1.3. ALCANCES

El propósito de este trabajo es realizar la ingeniería conceptual y básica requerida para un punto de entrada al Sistema Nacional de Transporte de gas natural de TGI SA ESP, el agente propietario del gas es la empresa Turgas SA ESP., de esta forma, el trabajo propuesto consiste en producir un libro de ingeniería, el listado y especificaciones técnicas de materiales más los planos de proceso (BFD, PFD y P&DI), donde se realizaran actividades de diseño que involucran especialidades como la Ingeniería Mecánica, la Ingeniería de Procesos, la Ingeniería de Control e Instrumentación entre otras. Los principales entregables del libro de ingeniería son los siguientes:

DOCUMENTOS GENERALES

Listado general de documentos

Formato datos de entrada

DOCUMENTOS ÁREA PROCESOS

Diagrama BFD

Diagrama PFD

Diagrama P&ID

DOCUMENTOS ÁREA MECÁNICA Y DE TUBERÍA

Planos Isometría ERM y Hot Tap

Listado General de Materiales

Memoria de cálculo y de Selección de Equipos

Manuales y Catálogos de Equipos (Material Público)

Hojas de datos y MR

1.4. JUSTIFICACIÓN

Debido al aumento en la demanda de Gas Natural, es deseo de las compañías de hidrocarburos ingresar gas proveniente de pozo al sistema Nacional de Transporte y contribuir, de esta manera, en los proyectos de expansión que se están desarrollando actualmente en el país, siendo menester, un estudio minucioso de las alternativas existentes para hacer realidad este proyecto y responder en un futuro a la proyección creciente de consumo.

Con base en lo precedente, la compañía TURGAS SA ESP desea ingresar gas proveniente de pozo al Sistema Nacional de Transporte de gas natural, a través del gasoducto CENTRORIENTE (tramo Mariquita-Gualanday), en el departamento del Tolima, propiedad de TGI SA ESP.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

El Gas natural se define como el gas que se obtiene de reservas subterráneas naturales, ya sea como gas libre o gas asociado con crudo. Casi siempre contiene una gran cantidad de metano acompañado de hidrocarburos más pesados como etano, propano, isobutano (i-butano), butano normal (n-butano), etc. En su estado natural a menudo contiene una cantidad considerable de sustancias que no son hidrocarburos como el nitrógeno, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno; en ocasiones también puede contener trazas de compuestos como el helio, sulfuro de carbonilo y varios mercaptanos. En su estado natural casi siempre está saturado con agua.

El gas que se entrega para consumo final como combustible o materia prima tiene una composición diferente a la presente en el yacimiento o en boca de pozo. Composición que debe definirse mediante una calidad específica que requiere ser cumplida por todos los productores que comercializan gas natural, que para efectos de nuestra nación, esta calidad se especifica en el RUT (Registro Único de Transporte). La composición común del gas natural, se indica en la tabla 2.1

Tabla 2.1. Composición del gas natural a transportar.

COMPOSICIÓN DEL GAS (Porcentaje Molar)	
N2	0.62
CO2	1.77
C1	82.93
C2	9.87
C3	3.58
iC4	0.53
nC4	0.54
iC5	0.10
nC5	0.08
nC6	0.03
H2O	6 lb/MMscf
Peso Molecular	19.57
Gravedad Especifica	0.67

Fuente: CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas

2.1.1. Tipos de Gas Natural

El gas natural se puede presentar mediante diferentes medios dentro de un yacimiento, entre estos tipos de gas natural, se tienen los siguientes:

Gas Libre. Cuando se habla de contenido de gas en un yacimiento de petróleo, por lo general cierta cantidad se encuentra en solución en el aceite y cierta cantidad como gas. El gas que existe como tal en el yacimiento, es denominado gas libre. Esto ocurre, por consiguiente, cuando los yacimientos se encuentran saturados, es decir, su presión permanece por debajo de la presión del punto de burbuja y la saturación de gas asciende de tal manera que supera la saturación crítica y permite la formación de la capa de gas.

Gas Asociado. Son aquellos hidrocarburos gaseosos que ocurren como gas libre en un yacimiento a condiciones iniciales, en contacto con petróleo crudo

comercialmente explotable. Al igual que el gas libre, esto ocurre, cuando los yacimientos de aceite se encuentran saturados.

Gas Rico. Este tipo de gas, es el que contiene una cantidad de compuestos más pesados que el etano, alrededor de 0,7 galones de C₃+ (componentes por encima del C₃) por 1000 pies cúbicos estándar de alimento a una torre absorbidora.

Gas Acido o Agrio. Es el tipo de gas que contiene más de 1 gramo de H₂S por 100 pies cúbicos estándar de gas, casi siempre es mucho mayor. Por tanto, la acidez de un gas se determina a partir de la cantidad de Acido Sulfúrico presente en el mismo.

Gas Dulce. Es el gas que contiene menos de 1 gramo de H₂S por 100 pies cúbicos estándar de gas o cantidades bajas de CO₂.

Gas Natural Seco. Son hidrocarburos en estado gaseoso compuestos casi exclusivamente por metano (generalmente más del 90%). Puede provenir directamente de yacimientos de gas, caso en el cual se le denomina también Gas no asociado, o hidrocarburos gaseosos que ocurren como gas libre en el yacimiento, o también puede provenir de plantas de gasolina natural, donde el gas húmedo ha sido despojado de sus productos más pesados en forma líquida (condensado de gas).

Gas Húmedo. Son hidrocarburos en estado gaseoso, en cuya composición aún predomina un alto porcentaje de metano (generalmente de 75 a 90 %), aunque las cantidades relativas de los componentes más pesados son mayores que en el caso de gas seco. El gas húmedo es aproximadamente equivalente a condensado de gas, fluido existente en yacimientos denominados yacimientos de condensado de gas. El fluido en el yacimiento (condensado de gas) se encuentra en estado gaseoso en el momento de su descubrimiento. Con posterioridad, generalmente exhiben el fenómeno denominado condensación retrógrada, ósea la formación de

condensado en el yacimiento debido a reducción en presión y temperatura. Si la temperatura es constante, se denomina condensación retrógrada isotérmica.

Gas Saturado. Es el gas que contiene la máxima cantidad de vapor de agua a una presión y temperatura específica. En la industria del gas normalmente se expresa en libras de agua por millón de pie cúbico de gas despachado o transportado (lb H₂O/MMPCS). El poder calorífico calculado sobre base de gas saturado es menor que el correspondiente para gas seco o parcialmente saturado, debido al desplazamiento en volumen de gas combustible por vapor de agua en el sistema de medición. Igualmente, el poder calorífico a condiciones de saturación y una misma temperatura, será mayor en la medida en que la presión aumente.

2.1.2. Cadena Tecnológica del Gas Natural

Cuando el gas natural deja el yacimiento, por lo general, se encuentra saturado con agua y contiene todas las impurezas asociadas a la producción y, dependiendo de su calidad puede ser tratado o procesado para ser transportado para su consumo final.

El tratamiento del gas natural está referido a dos circunstancias a mencionar:

Acondicionamiento del gas natural

Procesamiento del gas natural

Antes de seleccionar el esquema de tratamiento del gas natural, es preciso considerar las siguientes condiciones, a fin de escoger el esquema más apropiado:

La necesidad de protección contra problemas de taponamiento

Las especificaciones del gas de venta

Consideraciones de problemas potenciales de erosión - corrosión

Economía de recuperación de líquidos

Factores locales que afectan el diseño y operación

2.1.3. Acondicionamiento del Gas Natural

El término “acondicionamiento” hace referencia a los procesos que implican una adecuación del gas natural a las especificaciones del gas residual. Éste incluye:

Deshidratación del gas para prevenir la condensación del agua.

Control del punto de rocío de hidrocarburos para prevenir su condensación.

Remoción de componentes de azufre y de dióxido de carbono para satisfacer la protección a equipos, necesidades del proceso y asuntos ambientales.

2.1.4. Procesamiento del Gas Natural

Su objeto está centrado en la recuperación de cantidades comerciales de líquidos a partir del gas natural. Los componentes a recuperar son:

Etano

Propano comercial

Mezclas propano – butano

Gasolina natural

Generalmente, el acondicionamiento/procesamiento consiste de cuatros procesos básicos:

Separación de los líquidos libres del gas tales como crudo, condensados de hidrocarburos, agua y sólidos

Remoción de vapores de hidrocarburos recuperables y condensables

Remoción de vapor de agua condensable, el cual bajo ciertas condiciones puede formar hidratos

Remoción de algunos componentes indeseados como sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono.

Algunos de estos procesos se realizan en el campo pero en la mayoría de los casos el gas se envía a unidades de acondicionamiento/procesamiento centralizadas.

2.1.5. Tratamiento del Gas Natural

El gas se encuentra en el yacimiento a presiones altas mayores a 4000 psig y 150° F de temperatura, se lleva a la superficie mediante una tubería en el pozo donde se reduce la presión del gas a la presión de operación de la línea de recolección del gas que es 1200-1400 psig. Esta reducción de presión condensa parte del agua de saturación del gas, lo cual conduce a la formación de hidratos. Sin embargo, en el campo se usan procesos de prevención de hidratos como el calentamiento del gas para mantenerlo por encima de su temperatura de formación de hidratos, o mediante el uso de aditivos químicos y luego su traslado mediante gasoductos a la planta de procesamiento. Éste flujo ocurre normalmente en dos fases.

El gas que llega a la planta entra a un separador donde se remueven los líquidos. Posteriormente el gas se envía a una unidad de endulzamiento en la cual se remueven los gases ácidos.

El gas que abandona la unidad de endulzamiento es dulce pero aún se encuentra saturado con vapor de agua y contiene una cantidad considerable de hidrocarburos pesados, ambos deben ser removidos de modo que se puedan cumplir las especificaciones de punto de rocío tanto del agua como de los hidrocarburos, esto se hace por diferentes procesos como enfriamiento, absorción

y deshidratación. Los hidrocarburos líquidos provenientes de las instalaciones de separación y de control del punto de rocío de los hidrocarburos se envían a instalaciones de fraccionamiento para separar los hidrocarburos en componentes individuales.

2.1.6. Propiedades Básicas del Gas Natural

El gas natural es incoloro, inodoro, inflamable y no es tóxico, sin embargo, desplaza al aire en un ambiente cerrado. El gas natural es considerado un excelente combustible debido a su facilidad para quemarse, produciendo poca contaminación.

El gas natural es tratado al salir del pozo. La composición del gas tratado, en la forma como se entrega a los consumidores obedece a una reglamentación previamente establecida, que para efectos de la nación se la como el Reglamento Único de Transporte de Gas Natural (RUT).

Un gas ideal, también conocida como gas perfecto, es un gas donde no existe fuerza molecular, es decir, interacciones entre moléculas. Es necesario conocer dos de las variables básicas (temperatura, presión y volumen) que definen el estado de un gas, por ejemplo, para conocer el volumen de un gas, se deben conocer su presión y temperatura.

Las propiedades básicas de los gases aplicadas al comportamiento del gas natural son:

- Los gases son afectados por los cambios de temperatura y de presión debido a su capacidad de expandirse y contraerse con facilidad.
- Si no están confinados, los gases se expanden al calentarse y se contraen al enfriarse.

- Los gases pueden fácilmente comprimirse hasta volúmenes más pequeños.
- Los gases puros, que contienen un solo componente gaseoso, son tratados generalmente como gases ideales a baja presión.

Un gas se comporta como un gas ideal a baja presión, dicha ley expresa los efectos de la presión sobre el volumen al igual que la temperatura sobre el volumen.

Los gases reales se desvían del comportamiento anterior debido a la interacción entre sus moléculas. Para la mayoría de los gases incluyendo el gas natural, la desviación del comportamiento puede ser estimado con bastante exactitud, utilizando el factor de compresibilidad Z.

El comportamiento presión - volumen - temperatura es fundamental para entender el manejo del gas natural por tuberías. El flujo de gas a través de una tubería es debido al gradiente de presión entre el punto inicial y el punto de entrega. En aquellos casos cuando el consumo disminuye la línea inicia un proceso de empaquetamiento al mantenerse el suministro hasta el punto de máxima presión referida a la condición de diseño de la tubería. En el caso contrario, cuando el consumo se hace mayor la presión del sistema empieza a disminuir hasta el punto de igualar la condición de presión mínima en el sistema de regulación, en este momento se suspende el consumo y se inicia el proceso de incremento de presión.

Comercialmente las transacciones de gas natural generalmente se hacen basadas en su contenido energético, este contenido energético se obtiene multiplicando el volumen de gas por su poder calorífico bruto. El poder calorífico de un combustible se define como la cantidad de calor liberado en una combustión completa por una cantidad unitaria de combustible bajo condiciones de temperatura y una atmósfera de presión. Las diferentes referencias de temperatura son 0, 15 y 25 °C.

Durante la combustión de gas natural hay formación de agua. El poder calorífico neto (NHV) se obtiene ya que el agua producida durante la combustión se produce como vapor. Por otro lado el poder calorífico bruto (GHV) considera el calor de condensación del agua. La tabla 2.2 muestra el poder calorífico de los diferentes hidrocarburos que componen el gas natural.

Tabla 2.2. Poder calorífico de los hidrocarburos que componen el gas natural.

COMPONENTE	PODER CALORÍFICO	
	GHV (KJ/NM3)	NHV (KJ/NM3)
Metano	39,936	35,904
Etano	70,498	64,404
Propano	101,364	93,146
n-Butano	134,415	123,910
Iso-Butano	153,851	123,356
n-Pentano	172,189	159,045
n-Hexano	210,226	194,445
Benceno	162,219	155,582
Tolueno	207,717	198,242

Fuente: CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas

Es preciso considerar las propiedades al momento de procesar el gas natural, estas se indican a continuación, en la tabla 2.3:

Tabla 2.3. Propiedades del gas natural.

Componente	Peso Molecular (KG/KMOL)	Punto de Fusión (K)	Punto de Ebullición (K)	Volumen Especifico (M3/KMOL)
Hidrogeno	2,016	13,95	20,39	0,028604
Helio	4,003	1,76	4,22	0,032275
Nitrógeno	28,014	63,15	77,35	0,034678
Oxigeno	31,999	54,36	90,17	0,034678
Agua	18,015	273,15	373,15	0,018069
Co	28,010	68,15	81,70	0,035456
Co ₂	44,010	216,58	194,67	0,037278
H ₂ S	34,082	187,68	12,80	0,036142
Metano	16,043	90,67	11,66	0,037832
Etano	30,070	90,35	184,55	0,055203
Propano	44,097	85,46	231,11	0,075642
Isobutano	58,123	113,54	261,43	0,097704
N-BUTANO	58,123	134,86	272,65	0,096553
Isopentano	72,150	256,58	282,65	0,119536
N-PENTANO	72,150	143,42	309,22	0,116126
N-HEXANO	86,177	177,84	341,88	0,131306
N-HEPTANO	100,204	182,57	371,58	0,147014

N-OCTANO	114,231	216,38	398,83	0,163507
Ciclopentano	70,134	179,31	322,40	0,093509
Benceno	78,114	278,68	353,24	0,089495
Tolueno	92,141	178,18	383,78	0,106556
Etil benceno	106,167	178,20	409,35	0,122681

Fuente: CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas

- **Poder Calorífico**

El poder calorífico es la energía liberada cuando se quema un volumen estándar de gas y se expresa en unidades de energía por unidad de volumen (generalmente Btu/pie³ o Julios/m³). Debido a que lo que genera calor es el rompimiento de las uniones entre el carbono y el hidrógeno, mientras más átomos de carbono e hidrógeno haya en cada molécula, mayor será el poder calorífico del gas.

- **Poder Calorífico Alto**

También conocido como HHV (High Heating Value) se define como la cantidad de energía calórica transferida en la reacción de combustión donde todos los productos de combustión son enfriados a 60° F y el agua producto de la reacción ha sido condensada.

- **Poder Calorífico Bajo**

Se le conoce también como LHV (Low Heating Value) y es la cantidad de energía transferida como calor en la reacción de combustión, sin embargo, el agua, producto de la reacción, permanece en la fase vapor. La diferencia entre el poder calorífico alto y el bajo, es el calor latente de condensación del agua producida en el proceso de combustión.

- **Temperatura de Ignición**

Se define como la temperatura más baja a la cual tiene lugar la combustión auto sostenida del gas. La temperatura de ignición de un gas natural es inferior a la temperatura de ignición del metano como componente puro, debido a la presencia de otros hidrocarburos con temperaturas de ignición más bajas. A la temperatura de ignición, el gas empieza a arder en una mezcla adecuada de gas y aire. Esta posibilidad de ignición tiene aplicaciones tanto en la seguridad como en su uso como combustible. La temperatura de ignición del metano es de 705° C.

- **Límites de Inflamabilidad**

Los límites de inflamabilidad de un gas definen el rango en el que se sucede la combustión. Al ser límites se cuenta uno inferior y otro superior. El inferior indica la concentración más baja de un gas en aire en la que ocurre una combustión sostenida, y el superior de cuenta de la concentración más alta de un gas en aire en la que soporta la combustión.

Los límites de inflamabilidad del gas natural son aproximadamente 5% (LII) y 15% (LSI) dependiendo de su composición. Si la concentración del gas natural en aire está entre el 5% y el 15% el gas empezará a arder si está expuesto a una fuente de ignición.

- **Peso Molecular**

El comportamiento de una mezcla de gas está influenciado por su composición, es decir, por el contenido de cada componente de la mezcla. La cantidad de masa se expresa en términos del peso molecular en unidades de masa que se denominan moles.

Una molécula de metano (CH_4) está formada por un átomo de carbono ($\text{C}=12$) y

cuatro átomos de Hidrógeno ($H=1$), por lo tanto el peso molecular del metano es de 16.0.

- **Gravedad Especifica**

Se define para un gas, como la relación entre la densidad del gas y la densidad del aire seco a la misma temperatura y presión. Para calcular la gravedad específica de un gas debe conocerse la densidad del aire a la misma temperatura y presión que la muestra del gas. La gravedad específica del metano es de 0.554

La gravedad específica del gas natural tiene un rango que va de 0.55 a 0.90, la cual depende de la cantidad de hidrocarburos pesados que haya en el gas. En un ambiente no confinado el gas natural sube y se disipa.

3. BASES DE DISEÑO

3.1. INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA

Para desarrollo de la ingeniería conceptual se tuvo en cuenta la información intercambiada entre TURGAS SA ESP y TGI SA ESP. En la definición de los componentes que hacen parte de la infraestructura del proyecto se consideran los criterios generales establecidos por TGI SA ESP en su proceso de diseño.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL A TRANSPORTAR

El gas a transportar es Gas natural libre de H₂S, humedad e hidrocarburos condensables por debajo de lo máximo permitido y libre de material sólido. La composición del gas es mayoritariamente Metano (>88% molar), siendo el porcentaje restante Etano y algo de Propano. Para el dimensionamiento de equipos y selección de materiales se considerará la composición del gas mostrada en la tabla 3.1 la cual cumple con las especificaciones establecidas de calidad para su transporte a través del Sistema Nacional de Transporte conforme al Reglamento Único de transporte –RUT como se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.1. Composición del gas a transportar

Composición del Gas Natural		
Componente	Fórmula	% molar
Metano	CH ₄	97.14
Etano	C ₂ H ₆	0.12
Propano	C ₃ H ₈	0.01
i-Butano	C ₄ H ₁₀	0.00
n-Butano	C ₄ H ₁₀	0.00
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.00
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.00
Nitrógeno	N ₂	2.67
Dióxido de carbono	CO ₂	0.06
Agua	H ₂ O	0.01

Fuente: TGI SA ESP

Tabla 3.2. Especificaciones de calidad del gas natural.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL GAS NATURAL		
Poder Calorífico bruto mínimo, en MJ/m ³ (BTU/ft ³)	35.4	950 (Nota 1)
Poder Calorífico bruto máximo, en MJ/m ³ (BTU/ft ³)	42.8	1150
Contenido de Líquido (Nota 2)	Libre de Líquidos	
Contenido total de H ₂ S máximo mgr/m ³ (granos/100ft ³)	6	0.25
Contenido total de azufre máximo, mgr/m ³ (granos/100ft ³)	23	1.0
Contenido de CO ₂ máximo, %Vol.	2	2
Contenido de N ₂ máximo, %Vol.	3	3
Contenido de inertes máximo, %Vol. (CO ₂ + N ₂ + O ₂) (Nota 3)	5	5
Contenido de Oxígeno máximo, %Vol.	0.1	0.1
Contenido de agua máximo, mg / m ³ (lb / MMSCF)	97	6.0
Temperatura de entrada máxima, °C (°F)	49	120
Temperatura de entrada mínima, °C (°F)	7.2	45
Contenido máximo de polvos y material en suspensión, mg / m ³ (granos/1000 scf) (Nota 4)	1.6	0.7
Libre de Gomas	Sí	Sí
Nota 1: Todos los datos sobre metro cúbico o pie cúbico de gas están referidos a Condiciones Estándar.		
Nota 2: Los líquidos pueden ser: hidrocarburos, agua y otros contaminantes en estado líquido.		
Nota 3: Se considera como contenido de inertes la suma de los contenidos de CO ₂ , nitrógeno y oxígeno.		
Nota 4: El máximo tamaño de las partículas debe ser 15 micrones.		
Salvo acuerdo entre las partes, el Productor-comercializador y el Remitente están en la obligación de entregar Gas Natural a la presión de operación del gasoducto en el Punto de Entrada hasta las 1.200 Psig, de acuerdo con los requerimientos del Transportador. El Agente que entrega el gas no será responsable por una disminución en la presión de entrega debido a un evento atribuible al Transportador o a otro Agente usuario del Sistema de Transporte correspondiente.		
Si el Gas Natural entregado por el Agente no se ajusta a alguna de las especificaciones establecidas en este RUT, el Transportador podrá rehusar aceptar el gas en el Punto de Entrada.		

Fuente: CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas

4. PARÁMETROS OPERACIONALES DE DISEÑO

4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL GASODUCTO CENTRORIENTE

En la tabla 4.1 se indican los parámetros de diseño del gasoducto CENTRORIENTE (tramo Mariquita-Gualanday), ubicado en el departamento del Tolima, propiedad de TGI SA ESP.

Tabla 4.1. Parámetros de diseño del gasoducto

Parámetro	valor
Temperatura máxima de diseño	65°C
Temperatura mínima de diseño	15°C
Punto de rocío del vapor de agua a 1200 psig máx.	-10°C
Contenido máximo de agua en condiciones normales	65 mg/m ³
Profundidad a TOP	1.0 m minimum
En roca	0.6 m minimum
Máximo espaciamiento entre válvulas de bloqueo	32 km
Máximos espaciamiento entre trampas mixtas	80km
Gasoducto en Alta Presión:	Diámetro nominal (in): 6
	Espesor (in): 0.2799
	Longitud (Km): 120
	Acero al carbono, material API 5LX-42

Fuente: TGI SA ESP

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA INGENIERÍA

Presión de diseño: 1480 psi

Presión máxima de operación: 1200 psi

Presión mínima de operación: 900 psi

Presión promedio de operación: 1000 psi

Caudal Pico Horario: 416666 SCFH
 Caudal Mínimo Horario: 125000 SCFH
 Caudal Promedio Diario: 208333 SCFH
 Temperatura Máxima Diseño: 100° F
 Temperatura Promedio del Gas: 85° F
 Temperatura Mínima de Diseño del Gas: 80 °F
 Temperatura Ambiente Promedio: 95°F
 Velocidad máxima del gas en la línea de interconexión: 20 m/s
 Sistema de medición: se usará medidor tipo turbina para transferencia de custodia.
 Longitud estimada de la Línea: 11300 m (solo para Datos de diseño).

4.3. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

Para el cálculo del espesor de pared de la tubería, siguiendo el código ASME B31.8 y la normativa Colombiana (NTC3728, Numeral 3.2.2.2.d), se consideró la clasificación de las áreas que se atraviesan de conformidad con la información de TGI SA ESP. Dependiendo de la clase, se tiene un factor “F” que interviene en la determinación del espesor, los cuales se indican en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Factores de diseño “F”, según la clase de localidad

Clase de Localidad	Factor de diseño
1	0,72
2	0,60
3	0,50
4	0,4

Fuente: Código ASME B 31.8

Las áreas relacionadas con esta ingeniería se hallan en una zona con clase de localidad 3, por tanto la tubería necesaria en la interconexión TURGAS SA ESP-CENTRORIENTE en la estación de se ha diseñado con factor para clase de localidad 3.

4.4. CÓDIGOS Y NORMAS APLICABLES

Los Códigos y Normas considerados para la realización del Proyecto son los que se indican a continuación.

- **Normas Civiles**

Organización	Norma	Versión	Título
AISC	AISC-2005	2005	Normas para el Diseño de Estructuras de Acero de Estructuras Metálicas
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica	NSR-98	1997	Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Ley 400 de 1997. Decreto 33 de 1998

- **Normas Mecánicas (Recipientes)**

Organización	Norma	Versión	Título
ASME	ASME Sec. 9	2007	Welding and Brazing Qualifications
ASME	ASME Sec. 8 Div 1	2007	Boiler and Pressure Vessel Code
ASCE	ASCE/SEI 7-05	2006	Minimum Design Load in Building and Other Structures
ANSI	ANSI A 14.3	2002	American National Standard for Ladders - Fixed - Safety Requirements
API	API 650	2009	Welded Steel Tank for oil Storage

- **Normas de Tubería**

Organización	Norma	Versión	Título
ASME	B31.8	2007	Gas transmission and distribution piping systems
ASME	ANSI/ASME B 16.5	2009	Steel Pipe Flanges and Flanged Fitting
ASME	ANSI/ASME B 16.9	2007	Factory Made Wrought Steel but Welding Fitting
ASME	ANSI/ASME B 16.47	2006	Large Diameter Steel Flanges
ASME	ANSI/ASME B 16.11	2009	Forged Steel Fittings, Socket. Welding and Threaded
ASME	ANSI/ASME B36.10	2004	Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
ASME	ANSI/ASME B16.36	2009	Steel Orifice Flange
API	API 1104	2008	Welding of Pipelines and related facilities
API	API RP1107	1991	Pipeline Maintenance Welding Practices
API	API 5L	2007	Specifications For Line Pipes
API	API 600	2009	Steel Gate Valves, flanged and butt-welding ends, Bolted Bonnets
API	API Spec 6D	2008	Specification for Pipeline Valves
MSS	MSS-SP-75	2008	Specifications for High Test Wrought Butt-Welding Fittings
MSS	MSS-SP-44	2006	Steel Pipe Line Flange
ICONTEC	NTC 3949	2002	Estaciones de Regulación de Presión para

líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.

- **Normas Eléctricas**

Organización	Norma	Versión	Título
ICONTEC	NTC 2050	1998 1ª Actualización	Código Eléctrico Colombiano
IEEE	ANSI/IEEE C37.13.1	2006	IEEE Standard for Definite Purpose Switching Devices for Use in Metal-Enclosed Low-Voltage
NEMA	ANSI/NEMA C84.1	2006	Electric Power Systems and Equipment - Voltage Ratings
NEMA	WC 50- 1976/ICEA P- 53-426	1999	Ampacities, Including Effect of Shield Losses for Single Conductor Solid Dielectric Power Cable 15 kV through 69 kV

- **Normas para Instrumentación**

Organización	Norma	Versión	Título
ISA	ISA COMPLETE SET	2008	ISA Standards Library for Automation and Control

- **Códigos de Seguridad**

Organización	Norma	Versión	Título
NFPA	NFPA -- 54	2009	National Fuel Gas Code
NFPA	NFPA – 70	2008	Standard for Electrical Safety in the Workplace
NFPA	NFPA -- 10	2007	Portable Fire Extinguishers
NFPA	NFPA – 14	2008	Standard on Motion Picture and Television Production Studio Soundstages and Approved Production Facilities
NFPA	NFPA - 15	2009	Fire Safety in Racetrack Stables

4.5. RESTRICCIONES

1 Toda la tubería diseñada o modificada deberá cumplir el límite de velocidad máxima de 66 ft/s y la velocidad de erosión en ft/s será $C/(Po)e^{0.5}$, donde C es una constante empírica y Po es la densidad de la mezcla de gas.

- 2 El flujo del gasoducto propiedad de TGI SA ESP no se deberá interrumpir por lo que la conexión se realizaran en caliente.(Hot Tapping).
- 3 Las partes involucradas (TGI SA ESP, TURGAS SA ESP) deben llegar a acuerdos comerciales y contractuales para llevar a cabo las premisas planteadas en este documento.
- 4 Los diseños de las instalaciones del punto de conexión de la nueva estación de entrada llegan hasta la brida de entrada. Esta ingeniería no cubre el diseño de la línea del pozo a la estación ni de sus sistemas auxiliares.
- 5 La selección de los equipos en esta ingeniería se hará de conformidad con el piping class de TGI SA ESP y con los términos del contrato con TURGAS SA ESP.
- 6 En la ingeniería del punto de conexión de este documento no será incluida la ingeniería para garantizar el flujo en el gasoducto en un solo sentido.

5. BASES DE DISEÑO

5.1. PREMISAS DE DISEÑO

- Se considerará que la máxima cantidad de agua permitida es la establecida por el RUT 6 lb H₂O/MMSCFD para ambos sistemas; TURGAS SA ESP y CENTRORIENTE.
- Para garantizar una medición confiable se considera que la mínima cantidad de gas transferido de TURGAS SA ESP al gasoducto CENTRORIENTE de TGI SA ESP será de 3 MMSCFD y la máxima 10 MMSCFD.
- Para evitar flujos en sentido inverso se debe ubicar en las instalaciones de TURGAS SA ESP una válvula cheque.
- Para determinar la calidad de gas se instalaran en la estación de TURGAS SA ESP los siguientes equipos: Cromatógrafo, Medidor de Dew Point de Hidrocarburos, Medidor de Dew Point de H₂O y Azufre total.

5.2. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

5.2.1. Descripción del Proceso

El gas proveniente de campo de producción ingresa a la estación pasando por una válvula de entrada, la cual se bifurca separando la trampa de recibo del sistema de filtración. El gas continua hacia el sistema de filtración donde se le retiran los posibles sólidos y líquidos continuando su recorrido al sistema de medición constituido por una turbina, posteriormente pasa por la sección de control de

calidad del gas constituido por un cromatógrafo, un probador de punto de rocío de hidrocarburos y el detector de azufre total. De allí continúa al cabezal de salida que lleva a la válvula de bloqueo, válvula de retención, para luego ingresar al Gasoducto CENTRORIENTE a través de la conexión en el Hot-Tap.

5.2.2. Descripción de la Instalación

Las características de los equipos, condiciones de diseño y operación que conforman la Estación Caldas Viejo, se indican a continuación:

- Válvula de Entrada

La tubería, de entrada, proveniente del pozo Caldas Viejo Propiedad de TURGAS SA ESP se conecta a la válvula de 4" de entrada a la estación.

- Sistema de Filtración

El filtro posee elementos filtrantes con capacidad de retención de partículas superiores a 5 micrones. El recipiente constará con facilidades de chequeo de presión diferencial, vidrio nivel, válvulas de drenaje de líquidos, válvulas de venteo tapa y mecanismo de izaje para el cambio de los cartuchos.

El control de nivel de líquido se realiza mediante un lazo de control de nivel que actúa sobre la válvula de drenaje del filtro, que abrirá cuando alcance el set-point del punto de control de nivel y los líquidos serán conducidos al sistema colector de líquidos residuales.

El filtro a instalar será del tipo coalescente que impida el paso de cualquier material extraño que pueda estar suspendido en el gas, tal como material sólido, o líquidos en forma de aerosol. Los filtros coalescentes líquido - gas son utilizados para disminuir la concentración de aerosoles (líquidos dispersos en un gas con un tamaño de gota en el intervalo 0,1 μm - 300

um) de menos de 1000 ppmw a aproximadamente 0,003 ppmw. El principio de funcionamiento de estos elementos es el aumento de tamaño de las gotas de líquido en el aerosol a un valor en el intervalo 0,5 a 2,2 mm logrando de esta forma que las gotas no sean arrastradas por el gas y se asienten por gravedad.

En el Anexo 10 se presentan los resultados del dimensionamiento del filtro que se debe implementar, estos se fundamentan únicamente en el resultado de los modelos y criterios para el diseño de estos equipos, en ningún momento contempla información comercial sobre las posibles dimensiones de los elementos disponibles en el mercado para la construcción de este equipo, por tanto deben ser considerados únicamente como dimensiones de referencia. Para el diseño de estos equipos se consideraron dos variables, la velocidad en el medio (al interior de la membrana filtrante) y la velocidad máxima en el anulo.

Tabla 5.1. Resultados Dimensionamiento del Filtro

Condición	Valor
Velocidad critica Vc	0,44 m/s
Diámetro Cartucho	8 in
Diámetro interno filtro	14 in
Área Anulo	103,7 in ²
Velocidad Max Anulo (1200 psi)	0,31 m/s
Velocidad Max Anulo (900 psi)	0,43 m/s
Altura del cartucho	15 in
Altura total Filtro	45 in
Velocidad en el Medio (1200 psi)	5,09 m/min
Velocidad en el Medio (900 psi)	7,11 m/min

Fuente: TURGAS SA ESP

Como se observa en los resultados, el cálculo se realizó para la presión nominal en este punto 1200 psi sin embargo, dado que pueden presentarse estados de operación en los que la presión del sistema baje, se estableció

el límite de presión mínima en 900 psi, y con base en éste se realizó el dimensionamiento final del equipo, dado que el flujo real es mayor en ese estado.

Por tratarse de un recipiente a presión, la construcción del filtro se realizara bajo especificaciones ASME, "Boiler and Vessel Code" según:

Sección II Especificaciones de materiales

Sección VIII Recipientes sujetos a presión Div 1 y Div 2

Sección IX Calificación de la soldadura fuerte y la de bajo punto de fusión

- Sistema de Medición

El medidor seleccionado para esta aplicación es la Turbina de "ELSTER Instrument" Modelo SM-RIX-L G400 de 4", para el análisis de rangeabilidad de este instrumento, se tiene como referencia el "Turbine Gas Meter HANDBOOK" Manual ofrecido por ELSTER, en el que se presenta la rangeabilidad de las turbinas de la serie SM-RI, de acuerdo con los cuales se tiene.

Tabla 5.2. Especificaciones Turbina ELSTER SM-RI-X-L-G400

TURBINA	Rating	Max Presión Operación	Max Flujo	Min Flujo
"ELSTER" SM-RI-X-I G400	ANSI 600	97,6 bar (1434,7 psi)	650 m ³ /h	32 m ³ /h

Fuente: TURGAS SA ESP

Para la instalación de una turbina de medición, el AGA Report N°7 establece especificaciones en cuanto a los elementos que se deben implementar y las distancias mínimas recomendadas de instalación para la correcta medición de flujo. Algunas especificaciones reportadas en el AGA report N°7, y que son de gran interés para la instalación del medidor de turbina son:

- Los "vanes" del rectificador de flujo pueden ser cuadrados, hexagonales o circulares (tubería), pueden tener diferentes tamaños, pero deben cumplir los límites especificados de dimensión y presentar un arreglo simétrico.

- Las tuberías deben tener rugosidad comercial. y el diámetro interior del "flange" debe ser igual al de la tubería.
 - Un punto de instalación para transmisor de presión como el suministrado por el proveedor de la turbina en el cuerpo del medidor, debe ser usado como punto de sensado de presión para el computador de flujo
 - El punto recomendado para sensado de temperatura debe instalarse aguas abajo del medidor. Éste debe estar dentro de 5 diámetros nominales posteriores al medidor y aguas arriba de cualquier válvula u obstrucción de flujo.
- Válvula de salida

Consiste en una válvula de bola trunnion bridada que cuenta con un operador con cierre automático por alta y baja presión, igualmente cuenta con un sistema de control desde el centro de control de CENTRORIENTE que podrá cerrarla, mediante el cumplimiento del protocolo respectivo que acordaran las partes, cuando el gas no cumpla con las especificaciones RUT.

Las memorias de cálculo se presentan en el Anexo 10.

- Sistema de Control

Los principales lazos de control de la estación son:

✓ *Control de nivel*

Filtro separador de entrada, para recolección de los líquidos cuyos niveles se controlan mediante los LC-01 que es de acción ON/OFF que actúa sobre las válvulas de control de nivel. Se tiene dos switches de control por alto nivel, LSH-01 que envía la señal al cuarto de control.

✓ *Indicador de presión diferencial*

El sistema de filtración cuenta con un DPI-01 y un switch por alta presión diferencial, DPISH-01 que envía una señal al cuarto de control.

✓ *Calidad del gas*

La calidad del gas se determina mediante el monitoreo de los parámetros de contenido de agua, hidrocarburos, H₂S, azufre total, y CO₂ lo cual se obtiene a través del cromatografo en línea CHR-01, el Medidor de punto de rocío de agua e hidrocarburos DPO-01, y el detector de azufre total y H₂S, DHS-01 que transmiten los parámetros de calidad del gas al centro de control de TGI SA ESP. El productor y el Transportador establecerán el protocolo de control de calidad del gas en el cual deberán establecer las condiciones para bloquear la válvula de entrada al gasoducto cuando el gas no cumpla los parámetros del RUT. Ese protocolo definirá el plazo en horas que concederá el TRANSPORTADOR a EL PRODUCTOR para que corrija la causa que determina el no cumplimiento de los requerimientos de calidad del gas.

5.3. FILOSOFÍA DE DISEÑO

5.3.1. Ubicación y Configuración de la Estación

La planta de tratamiento de gas de TURGAS SA ESP, queda localizada en el campo Toqui Toqui, vereda Manga de los Rodríguez, municipio de Piedras, departamento del Tolima, de donde parte la construcción del nuevo gasoducto, que va en dirección oriente-occidente, haciendo entrega al Sistema Centro Oriente de TGI SA ESP en la Inspección de Caldas Viejo, en la finca El Ancla.

5.3.2. Composición del Gas

Para el diseño de las instalaciones se consideró que el gas recibido cumple con las especificaciones legales de calidad, para ser transportado por el Sistema Nacional de Transporte (SNT) como se establece el Reglamento de transporte RUT, cumplimiento que será responsabilidad del transportador.

5.3.3. Unidades de Medida

Desarrollo de la ingeniería se usarán las unidades inglesas y entre paréntesis el SI como se muestra en la tabla.

Tabla 5.3. Sistema de unidades utilizado

Longitud (Corta)	Pies, pulgadas, (cm, mm)
Longitud (Larga)	Milla, (km)
Diámetro	Pulgada , (cm)
Peso (Masa)	Lb , (kg)
Temperatura	Grados Fahrenheit,(°C)
Presión Absoluta	Psia, (bar-a)
Manometer pressure	Psig, (Barg)
Volume	bbl, US gal, ft ³ (m ³ , l)
Densidad	lb/ft ³ (kg/m ³)
Flujo líquido	BPD, gpm (l/m, m ³ /m)
Flujo de gas	MMSCFD, SCFM (m ³ sd)
Calor	BTU, Kcal
Velocidad	ft/s, mph, m/s

Fuente: TGI SA ESP

5.3.4. Condiciones de Operación

A continuación, en la tabla 5.4 se describen las condiciones con las cuales operará la estación.

Tabla 5.4. Condiciones de flujo de la estación

Flujo MMSCFD(M ³ D)		
Máximo	Promedio	Mínimo
0.14(3964)	0.12 (3398)	0.062(1770)

Fuente: TURGAS SA ESP

5.3.5. Condiciones de Presión

En la tabla 5.5 se indican las presiones de diseño.

Tabla 5.5. Presión de diseño

Presión Psig (bar-g)		
Máxima	Promedio	Mínima
1200 (82.7)	1000 (68.9)	900 (62)

Fuente: TURGAS SA ESP

5.3.6. Temperatura

Se establecieron para propósito de diseño las temperaturas de operación mostradas en la tabla 5.5. Estos valores se encuentran dentro del rango establecido por el RUT.

Tabla 5.6. Temperaturas de diseño

Temperatura °F (°C)		
Máxima	Promedio	Mínima
100 (37.8))	68.5 (20.3)	60 (15.6)

Fuente: TURGAS SA ESP

5.3.7. Niveles de Presión Sónica Permissible

No obstante artículo 42 de la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983 del Ministerio de Salud establece como máximo permissible 115 dB (A) de presión sonora en el nivel de ruido generado por los equipos de la Estación, el diseño

evitará niveles superiores a 85 dB y frecuencias mayores a 500 Hz medidas a 1 m de la fuente, de conformidad con la NTC-3949.

De conformidad con la resolución mencionada, en su capítulo V, artículo 41, tabla No. 3, este nivel de ruido (85dB) es inferior a los límites permisibles para ruido continuo o intermitente en lugares de trabajo para exposición de 8 horas.

5.3.8. Capacidad de la Estación

- 1) La estación se diseñará para el flujo máximo a la mínima presión esperada en operación normal.
- 2) Los consumos utilizados para el diseño, se muestran en la tabla 5.3.
- 3) Se considera que la capacidad del punto de conexión, es suficiente para suplir los requerimientos del proyecto
- 4) En la selección del sistema de filtración y medición se consideró los flujos máximos y mínimos que manejarán, lo que garantiza una correcta operación en cualquier momento durante la vida del proyecto, dentro de éstos valores.
- 5) Las instalaciones y sus componentes, estarán en capacidad de manejar en cualquier momento el flujo de diseño.
- 6) Durante el diseño se tuvieron en cuenta las presiones de operación mostradas en la tabla 5.4 de la Estación.
- 7) Estas presiones, expresadas en Psig (bar-g) se establecieron con una tolerancia de +/- 5%.
- 8) Igualmente en el establecimiento de la presión de diseño de la estación, para efecto de la selección de materiales se consideró la clase localidad 3.

5.3.9. Presión de Diseño

La presión de diseño para la tubería de acero del gasoducto se define como sigue:

$$P = \frac{2 * S * t}{D} * E * F * T$$

Donde:

P = Presión interna de diseño Psig.(bar-g)

D = Diámetro externo, Pulg, (cm)

S = Mínimo esfuerzo de cedencia especificado (Psi.)⁽¹⁾ (bar)

t = Espesor de Pared (Pulg)⁽²⁾ (cm)

E = Eficiencia de la junta.⁽³⁾

F = Factor de Diseño.⁽⁴⁾

T = Factor de corrección por temperatura del gas. ⁽⁵⁾

Notas:

- (1). El valor de S depende del grado de la tubería, por ejemplo, para Tubería grado B, S=35.000 psi, para API X-42 será 42.000 Psi etc.
- (2). Esta fórmula no incluye ninguna tolerancia para corrosión, en la determinación del espesor de pared en esta ecuación.
- (3). Según el material usado se utilizará el factor definido en el código ASME B31.8, tabla 841.115^a.
- (4). El factor de diseño depende de la clasificación de la localidad con las excepciones establecidas por ASMEB31.8
- (5). Este factor es 1.0 para temperaturas del gas inferiores a 250°F

✓ *Esfuerzo de Cedencia (S)*

El esfuerzo de Cedencia que se consideró, fue el establecido en la norma de fabricación de la tubería.

✓ *Espesor nominal de pared (T)*

En la fórmula de presión, se usó el espesor de pared publicado en las especificaciones comerciales de la tubería.

✓ *Factor de diseño (F)*

En la fórmula de diseño, se consideró el factor de diseño que cumple con la clase de localidad 3.

✓ *Factor de unión longitudinal (E)*

El factor longitudinal usado fue 1.

✓ *Factor de derrateo por temperatura (T)*

Se usó 1.0 puesto que la temperatura máxima esperada del gas, será muy inferior a 250°F. (121°C)

5.3.10. Criterios para Definir Componentes Mecánicos

✓ *Selección de Tuberías de Conducción*

1) La tubería que se use puede ser sin costura (seamless), con costura mediante arco sumergido (SAW), o por resistencia eléctrica (ERW). La selección podrá depender de los tiempos de entrega de la misma.

2) Dependiendo de los diámetros se usará tubería de especificación ASTM A106 Grado B ó API 5L.

3) La selección de tuberías (diámetro, espesor, clase y grado), se realizó de conformidad con los requisitos mínimos señalados en ASME B31.8.

Nota: Las tuberías enterradas serán protegidas mediante un sistema de recubrimiento anticorrosivo y el diseño e instalación de un sistema de protección catódica.

✓ *Diámetros y espesores de las tuberías*

Los espesores de cada diámetro se definieron usando la siguiente expresión:

$$D = \frac{2 * S * t * F * T * E}{P}$$

Donde:

P = presión de diseño, psig (bar-g)

D = diámetro exterior, pulg (cm)

S = mínimo esfuerzo de fluencia, psi (bar)

t = espesor, pulg.(cm)

F = Factor de construcción

T = Factor de degradación por temperatura

E = Factor de junta longitudinal

✓ *Especificación de tubería*

Las tuberías tendrán las siguientes especificaciones:

Especificación: API-5L

Nivel de especificación: PSL 1

Grado: B o superior

Tipo de tubería: ERW o SEAMLESS

Longitud nominal: Double.

Tipo de extremo: Belled end.

✓ *Selección de Válvulas*

En la selección de las válvulas se aplicaron los criterios, según el uso, mostrados en la tabla 5.6 de conformidad con la clasificación de la tubería de proceso (Piping Class).

Tabla 5.7. Criterios para uso de válvulas

Uso	Tipo de Válvula
Blowdown, drenajes	Tapón
Para después de regulación y después de medición donde se requiera minimizar las caídas de presión.	Bola (Paso completo)
Protección de sobre-presión.	Seguridad
Para control de presión.	Reguladoras de Presión

Fuente: ASME B 31.8

Notas:

- 1) No se usarán válvulas de tapón lubricado antes de los equipos de medición, o control.
- 2) El diseño mecánico del by pass y sus desfuegos, se realizará de conformidad con los requisitos mínimos señalados en la normativa nacional o internacional cuando no existe norma colombiana, vigente.

3) El diseño y selección de las válvulas se llevó a cabo, considerando siempre que el gas recibido del transportador, cumple con las normas de calidad vigentes.

✓ *Condiciones de Flexibilidad*

La estación se diseñará con suficiente flexibilidad para evitar esfuerzos excesivos sobre las tuberías o componentes por expansión o contracción térmica, excesivo doblado, o cargas inusuales sobre las uniones, momentos en los puntos de conexión o anclajes.

✓ *Diseño de Soportes y Anclajes*

Durante el diseño se preverán todos los anclajes y soportes suficientes para:

- a) Evitar esfuerzos indeseables sobre los equipos conectados.
- b) Prevenir o amortiguar las vibraciones.

5.3.11. Sistema de Control

Los sistemas de control que se establecerán serán los necesarios para garantizar la seguridad de las instalaciones de las personas y tendrá como fundamento su seguridad, funcionalidad y confiabilidad, para tales efectos se contará con sistema de monitoreo de la calidad del gas, un sistema de filtración que garantizará la limpieza del gas al entrar al gasoducto, sistema de cierre automático.

✓ *Dispositivos limitadores y de alivio de presión*

- La estación cuenta con un sistema de cierre automático por alta presión ejercido por la MOV 01 y la RUT-01 que enviará señal del estado de la válvula.
- Los venteos se diseñaran para evitar la acumulación de agua, y están localizados donde el gas pueda descargarse sin inducir riesgos.
- Los distintos componentes de los sistemas limitadores o de alivio de presión se diseñarán de tal manera que los diámetros de la tubería de

venteo, accesorios no presenten el golpeteo de válvulas, y deterioro de la capacidad de alivio.

✓ *Control de la calidad del gas*

El sistema contará con monitoreo en línea de la calidad del gas mediante la instalación de un cromatógrafo, medidor de punto de rocío de agua e hidrocarburos y un detector H₂S y azufre total.

✓ *Sistema de filtración*

La estación tendrá un sistema de filtración que contará con drenaje automático y alarmas por alto nivel de líquidos lo que disminuirá la posibilidad de entrada de agua libre al gasoducto.

5.3.12. Pinturas para Tuberías Aéreas

Toda la tubería de las instalaciones superficiales tendrá un sistema de recubrimiento protector externo para prevenir la corrosión atmosférica.

5.3.13. Obras Civiles

✓ *Diseño Arquitectónico*

El diseño arquitectónico, estructural y de las obras civiles asociadas, tales como: Registros, cerramientos de protección de estaciones y válvulas se ejecutarán de conformidad con las especificaciones del cliente y con las siguientes premisas:

- 1) El diseño arquitectónico de elementos no estructurales se realizará teniendo en cuenta lo estipulado en la Norma NSR-98.
- 2) Los planos arquitectónicos y de elementos no estructurales, cumplirán con los requisitos exigidos por las normas aplicadas por TGI SA ESP.

- 3) Los materiales que se especifiquen garantizarán la estabilidad, armonía y confort de la obra.

5.3.14. Diseño Eléctrico

El diseño eléctrico de las obras asociadas se ejecutará de conformidad con lo establecido en el RETIE e incluirá un SPT (sistema de puesta a tierra) que garantice el aterrizaje y protección de los equipos eléctricos y electrónicos.

5.3.15. Pruebas e Inspecciones

La estación debe someterse satisfactoriamente a las siguientes pruebas y análisis antes de entrar en servicio:

1. Radiografías al 100% de las juntas o tintas penetrantes en las que no sea práctico tomar radiografía.
2. Prueba de resistencia mecánica con agua a 1680 psi. (115,8 bar-g)
3. Prueba de hermeticidad a 100 psig (6,9 bar-g) después del montaje.
4. Limpieza interior de las líneas después de las pruebas.

5.3.16. Clasificación Eléctrica

Los equipos eléctricos y electrónicos se instalarán conforme a la clasificación de áreas eléctricas definidas en la NORMA API-500 "RECOMMENDED PRACTICE FOR CLASSIFICATION OF LOCATION FOR ELECTRICAL INSTALLATION AT PETROLEUM FACILITIES, CLASSIFIED AS CLASS 1, DIVISION 1 AND DIVISION 2 y en concordancia con la NTC-2050. La estación contará con un sistema de puesta a tierra (SPT) y sistema de apantallamiento que garantice el aterrizaje y protección de los equipos eléctricos y electrónicos.

6. ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

6.1. ÁREA MECÁNICA

6.1.1. Requerimientos Generales

Cada equipo deberá ser completamente montado, alineado y finalizado para su operación normal teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1 La Ingeniería detallada.
- 2 Las normas, requisitos y lineamientos que se encuentran en esta especificación o especificaciones de fabricante.
- 3 Las instrucciones de preparación para el montaje, instalación, operación y mantenimiento, dadas por los fabricantes de los equipos.
- 4 Otros documentos contractuales y las buenas prácticas de ingeniería, de construcción y montaje.

Se deberá verificar:

- 1 La ubicación (relativas a los ejes o a las coordenadas del proyecto), la orientación y la elevación de montaje
- 2 Montaje del equipo de acuerdo con lo mostrado en los planos aprobados para construcción.
- 3 Conexión a las tuberías y/o equipos, según lo indiquen los planos aprobados para construcción.
- 4 Limpieza, pruebas y puesta en marcha de los equipos.

Antes de conectar los equipos a las tuberías y después de las pruebas deberá verificarse la alineación y nivelación.

6.1.2. Montaje

Todos los materiales suministrados para el montaje de los equipos, tales como perfiles estructurales, pernos o tornillos, deben ceñirse a las especificaciones y normas indicadas en el capítulo 4.

Se recomienda el uso de electrodos de las siguientes propiedades:

Tipo AWS E60 Fy 32.2 a 38.7 Kg/mm²

Tipo AWS E70 Fy 42.2 Kg/mm².

Los empaques deberán ser tipo Spiral Wound, espirometálico, del rating correspondiente, espesor de 1/8" de conformidad con ASME B 16.20 .Spiral wound gaskets.

Todos los equipos deberán estar correctamente alineados y a nivel en sus tres ejes coordinados.

El montaje se hará de tal manera que los miembros de la estructura no sufran daños, deformaciones permanentes y/o sobre esfuerzos. (Se emplearán lazos de protección no resbaladizos para el izaje de los instrumentos).

Los aparatos requeridos para el montaje deberán asegurar el ensamblaje de las armaduras de acero en cualquier momento de la etapa de montaje y soportarán las cargas de viento, fuerzas sísmicas y las operaciones de montaje.

El equipo se montará sobre los pernos de anclaje de manera tal que éstos no se dañen. Se orientará en la forma correcta y se calzará hasta obtener la elevación y nivelación que se indica en los planos correspondientes.

EL CONSTRUCTOR, o LA INTERVENTORÍA analizará cualquier obstrucción que detecte dentro de las líneas de entrada o salida, o en otros puntos, con el fin de

acordar el procedimiento de remoción, que evite daños del equipo. Estas labores serán por cuenta EL CONSTRUCTOR.

Las elevaciones y alineamiento de los equipos se establecerán con relación a los ejes, conexiones u otros puntos fijos definidos y no con respecto a bases, carcasas, etc. Sólo se apretarán o soldarán las uniones de las armaduras, cuando se compruebe su correcta localización dentro de un sistema que conforme, un tramo completo.

Los tornillos se instalarán con la cabeza hacia el exterior o del lado superior de los miembros. Se ajustarán con llaves de ajuste o torsión de igual dimensión a las tuercas o cabezas de los tornillos.

Para el apretado de tornillos de alta resistencia, el torque se realizará apretando la tuerca o excepcionalmente el tornillo de acuerdo con el procedimiento de la torsión o el método de la tuerca o el método combinado.

Si se emplean tornillos de alta resistencia galvanizados, la rosca deberá lubricarse con bisulfito de molibdeno antes de apretarse.

Los huecos de los distintos elementos de cada conexión deben coincidir de tal manera que no se requiera de corte o escariado de los mismos para poder colocar los pernos correspondientes. No se permitirá el desplazamiento de los miembros, de tal forma que puedan generar deformaciones en los huecos o pernos de las conexiones.

EL CONSTRUCTOR entregará la estructura libre de materiales que se hayan adherido durante o previos al montaje. Se deben tomar las medidas de seguridad pertinentes, durante el montaje de todos los equipos.

6.1.3. Información Del Fabricante

Previamente a la iniciación de los trabajos de montaje, EL CONSTRUCTOR deberá obtener y estudiar los catálogos, diagramas de conexiones, planos, manuales de montaje y operación y en general toda la información suministrada por el Fabricante del equipo. Esto se refiere tanto a la información suministrada con anterioridad como a la incluida con los equipos dentro del empaque.

En este último caso, EL CONSTRUCTOR deberá informar oportunamente a LA INTERVENTORÍA para darle oportunidad de verificar la información recibida con el equipo y controlar la documentación que EL CONSTRUCTOR conserva en su poder.

Toda la información del Fabricante deberá ser entregada a LA INTERVENTORÍA de campo a la terminación de los trabajos de montaje y las pruebas de funcionamiento.

Todas las operaciones y secuencias de montaje y de pruebas de un equipo, deberán ejecutarse siguiendo estrictamente las instrucciones del Fabricante. En caso de que ello no sea posible, deberá contactarse al fabricante y coordinar con LA INTERVENTORÍA de campo la aplicación de las instrucciones recibidas.

6.1.4. Manejo de Equipos

EL CONSTRUCTOR velará por la seguridad e integridad de los equipos, así como por el control adecuado para el retiro del sitio de almacenamiento.

Para su protección, los equipos deberán mantenerse dentro de sus empaques originales hasta el momento de su colocación en el sitio de montaje.

En el momento de abrir el empaque original, EL CONSTRUCTOR deberá efectuar una revisión detallada del equipo para detectar averías, faltantes o desperfectos. Así mismo deberá estar atento a recuperar piezas o parte despachadas sueltas y los manuales u otros documentos que formen parte del empaque.

Los equipos siempre deberán manipularse con la maquinaria de montaje (grúas, montacargas, carretillas hidráulicas, etc.) más adecuada según su peso, tamaño y geometría. Se deberá respetar las instrucciones del fabricante sobre posición de la carga y puntos de izamiento. LA INTERVENTORÍA podrá ordenar la suspensión de las labores de montaje si en su concepto los equipos se están manejando en forma inadecuada o insegura.

6.1.5. Nivelación

✓ Base de Concreto

Los equipos deberán colocarse sobre su base o pedestal de concreto, removiendo previamente de la superficie las irregularidades del concreto; los pernos de anclaje embebidos en la base de concreto deberán coincidir, sin forzarlos, con los huecos correspondientes en la placa o base metálica del equipo.

Según análisis de ingeniería y conveniencia técnica podrían usarse pernos con anclajes epóxicos para instalar después de fundidas las bases.

Los equipos deberán levantarse aproximadamente 25 mm de la superficie de concreto, mediante calzas de lámina metálica (Shims) colocadas en varios puntos bajo los bordes de las superficies de apoyo del equipo, estas calzas además de servir como soporte provisional, permitirán nivelar el equipo adecuadamente, hasta lograr que su placa de base quede en un plano horizontal.

Una vez lograda esta nivelación, las tuercas de los pernos de anclaje deberán apretarse ligeramente para evitar que el equipo se mueva mientras se coloca el mortero de nivelación.

✓ Estructuras Metálicas

Cuando el equipo vaya montado sobre una estructura, la nivelación deberá efectuarse mediante la colocación de calzas de lámina metálica sujetas con pernos de anclaje, hasta lograr que toda la placa de base a los apoyos del equipo, queden en un plano horizontal.

6.1.6. Alineación

Deberá verificarse la correcta alineación entre los componentes del equipo y entre éstos y las tuberías a las cuales van conectados; deberá realinearse en caso de que el desalineamiento supere las tolerancias permitidas por el fabricante. Para verificar la alineación deberá utilizarse una regla metálica y galgas de calibración (feeler gauges), comparadores de carátula u otros instrumentos adecuados de medición.

6.1.7. Limpieza

Los equipos deben limpiarse internamente de todo material extraño a través de las aperturas de inspección y boquillas. Debe evitarse el uso de productos disolventes o de limpieza que puedan afectar los materiales protectores o revestimientos de los equipos. Una vez terminada la limpieza se deben taponar las líneas de entrada y salida con tapones de plástico para evitar la entrada de materias extrañas.

Antes de proceder a tapar los equipos debe obtenerse la aprobación LA INTERVENTORÍA sobre las condiciones de limpieza del mismo.

6.1.7. Inspección y Pruebas

EL CONSTRUCTOR colaborará en las labores de revisión e inspección de los materiales, fabricación y montaje de los equipos de prueba, de conformidad con los requerimientos de LA INTERVENTORÍA.

LA INTERVENTORÍA tendrá libre acceso para inspeccionar los equipos o sus componentes en cualquier fase del montaje o prueba. Es obligatorio que en todas las pruebas que se realicen, la presencia de LA INTERVENTORÍA.

6.1.8. Verificación de Torque

Con el fin de hacer un muestreo al azar del ajuste de los tornillos, se adoptará un procedimiento que asegure que el torque especificado ha sido aplicado, utilizando una llave de inspección adecuada.

El tornillo debe ser rotado 10° más del torque especificado que va a ser aplicado. – La posición de la tuerca en el tornillo se revisará y marcará.

Posteriormente, el tornillo se sostiene firmemente y la tuerca se afloja 60°. Para aflojar la tuerca se requiere cerca del 70 al 75% de la tensión del torque. Para regresar la tuerca a su posición original, deberá aplicarse, al menos el torque especificado.

Para cada diámetro de tornillo, se probará dos (2) juntas atornilladas de una conexión elegida al azar. Si no se presenta resultados desfavorables, no habrá necesidad de hacer más revisiones para un diámetro determinado. En caso de resultados desfavorables todos los tornillos en la conexión deberán revisarse.

6.1.9. Tolerancias

En ningún caso se aceptarán tolerancias por encima de las especificadas en los planos o especificaciones del fabricante del equipo.

6.1.10. Inspección de los Equipos

Los equipos deben ser probados e inspeccionados y deben operar satisfactoriamente de acuerdo con los datos especificados. El CONSTRUCTOR será responsable de las pruebas y de proveer los instrumentos y accesorios necesarios en dichas pruebas y deberá seguir la información de Manuales de Operación, Manuales de Medición y Calibración, Manuales de Instrumentación, Manuales de Seguridad Industrial.

6.1.11. Seguridad

Deberán tenerse en cuenta todas las recomendaciones de seguridad establecidas por los fabricantes de cada uno de los equipos y accesorios, así como las establecidas por TGI SA ESP y los que LA INTERVENTORÍA considere necesario al momento de la instalación, operación o ajuste de los equipos. Antes de realizar cualquier operación que implique riesgos para las personas o equipos deberá obtenerse la autorización LA INTERVENTORÍA.

6.1.12. Pinturas y Recubrimientos

Todas las áreas o instrumentos tales como equipos de control, graseras y accesorios, placas de identificación, marcos, superficie de contacto de la empaquetadura, conexiones roscadas, vástagos de válvulas o cualquier superficie que esté lubricada, etc., se deberán proteger, por lo que antes de comenzar los trabajos de limpieza y pintura, EL CONSTRUCTOR deberá cubrir o enmascarar

estas áreas adecuadamente. No se deberán pintar las caras de las bridas. Después de finalizado el proceso de aplicación de pintura EL CONSTRUCTOR removerá todo material de protección.

6.1.13. Documentación

Con base en las normas, requisitos y lineamientos que se encuentran en esta Especificación y las instrucciones de preparación para el montaje, operación y mantenimiento, dadas por el fabricante de los equipos, EL CONSTRUCTOR preparará y emitirá para aprobación de LA INTERVENTORÍA, los procedimientos detallados de montaje, pruebas y puesta en marcha y los protocolos de verificación de terminación mecánica de cada uno de los equipos.

Una vez desarrollados los trabajos objeto de esta especificación, EL CONSTRUCTOR emitirá un reporte completo a LA INTERVENTORÍA, que contendrá entre otros, un anexo con todos los catálogos y planos, suministrados por TGI SA ESP y utilizados durante el montaje.

6.1.14. Especificación de Válvulas

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

Las válvulas serán utilizadas en instalación a la intemperie y por lo tanto deberán estar protegidas contra las condiciones ambientales descritas.

En general las válvulas de retención serán de acero de bajo carbono forjado o fundido, tapa bridada, extremos según se indica en la hoja de datos. Aptas para operación en posición horizontal o vertical y flujo ascendente. Los materiales de los internos deben ser como mínimo los especificados en las Hojas de Datos o

equivalentes en cuanto a sus características químicas y físico mecánicas. Las válvulas deben ser construidas, marcadas y probadas de acuerdo a las normas y estándares indicados en cada una de las Hojas de Datos.

En caso de desviación o conflicto a ésta Especificación o a sus Hojas de Datos complementarias, el proveedor debe indicarlo claramente en la Hoja de Datos respectiva o donde lo estime pertinente.

Para el caso particular de las válvulas de bola, estas serán de acero de bajo carbono forjado o fundido operadas por engranaje del tipo entrada lateral (side entry), extremos según se indica en la hoja de datos.

Todos los reportes de inspecciones y reportes de pruebas realizadas deberán ser remitidos a INTERVENTORÍA en un reporte certificado firmado por el inspector de calidad del fabricante. INTERVENTORÍA podrá inspeccionar, directamente o a través de un tercero, las pruebas locales de funcionamiento, sin que esto releve al proveedor de su responsabilidad por la calidad y operatividad de las válvulas. El fabricante debe poseer un protocolo de pruebas certificado.

LA INTERVENTORÍA únicamente admitirá los suministros que hayan aprobado los siguientes controles, de acuerdo a la norma especificada para cada caso en la respectiva Hoja de Datos: Inspección visual, certificados de inspección de materiales y equipos y pruebas Hidrostáticas y neumáticas si se requieren de acuerdo a la norma.

La prueba hidrostática al cuerpo de la válvula aplica para todas las válvulas. Esta prueba se llevara a cabo en la posición abierta y a las presiones especificadas en la norma. Durante la prueba, ninguna pérdida de presión deberá ser registrada. El tiempo mínimo de prueba será de 30 minutos.

La prueba hidrostática al sello aplica para válvulas de 10” y mayores. Esta prueba se llevara a cabo en la posición cerrada (cheques en contraflujo), con uno de los lados expuesto a condiciones atmosféricas (Seco y limpio) y el otro con la presión de prueba especificada. La prueba se efectuará en ambos lados y el tiempo de duración para cada una será de 30 minutos como mínimo.

El marcado de las válvulas incluirá, adicional a lo indicado por la respectiva norma solicitada en la Hoja de Datos, el número de Identificación o Tag para una correcta instalación e identificación de la válvula en campo y de este modo mejorar la trazabilidad de cada válvula.

La válvula deberá tener una placa en acero inoxidable indicando la siguiente información:

- Nombre del fabricante.
- Número de identificación (Tag Number).
- Año de producción.
- Diámetro nominal.
- Presión de operación.
- Presión de prueba hidrostática.
- Rating de la válvula.

El proveedor deberá garantizar durante un periodo de (2) años a partir del despacho o 18 meses a partir de la puesta en marcha, la calidad de las válvulas.

6.2. ÁREA INSTRUMENTACIÓN

6.2.1. Requerimientos Técnicos Generales

Todos los instrumentos eléctricos o electrónicos localizados en campo serán a prueba de explosión tipo NEMA 4X + NEMA 7.

Los instrumentos deben suministrarse con rotulo en una placa de acero inoxidable, calidad mínima AISI 304, por lo menos con la siguiente información:

- Tag
- Modelo.
- Número de serie.
- Fecha de fabricación.

Debe cumplirse con los requerimientos específicos que se establecen en las hojas de datos (data sheet) correspondientes y estas especificaciones.

6.2.2. Tipos de Instrumentos

✓ Indicadores de Presión

Los indicadores de presión serán de lectura directa, con un diámetro de dial de 4-1/2", toma de 1/2" NPT. SS – 316, por el fondo.

El elemento de presión debe ser del tipo tubo de Bourdon, en acero inoxidable endurecido del tipo SS-316 y con sobre-rango equivalente a dos veces la presión máxima de lectura de la escala sin ajuste estático que afecte su posterior calibración.

La caja debe ser a prueba de intemperie, fabricada en acero inoxidable con acabado brillante y debe tener un elemento fusible por sobrepresión, localizado en la parte posterior de la caja.

La carátula deberá ser blanca y la escala lineal en color negro rotulada en PSI y kg/m^2 y la exactitud deberá ser de +/- 0.5% del total de la escala.

✓ *Indicadores de Temperatura*

Los indicadores de temperatura serán como mínimo de dial 4 ½”, bimetálicos tipo “Every Angle” y suministrados completos con su termo-pozo.

- a) El calibre del cable de los termopares debe ser como mínimo 14 AWG.
- b) Los cables de extensión de los termopares deben ser del mismo material y calibre 16 AWG.
- c) Las termo-resistencias serán del tipo de 3 o 4 hilos.
- d) Los termopares serán del tipo de alambre desnudo sostenidos por aisladores cerámicos.
- e) El diámetro y rating de los termo-pozos debe estar de acuerdo con el API RP 550.
- f) Las borneras tendrán su conexión a tierra y vendrán montadas en aislador cerámico.
- g) El cuello de extensión de los termo-pozos no será inferior a 1”. Cuando el tubo esté aislado se deberá agregar adicionalmente el espesor del aislamiento.

✓ *Transmisores*

Los transmisores serán de tipo inteligente, con rangos configurables, contarán con protección por descargas y sus encerramientos estarán diseñados para ambiente tropical húmedo.

Los transmisores de temperatura tendrán el sensor del tipo RTD PT-100 a 4 hilos.

- a) El voltaje de suministro podrá variar de 12.5 a 48 VDC y 100 a 125 VAC, dependiendo del caso.
- b) Los transmisores estarán protegidos contra interferencias de radiofrecuencia.
- c) Los transmisores de temperatura tendrán compensación de junta fría.
- d) El “Fondo de escala” será escogido de manera que el rango de operación esté

entre el 25 y 75 % del pleno rango.

- e) Las conexiones eléctricas deberán estar totalmente identificadas. No se admitirá el uso de conexiones rápidas de cable entorchado en cápsula, ni soldados a regletas.
- f) El material metálico además de inoxidable será plateado. Se debe usar terminales “Silver Plated” o “Bicromat Plated”.
- g) Los transmisores deben tener cámaras separadas para la electrónica y las conexiones.
- h) Los rangos de salida analógicos serán 4-20 mA.

✓ *Interruptores*

- a) Los interruptores deberán garantizar un máximo de exactitud en la repetibilidad del “Set Point”, y un mínimo de histéresis.
- b) Los contactos deberán ser del tipo “DPDT”, con conexión eléctrica para conduit de 3/4” NPT. Ambos contactos deberán ser ajustables en todo el rango.
- c) Las conexiones eléctricas deberán estar totalmente identificadas. No se admite el uso de conexiones rápidas de cable entorchado en cápsula, ni soldados a regletas.
- d) El material metálico además de inoxidable será plateado. Se debe usar terminales “Silver Plated” o “Bicromat Plated”.

✓ *Computador de Flujo*

Cada una de los medidores contará con un computador de flujo, el cual tendrá como mínimo las siguientes consideraciones:

- a) Un puerto de comunicaciones RS-232/RS-485 para comunicarse con la RTU de la estación.
- b) Una señal de salida análoga de 4-20 mA para enviar la señal de flujo a un

toma muestras.

- c) Capacidad de almacenamiento suficiente para 30 días de información diaria en miles de pies cúbicos estándar por día (MSCFD).
- d) Señales de entrada:
- e) Dos entradas análogas para las señales de temperatura y presión.
- f) Entrada de corriente de 24 VDC.
- g) Los transmisores de presión y temperatura deben estar integrados en el equipo con las mismas especificaciones de los transmisores indicados en esta especificación
- h) El computador de flujo contará con algoritmos AGA.
- i) Deberá contar con indicación local.
- j) Sistema de comunicaciones Modbus-R.T.U.
- k) Procesador de 16 bit.
- l) RTD de 3 hilos 500 OHMIO de platino.
- m) Transmisor de presión para el rango de operación del proyecto.
- n) Cerramiento NEMA 4X + NEMA 7.

✓ *Válvulas de seguridad*

Las válvulas que no tengan sello ASME deben ser calibradas y sus capacidades certificadas de acuerdo a lo solicitado en el código ASME sección VIII.

Si las pruebas certificadas muestran que el coeficiente de la válvula es menor a 0.95, los datos propuestos por el vendedor, para cada válvula deben ser enviados al comprador para verificación del tamaño.

Las válvulas que no tengan sello ASME pero estén de acuerdo con los diseños previamente certificados y estampados por el código ASME se consideran aceptables sin posteriores pruebas de calidad.

Las válvulas especificadas como bridadas deben ser de recarga de resorte, alta elevación de altura (higt lift), de alta capacidad con disco guiado. Todas las válvulas deben estar provistas con tapa de presión sellada.

Las válvulas deben tener orificio completo y con arreglo tal que el orificio y las partes que comprimen el disco sean solamente las partes expuestas a la presión de entrada a la acción corrosiva del fluido cuando la válvula este cerrada.

Cuerpos de válvulas que no acomoden orificio completo deben tener facilidad para acomodarlo posteriormente sin que los espesores se afecten dé acuerdo con el ANSI B 16.5 para mínimos espesores.

Las bridas y cualquier otro elemento soldado deben ser completamente radiografiado en sus juntas. La clase y la cara de las bridas deben ser completamente especificadas.

Cada componente deberá incluir un número o la información mínima necesaria que se requiera para la 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.

6.2.3. Pruebas

Todos los materiales y equipos estarán sujetos a las pruebas pertinentes establecidas por las normas mencionadas en esta especificación.

Como norma general las siguientes pruebas deberán realizarse:

- Pruebas bajo condiciones clasificadas:
 - Determinación de la curva de error.

- Determinación de la curva de histéresis.
- Determinación del error estático.
- Pruebas bajo condiciones no clasificadas:
 - Determinación de la influencia por ambiente y temperatura.
 - Prueba de tendencia a lo largo del tiempo.
 - Prueba de vibración estática y choque.
 - Función de respuesta (paso a paso).

6.3. ÁREA TUBERÍA

6.3.1. Piping Class

✓ Tipos de unión

La unión de los diferentes componentes o accesorios que deban adicionarse o cambiarse se harán de acuerdo con lo descrito a continuación.

- Uniones Mecánicas: La conexión entre las tuberías y los instrumentos serán con unión socket roscada y los conectores apropiados.

Diámetro	Tipo de Unión
> 2 pulgadas	Flanchada
2 – 1 pulgadas	Flanchada o Roscada
< 1 pulgadas	Socket Roscada

- Uniones Soldadas

Diámetro	Tipo de Unión
> 2 pulgadas	A Tope (BW)
2 – 1 pulgadas	Embonada (SW) o A Tope (BW)

Las derivaciones en la tubería del gasoducto se harán de acuerdo con lo indicado en tabla 6.1.

Tabla 6.1. Derivaciones en tubería de gasoducto

DIÁMETRO DERIVACIÓN PLG	DIÁMETRO DEL GASODUCTO (TUBERÍA DE LA LÍNEA)																		
	36	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1
1/2																			
3/4																			
1															HC	HC	HC	HC	HC
2													S	S	S	S	RT	RT	TS
3																			
4																			
6																			
8																			
10																			
12																			
14																			
16																			
18																			
20																			
22																			
24																			
26																			
28																			
30																			

HC	Half coupling	ST	Split tee
RT	Reduced tee	T	Straight tee
S	Sock-o-let	TS	Tee socket weld
SD	Saddles	W	Weld-o-let

Fuente: TURGAS SA ESP

Las derivaciones en la tubería de las estaciones se harán de acuerdo con lo indicado en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Derivaciones en la estación

DIÁMETRO DERIVACIÓN PLG	DIÁMETRO DEL HEADER (TUBERÍA DE LA ESTACIÓN)																		
	36	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1
1/2	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC
3/4	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC
1	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	RT	RT	RT	TS
2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	RT	RT	RT	T	
3	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	RT	RT	RT	T	
4	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	RT	RT	RT	T	
6	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	RT	RT	RT	T	
8	W	W	SD	SD	SD	SD	SD	RT	RT	RT	RT	TR	RT	T					
10	W	SD	SD	SD	SD	SD	RT	RT	RT	RT	RT	RT	RT	T					
12	SD	SD	SD	SD	SD	RT	RT	RT	RT	RT	RT	T							
14	SD	SD	SD	SD	RT	RT	RT	RT	RT	RT	T								
16	SD	SD	RT	RT	RT	RT	RT	RT	RT	T									
18	SD	RToST	RToST	RT	RT	RT	RT	RT	T										
20	RToST	RToST	RToST	RT	RT	RT	RT	T											
22	RToST	RToST	RToST	RT	RT	RT	T												
24	RToST	RToST	RToST	RT	RT	T													
26	RToST	RToST	RToST	RT	T														
28	RToST	RToST	RToST	T															
30	RToST	RToST	T																
32	RToST	T																	
36	T																		

HC	Half coupling	ST	Split tee
RT	Reduced tee	T	Straight tee
S	Sock-o-let	TS	Tee socket weld
SD	Saddles	W	Weld-o-let

Fuente: TURGAS SA ESP

- Derivaciones

Las derivaciones para interconectar líneas, estaciones o válvulas de seccionamiento con los sistemas existentes, podrán hacerse en frío con los elementos apropiados según este documento o en caliente utilizando elementos especiales como los Threaded-o-Rings o los Tapping Fittings de las marcas homologadas o aceptadas por TGI SA ESP, tales como TDW, IPSCO, BLACKHAWK, etc. Sin embargo, siempre se debe confirmar el listado de fabricantes con la calidad técnica, económica y de servicio conveniente.

- ✓ Espesores Mínimos para la Tubería de Acero Carbón

Se consideran únicamente espesores calculados con factor 0.5, categoría que aplica a las estaciones, válvulas seccionadoras y trampas del proyecto. En caso de que la localidad donde se ubicará alguna de estas instalaciones sea “Class Location IV”, deberá hacerse el análisis particular.

Para la determinación de los espesores de tubería se establecerán las características para dos condiciones: tuberías con presión de diseño inferior a 740 psig y tuberías con presión de diseño superior a 740 psig pero inferior a 1200 psig.

Para Presiones de Diseño Inferiores a 740 psig

P : Presión de diseño (P=740 psig)

S : Mínimo esfuerzo de cedencia

D : Diámetro externo nominal

F : Factor de diseño (0.5)

E : Factor de junta longitudinal

T : Factor de temperatura (T=1.0)

t : Espesor para la presión de diseño. Ver tabla 6.3.

Tabla 6.3. Diámetros y espesores de tubería.

Ø NOM.	DIAM. EXT.	MATERIAL	t _{esc} /SCH		Ø NOM.
			III		
			0.5		
32	32	API 5L-X-65 o superior	0.500	20	32
32	32	API 5L-X-60	0.500	20	32
30	30	API 5L-X-65 o superior	0.375		30
30	30	API 5L-X-60	0.500	20	30
28	28	API 5L-X-65 o superior	0.375		28
28	28	API 5L-X-60	0.375		28
26	26	API 5L-X-65 o superior	0.375		26
26	26	API 5L-X-60	0.375		26
24	24	API 5L-X-60	0.375	20	24
24	24	API 5L-X-52	0.375	20	24
22	22	API 5L-X-60	0.375	20	22
22	22	API 5L-X-52	0.375	20	22
20	20	API 5L-X-60	0.375	20	20
20	20	API 5L-X-52	0.375	20	20
18	18	API 5L-X-60	0.375		18
18	18	API 5L-X-52	0.375		18
16	16	API 5L-X-60	0.375	30	16
16	16	API 5L-X-52	0.375	30	16
16	16	API 5L-X-42	0.375	30	16
14	14	API 5L-X-60	0.375	30	14
14	14	API 5L-X-52	0.375	30	14
14	14	API 5L-X-42	0.375	30	14
12	12.750	API 5L-X-52 a X-60	0.375		12
12	12.750	API 5L-X-42	0.375		12
12	12.750	API 5LGrB	0.365	40	12
10	10.750	API 5L-X-42 a X-60	0.365	40	10
10	10.750	API 5LGrB	0.365	40	10
8	8.625	API 5L-X-42 a X-60	0.322	40	8
8	8.625	API 5LGrB	0.322	40	8
6	6.625	API 5LGrB o X-42	0.280	40	6
4	4.500	API 5LGrB o X-42	0.237	40	4
3	3.500	API 5LGrB o X-42	0.216	40	3
2	2.375	API 5LGrB o X-42	0.154	40	2
1	1.315	API 5LGrB o X-42	0.179	80	1

Fuente: TURGAS SA ESP

Presiones de Diseño > a 740 Psig < 1200 Psig

P : Presión de diseño (P=1200 psig)

S : Mínimo esfuerzo de cedencia

D : Diámetro externo nominal

F : Factor de diseño (0.5)

E : Factor de junta longitudinal

T : Factor de temperatura (T=1.0)

t : Espesor para la presión de diseño. Ver tabla 6.3.

- ✓ Espesores mínimos para los accesorios acero carbón.

Se consideran únicamente espesores calculados con factor 0.5, categoría que aplica a la estación y Hot-Tap del proyecto. En caso de que la localidad donde se ubicará alguna de estas instalaciones sea “Class Location IV”, deberá hacerse el análisis particular.

Para la determinación de los espesores de los accesorios de las instalaciones se establecerán las características para dos condiciones: con presión de diseño inferior a 740 psig y con presiones de diseño superiores a 740 psig pero inferiores a 1200 psig

Para Presiones de Diseño Inferiores a 740 Psig

P : Presión de diseño (P=740 psig)

S : Mínimo esfuerzo de cedencia

D : Diámetro externo nominal

F : Factor de diseño

E : Factor de junta longitudinal

T : Factor de temperatura (T=1.0)

t : Espesor para la presión de diseño. Ver tabla 6.4.

Tabla 6.4. Diámetro y espesores de accesorios.

Ø NOM.	DIAM. EXT.	MATERIAL	t _{sc} /SCH		Ø NOM.
			III		
			0.5		
32	32	A860 WPHY-65	0.500	XS (20)	32
32	32	A860 WPHY-60	0.500	XS (20)	32
30	30	A860 WPHY-65	0.375	STD	30
30	30	A860 WPHY-60	0.500	XS (20)	30
28	28	A860 WPHY-65	0.375	STD	28
28	28	A860 WPHY-60	0.375	STD	28
26	26	A860 WPHY-65	0.375	STD	26
26	26	A860 WPHY-60	0.375	STD	26
24	24	A860 WPHY-60	0.375	STD (20)	24
24	24	A860 WPHY-52	0.375	STD (20)	24
22	22	A860 WPHY-65	0.375	STD (20)	22
22	22	A860 WPHY-52	0.375	STD (20)	22
20	20	A860 WPHY-60	0.375	STD (20)	20
20	20	A860 WPHY-52	0.375	STD (20)	20
18	18	A860 WPHY-60	0.375	STD	18
18	18	A860 WPHY-52	0.375	STD	18
16	16	A860 WPHY-60	0.375	STD (30)	16
16	16	A860 WPHY-52	0.375	STD (30)	16
16	16	A860 WPHY-42	0.375	STD (30)	16
14	14	A860 WPHY-60	0.375	STD (30)	14
14	14	A860 WPHY-52	0.375	STD (30)	14
14	14	A860 WPHY-42	0.375	STD (30)	14
12	12.75	A860 WPHY-52	0.375	STD (30)	12
12	12.75	A860 WPHY-42	0.375	STD	12
12	12.75	A234 WPB	0.375	STD	12
10	10.75	A860 WPHY-42	0.365	STD (40)	10
10	10.75	A234 WPB	0.365	STD (40)	10
8	8.63	A860 WPHY-42	0.322	STD (40)	8
8	8.63	A234 WPB	0.322	STD (40)	8
6	6.63	A234 WPB	0.280	STD (40)	6
4	4.50	A234 WPB	0.237	STD (40)	4
3	3.50	A234 WPB	0.216	STD (40)	3
2	2.275	A234 WPB	0.154	STD (40)	2
1	1.315	A234 WPB	0.179	XS (80)	1

Fuente: TURGAS SA ESP

Presiones de Diseño > a 740 Psig< 1200 Psig. Ver tabla 6.5.

Tabla 6.5. Diámetro y espesores de accesorios.

Ø NOM.	DIAM. EXT.	MATERIAL	t _{esc.} /SCH		Ø NOM.
			III		
			0.5		
32	32	A860 WPHY-65	0.625	30	32
32	32	A860 WPHY-60	0.688	40	32
30	30	A860 WPHY-65	0.625	30	30
30	30	A860 WPHY-60	0.625	30	30
28	28	A860 WPHY-65	0.625	30	28
28	28	A860 WPHY-60	0.625	30	28
26	26	A860 WPHY-65	0.500	XS	26
26	26	A860 WPHY-60	0.562		26
24	24	A860 WPHY-60	0.500	XS	24
24	24	A860 WPHY-52	0.687	40	24
22	22	A860 WPHY-60	0.500	XS (30)	22
22	22	A860 WPHY-52	0.562		22
20	20	A860 WPHY-60	0.500	XS(30)	20
20	20	A860 WPHY-52	0.500	XS (30)	20
18	18	A860 WPHY-60	0.438	30	18
18	18	A860 WPHY-52	0.438	30	18
16	16	A860 WPHY-60	0.375	STD (30)	16
16	16	A860 WPHY-52	0.500	XS (40)	16
16	16	A860 WPHY-42	0.500	XS (40)	16
14	14	A860 WPHY-60	0.312	20	14
14	14	A860 WPHY-52	0.375	STD (30)	14
14	14	A860 WPHY-42	0.438	40	14
12	12.750	A860 WPHY-52	0.330	30	12
12	12.750	A860 WPHY-42	0.406	40	12
10	10.750	A860 WPHY-42	0.365	STD (40)	10
10	10.750	A234 WPB	0.500	XS (60)	10
8	8.625	A234 WPB	0.322	STD (40)	8
6	6.625	A234 WPB	0.280	STD (40)	6
4	4.500	A234 WPB	0.237	STD (40)	4
3	3.500	A234 WPB	0.216	STD (40)	3
2	2.375	A234 WPB	0.154	STD (40)	2
1	1.315	A234 WPB	0.179	XS (80)	1

Tabla 6.6. Especificaciones de materiales

DESCRIPTION	SIZE	RATING	END	TAG	MATERIAL	CERT	COMPLEMENT
VALVE							
BALL	1/4	1	3000 @ 100°F	OD THD	VB13 VB14	ASTM A-105	C,M S.S. STRIGHT BODY BALL VALVE, SS AIS 316/316L BODY MATERIAL, FEMALE NPT THREADED END OD, 316/316L SS NEEDLE AND STEM, REFOIRCED TEFLON SEAT AND SEAL, T-BAR HANDLE OPERATOR, TEST REFERENCE API 598, GAS SERVICES
	1/4	1	3000 @ 100°F	THD	VB04	ASTM A-106	C,M FLOATING BALL VALVE, NPT M, DIMENSIONS AS PER ASME B16.10, TESTS AS PER API 598, FIRE TEST AS PER API 6FA, CONSTRUCTION AS PER ASME B16.34, END OR SIDE ENTRY, BOLTED BONNET, NON-LUBRICATED REPLACEABLE BALL AND SEATS, 316SS BALL AND STEM, REINFORCED TEFLON SEATS, GAS SERVICES.
	1 1/2	4	150 @ 100°F	RF	VB09 VB10 VB11 VB12	ASTM A-216 WCB/WCC	C,M FLOATING BALL VALVE, DIMENSIONS AS PER ASME B16.10, TESTS AS PER API 598, FIRE TEST AS PER API 6FA, CONSTRUCTION AS PER ASME B16.34, END OR SIDE ENTRY, BOLTED BONNET, NON-LUBRICATED REPLACEABLE BALL AND SEATS, 316SS BALL AND STEM, REINFORCED TEFLON SEATS, GAS SERVICES.
	1 1/2	4	600 @ 100°F	RF	VB01 VB02 VB03 VB05 VB06 VB07 VB08	ASTM A-216 WCB/WCC	C,M TRUNNION BALL VALVE, DIMENSIONS AS PER ASME B16.10, TESTS AS PER API 598, FIRE TEST AS PER API 6FA, CONSTRUCTION AS PER ASME B16.34, END OR SIDE ENTRY, BOLTED BONNET, NON-LUBRICATED REPLACEABLE BALL AND SEATS, 316SS BALL AND STEM, REINFORCED TEFLON SEATS, GAS SERVICES.
GLOBE	1/2	2	150 @ 100°F	RF	VT02	ASTM A-105	C,M DIMENSIONS AS PER ASME B16.10, SOCKET WELD ENDS AS PER ASME B16.11, CONSTRUCTION AS PER ASME B16.34, TEST AS PER API 598, FULL PORT, BOLTED BONNET, OUTSIDE SCREW & YOKE, RISING STEM, PLUG OR SEMI-PLUG DISC, REPLACEABLE DISC AND SEATS, 316SS STEM, DISC AND SEATS, HARD FACED SEATS, GRAPHITE PACKING, GAS SERVICES.
	1/2	2	600 @ 100°F	RF	VT01	ASTM A-105	C,M DIMENSIONS AS PER ASME B16.10, SOCKET WELD ENDS AS PER ASME B16.11, CONSTRUCTION AS PER ASME B16.34, TEST AS PER API 598, FULL PORT, BOLTED BONNET, OUTSIDE SCREW & YOKE, RISING STEM, PLUG OR SEMI-PLUG DISC, REPLACEABLE DISC AND SEATS, 316SS STEM, DISC AND SEATS, HARD FACED SEATS, GRAPHITE PACKING, GAS SERVICES.

DESCRIPTION	SIZE		RATING	END	TAG	MATERIAL	CERT	COMPLEMENT
CHECK	1/4	1	1485 @ 100°F	THD	VC02	ASTM A-105	C,M	S.S. STRIGHT BODY CHECK VALVE, SS AIS 316/316L BODY MATERIAL, FEMALE NPT THREDED END, 316/316L SS NEEDLE AND STEM, REFOIRCED TEFLON SEAT AND SEAL, T-BAR HANDLE OPERATOR, TEST REFERENCE API 598, GAS SERVICES
	1/2	2	150 @ 100°F	RF	VC01	ASTM A-216	C,M	DIMENSIONS AS PER ASME B16.10, SOCKET WELDING ENDS AS PER ASME B16.11, CONSTRUCTION AS PER ASME B16.34, TESTS AS PER API 598, SCREWED OR BOLTED COVER, HORIZONTAL SWING, REPLACEABLE DISC AND SEATS, 316SS DISC, AND SEATS, HARD FACED SEATS.
NEEDLE	1/4	1	6000 @ 100°F	NPT OD	VN02 VN03	AISI 316/316L	C,M	S.S. STRIGHT BODY NEEDLE VALVE, SS AIS 316/316L BODY MATERIAL, NPT M THREDED - OD, 316/316L SS NEEDLE AND STEM, REFOIRCED TEFLON SEAT AND SEAL, T-BAR HANDLE OPERATOR, TEST REFERENCE API 598, GAS SERVICES.
	1/2	1	6000 @ 100°F	THD	VN01 VN04 VN05 VN07 VN08 VN09 VN11	AISI 316/316L	C,M	S.S. STRIGHT BODY NEEDLE VALVE, SS AIS 316/316L BODY MATERIAL, FEMALE NPT END, 316/316L SS NEEDLE AND STEM, REFOIRCED TEFLON SEAT AND SEAL, T-BAR HANDLE OPERATOR, TEST REFERENCE API 598, GAS SERVICES.
	1/2	1	6000 @ 100°F	THD	VN06 VN10	AISI 316/316L	C,M	S.S. STRIGHT BODY NEEDLE VALVE, SS AIS 316/316L BODY MATERIAL, FEMALE NPT THREDED END, 316/316L SS NEEDLE AND STEM, REFOIRCED TEFLON SEAT AND SEAL, T-BAR HANDLE OPERATOR, TEST REFERENCE API 598, GAS SERVICES.

DESCRIPTION	SIZE	RATING	END	SCH	MATERIAL	CERT	COMPLEMENT	
FITTING								
90 ELBOW	1	4	6000 @ 100°F	SW	80	ASTM A-234	C	C.S. 90 ELBOW DIMENSIONS AS PER ASME B16.11, SOCKET WELDING ENDS, BORE TO MATCH PIPE
	1	4	6000 @ 100°F	SW	40	ASTM A-234 WPB	C	C.S. 90 ELBOW DIMENSIONS AS PER ASME B16.9, BUTT WELDING ENDS, BORE TO MATCH PIPE
CONCENTRIC REDUCER	1	4	6000 @ 100°F	SW	40	ASTM A-234 WPB	C	C.S. CONCENTRIC REDUCER, DIMENSIONS AS PER ASME B16.9, BUTT WELDING ENDS, BORE TO MATCH PIPE
TEES AND REDUCER TEES	1 1/2	4	6000 @ 100°F	SW	40	ASTM A-234 WPB	C	C.S. TEE AND REDUCER TEES, BUTT WELDING ENDS, DIMENSION AS PER ASME B16.9
WELDOLET	VER TABLA DE BRANCH				ASTM A-105	C	C.S. WELDOLET, BUTT WELDING, DIMENSIONS AS PER MANUFACTURERS STANDARD AND MSS-SP97, MATCH PIPE SCHEDULE	
SOCKOLET	VER TABLA DE BRANCH				ASTM A-105	C	C.S. SOCKOLET, SIZE AS PER ASME B16.11, DIMENSIONS AS PER MSS-SP97, MATCH PIPE SCHEDULE	
COUPLINGS	1/4	1	6000@ 100°F	SW	---	ASTM A-105	C	C.S. COUPLING SOCKET WELDS END, DIMENSIONS AS PER ASME B16.11
NIPPLES	1/4	1 1/2		THD	160	API 5L/ASTM A-106/A-53 Gr. B	C	NIPPLES FROM SEAMLEES C.S. PIPE ASTM A-106 /A-53/ API 5L Gr. B, NPT, THREADED END AS PER ASME B1.20.1, DIMENSIONS AS PER ASME B36.10
FLANGE	1 1/2	4	150 @ 100°F	RF WN	---	ASTM A-105	C	C.S. FLANGE WELDING NECK RAISED FACE, DIMENSIONS AS PER ASME B16.5, BORE TO MATCH PIPE
	1 1/2	4	600 @ 100°F	RF WN	---	ASTM A-105	C	C.S. FLANGE WELDING NECK RAISED FACE, DIMENSIONS AS PER ASME B16.47, BORE TO MATCH PIPE
BLIND FLANGE	1/2	4	600 @ 100°F	RF	---	ASTM A-105	C	C.S. BLIND FLANGE RAISED FACE, DIMENSIONS AS PER ASME B16.5, BORE TO MATCH PIPE
SPECTACLE BLIND	1/2	2	150 @ 100°F	---	---	ASTM A-515/A-516 Gr. 70	C	SPECTACLE BLIND AND FIGURE 8 FROM C.S. DIMENSIONS AS PER API 590 SUITABLE TO MEET FLANGE SIZED AND FINISHED AS PER ASME B16.5 FOR THK
GASKET	1/2	4	150 @ 100°F	---	---	---	M	STAINLESS STEEL, SPIRAL WOUND GASKET WITH GRAPHITE FILLER AND CARBON STEEL EXTERNAL CENTERING RINGS, THICKNESS 1/8" INCHES, AISI 316 SS, DIMENSIONS AS PER ASME B16.20, SUITABLE FOR RAISED FACE FLANGES ASME B16.5, FLEXITALLIC STYLE "CG" OR EQUAL
	1/2	4	600 @ 100°F	---	---	---	M	

DESCRIPTION	SIZE		RATING	END	SCH	MATERIAL	CERT	COMPLEMENT
INSULATED KIT	1 1/2	4	---	---	---	---	M	INSULATING KIT PRIMARY FEATURES (PIKOTEC)
STUD BOLTS	5/8X3,5	---	---	---	---	---	C or M	C.S. STUD BOLT WITH TWO SEMI FINISHED HEAVY TYPE HEXAGONAL NUTS, ASTM A-193 GR. B7 / ASTM A 194 GR. 2H, THREADED ENTIRE LENGTH AS PER ASME B1.1, DIMENSIONS AS PER ASME B18.2.1 AND ASME B18.2.2
	5/8X4	---	---	---	---	---	C or M	
TUBING	1/4	1/4	---	---	0,035	---		
	3/8	3/8	---	---	0,065			
	1/2	1/2	---	---	0,083			
TUBING FITTING	---	---	---	---	---	ASTM A-269 Type 316L	M	316 SS NPT (ASME B1.20.1, SAE AS71051) x OD (Swagelok), AS PER TUBING
PIPE	1/2	4		PE	40	ASTM A106/A53/API 5L Gr. B	C,M	SEAMLEES C.S. PIPE ASTM A-106 /A-53/ API 5L Gr. B, NPT, PLAIN END , DIMENSIONS AS PER ASME B36.10

Fuente: Código ASME B 31.8

6.3.2. Cálculo, Selección y Especificación de Tubería

Para la determinación del espesor de pared de la tubería, según el código ASME B 31.8 y la normativa Colombiana (NTC3728, Numeral 3.2.2.2.d), se consideró la clasificación de las áreas atravesadas de conformidad con la información recibida de TURGAS SA ESP. Según la clase, se tiene un factor “F”, útil en la determinación del espesor. Los factores de diseño según la clase de localidad de la siguiente tabla es 0.4 por la cantidad de edificios y bodegas que aumentan la ocupación humana.

Tabla 6.7. Clase de Localidad

Clase de Localidad	Factor de Diseño
I	0.72
II	0.60
III	0.50
IV	0.40

Fuente: Código ASME B 31.8

✓ Memoria de cálculo

- Velocidad de flujo en tuberías

Ver en la tabla 6.7 el dimensionamiento de la tubería, es tal que la velocidad del gas no supera los 65 ft/s [20 m/s]. Para realizar el cálculo de velocidad se empleo la siguiente fórmula:

$$V = (1440 * Z * Q * T) / (P * Dint^2)$$

Donde,

V = Velocidad del gas, ft/s

Z = factor de Comprensibilidad

Q = Volumen, MMSCFH
 T = Temperatura de operación, °R
 Dint = Diámetro interno del tubo, in
 P = Presión de Operación, psia

- Espesor de pared de tuberías

El espesor mínimo de la tubería, se calcula de acuerdo a lo indicado en el Código ASME B-31.8 (Gas Transmission and Distribution Piping Systems) y se indica en la tabla 6.8. La fórmula a usar es:

$$t = (P * D) / (2 * S * F * L * E * T)$$

Donde,

t = Espesor de pared; in.

P = Presión de trabajo; psig.

D= diámetro nominal exterior de la tubería; in.

S= límite de fluencia mínimo, especificado para el material de la tubería; psig.

F= factor de diseño; adimensional.

E= factor de junta longitudinal; adimensional.

L= factor de localización

T= factor de degradación por temperatura de las tuberías; adimensional. (T=1 si <121 °C).

Tabla 6.8. Calculo de velocidades en tubería

Etapa	Flujo*	P min	Velocidad [f/s]		Diámetro min. [in]		Dia ext.	Espesor
	[MMscfd]		[psia]	límite	selecc.	calculado		
Acometida	0,120	500	60	0	0,341	4" SCH 40	4,5	0,237
Aguas Arriba F/S-01	0,120	500	60	2	0,341	2" SCH 40	2,374	0,154
Aguas arriba PC-01	0,120	500	60	2	0,341	2" SCH 40	2,374	0,154
Aguas abajo PC-01	0,120	55	60	15	1,028	2" SCH 40	2,374	0,154
Aguas Abajo FET-01	0,120	55	60	15	1,028	2" SCH 40	2,374	0,154

Fuente: TURGAS SA ESP

Tabla 6.9. Calculo de espesores en las tuberías seleccionadas

Etapa	Material Tubería Seleccionada	S (psi)	D (in)	P (psi)	F	E	T	t (in)	t (sel.)
Acometida	API 5L Gr B	35000	4,5	1440	0,4	1	1	0,2314	0,237
Aguas Arriba F/S -01	API 5L Gr B	35000	2,375	1480	0,4	1	1	0,13	0,154
Aguas arriba PC-01	API 5L Gr B	35000	2,375	1480	0,4	1	1	0,13	0,154
Aguas abajo PC-01	API 5L Gr B	35000	2,375	280	0,4	1	1	0,02	0,154
Aguas Abajo FET-01	API 5L Gr B	35000	2,375	280	0,4	1	1	0,02	0,154

Fuente: TURGAS SA ESP

6.4. ÁREA ELÉCTRICA

6.4.1. Especificaciones del Sistema de Alimentación Autónomo

El presente diseño está basado en las siguientes normas y códigos, así como los demás mencionados en el documento de Estándares de Diseño del presente informe y que sean aplicables:

- Código Eléctrico Nacional. Norma NTC-2050, en especial las Secciones 250, 330, 500, 690, 720 y 725.
- El reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, expedido por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- El National Electrical Code

Inicialmente se determina el valor de la potencia nominal de los equipos por medio de los parámetros nominales de sus catálogos, esto es:

- Potencia nominal de los equipos en vatios (w)
- Voltaje de alimentación (v)
- Corriente nominal (A)
- Corriente de cortocircuito

Con esto se determinan las potencias de todas las cargas en voltiamperios (VA). Con el fin de calcular la corriente total a suministrar en Amperios, se aplican los correspondientes factores de carga y el número de horas de operación de los equipos, así como un estimado de frecuencia de operación.

Luego de esto se procede, en base a seleccionar el generador Termo-Eléctrico TGE de potencia más adecuado para suministrar esta energía, teniendo en cuenta las indicaciones de los catálogos de especificaciones técnicas.

Así mismo, se procede a determinar el banco de baterías necesarias para alimentar las cargas en horas pico o de arranque de los equipos o por un período no menor de 12 horas continuas.

✓ *Memoria de cálculo*

El dimensionamiento de cargas se separa en cargas de corriente continua AC y cargas de corriente directa DC.

DC Load Sizing Worksheet							
Appliance	VA	Voltage (V) AC	Current (Amp)	Factor	Final Current	Protection (Amp)	Polo
M.O.V ACTUADOR	30,00	24	1,25	1,25	1,56	3,0	1
P.T	0,50	24	0,02	1,25	0,03	6,0	1
DPISH- ALARMA POR ALTA PRESION	3,00	24	0,13	1,25	0,16	3,0	1
FY	5,00	12	0,42	1,25	0,52	2,0	1
P.T	0,50	24	0,02	1,25	0,03	2,0	1
R.T.U UNIDAD REMOTA DE TRANSM.	75,00	24	3,13	1,25	3,91	6,0	1
1. Total Power Consumption of the System						114	
2. Reserve 10%						11,4	
3. Total System Power						125,4	
4. Voltage of the System (DC)						24,0	
5. Current of the System (Amp)						5,2	
6. Driver Selection Factor (Amp)						1,25	
7. Total Current of the System (Amp)						6,5	
8. Protection of the System (Amp)						10,0	

CUADRO DE FORMULAS		
$P = V \times I$	$I = P / V$	$I_{SIST} = I \times 1,25$
P = POTENCIA EN VOLTIO-AMPERIOS I = CORRIENTE DEL SISTEMA EN AMPERIOS V = VOLTAJE DEL SISTEMA EN VOLTIOS I SIT = CORRIENTE TOTAL DEL SISTEMA EN AMPERIOS		

AC Load Sizing Worksheet							
Appliance	VA	Voltage (V) AC	Current (Amp)	Factor	Final Current (Amp)	Protection (Amp)	Polo
Analizador de Punto de Rocío	400,00	264	1,52	1,25	1,89	3,0	1
Analizador de H2S	500,00	264	1,89	1,25	2,37	6,0	1
Analizador de CO2 y Cromatografo	250,00	264	0,95	1,25	1,18	3,0	1
Inversor Corriente Continua DC	30	264	0,11	1,25	0,14	3,0	1
1. Total Power Consumption of the System						1180	
2. Reserve 10%						118,0	
3. Total System Power						1298,0	
4. Voltage of the System (AC)						264,0	
5. Current of the System (Amp)						4,9	
6. Driver Selection Factor (Amp)						1,25	
7. Total Current of the System (Amp)						6,2	
8. Protection of the System (Amp)						10,0	

CUADRO DE FORMULAS		
$P = V \times I$	$I = P / V$	$I_{SIT} = I \times 1,25$
P = POTENCIA EN VOLTIO-AMPERIOS I = CORRIENTE DEL SISTEMA EN AMPERIOS V = VOLTAJE DEL SISTEMA EN VOLTIOS I SIT = CORRIENTE TOTAL DEL SISTEMA EN AMPERIOS		

Power Sizing Worksheet							
Appliance	VA	Voltage (V) AC	Current (Amp)	Factor	Final Current (Amp)	Protection (Amp)	Polo
Corriente Continua	125,40	24	5,23	1,25	6,53	10,0	1
Corriente Alterna	1298,00	264	4,92	1,25	6,15	10,0	1
				Total	12,68		
1. Total Power Consumption of the System						1423	
2. Power TEG*						550,0	
3. Number of TEG						3,0	
4. Total Power TEG**						1650,0	

* Global Model 8550 thermoelectric generator system 8550N-24-SI-80/warm ambient

**Battery Bank, 24 V 12Hours for 1200 Watts (includes 250 VA load for Chromatograph start-up)

6.4.2. Especificación del Sistema de Puesta a Tierra

La correcta conexión a tierra de todo el sistema eléctrico, es un factor de suma importancia para la seguridad del personal y del equipo eléctrico en sí.

El propósito que se persigue con la existencia de los sistemas de tierra es:

- a. Protección para el personal operativo, autorizado o no autorizado.
- b. Protección a los equipos e instalaciones contra tensiones peligrosas.
- c. Evitar que durante la circulación de falla a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación, proporcionando para esto, un circuito de muy baja impedancia para la circulación de estas corrientes.

✓ *Normas y reglamentos*

Deben cumplir con las partes aplicables de la última edición de las normas que se indica a continuación:

API: RP 500, ST 550

NFPA: National Fire Protections Association/ 70 National Electric Code.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. 242 protection for industrial

NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano (Primera Act.).

NTC 4552: Norma de protección contra descargas eléctricas atmosféricas de ICONTEC

RETIE: Reglamento técnico de instalaciones Eléctricas

✓ *Constitución del sistema de puesta a tierra*

Esta instalación de puesta a tierra se compone esencialmente de Electrodo (Varillas de cobre) de 5/8 in * 2.40 m y cable de cobre desnudo calibre 2/0 AWG,

que son los elementos que están en íntimo contacto con el suelo (enterrados), los conductores utilizados son para enlazar entre sí estos elementos. Los gabinetes de los equipos se interconectarán con cable No 2 AWG como las demás instalaciones expuestas a corrientes nocivas, manteniendo al mismo tiempo, una superficie equipotencial a su alrededor.

La resistencia eléctrica total del sistema de tierra, debe conservarse en un valor (incluyendo todos los elementos que forman al sistema) menor o igual a **5 OHMIOS**

- ✓ *Determinación de resistividad del terreno.*

La resistividad del terreno es de **58 Ohms / metro**, la cual se obtendrá al realizar el relleno artificial con material seleccionado. Para la construcción se debe validar la resistividad con el método de Wenner y la configuración de Carpenter.

6.4.3 Diseño de la Malla de Puesta a Tierra

A continuación se realizara una síntesis del diseño:

- ✓ Tipo de sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra diseñado con 5 electrodos de cobre electrolítico de 5/8 in de diámetro y 2,40 metros de longitud e interconectados por medio de cable de cobre de 67,44 mm² (2/0 AWG) unidos con soldadura exotérmica, enterrado el cable a 0,75 m de profundidad alrededor de la construcción. En uno de los electrodos de la malla, convenientemente se deberá dejar un registro para permitir la medición de la resistencia de puesta a tierra.

- ✓ Sistema a proteger

Sistema de filtración, medición, equipos de control y comunicación instalados en la misma.

- ✓ Resistencia de puesta a tierra (rg)

La resistencia de puesta a tierra calculada es de **2,9 Ω**

- ✓ Dimensiones de la malla

Área ocupada por la malla:	406,7 m ² .
Longitud de conductor enterrado:	82,2 m.
Profundidad de enterramiento:	0.75 m.

6.4.4. Especificación del Sistema de Apantallamiento.

Para el diseño del pararrayo de la estación la información se tomó de acuerdo al siguiente contenido:

- 1 Las dimensiones de las estructuras.
- 2 La estructura más alta.
- 3 La frecuencia de ocupación de las estructuras.
- 4 El riesgo de pánico.
- 5 La dificultad de acceso.
- 6 La continuidad del servicio.
- 7 El contenido de las estructuras, presencia de seres humanos, de animales, materiales inflamables, equipos sensibles como ordenadores, equipos electrónicos de gran valor o irremplazables.
- 8 La forma de inclinación de los tejados.
- 9 Naturaleza de los tejados, muros.

- 10 Partes metálicas.
- 11 Ventiladores, antenas, depósitos de agua.
- 12 Cañerías y bajantes pluviales.
- 13 Partes salientes.
- 14 Puntos más vulnerables de la construcción.
- 15 Los obstáculos cercanos que puedan influir en el trayecto de la descarga por ejemplo las líneas eléctricas aéreas, las vallas metálicas, árboles.
- 16 La naturaleza del ambiente que puede ser particularmente corrosivo (ambiente salino).

Según NTC 4552 se hizo una evaluación del factor de riesgo para protección contra rayos, el propósito de esta evaluación es establecer la necesidad de instalar un sistema de protección contra rayos en una estructura dada.

Se tuvo en cuenta cuatro índices clasificados y ponderados dentro de dos características como son los parámetros DEAT e índices que están relacionados con la estructura.

$$\text{Riesgo} = 0.7 \cdot \text{RDDT} + 0.3 \cdot \text{Rlabs.}$$

Siendo RDDT el aporte al riesgo debido a la densidad de descargas a tierra, y Rlabs el aporte al riesgo ocasionado por la magnitud de la corriente pico absoluta promedio.

Sumando los valores de los índices relacionados con la estructura, como son el uso, el tipo y la combinación de altura y área de acuerdo a tablas NTC 4552 1,2, y 3 se obtiene la gravedad que se puede tener en la estructura. Se tomaron en cuenta las estructuras adyacentes o cercanas a la evaluada.

Una vez realizada la evaluación el índice de gravedad es la suma de 75, considerándose alto por lo cual amerita la instalación de Pararrayos se seleccionó un pararrayo Ionizante (PDC) y se evaluó el área de protección en nivel I por tratarse de un área de manejo de combustible.

Para este tipo de riesgos se requiere protección externa (Pararrayos), y además se deben instalar protecciones internas conectadas al sistema de puesta a tierra.

6.5. ÁREA CIVIL

El alcance de esta especificación cubre los requisitos y normas generales para la construcción de los trabajos civiles y arquitectónicos y de protección de la Estación City Gate de Viejo Caldas.

6.5.1. Normas Aplicables

Los siguientes códigos y normas serán exigidos por LA INTERVENTORIA, la que velará por el estricto cumplimiento de estos en el desarrollo de los trabajos:

- 1 ACI 318 (American Concrete Institute) Building Code Requirements For Concrete Reinforced.
- 2 ACI 214 (American Concrete Institute) Ensayos de resistencia del concreto a los 28 días
- 3 ASTM C 42 (American Society for Testing and Materials) Ensayos sobre Concreto endurecido.
- 4 ASTM C 94 Mezclado del concreto.
- 5 ASTM D 1751 Ensayos al concreto.
- 6 ASTM A 307 Especificaciones estándar para tornillos y pernos de acero Carbón.
- 7 ASTM A 563 Especificaciones estándar para tuercas de acero carbón o Acero aleado.

- 8 ASTM A 184 Malla de varilla lisa y barras para concreto reforzado.
- 9 ASTM A 185 Malla de alambre corrugado.
- 10 Normas Colombianas de diseño y Construcción Sismo-Resistente NSR 98.
- 11 ICONTEC NTC 396 Ensayo de consistencia.
- 12 ICONTEC NTC 454 Toma de muestras para ensayo.
- 13 ICONTEC NTC1377 Fabricación y curado de cilindros de concreto
- 14 ICONTEC NTC 675 Ensayo de compresión para cilindros de concreto.
- 15 ICONTEC NTC 550 Método para toma de muestras en concreto fresco.
- 16 ICONTEC NTC 161 Acero liso.
- 17 ICONTEC NTC 116 Barras lisas para refuerzo en espiral.
- 18 ICONTEC NTC 245, NTC 248 Acero corrugado.

6.5.2 Procedimientos

Por medio de estacas, tránsito y nivel, El CONTRATISTA deberá situar en el terreno, las cotas y alineamientos del proyecto, tomando como referencia las longitudes y niveles indicados en los planos y las que se encuentren en el terreno, replanteándolas en la medida que se vayan realizando las mediciones.

EL CONTRATISTA deberá garantizar durante el tiempo de ejecución de la construcción, la disponibilidad en obra, de los equipos de topografía adecuados, calibrados y el personal idóneo, para efectuar estos trabajos.

Con la colocación de estacas y/o mojones firmes, se materializarán los ejes y niveles de referencia del proyecto, estos deben ser de materiales duraderos (Concreto, madera cepillada, puntillas y pintura no lavable de colores fuertes) en forma tal que no sean afectados por las actividades posteriores del proyecto y así mismo que sean visibles e identificables para la localización, nivelación y/o verificación de posición de las diferentes excavaciones, rellenos y estructuras;

todo de acuerdo con los planos de construcción relacionados con la topografía y basándose en los niveles y puntos de control (mojones o referencias físicas) utilizados en la topografía original.

El CONTRATISTA deberá marcar los puntos de conexión utilizando para ello plaquetas numeradas según los planos. Dichas plaquetas deberán permanecer durante la ejecución de las obras y serán retenidas antes de la desmovilización.

✓ Excavaciones

Esta especificación comprende y se refiere al conjunto de actividades necesarias sin limitaciones, para la ejecución de excavaciones para cimentaciones de estructuras en concreto, fundaciones para equipos, bancos de ductos, tuberías enterradas y todas las demás excavaciones necesarias en el proyecto.

El CONTRATISTA deberá ubicar y adecuar el sitio destinado para botadero de los materiales, provenientes de la limpieza, descapote y corte, previo a la construcción de las Estación y previa aprobación de LA INTERVENTORIA y de la respectiva autoridad ambiental competente.

Para las excavaciones que se realicen en inmediaciones de estructuras, ductos, tuberías, etc., el CONTRATISTA deberá prever y emplear métodos de excavación apropiados ya sea a mano o a máquina para evitar daños.

El CONTRATISTA deberá recibir autorización de LA INTERVENTORIA para adelantar los trabajos en zonas en donde existen ductos y tuberías enterradas.

✓ Excavaciones de zanjas

Para la ejecución de actividades de zanjado, El CONTRATISTA realizará las

excavaciones según las secciones, cotas, líneas y pendientes indicadas en los planos.

Las excavaciones de las zanjas para tuberías enterradas deberán conformarse de modo que cumplan con el alineamiento y las pendientes indicadas en los planos de Detalles.

Si durante estos trabajos se encuentra material rocoso o piedras, estas deberán ser removidas en su totalidad, lo mismo que cualquier otro tipo de materiales objetables. Deberá excavarse cualquier material blando o inestable que se encuentre debajo de la línea de rasante del fondo y deberá reemplazarse con arena, grava, piedra, triturado u otro material de préstamo de mejor calidad.

Para el caso de tuberías enterradas, teniendo en cuenta los factores de carga sobre la tubería, revisión de uniones, acodamientos, relleno y apisonado de la zanja, los valores mostrados en la tabla 6.9 son los anchos máximos hasta una profundidad de 2 m.

Tabla 6.10. Ancho máximo de zanja

ANCHO MÁXIMO	
(Pulgadas)	(m)
Hasta 12	0.75
14	0.85
24	1.10
33	1.30

Fuente: Código ASME B 31.8

A partir de los 2 m, los taludes de excavación se extenderán hasta donde sea posible, con el propósito de garantizar la estabilidad de la excavación. En todo caso los anchos de excavación serán los mínimos posibles.

- ✓ Excavación para estructuras y redes

Para estas actividades, El CONTRATISTA optará por los métodos adecuados de excavación, para obtener superficies que sean lisas y firmes, y que se ajusten en forma precisa, a las dimensiones de los planos y que serán requeridas por LA INTERVENTORÍA, así como la profundidad necesaria, para garantizar la estabilidad de la construcción.

Para épocas de invierno, las excavaciones para estructuras y redes, se interrumpirán diez (10) cm antes de llegar a la capa de base, para proteger el terreno de cimentación y conservarlo sin perturbar su estado. Esta capa protectora se removerá solamente cuando todo esté listo para iniciar la construcción propiamente dicha.

EL CONTRATISTA deberá suministrar todos los entibados y acodalamientos que fuesen necesarios para sostener los lados de la excavación y evitar cualquier movimiento del terreno que perjudique la obra. En general, siempre que sea posible, las excavaciones se realizarán con las paredes verticales, conforme a las dimensiones de la estructura. Si fuere necesario el uso de formaletas, la excavación se extenderá máximo hasta 0,40 m por fuera del perímetro exterior de la cimentación de la estructura.

Se debe tener en cuenta además las recomendaciones del estudio de suelos para determinar los anchos y profundidades requeridos de las excavaciones en los sitios de cimentación de equipos y estructuras.

Las excavaciones para la instalación de redes de servicio se realizarán del ancho suficiente para permitir la colocación de las diferentes tuberías y la adecuada compactación de los rellenos posteriores.

El CONTRATISTA deberá tomar a su propia costa, todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo.

✓ Protección de superficies excavadas

Es responsabilidad del CONTRATISTA, la estabilidad de todos los taludes y la protección de todas las superficies expuestas. Esto incluirá el suministro y remoción de todos los soportes temporales, el manejo de agua, el suministro y mantenimiento de sistemas de drenaje y bombeo necesarios para la estabilidad de los taludes y la realización de los trabajos de relleno.

La conformación del terreno final se efectuará siguiendo lo indicado en los planos de diseño además se deben tener en cuenta las recomendaciones del estudio de suelos.

✓ Remoción de derrumbes

Los derrumbes que se produzcan por desprendimiento de las paredes de las excavaciones serán retirados oportunamente por el CONTRATISTA y los costos por la remoción de los derrumbes serán por su cuenta. Si es necesario extraer aguas provenientes del subsuelo, de la lluvia o de la rotura de tuberías o desagües durante la ejecución de las excavaciones, el CONTRATISTA deberá suministrar todos los elementos necesarios para esta tarea, tales como moto bombas, mangueras, acoples, etc, que deberá ser de buena calidad y capacidad adecuada.

Los costos que esta actividad requiera y las pérdidas de tiempo de personal, causadas por fallas del equipo de bombeo, así como el tiempo que éste deje de operar, serán por cuenta y cargo del CONTRATISTA.

✓ Manejo del agua superficial y subterránea

El CONTRATISTA construirá todas las obras necesarias para conformar los sistemas temporales de drenaje superficial y suministrará, instalará, mantendrá y operará todo el equipo de bombeo, así como cualquier otro elemento necesario para desaguar las distintas partes de la obra para mantener las excavaciones libres de agua en la medida en que se requiera para construir, y según se requiera una vez terminados los trabajos, para propósitos de inspección y seguridad.

✓ Métodos de excavación

El CONTRATISTA adoptará los métodos de excavación, previamente aprobados por LA INTERVENTORÍA y las precauciones que sean necesarias para obtener superficies excavadas que sean lisas y firmes y que se ajusten a las dimensiones requeridas, tanto como sea viable por medio de la aplicación adecuada de técnicas modernas de excavación.

✓ Rellenos Compactados con material seleccionado

Las actividades de relleno compactado con material seleccionado, se refiere al suministro, colocación y compactación de este material, para adecuación del terreno, base para placas de concreto, base para estructuras de concreto, fundaciones para equipos y atraque de tubería.

El terreno que servirá de base para los rellenos deberá quedar libre de vegetación, raíces, tierra vegetal o cualquier otro material que pueda afectar las características de soporte del suelo de soporte, antes de iniciar el trabajo.

EL CONTRATISTA utilizará los equipos apropiados para la ejecución de estas actividades. Todo el material de relleno se colocará en capas horizontales compactadas no mayores de 15 cm de espesor. Deberá compactarse mínimo al 95% del Próctor Modificado, a menos que se especifique algo diferente.

Los rellenos o terraplenes que haya que compactarse alrededor de los bancos de ductos, tuberías y obras similares, se llevaran a cabo de tal manera que no se originen presiones desiguales a uno y otro lado de la estructura.

LA INTERVENTORÍA, no permitirá la colocación de rellenos o terraplenes alrededor de estructuras en concreto, si éstas no tienen como mínimo diez (10) días de fundidas.

Los pavimentos y pisos de concreto que durante la ejecución de los trabajos haya sido necesario romperlos, El CONTRATISTA deberá construirlos nuevamente. Las estructuras reconstruidas se harán conservando las mismas características de las existentes.

Para los rellenos se utilizará un material de recebo de primera clase, que deberá tener un tamaño máximo de una y media pulgada (1 ½”).

El material, además, deberá tener un índice de plasticidad no mayor de 10 y no deberá contener materia orgánica.

Los materiales deberán extraerse de canteras o depósitos aluviales previamente estudiados y aceptados por LA INTERVENTORÍA, de acuerdo con los análisis y controles de calidad realizados por laboratorios de reconocida competencia y seriedad.

- ✓ Rellenos con material de excavación

Se podrá utilizar el material proveniente de la excavación si ofrece adecuada capacidad y características de compactación adecuadas, previa aprobación de LA INTERVENTORÍA.

El material a emplear como relleno con material de excavación debe estar limpio, libre de barro, lodo, piedra suelta con arista y desechos de materiales vegetales.

El relleno debe ser extendido en capas de espesor máxima de 20 cm. El contenido de humedad del material deberá controlarse permanentemente regándolo o dejándolo secar según las circunstancias hasta lograr el contenido óptimo de humedad para lograr densidad máxima.

6.5.3. Concretos

- 1 Bases (zapatas, 3000 PSI vigas y columnas), Generador de emergencia, bases de equipos, recipientes en concreto, soportes de tubería, cárcamo, cunetas en concreto armado, cajas de inspección.
- 2 Canales, andenes, bordillos y bancos de ductos. 2500 PSI
- 3 Concreto ciclópeo 2000 PSI
- 4 Concreto Pobre 1500 PSI

Los detalles indicados en los planos mostrarán las elevaciones y dimensiones de las obras de concreto, sus especificaciones técnicas o la referencia de ellas y requerimientos especiales.

- ✓ Diseño de mezcla

EL CONTRATISTA diseñará las mezclas del concreto y se hará para cada tipo solicitado en estas especificaciones.

Las mezclas de concreto se dosificarán por peso y su diseño se basará en la relación agua - cemento necesaria para satisfacer los requisitos de resistencia.

El contenido de agua será el mínimo que permita colocar apropiadamente el concreto.

✓ Materiales para el concreto

- Cemento

El cemento a emplear para todas las mezclas, deberá cumplir con las especificaciones para el cemento Portland tipo I.

El almacenamiento de cemento deberá hacerse en tal forma que garantice una perfecta protección contra la humedad; LA INTERVENTORIA no aceptará el uso de cemento que se haya compactado o que haya sufrido deterioro por cualquier causa.

- Agua

Este elemento utilizado para la fabricación de concretos, mortero o lechadas de cemento, deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, limo, materias orgánicas y otras impurezas que puedan afectar adversamente la resistencia, durabilidad y calidad de las mezclas.

Los materiales tales como cemento, agua y aditivos, deberán cumplir con los numerales C.3.2, y C.3.4, de Las Normas Colombianas de diseño y Construcción Sismo-Resistente (NSR-98).

- Agregados

Los agregados gruesos y finos deberán ajustarse a las especificaciones ASTM – 33 y/o cumplir con las normas ICONTEC: NTC 174 y/o el numeral C.3.3. de la NSR-98.

- Arena

El término arena designa el agregado fino con un tamaño máximo de partícula de 3/16”.

La arena deberá tener la siguiente gradación:

El porcentaje de carbón, pizarra y arcilla no será mayor del 1% en peso.

- Agregado grueso

El término de agregado grueso designa al agregado de tamaño variable entre 3/16” y 1½”, bien gradados dentro de estos límites y consistentes en fragmentos de roca densos, durables y limpios. No se permitirá el uso de gravilla.

El porcentaje de pizarra, carbón y materiales deleznales no será mayor del 1% en peso. El porcentaje en peso de sulfato ferroso no será mayor de 0.30%, la gravedad específica de cualquier muestra del agregado grueso no será menor de 2.60. El tamaño máximo de los agregados gruesos, aunque esté dentro de los límites fijados, no será mayor de la quinta parte del espesor mínimo del concreto, ni de las tres cuartas partes de la distancia mínima entre las varillas de refuerzo.

Para el agregado grueso se aplicará la siguiente gradación:

El agregado para hormigón ciclópeo podrá ser roca partida o canto rodado de buena calidad. El agregado deberá ser preferiblemente angular y de forma cubica, de tal manera que la relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no sea mayor que 2:1.

✓ Tipos de concreto

El criterio de resistencia para el concreto a los 28 días se hará de acuerdo con las normas ACI-214.

Resistencia de diseño del concreto a los 28 días ($f'c$).

El concreto ciclópeo deberá contener piedra media zonga y concreto de 2000 p.s.i. en una proporción de 60% y 40% respectivamente.

✓ Aditivos

Se utilizarán los aditivos que sean necesarios para facilitar la construcción o para garantizar la calidad del concreto previa aprobación de LA INTERVENTORIA y se seguirán fielmente las instrucciones del fabricante para su aplicación.

Los aditivos deberán cumplir con lo indicado en el numeral c3.6 de la NSR-98.

✓ Preparación del concreto en sitio de obra

La preparación de los concretos se debe realizar con mezcladora del tipo de carga, accionadas mecánica, hidráulica o eléctricamente, garantizando un control estricto de las cantidades, determinadas por peso, de los distintos ingredientes que entran en la mezcla, así como su distribución homogénea en toda la masa.

La consistencia del concreto deberá ser uniforme en cada mezclada y entre mezcladas distintas. La cantidad de agua mezclada será la suficiente y mínima para asegurar una buena consistencia a la mezcla y compensar cualquier variación en el contenido natural de humedad de los agregados. LA INTERVENTORIA, no admitirá ninguna adición de agua para ablandar una mezcla que haya salido de la mezcladora.

El concreto se mezclará en las cantidades que se necesiten para su uso inmediato. No se permitirá el uso de ningún concreto en que se haya iniciado el fraguado o que haya estado mezclado por más de 30 minutos antes de colocarlo.

✓ Malla electrosoldada

La malla electrosoldada deberá ser con espaciamiento rectangular, en acero con resistencia mínima a la fluencia de 60 kpsi. La malla electrosoldada, cumplirá con las normas NTC 1925, y 2310.

La instalación de la malla deberá realizarse según las instrucciones del fabricante de la misma.

✓ Colocación y vaciado

Ninguna porción de concreto se deberá colocar mientras no se haya hecho la aprobación por parte de LA INTERVENTORÍA de todos los detalles de los encofrados y de las armaduras, de las piezas que quedarán embebidas y el estado de las superficies sobre las cuales o contra las cuales se vaciará el concreto.

Las superficies sobre las cuales se vaya a colocar concreto deberán humedecerse para evitar que absorban la humedad del concreto recién colocado y afecten su calidad. Cada carga de concreto deberá depositarse lo más cerca posible de su posición final para reducir al mínimo las posibilidades de segregación. El concreto se colocará tan rápidamente como sea posible y nunca después de 30 minutos de preparada la mezcla, ni una hora después de colocada la capa anterior. Las canoas, tuberías y embudos usados como auxiliares en la colocación del hormigón deberán disponerse y utilizarse de manera que los agregados no se segreguen.

Todo el hormigón deberá colocarse con luz diurna, a menos que se disponga de un sistema de iluminación apropiado y aprobado por LA INTERVENTORIA, y no podrá iniciarse un vaciado cuando se prevea que para su terminación, no se dará cumplimiento a este requisito.

✓ Vibrado

El concreto se consolidará con la ayuda de vibradores mecánicos complementados con métodos manuales. En ningún caso los vibradores se utilizarán para transportar concreto dentro de la formaleta.

El equipo de vibración deberá ser de inmersión y deberá disponerse de la cantidad suficiente para alcanzar la consolidación deseada. La duración del vibrado debe ser apenas la suficiente para producir una compactación satisfactoria, sin provocar segregación de los materiales.

✓ Formaletas

El CONTRATISTA suministrará e instalará todas las formaletas en donde sea necesario confinar y soportar la mezcla de concreto mientras se endurece, para dar la forma y dimensiones requeridas.

LA INTERVENTORÍA no permitirá remiendos ni reparaciones con pedazos de madera o láminas que modifiquen la conformación de las formaletas.

Las superficies de concreto en proceso de curado deberán conservarse húmedas por lo menos, durante siete (7) días después de su colocación. El agua usada para la curación deberá llenar los requisitos de estas especificaciones referentes al agua para mezclas de concreto.

Antes de iniciarse la colocación del hormigón, las formaletas deberán limpiarse de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño. Toda la madera usada para formaletas deberá estar libre de agujeros producidos por nudos, fisuras, hendiduras, torceduras u otros defectos que puedan afectar la resistencia o el aspecto de la estructura terminada.

Todas las formaletas deberán tratarse con aceite limpio, no quemado, antes de vaciado, para evitar la adherencia y las manchas en la superficie del hormigón.

✓ Reparación del concreto

La reparación de las imperfecciones de las superficies encofradas determinadas a juicio de LA INTERVENTORÍA, deberá llevarse a cabo tan pronto como se haya hecho el retiro de las formaletas y, de ser posible, deberá terminarse dentro de las 24 horas siguientes.

Todos los alambres o dispositivos metálicos salientes utilizados para mantener las formaletas en su lugar, y aquellos que atraviesen masas de hormigón deberán ser retirados o cortados a ras de la superficie.

El concreto que presente cavidades, fracturas excesivas, grietas o depresiones superficiales, será removido hasta el concreto sano, para luego repararlo hasta las líneas prescritas.

✓ Juntas

- Juntas de dilatación

Las juntas de dilatación se harán encofrando el concreto en uno de los lados de la junta y permitiendo que esta fragüe. La superficie deberá recibir una capa de

material adecuado que evite la adherencia antes de colocar el concreto en el lado adyacente a la junta. El material de relleno de las juntas se encuentra especificado en los planos Típicos Obras Civiles.

✓ Pruebas del concreto

- Consistencia

Durante las operaciones de mezcla y colocación del concreto, se tomarán los registros de consistencia tomando la muestra representativa de la colada a la mitad de la fundida o en el momento que lo requiera la INTERVENTORIA, realizando el ensayo normal del asentamiento. Se rechazará cualquier concreto para el cual los ensayos indiquen desfases de los valores especificados en las normas.

Se podrá exigir un menor asentamiento, siempre que la mezcla así obtenida sea manejable y se pueda consolidar adecuadamente por medio de vibradores. El asentamiento será determinado por el método recomendado en la norma ASTM C-14369 y la norma ICONTEC: NTC-396.

- Compresión

Las muestras de concreto para los especímenes de ensayo, deberán tomarse en lo posible, en el lugar donde se coloque concreto, siguiendo las especificaciones correspondientes de la ASTM.

Los ensayos de resistencia se harán con tres (3) especímenes de cada muestra, a los 7 y a los 28 días de fundido el concreto. Todo concreto debe tener una

resistencia mínima promedio en los ensayos, igual a la especificada para cada caso.

En caso contrario, podrán ordenarse tomas de muestras de concreto fundido en las estructuras, para someterlas a ensayos de compresión. Todos los ensayos realizados sobre el concreto serán por cuenta del contratista.

6.5.4. Acero de Refuerzo

Comprende todas las actividades necesarias y sin limitaciones, para la selección, suministro, almacenamiento, corte, figuración o doblamiento, colocación y fijación del acero de refuerzo en obras de concreto, tamaño, forma, calidad y cantidad establecidas en las especificaciones técnicas.

Entre las obras de concreto que requieren acero de refuerzo figuran:

- 1 Estructuras.
- 2 Bases para equipos.
- 3 Soportes de tubería.
- 4 Cajas de inspección.
- 5 Placas piso y peatonales.
- 6 Muros en concreto.
 - 7 Andenes y bordillos.

✓ Materiales

El acero de refuerzo debe cumplir con la calidad sobre resistencia, de acuerdo con las normas NTC161, NTC 245, NTC 248 y NTC 2289 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC y ASTM – A706.

El acero de refuerzo para el concreto, varillas redondas, lisas o corrugadas, será de fabricación nacional con fluencia mínima $F_y=60000$ PSI para varillas corrugadas con $\varnothing 1/2$ " o mayores y de $F_y=34000$ PSI para varillas redondas y lisas con $\varnothing 3/8$ " o menores. Las deformaciones deben cumplir la especificación A-305 de ASTM.

6.5.5. Carpintería Metálica

Esta especificación comprende todas las actividades sin limitarse, para la fabricación de la carpintería metálica, incluye suministro, fabricación, instalación y acabados asociados a ésta y será de acuerdo con los planos de construcción suministrados por EL CONTRATANTE.

Todos los materiales estarán exentos de imperfecciones y/o defectos de fabricación. Serán de fabricación reciente.

✓ Puertas metálicas

El CONTRATISTA fabricará, suministrará, e instalará los marcos y hojas para puertas y combinaciones de los mismos en aluminio anodizado. En la instalación de las puertas deben contemplarse la inclusión de los elementos de fijación del marco, bisagras, porta candados, empaques y en general todos los elementos necesarios para su correcta instalación y que garanticen su buen funcionamiento.

No se aceptarán puertas que presenten ajuste forzado al cerrarlas o desnivel en su instalación.

✓ Puertas en tubo de acero galvanizado

El CONTRATISTA fabricará, suministrará, e instalará los marcos y hojas para puertas y combinaciones de los mismos en acero galvanizado de acuerdo con lo indicado en los planos de diseño.

En la instalación de las puertas debe contemplarse la inclusión de los elementos de fijación del marco, bisagras, porta candados, empaques y en general todos los elementos necesarios para su correcta instalación y que garanticen su buen funcionamiento.

No se aceptarán puertas que presenten ajuste forzado al cerrarlas o desnivel en su instalación.

- ✓ Cerramiento en malla para ventilación de áreas

La malla para permitir la ventilación de las áreas donde se requiera, será eslabonada BWG 10, de 1 ½" x 1 ½" y de la altura requerida en los planos. La malla deberá quedar perfectamente estirada, cada paño tendrá en sus extremos una planchuela de acero de sección rectangular de 4.8 mm x 32 mm, sujeta a los marcos metálicos o estructura de acero mediante pernos y ganchos de 9.5 mm de diámetro o cualquier otro sistema que garantice la correcta colocación de la malla.

El tejido estará asegurado con platinas de 3/16" x 1 ¼" y 4 tornillos galvanizados a los postes de refuerzo en tubería galvanizada de 2" si se requiere.

Los elementos galvanizados no llevarán ningún tipo de acabado con pintura, en los elementos no galvanizados o en los cuales se efectúen reparaciones llevarán una base de primer epoxizinc de Pintuco referencia 10.053/13.267 o similar y capa de acabado en Aeroflex referencia 113.060 o similar o aluminio reflectivo, los cuales se aplicarán con los espesores, procedimientos y diluyentes, recomendados por el fabricante.

7. CONCLUSIONES

- ❖ La puesta en operación de la estación de entrega para ingresar gas natural al SNT traerá beneficios a las diferentes partes involucradas y a la comunidad en general
- ❖ Este gas podrá ser utilizado como combustible para uso industrial y domiciliario en los municipios de los departamentos de Tolima y Huila, ubicados aguas abajo del punto de inyección
- ❖ Para la operación de una estación de entrada al SNT se debe tener en cuenta los siguientes criterios:
 - Una alta confiabilidad de suministro de energía.
 - Contar con un sistema de válvula de emergencia de corte automático
 - Disponer de un sistema de filtración, de medición para transferencia de custodia y un sistema de control de calidad del gas.
- ❖ Debido al alto costo de los equipos y la calidad de los trabajos, el diseño de estas estaciones debe hacer énfasis en sus etapas iniciales la TIR y la VPN, (estudio de factibilidad económico).

8. BIBLIOGRAFÍA

— Normas Civiles

- ✓ AISC. Norma AISC-2005. Versión 2005. Normas para el Diseño de Estructuras de Acero de Estructuras Metálicas.
- ✓ Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Norma NSR-98. Versión 1997. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Ley 400 de 1997. Decreto 33 de 1998

— Normas Mecánicas (Recipientes)

- ✓ ASME. Norma ASME Sec. 9. Version 2007. Welding and Brazing Qualifications.
- ✓ ASME. Norma ASME Sec. 8 Div 1. Version 2007. Boiler and Pressure Vessel Code.
- ✓ ASCE. Norma ASCE/SEI 7-05. Version 2006. Minimum Design Load in Building and Other Structures.
- ✓ ANSI. Norma ANSI A 14.3. Version 2002. American National Standard for Ladders - Fixed - Safety Requirements.
- ✓ API. Norma API 650. Version 2009. Welded Steel Tank for oil Storage.

— Normas Instrumentación

- ✓ ISA. Norma ISA COMPLETE SET. Version 2008. ISA Standards Library for Automation and Control

— Normas De Tubería

- ✓ ASME. Norma B31.8. Version 2007. Gas transmission and distribution piping systems.
- ✓ ASME. Norma ANSI/ASME B 16.5. Version 2009. Steel Pipe Flanges and Flanged Fitting.
- ✓ ASME. Norma ANSI/ASME B 16.9. Version 2007. Factory Made Wrought Steel but Welding Fitting.

- ✓ ASME. Norma ANSI/ASME B 16.47. Version 2006. Large Diameter Steel Flanges
- ✓ ASME. Norma ANSI/ASME B 16.11. Version 2009. Forged Steel Fittings, Socket. Welding and Threaded.
- ✓ ASME. Norma ANSI/ASME B36.10. Version 2004. Welded and Seamless Wrought Steel Pipe.
- ✓ ASME. Norma ANSI/ASME B16.36. Version 2009. Steel Orifice Flange.
- ✓ API. Norma API 1104. Version 2008 Welding of Pipelines and related facilities.
- ✓ API. Norma API RP1107. Version 1991. Pipeline Maintenance Welding Practices.
- ✓ API. Norma API 5L. Version 2007. Specifications For Line Pipes.
- ✓ API. Norma API 600. Version 2009. Steel Gate Valves, flanged and butt-welding ends, Bolted Bonnets.
- ✓ API. Norma API Spec 6D. Version 2008. Specification for Pipeline Valves
- ✓ MSS. Norma MSS-SP-75. Version 2008. Specifications for High Test Wrought Butt-Welding Fittings.
- ✓ MSS. Norma MSS-SP-44. Versión 2006. Steel Pipe Line Flange
- ✓ ICONTEC. Norma NTC 3949. Versión 2002. Estaciones de Regulación de Presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.

— Normas Eléctricas

- ✓ ICONTEC. Norma NTC 2050. Versión 1998 1ª Actualización. Código Eléctrico Colombiano.
- ✓ IEEE. Norma ANSI/IEEE C37.13.1. Version 2006. IEEE Standard for Definite Purpose Switching Devices for Use in Metal-Enclosed Low-Voltage.
- ✓ NEMA. Norma ANSI/NEMA C84.1. Version 2006. Electric Power Systems and Equipment -Voltage Ratings.
- ✓ NEMA. Norma WC 50-1976/ICEA P-53-426. Version 1999. Ampacities, Including Effect of Shield Losses for Single Conductor Solid Dielectric Power Cable 15 kV through 69 kV.

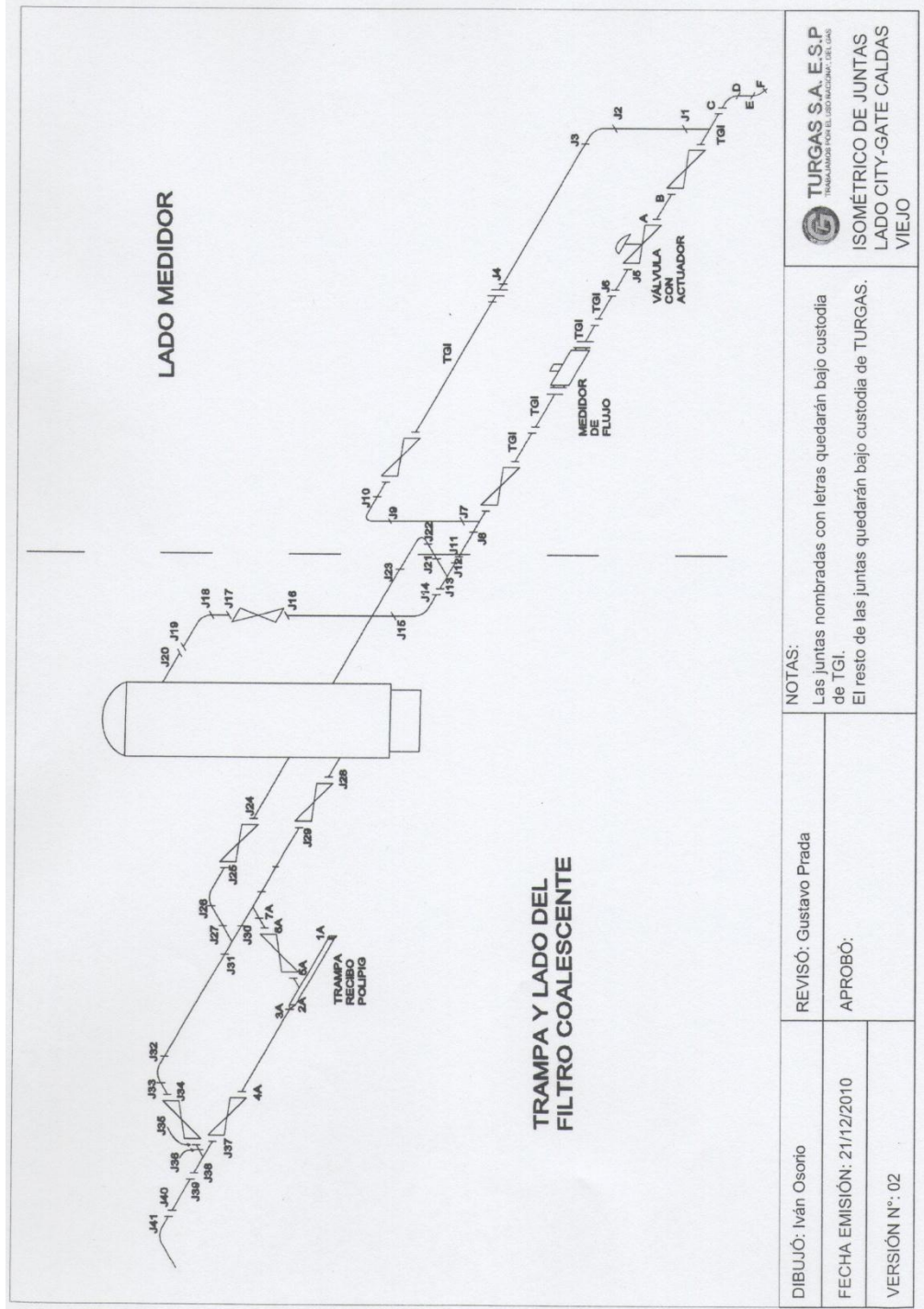
— Códigos de Seguridad

- ✓ NFPA. Norma NFPA 54. Versión 2009. National Fuel Gas Code.
- ✓ NFPA. Norma NFPA – 70. Versión 2008. Standard for Electrical Safety in the Workplace.

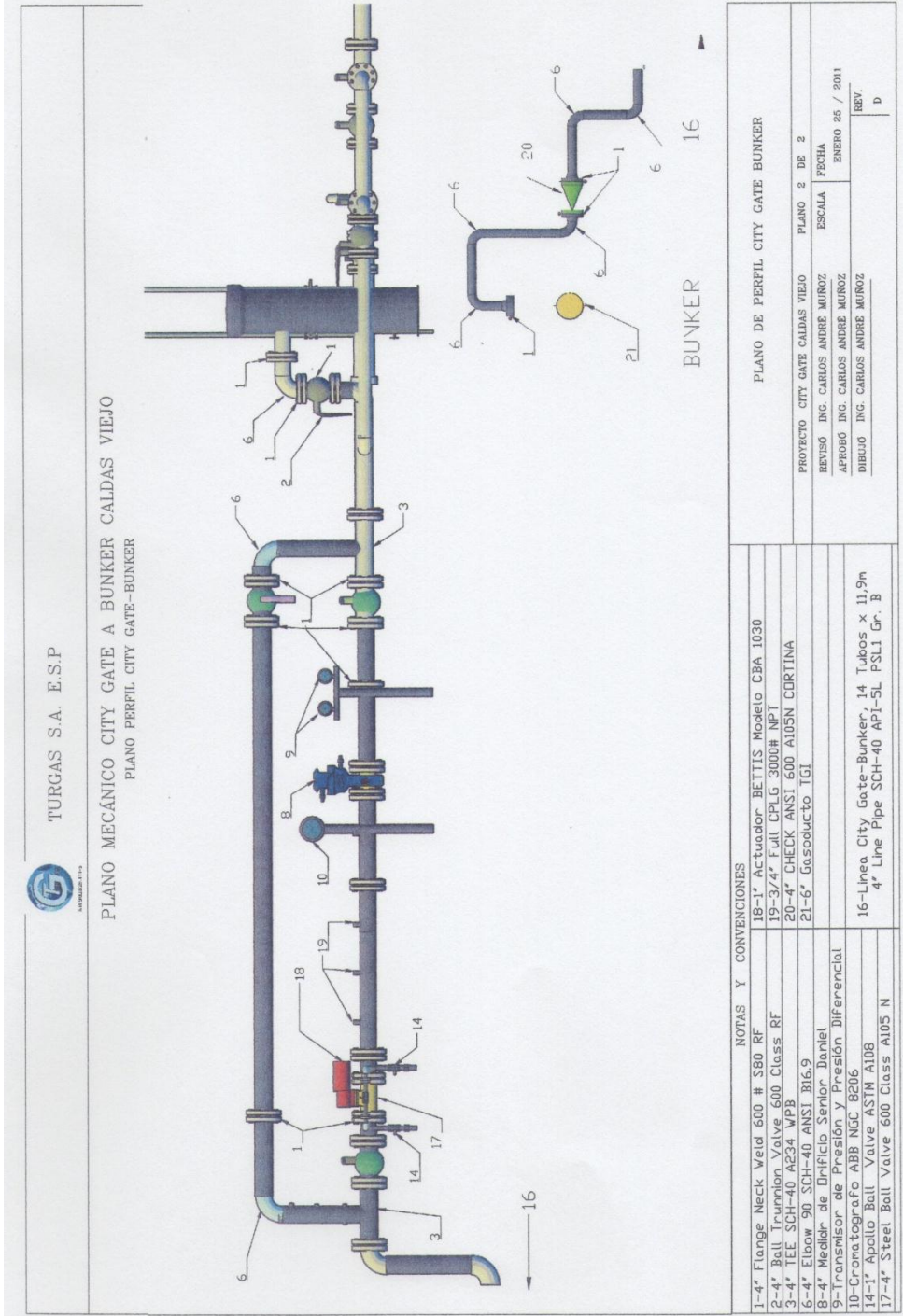
- ✓ NFPA. Norma NFPA - 10. Versión 2007. Portable Fire Extinguishers
- ✓ NFPA. Norma NFPA – 14. Version 2008. Standard on Motion Picture and Television Production Studio Soundstages and Approved Production Facilities.
- ✓ NFPA. Norma NFPA - 15. Version 2009. Fire Safety in Racetrack Stables.

9. ANEXOS

Anexo A. Isométrico de Juntas Lado City-Gate



Anexo B. Plano de Perfil City Gate Bunker




TURGAS S.A. E.S.P.

PLANO MECÁNICO CITY GATE A BUNKER CALDAS VIEJO
PLANO PERFIL CITY GATE-BUNKER

NOTAS Y CONVENCIONES	
1-4" Flange Neck Weld 600 # S80 RF	18-1" Actuator BETTIS Modelo CBA 1030
2-4" Ball Truncation Valve 600 Class RF	19-3/4" Full CPLG 3000H NPT
3-4" TEE SCH-40 A234 WPB	20-4" CHECK ANSI 600 A105N CORTINA
6-4" Elbow 90 SCH-40 ANSI B16.9	21-6" Gasoducto TGI
8-4" Medidor de Diferencia Senior Daniel	
9-Transmisor de Presión y Presión Diferencial	
10-Cromotografo ABB NDC 8206	
14-1" Apollo Ball Valve ASTM A108	
17-4" Steel Ball Valve 600 Class A105 N	

PLANO DE PERFIL CITY GATE BUNKER	
PROYECTO	CITY GATE CALDAS VIEJO
REVISOR	ING. CARLOS ANDRE MUÑOZ
APROBADO	ING. CARLOS ANDRE MUÑOZ
DIBUJADO	ING. CARLOS ANDRE MUÑOZ
FECHA	ENERO 25 / 2011
ESCALA	
PLANO	2 DE 2
REV.	D

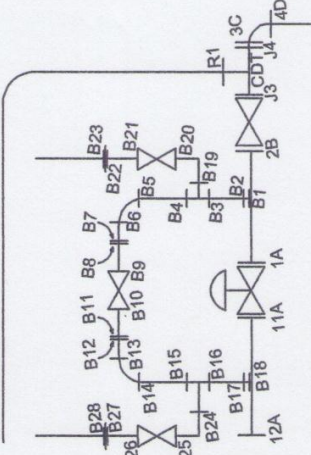
Anexo C. Detalle City Gate y Bunker



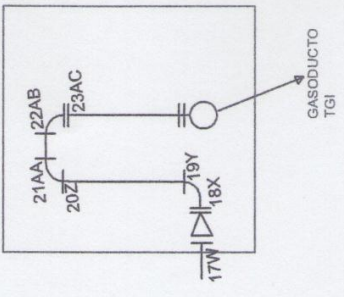
TURGAS S.A. E.S.P.

CITY GATE A BUNKER CALDAS VIEJO
DETALLE CITY GATE Y BUNKER

CITY GATE CALDAS VIEJO

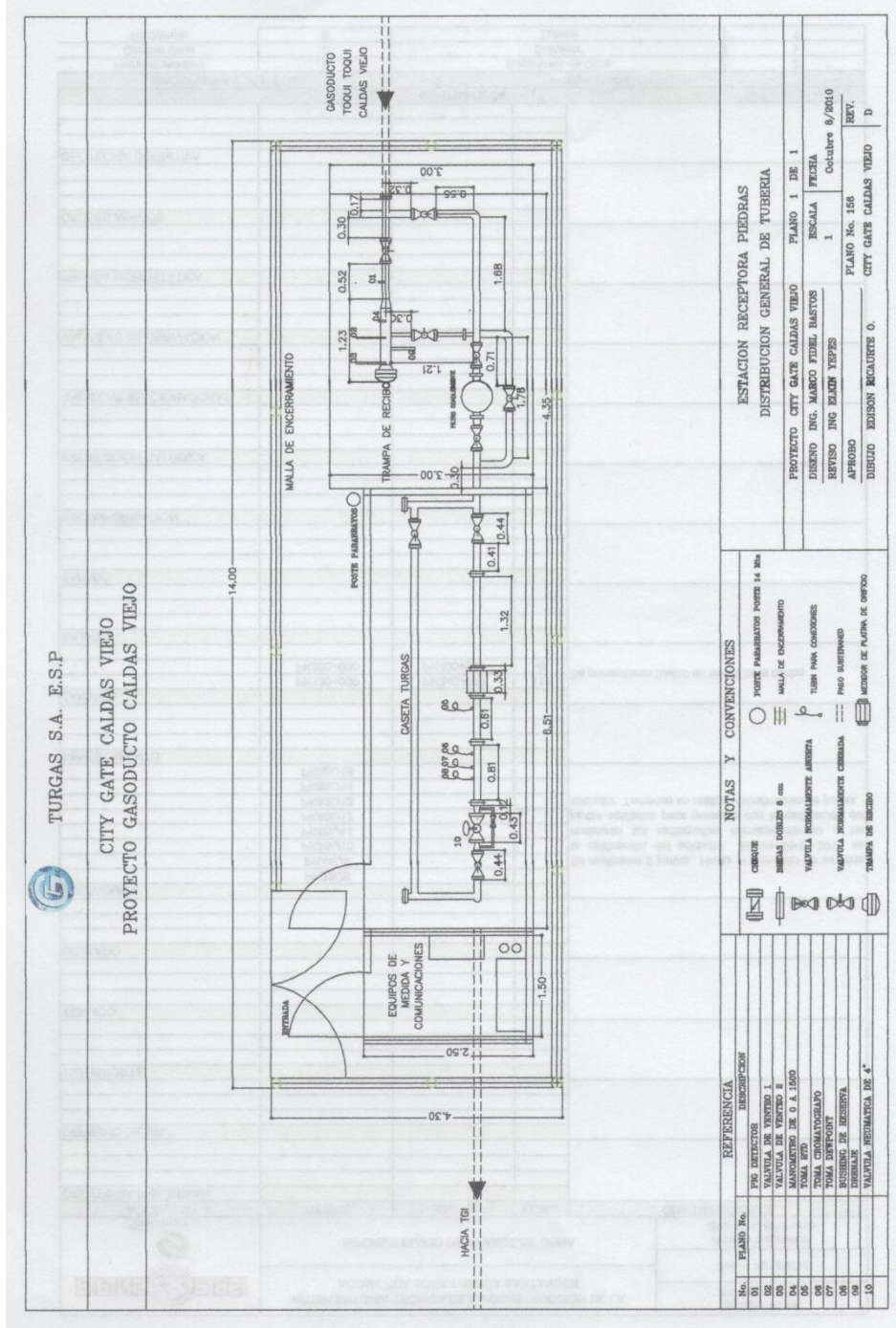


BUNKER CALDAS VIEJO



No.	PLANO No.	REFERENCIA DESCRIPCION	NOTAS Y CONVENCIONES	DETALLE CITY GATE Y BUNKER
			<p>VALVULA BORDA</p> <p>▲</p> <p>JUNTAS</p> <p>+</p> <p>MONDOLACTUBA AL FARMACIA DE LAS JUNTAS</p> <p>A</p> <p>CT</p>	<p>PROYECTO CITY GATE CALDAS VIEJO PLANO 2 DE 2</p> <p>DISEÑO ING JUAN CARLOS GONZALEZ ESCALA FECHA</p> <p>REVISO GUSTAVO PRADA MEDINA DECEMBER 27/2010</p> <p>APROBADO ING ELIAR YEPES PLANO No. 167 REV.</p> <p>DIBUJO CARLOS MURGOZ CITY GATE CALDAS VIEJO D</p>

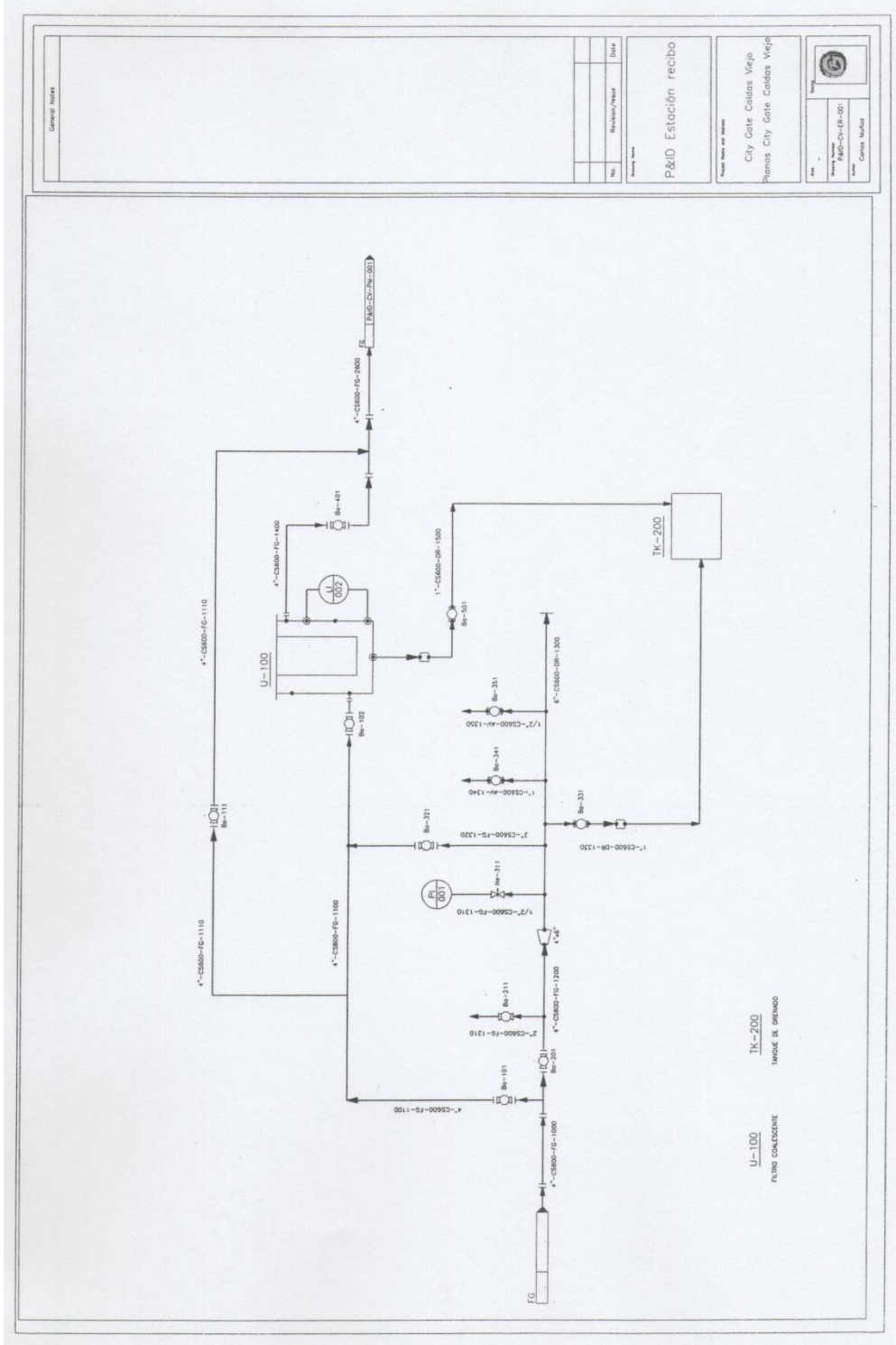
Anexo D. Estación Receptora Distribución General de Tubería



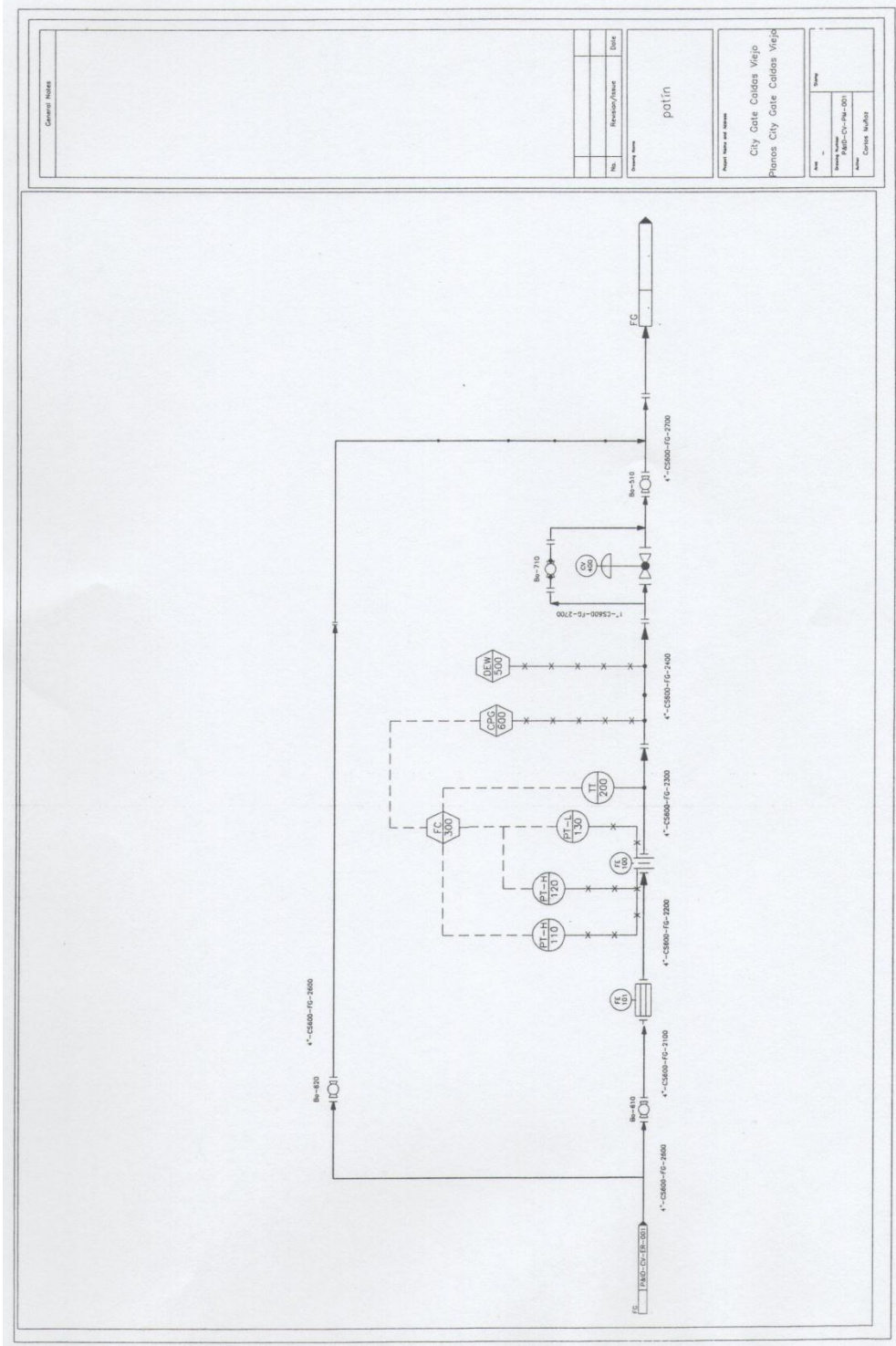
TURGAS S.A. E.S.P.
 CITY GATE CALDAS VIEJO
 PROYECTO GASODUCTO CALDAS VIEJO

REFERENCIA		NOTAS Y CONVENCIONES		ESTACION RECEPTORA PIEDRAS DISTRIBUCION GENERAL DE TUBERIA	
Nº.	PLANO No.	FIG. DIRECTOR	DESCRIPCION	PROYECTO	CITY GATE CALDAS VIEJO
01		01	INDICADOR	PLANO 1 DE 1	
02		02	VALVULA DE VENTILADO 1	DISEÑO ING. MARCO FIDEL BASTOS	ESCALA
03		03	VALVULA DE VENTILADO 2	REVISED ING EDISON YEPPES	1
04		04	MANOMETRO DE 0 A 1000	AFIBRADO	PIANO No. 156
05		05	VALVULA DE VENTILADO	DIBUJADO	CITY GATE CALDAS VIEJO
06		06	VALVULA DE VENTILADO		REV.
07		07	TOMA DE MANTENIMIENTO		D
08		08	TOMA DE MANTENIMIENTO		
09		09	BUSQUING DE RESERVA		
10		10	VALVULA REGULADORA DE 4"		

Anexo E. P&ID Estación Recibo



Anexo F. Patín



General Notes

No.	Revisión/Ámbito	Fecha

Planting Area

patín

Plant Name and Address

City Gate Caldas Viejo
Pioneros City Gate Caldas Viejo

Sheet

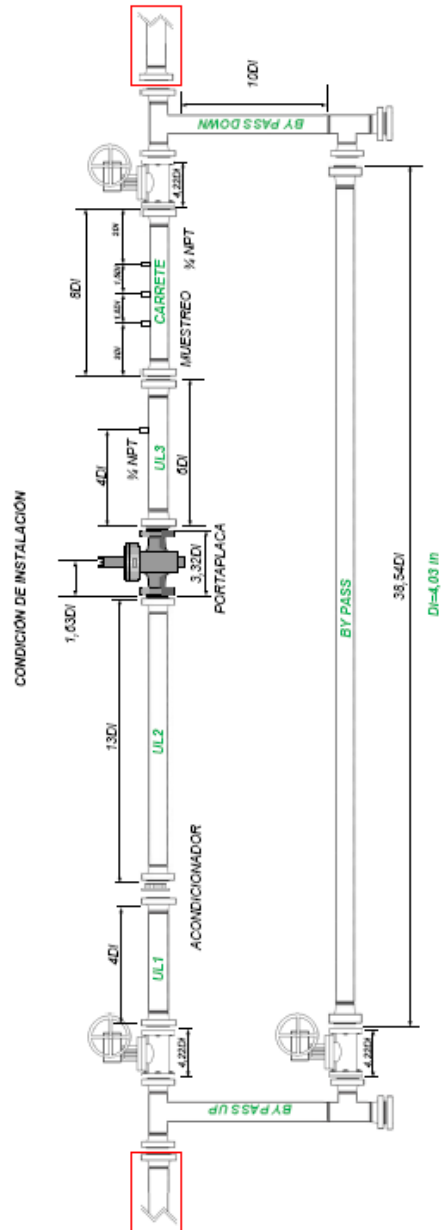
Scale

Drawing Code

Author

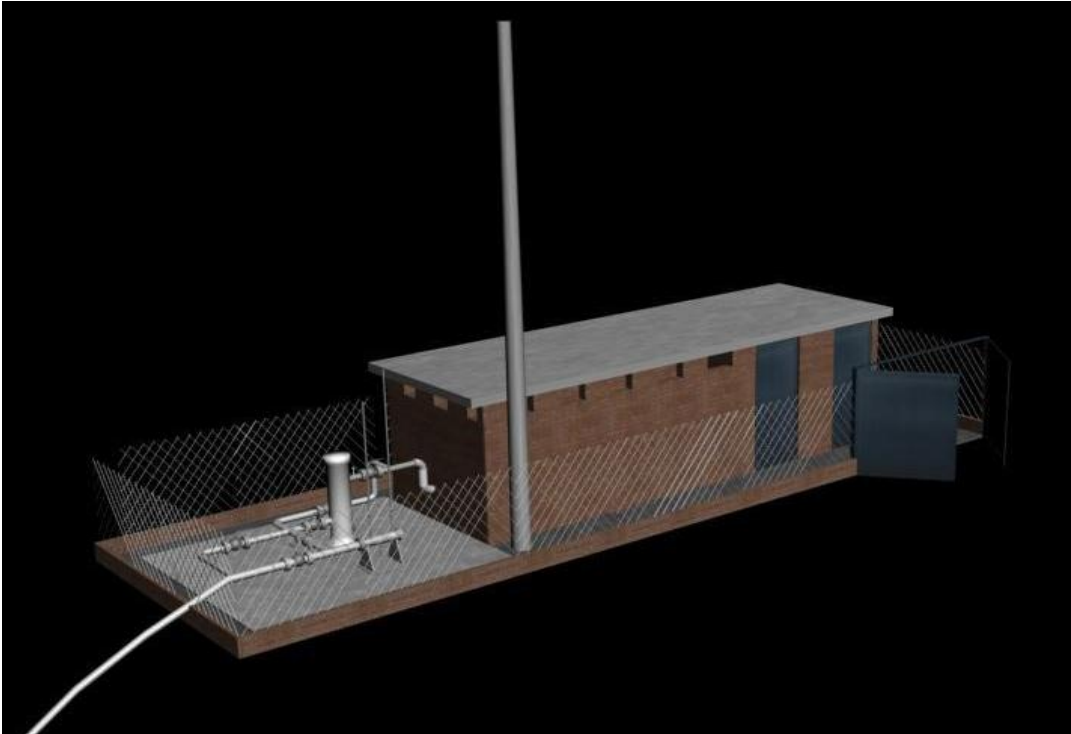
City Gate Caldas Viejo

Anexo H. Especificaciones de Instalación Patín de Medición

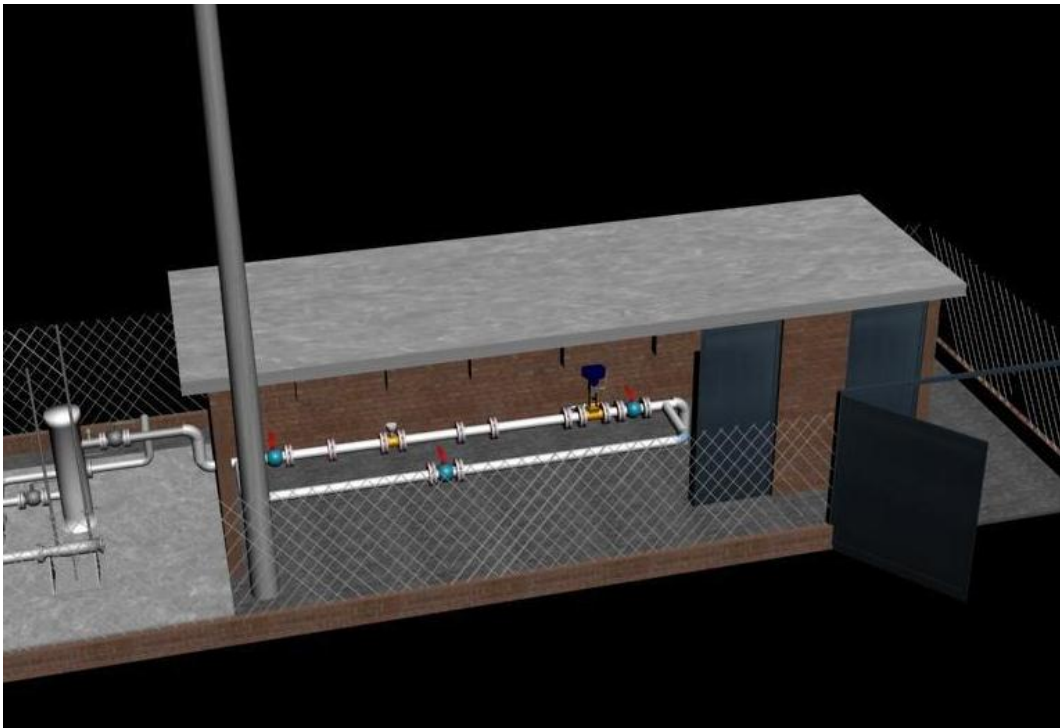
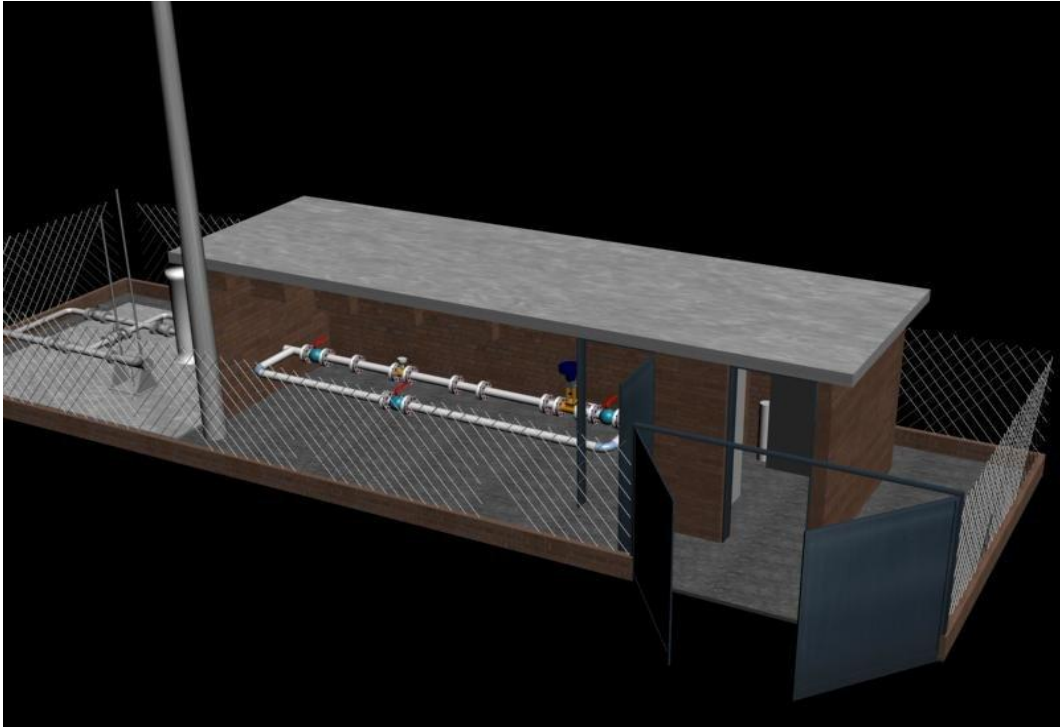


Las dimensiones se encuentran en función del Di del portaplaca.

Anexo I. Isométrico y Corte Estación de Transferencia de Custodia



Anexo J. Isométrico y Corte Estación de Transferencia de Custodia



Anexo K. Memorias de Cálculo

- 009968


 TURGAS S.A. E.S.P. TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
PERFIL DEL GASODUCTO.....	3
PROPIEDADES DEL GAS.....	5
CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA.....	5
CONDICIONES DEL PROCESO.....	5
DIMENSIONAMIENTO DEL GASODUCTO.....	5
PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN.....	9
FILTRO COALESCENTE.....	10
INSTALACIÓN TURBINA PARA MEDICIÓN DE GAS.....	14
SELECCIÓN DE TURBINA PARA MEDICIÓN DE GAS.....	17
ANALIZADORES EN LINEA.....	18
PLANOS INSTALACIONES CITYGATE Y BUNKER CALDAS VIEJO.....	19
CONCLUSIÓN.....	20
DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	20
LISTADO DE ANEXOS.....	20


INTRODUCCIÓN

En este documento se presentan las especificaciones que se tuvieron en cuenta para la selección de los diferentes parámetros de la construcción del gasoducto entre la planta de tratamiento de gas natural "TOQUI - TOQUI" de propiedad de TURGAS S.A. E.S.P y el punto de conexión con la línea de transporte de gas natural de la empresa TGI, en cercanías al municipio Caldas Viejo en el departamento del Tolima. Este gasoducto se construye debido a la necesidad de transportar mayor cantidad de gas natural por el aumento en la producción de la planta de tratamiento de TURGAS.

RESUMEN

La instalación y puesta en marcha de una nueva línea de gasoducto requiere estudiar una serie de elementos, fundamentales para que su implementación asegure la correcta operación y permita realizar el seguimiento adecuado para el transporte de gas natural. A lo largo del documento se

-009968

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P TGI S.A. ESP

12 OCT '10 AM 9:59

**PROYECTO GASODUCTO
"TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"**

TURGAS S.A. E.S.P

**ESPECIFICACIONES TECNICAS GASODUCTO
OCTUBRE DE 2010**


ELABORÓ

REVISÓ

APROBÓ

CARGO	Ingenieros Químicos	Gerente General	Gerente General
NOMBRE	Ing. Carlos Muñoz	Ing. Iván Osorio	Ing. Elkin Yépes
FIRMA			

009968

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PUNTO DE CUSTODIA "CALDAS VIEJO"			
	CHECK LIST DOCUMENTOS		11 Octubre de 2010	
	DOCUMENTO	OK	PENDIENTE	
	Certificado de calibración del medidor expedido por laboratorio acreditado con ISO/EC 17025			
	Ficha de especificaciones técnicas del Transmisor de Presión Estática			
	Ficha de especificaciones técnicas del Transmisor de Presión Diferencial			
	Ficha de especificaciones técnicas del Transmisor de Temperatura			
	Ficha de especificaciones técnicas del Sensor de Temperatura			
	Ficha de especificaciones técnicas del Computador de Flujo			
	Ficha de especificaciones técnicas de la Platina o Tobera restrictora de Flujo			
	Ficha de especificaciones técnicas del Sistema de Filtración			
	Ficha de especificaciones técnicas del Cromatografo			
	Ficha de especificaciones técnicas del Analizador HCDT y Dew Point de Agua			
	Plano general de la instalación de filtración, regulación y medición			
	Plano isométrico del sistema de medición con detalles y cotas exactas donde se evidencie la localización de cada uno de los elementos anteriormente enunciados y el cumplimiento de la norma del elemento primario			
	Condiciones de diseño del sistema (flujos, presiones y temperaturas)			
	Memorias de Calculo para la selección del medidor propuesto			

12 OCT 2010 9:59

TGI S.A.ESP

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

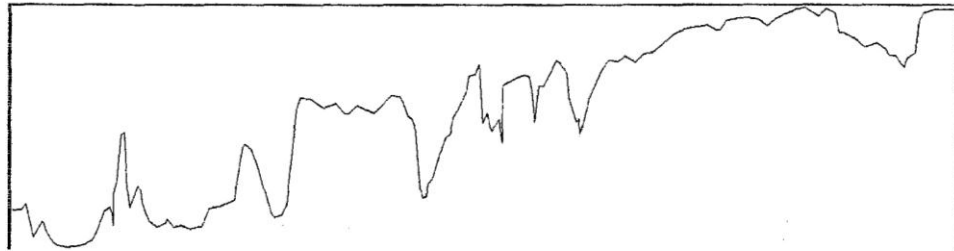
presenta en resumen, el estudio interno realizado por TURGAS S.A. E.S.P de los elementos más relevantes; los temas tratados son:

- El dimensionamiento de la línea; para lo cual se tuvieron en cuenta elementos de gran relevancia en el diseño de tuberías para el transporte de gas:
 - Perfil topográfico del gasoducto.
 - Propiedades del Gas.
 - Características del material (tubería).
 - Condiciones de proceso.
- El estudio relacionado con los sistemas de protección contra corrosión de la tubería, es decir, el recubrimiento epóxico de la totalidad de la línea, y la instalación del sistema de protección catódica.
- El dimensionamiento del filtro coalescente para la protección de la línea de transporte de gas y de los equipos de medición.
- Las especificaciones realizadas sobre la línea de medición, para su correcta instalación, basándose en lo establecido en la norma para medidores de turbina, AGA Report # 7.
- La validación de la turbina seleccionada, basándose en las condiciones de operación establecidas, y los límites operacionales del equipo establecidos de fábrica.

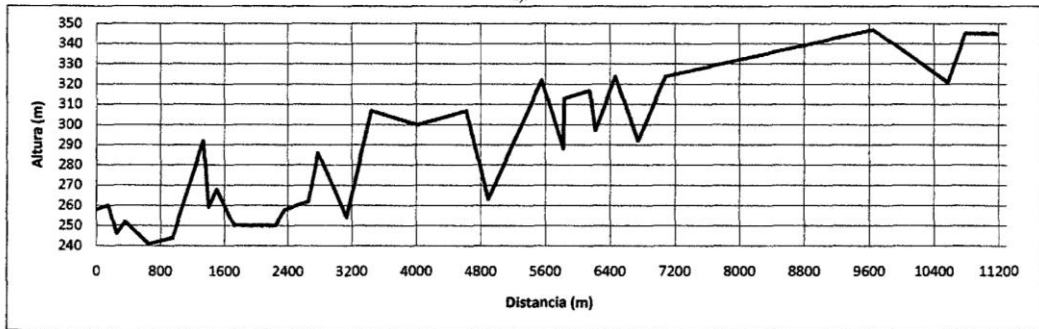
PERFIL DEL GASODUCTO

El terreno es el factor determinante a la hora de definir el perfil del gasoducto, el estudio topográfico de la zona permitió realizar el trazado que debía seguir entre los puntos de conexión. En los cálculos realizados no se siguió exactamente el perfil real del gasoducto, sino que se dividió en segmentos de pendiente similar que se linealizaron. En la Figura 1, se presentan el perfil real del gasoducto (superior) y el perfil por segmentos (inferior) utilizado en los cálculos del gasoducto.

De igual forma en esta Figura se observa que la línea recorre alrededor de 11,2 Km y tiene una diferencia de altura máxima de 100 m (del punto más alto al más bajo), con varios segmentos que presentan pendiente ya sea positiva o negativa.




a).



b).

Figura 1. a). Perfil real del Gasoducto. b). Perfil del gasoducto por segmentos usado en los cálculos.

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

PROPIEDADES DEL GAS

El gas a transportar por esta línea, es Gas Natural libre de H₂S, humedad e hidrocarburos condensables por debajo de lo máximo permitido (Documento CREG 017) y libre de material sólido. La composición del gas es mayoritariamente Metano, por encima del 88% molar, siendo el porcentaje restante Etano y algo de Propano, principalmente.

CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

La línea se construirá en tubo de Acero al Carbono, ANSI 600, Schedule 40, lo que de acuerdo a especificaciones, arroja dos parámetros de gran importancia para el dimensionamiento:

- La presión máxima que soporta el material para una temperatura entre -20 y 100°F, es de 1480 psi.
- La rugosidad específica aproximada para una tubería nueva de Acero al Carbono es de 700 micro-pulgadas, mientras que para la misma tubería con un desgaste de 2 años de operación, la rugosidad tiene un valor de aproximadamente 1750 micro-pulgadas.

CONDICIONES DEL PROCESO


Las condiciones de interés para el dimensionamiento del gasoducto son flujo y presión, de esta forma se tiene:

- La presión máxima que se puede alcanzar es de 1500 psi, debido a la capacidad de compresión con la que se cuenta en la planta TOQUI - TOQUI.
- La presión nominal de la línea de transporte de gas perteneciente a TGI en el punto de conexión de las dos líneas es de 1200 psi.
- El flujo de gas a transportar por esta línea está dado por la capacidad de procesamiento de gas en la planta de tratamiento de TOQUI - TOQUI. Cuando entre en operación éste gasoducto, se tiene presupuestado trabajar con un flujo de 5 MMSfd, sin embargo se espera que este flujo aumente con el tiempo, llegando incluso a duplicarse.

DIMENSIONAMIENTO DEL GASODUCTO

Para el cálculo de la caída de presión en la línea se decidió trabajar con el modelo de Fanning para flujo en fase gaseosa, según este modelo la caída de presión en una tubería está según:

$$\Delta P = \frac{2f\rho v^2 L}{D} \quad \text{Ec. (1)}$$

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	H-D+P

Donde:

- ΔP : Caída de presión (Pa)
- f: Factor de fricción Fanning
- ρ : Densidad (kg/m^3)
- v: Velocidad (m/s)
- L: Longitud del segmento (m)
- D: Diámetro interno tubería (m)

El factor de fricción es un término que se calcula generalmente como función de la rugosidad del material, el diámetro de la tubería y el número de Reynolds del gas. Existen muchos modelos para realizar este cálculo, en este caso se seleccionó el modelo de Fanning que sigue la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4 \log \left[0,2698 \left(\frac{k}{D} \right) - \frac{5,0452}{Re} \log \left\{ 0,3539 \left(\frac{k}{D} \right)^{1,1098} + \frac{5,8506}{Re^{0,8981}} \right\} \right] \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

- f: Factor de fricción de Fanning
- k: Rugosidad Absoluta (m)
- Re: Numero de Reynolds
- D: Diámetro interno tubería (m)

El número de Reynolds se calcula según:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

- ρ : Densidad (kg/m^3)
- v: Velocidad (m/s)
- μ : Viscosidad (kg/m.s)
- D: Diámetro interno tubería (m)

De acuerdo a lo que se presentó anteriormente, el perfil de la tubería presenta varias pendientes de diferente inclinación durante el recorrido, por tanto es necesario considerar además de la pérdida energética del fluido por fricción, la pérdida o ganancia potencial, para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \rho g h \quad \text{Ec. (4)}$$

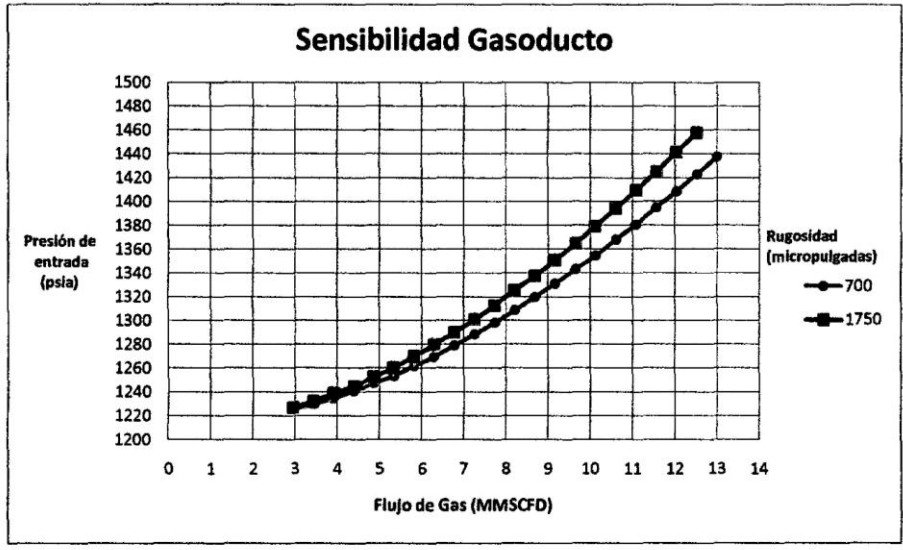


Figura 2. Sensibilidad gasoducto de 4 pulgadas

En este diagrama se observan las relaciones entre el flujo de gas a través del gasoducto y la presión a la entrada que debe asegurarse para cumplir con una presión a la salida de 1200 psi (presión nominal en la línea de TGI), para una tubería nueva (rugosidad 700 micro-pulgadas) y una desgastada (1750 micro-pulgadas). De esta forma se comprueba que la tubería de 4 pulgadas cumple con las condiciones establecidas al inicio, ya que permite el flujo de hasta 13 MMSCFD sin sobrepasar la presión máxima soportada por la tubería ANSI 600 y cumpliendo con la presión nominal en el punto de conexión con la línea de TGI.

El cálculo detallado se realizó tanto a través del método descrito anteriormente, como a través de la herramienta de software, éste se desarrollo para las condiciones bajo las cuales va a entrar en operación el gasoducto, las cuales se reportan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de inicio de operación del Gasoducto

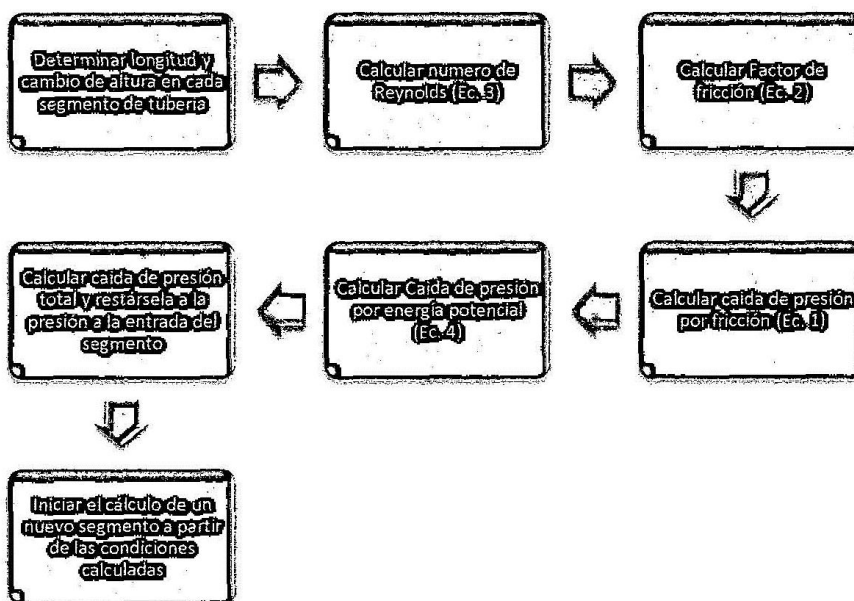
Condición	Valor
Presión en planta	1245 psi
Flujo de Gas	5 MMscfd
Presión en punto de Custodia	1200 psi

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P


Donde:

ΔP : Caída de presión (Pa)
 ρ : Densidad (kg/m^3)
 g : Gravedad (m/s^2)
 h : Cambio de altura (m)

Con estas ecuaciones y los datos conocidos se realizó el cálculo de caída de presión por segmento mediante el siguiente procedimiento de cálculo:



Para determinar el diámetro más adecuado de tubería para el gasoducto bajo las condiciones establecidas, se usó la herramienta con que cuenta el software Aspen Hysys para cálculo de tuberías configurado bajo el modelo de Fanning para el cálculo. De esta forma se puede realizar rápidamente un análisis de sensibilidad. A partir de este análisis se encontró que una tubería de 4 pulgadas es la más adecuada. En la Figura 2 se presenta el análisis de sensibilidad para esta tubería.

 TURGAS S.A. E.S.P. TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

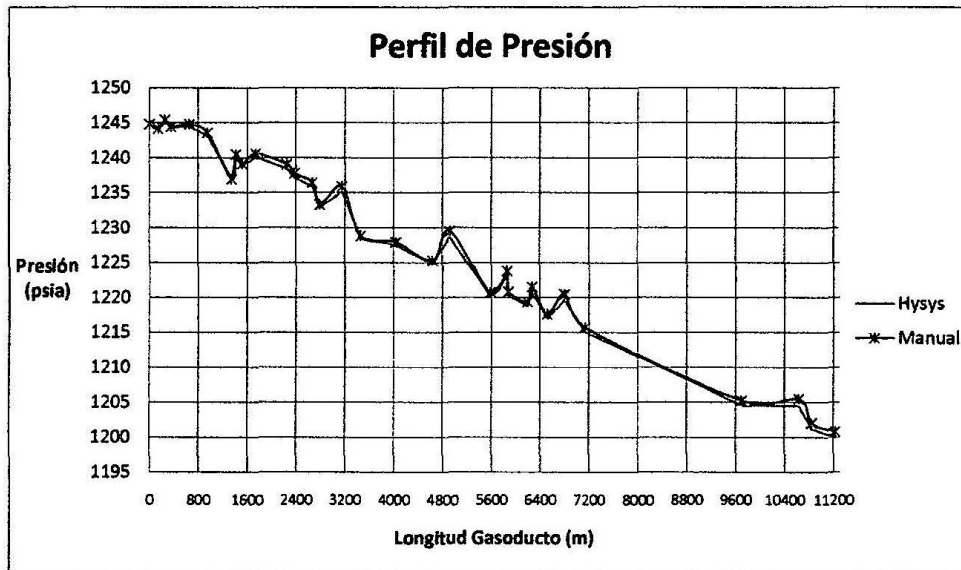


Figura 3. Perfil de presión del gasoducto

En el diagrama se presenta el perfil obtenido a través del cálculo manual, y mediante la simulación, como se puede observar presentan el mismo comportamiento, con sólo leves diferencias que se pueden atribuir a que el software considera el intercambio de calor con el ambiente.

PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Con el fin de proteger el gasoducto de la corrosión, la totalidad de la tubería fue recubierta con el producto Autoimprimante Epóxico HS FZ Serie 100, el cual es un producto recomendado para la protección de tuberías enterradas.

Considerando que la aplicación de la pintura no tiene un 100 % de eficiencia en el recubrimiento de la estructura, se implementará un Sistema de Protección de Catódica (SPC) como medida preventiva para evitar la corrosión en los puntos de tubería en los cuales la pintura Epóxica no haya logrado un recubrimiento 100 % efectivo.

Los SPC's se clasifican en dos tecnologías según el principio de protección que utilizan en: SPC por Ánodo galvánico (de Sacrificio) y la SPC por Corriente Impresa. La tecnología que se empleará para la protección de la tubería del gasoducto será la de SPC por Corriente Impresa. Esta tecnología tiene la ventaja de que requiere muy pocos puntos de instalación para proteger grandes extensiones de la estructura, lo que permite que con una sola fuente rectificadora alimentada en un punto

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

- **Velocidad máxima en el ánulo:** una vez el gas ha pasado a través de la membrana del filtro y las gotas han aumentado de tamaño gracias al fenómeno de coalescencia, el equipo debe ofrecer el área suficiente para que las gotas se asienten y se separen del gas, es en éste punto donde interviene la segunda variable de diseño, la máxima velocidad en el ánulo.

Al igual que en un separador bifásico gas-líquido, el fenómeno que regula esta etapa es el balance entre las fuerzas que actúan sobre las gotas de líquido, la fuerza de asentamiento debido a la acción de la gravedad, y la fuerza de arrastre dada la velocidad del gas. Dadas las condiciones en que se esté dando la filtración, y las propiedades del gas y del líquido, se calcula la velocidad crítica V_c , bajo la cual se alcanza el balance de fuerzas y por tanto, las gotas dejan de ser arrastradas por el gas.

Con base en esta velocidad se calculó el diámetro mínimo del filtro para que la velocidad en el ánulo no sobrepase la velocidad crítica. En algunos casos en los que la membrana del filtro es tratada con sustancias para disminuir la hidrofilia, la velocidad en el ánulo puede ser un poco mayor a la velocidad crítica, ya que la membrana se encarga de impedir que haya presencia de gotas en la parte superior del filtro.

Por tanto un filtro en el cual la membrana ha sido tratada permite manejar mayores velocidades en el ánulo lo que conlleva a disminuir la necesidad de área en el ánulo y por ende el tamaño del filtro. Sin embargo dado que para este diseño no se ha establecido la membrana a utilizar, el cálculo se realizó para un filtro de membrana sin tratar.

La velocidad crítica se calcula según:

$$V_c = \sqrt{(4/3)Dd(\rho_L - \rho_v)g/(C_D\rho_v)} \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde


$$C_D = \frac{5,0074}{\ln X} + \frac{40,927}{\sqrt{X}} + \frac{484,07}{X} \quad \text{Ec. (7)}$$

$$X = \frac{0,95 \times 10^8 D_d^3 \rho_v (\rho_L - \rho_v)}{\mu_v^2} \quad \text{Ec. (8)}$$

D_d = diámetro promedio de gota (ft)
 ρ_L = Densidad de líquido (lb/ft³)
 ρ_v = Densidad de gas (lb/ft³)
 C_D = Coeficiente de arrastre
 μ_v = Viscosidad del gas (cP)

Una vez se conozca la velocidad crítica, se determina el tamaño del filtro adecuado para que la velocidad máxima en el ánulo cumpla el criterio. La velocidad máxima en el ánulo se calcula según:

$$V_{\text{max ánulo}} = \frac{Q_{\text{actual}}}{\text{Area Anulo}} \quad \text{Ec. (9)}$$

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO NACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

A continuación se presentan los resultados del dimensionamiento del filtro que se debe implementar, estos se fundamentan únicamente en el resultado de los modelos y criterios para el diseño de estos equipos, en ningún momento contempla información comercial sobre las posibles dimensiones de los elementos disponibles en el mercado para la construcción de este equipo, por tanto deben ser considerados únicamente como dimensiones de referencia.

Para el diseño de estos equipos se consideraron dos variables, la velocidad en el medio (al interior de la membrana filtrante) y la velocidad máxima en el anulo.

- **Velocidad en el Medio:** Determina la eficiencia del filtro en cuanto a la capacidad de generar la coalescencia entre las gotas de líquido; el valor ideal de esta variable está dado como una función de las propiedades del aerosol a la entrada (concentración, densidad, viscosidad) y de las propiedades propias del medio filtrante (material, porosidad, y pre tratamiento con sustancias), que definen las etapas de formación y remoción de gotas en el medio (1. Captura, 2. Coalescencia, 3. Liberación, 4. Drenado).

Sin embargo dado que es difícil conocer todas las variables necesarias para modelar el fenómeno, existen algunos criterios de diseño de filtros coalescentes tales como la máxima velocidad admisible en el medio:

- Los filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air Filters) diseñados bajo norma ASME AG-1 manejan velocidad máxima en el medio de 1,52 m/min.
- La ASHREA (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) establece para filtros coalescentes una velocidad máxima de 15,42 m/min.
- Comercialmente los filtros coalescentes manejan valores intermedios de velocidad máxima en el medio alrededor de 7,5m/min.

Para el diseño se usó éste último valor, es decir, máxima velocidad en el medio de 7,5 m/min ya que valores menores son únicamente exigidos para cumplir con aplicaciones especiales de acuerdo a estándares más altos (Ej. ASME AG-1 Code on Nuclear Air and Gas Treatment).

El cálculo de esta velocidad se realizó según:

$$V_{medio} = \frac{Q_{Actual}}{A_{filtro}} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

$$Q_{actual} = \text{Flujo actual total de gas (bajo las condiciones en ese punto)}$$

$$A_{filtro} = \text{Área total de membrana (} A_{filtro} = 2 * \pi * R_{externo} * L \text{)}$$

Esta velocidad no es la velocidad real del gas a través de la porosidad del medio, sin embargo es el criterio de diseño más utilizado.

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO NACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

cercano a la planta de producción de TURGAS S.A. E.S.P., se pueda proteger toda la línea de tubería. Adicionalmente, la SPC por Corriente Impresa no se ve afectada de manera importante por los cambios en la resistividad del terreno, característica importante teniendo en cuenta que en los 11200 m de extensión de la tubería se pueden presentar cambios importantes en el perfil de resistividad.

Los ánodos que se emplearán podrán ser de Ferro-silicio o de Titanio Platinado, pues cualquiera de estos dos materiales ofrece buenos niveles de densidad de corriente y resistividad, a la vez que el desgaste de los mismos es mínimo (0.1-0.3 kg/A.Año para Ferro-silicio y 0.01 g/A.Año para el Titanio), permitiendo así que la instalación tenga un tiempo de vida prolongado.

El SPC por Corriente Impresa requiere que la corriente que se suministra al sistema sea continua, por esta razón se hace necesaria la instalación de un rectificador que transforme la corriente alterna en continua por medio de diodos de rectificación. Para garantizar la protección, el polo negativo del rectificador debe conectarse al gasoducto (cátodo), mientras que el polo positivo se conectará a los ánodos de sacrificio. De esta manera, la corrosión se presentará sobre los ánodos y no sobre el gasoducto. Los cables que se seleccionen para realizar estas conexiones deben estar recubiertos con una funda de HMWPE (Polietileno de Alto Peso Molecular).

Con los datos reportados en la ficha técnica de los ánodos de Ferro-Silicio, se encuentra que los estimados iniciales para la instalación de corriente impresa con ánodos del tipo mencionado son:

Tensión = 440 V
 Intensidad = 11 A
 Capacidad del transformador = 4.8 kVA
 # Ánodos de Fe-Si = 6

Con los resultados anteriores, y viendo que el número de ánodos es reducido, es posible que la protección catódica de todo el sistema se realice en un único punto de instalación.

FILTRO COALESCENTE

Para la protección de los equipos de medición instalados en el punto de custodia del gasoducto de 4 pulgadas, entre la planta de tratamiento de Gas Natural "TOQUI - TOQUI" y el gasoducto de TGI, en las cercanías al municipio Caldas Viejo (Tolima), se debe instalar un filtro coalescente que impida el paso de cualquier material extraño que pueda estar suspendido en el gas, tal como material sólido, o líquidos en forma de aerosol.

Los filtros coalescentes líquido - gas son utilizados para disminuir la concentración de aerosoles (líquidos dispersos en un gas con un tamaño de gota en el intervalo 0,1 μm - 300 μm) de menos de 1000 ppmw a aproximadamente 0,003 ppmw. El principio de funcionamiento de estos elementos es el aumento de tamaño de las gotas de líquido en el aerosol a un valor en el intervalo 0,5 a 2,2 mm logrando de esta forma que las gotas no sean arrastradas por el gas y se asienten por gravedad.

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

$$Area \text{ Anulo} = \frac{Q_{actual}}{(\pi(R_{int \text{ filtro}})^2 - \pi(R_{ex \text{ cartucho}})^2)} \quad Ec. (10)$$

Donde,

Q_{actual} = Flujo Actual de gas
 $R_{int \text{ filtro}}$ = radio interno del filtro
 $R_{ex \text{ cartucho}}$ = radio externo del cartucho del filtro

A partir de esto se realizó el dimensionamiento del filtro para las condiciones del gas en el punto de custodia, las cuales son:

Tabla 2. Condiciones de Gas en el punto de custodia


Condición	Valor
Flujo estándar	6 MMSCFD
Temperatura	90°F
Presión nominal	1200 psi
Presión Mínima	900 psi
Densidad (1200 psi)	74,32 Kg/m ³
Densidad (900 psi)	53,18 Kg/m ³
Flujo Actual (1200 psi)	74,2 m ³ /h
Flujo Actual (900 psi)	103,8m ³ /h

Los resultados obtenidos se reportan en la Tabla 3 y en la Figura 4, en la que se observan un par de diagramas de lo que sería el filtro coalescente.

Tabla 3. Resultados Dimensionamiento Filtro Coalescente

Condición	Valor
Velocidad critica V_c	0,44 m/s
Diámetro Cartucho	8 in
Diámetro interno filtro	14 in
Área Anulo	103,7 in ²
Velocidad Max Anulo (1200 psi)	0,31 m/s
Velocidad Max Anulo (900 psi)	0,43 m/s
Altura del cartucho	15 in
Altura total Filtro	45 in
Velocidad en el Medio (1200 psi)	5,09 m/min
Velocidad en el Medio (900 psi)	7,11 m/min

Como se observa en los resultados, el cálculo se realizó para la presión nominal en este punto 1200 psi sin embargo, dado que pueden presentarse estados de operación en los que la presión del sistema

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

baje, se estableció el límite de presión mínima en 900 psi, y con base en éste se realizó el dimensionamiento final del equipo, dado que el flujo real es mayor en ese estado.

Por tratarse de un recipiente a presión, la construcción del filtro se realizara bajo especificaciones ASME, "Boiler and Vessel Code" según:

- Sección II Especificaciones de materiales
- Sección VIII Recipientes sujetos a presión Div 1 Div 2
- Sección IX Calificación de la soldadura fuerte y la de bajo punto de fusión

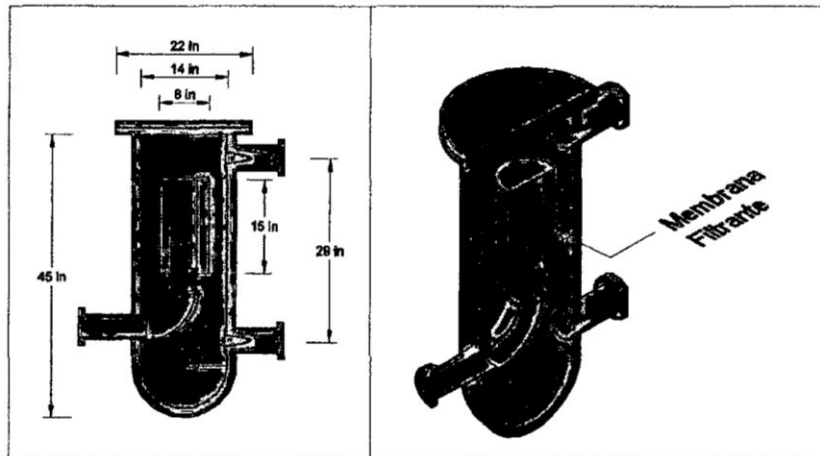


Figura 4. Diseño Filtro coalescente Punto de Custodia "Caldas Viejo".
 Vista frontal (Izquierda), Isométrico (Derecha).

INSTALACIÓN TURBINA PARA MEDICIÓN DE GAS

Para la instalación de una turbina de medición, el AGA Report N°7 establece especificaciones en cuanto a los elementos que se deben implementar y las distancias mínimas recomendadas de instalación para la correcta medición de flujo.

En la Figura 5 se pueden observar algunas especificaciones reportadas por la norma y en la Tabla 4, las especificaciones completas y ajustadas a la instalación que se va a realizar para el punto de custodia en la línea de 4 pulgadas del gasoducto.


 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

Tabla 4. Especificaciones instalación medidor de turbina

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN "AGA 7"	VALOR AJUSTADO
Diámetro nominal tubería	---	4 in (10,16 cm)
Segmento AC	10 Diámetros Nominales	40 in (101,6 cm)
Segmento BC	5 Diámetros Nominales	20 in (50,8 cm)
Segmento DE	3 Diámetros Nominales	12 in (30,48 cm)
Segmento DF	5 Diámetros Nominales	20 in (50,8 cm)
Diámetro interno Tubería (M)	---	4,02 in (10,22 cm)
Área transversal tubería (T)	---	12,69 in ² (82 cm ²)
Áreas sin "vane"	Máximo 1/16 de "T"	Max 0,79 in ² (5,125 cm ²)
Diámetro "vane" (a)	Máximo ¼ de "M"	Max 1 in (2,54 cm)
Longitud "rectificador de flujo" (L)	Mínimo 10 veces "a"	Min 10 in (25,4 cm)

Algunas especificaciones adicionales reportadas en el AGA report N°7, y que son de gran interés para la instalación del medidor de turbina son:

- Los "vanes" del rectificador de flujo pueden ser cuadrados, hexagonales o circulares (tubería), pueden tener diferentes tamaños, pero deben cumplir los límites especificados de dimensión y presentar un arreglo simétrico.
- Las tuberías deben tener rugosidad comercial, y el diámetro interior del "flange" debe ser igual al de la tubería.
- Un punto de instalación para transmisor de presión como el suministrado por el proveedor de la turbina en el cuerpo del medidor, debe ser usado como punto de sensado de presión para el computador de flujo
- El punto recomendado para sensado de temperatura debe instalarse aguas abajo del medidor. Éste debe estar dentro de 5 diámetros nominales posteriores al medidor y aguas arriba de cualquier válvula u obstrucción de flujo.

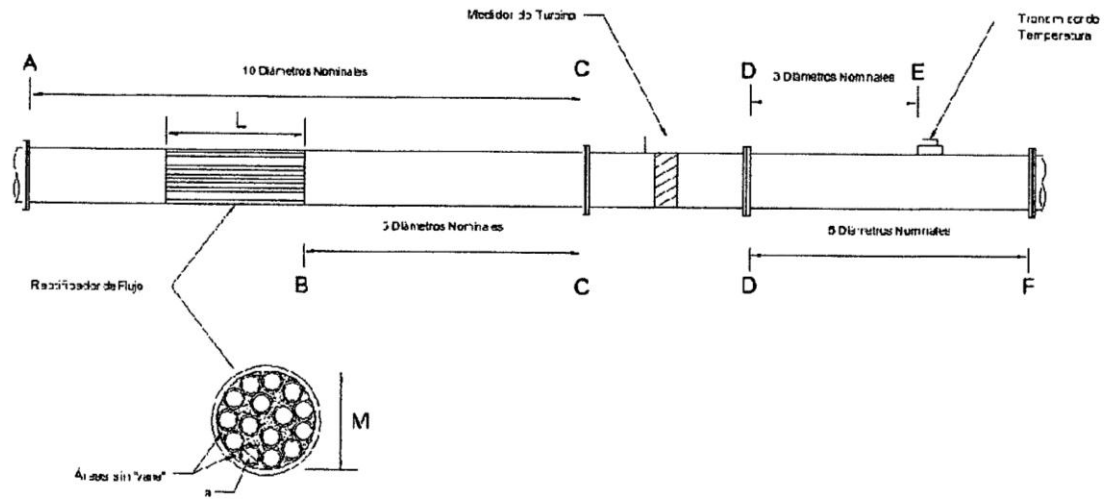


Figura 5. Especificaciones de instalación para medidor de turbina según AGA Report N°7

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	H+D+P

SELECCIÓN DE TURBINA PARA MEDICIÓN DE GAS

La turbina seleccionada como elemento principal de medición, es el equipo "ELSTER Instromet" Modelo SM-RI-X-L G400, las especificaciones de esta turbina se encuentran en el "Turbine Gas Meter HANDBOOK", manual ofrecido por ELSTER. (Anexo se presenta el Data sheet de este instrumento) A continuación se presenta la información reportada al respecto:

MEASUREMENT RANGES SM-RI

Size mm	G- rating	Q _{max} m ³ /h	Q _{min} m ³ /h	t ^{***} mf	Overall length	Pressure rating	Body material	Wgt. kg	Pressure rating	Body material	Wgt. kg
50 2"	40 65	65 100	13 10	0,1 0,1	150	ND 10/16 ANSI 125	GGG 40	10 10	ND 100	St	26
						ND 10/16 ND 2540 ND 64	St	20 20 23	ANSI 150 ANSI 300 ANSI 400 ANSI 600		16 20 20 20
						ND 10/16 ANSI 125	GGG 40	15 15	ND 100		34
						ND 10/16 ND 2540 ND 64	St	26 26 30	ANSI 150 ANSI 300 ANSI 400 ANSI 600		24 26 26 26
80 3"	100 160 250 *250	160 250 400	16 13 20	1 1 1	240	ND 10/16 ANSI 125	GGG 40	15 15	ND 100	St	34
						ND 10/16 ND 2540 ND 64	St	26 26 30	ANSI 150 ANSI 300 ANSI 400 ANSI 600		24 26 26 26
						ND 10/16 ANSI 125	GGG 40	26 26	ND 100		46
						ND 10/16 ND 2540 ND 64	St	30 36 40	ANSI 150 ANSI 300 ANSI 400 ANSI 600		35 42 42 50
150 6"	400 650 1000 *1000	650 1000 1600	32 20 32	1 1 1	450	ND 10/16 ANSI 125	GGG 40	44 44	ND 100	St	87
						ND 10/16 ND 2540 ND 64	St	42 50 72	ANSI 150 ANSI 300 ANSI 400 ANSI 600		46 66 77 96
						ND 10 ND 16 ANSI 125	GGG 40	70 70 70	ND 40 ND 64 ND 100		96 125 161
						ND 10 ND 16	St	77 77	ANSI 150 ANSI 300 ANSI 400		81 117 135
200 8"	650 1000 1600 *1600	1000 1600 2500	50 40 130	10 10 10	600	ND 10 ND 16 ANSI 125	GGG 40	70 70 70	ND 40 ND 64 ND 100	St	96 125 161
						ND 10 ND 16	St	77 77	ANSI 150 ANSI 300 ANSI 400		81 117 135

En la Tabla 5 se pueden encontrar las especificaciones de fábrica de esta turbina, que corresponden al equipo de 4", G400, ANSI 600. Esta información se compara con las condiciones de operación que se han definido.

Tabla 5. Especificaciones Turbina ELSTER SM-RI-X-L G400

TURBINA	Rating	Max Presión Operación	Max Flujo	Min Flujo
"ELSTER" SM-RI-X-L G400	ANSI 600	97,6 bar (1434,7 psi)	650 m ³ /h	32 m ³ /h

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

De acuerdo a las condiciones que se establecieron y esperan tener en el punto de custodia, el flujo real para las condiciones límites de flujo estándar y presión de gas son:

Tabla 6. Condiciones límites de Operación del gasoducto en el Punto de Custodia

		Presión Mínima	Presión Máxima
		900 psi	1200 psi
Flujo Mínimo	5 MMscfd	86,46 m ³ /h	61,89 m ³ /h
Flujo Máximo	10 MMscfd	172,9 m ³ /h	123,8 m ³ /h

Como se puede observar, los flujos esperados de gas a través de la turbina se encuentran dentro del intervalo de operación del instrumento, por tanto se tiene que la turbina seleccionada es adecuada para realizar la medición en la línea que será instalada.

Para protección del medidor de turbina se debe instalar una placa restrictora, la cual fundamentalmente es una platina orificio. Anexo se presenta el dimensionamiento de esta platina a través del software "Daniel Orifice Flow Calculator".

ANALIZADORES EN LINEA


Para la verificación de calidad del gas, en el punto de custodia se instalaran equipos de análisis en línea para la medición de las siguientes propiedades:

- Composición del gas y poder calorífico
- Contenido de hidrocarburos condensables, expresado como HCDT "dew point de hidrocarburos"
- Contenido de agua, expresado como "dew point de agua"

El contenido de H₂S no requiere ser determinado en la línea de gas natural procesado por TURGAS S.A E.S.P en la Planta TOQUI-TOQUI, ya que es un gas totalmente libre de esta sustancia, como se ha evidenciado durante los 5 años de operación de la planta.

Para la determinación de composición de gas natural y el cálculo del poder calorífico se instala en línea un cromatógrafo "Natural Gas Chromatograph (NGC) 8206" marca ABB. Anexo se presenta el Data sheet de este instrumento.

La determinación de Dew Point tanto de agua como de hidrocarburos se va a realizar con el equipo BARTEQ "HYGROPHIL HCDT", específico para la determinación de estas propiedades en gas natural. Este cuenta con un sensor de humedad L1660, y un sensor óptico 1510-11 en una

 TURGAS S.A. E.S.P. <small>TRABAJAMOS POR EL USO RACIONAL DEL GAS</small>	PROYECTO "GASODUCTO TOQUI TOQUI - CALDAS VIEJO"	Octubre de 2010
	ESPECIFICACIONES GASODUCTO	I+D+P

CONCLUSIÓN

El gasoducto se construirá en tubería de 4 pulgadas para que se cumpla con los requerimientos de transporte establecidos, específicamente con la capacidad de transporte de gas requerida.

Las condiciones bajo las cuales el gasoducto entrará en operación son las siguientes:

- Flujo de gas 5 MMSCFD.
- Presión de entrada 1245 psi.
- Presión a la salida 1200 psi (Punto de conexión con línea de TGI).

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Resolución 054 de 2007. Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Ministerio de Minas y Energía. 2007.
- MOKHATAB, Said. POE, William. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. Capítulo 5, High-Efficiency Liquid-Gas Coalescers. ELSEVIER 2006
- AGA Report N° 7. Measurement of Fuel Gas by Turbine Meters.
- Turbine Gas Meter HANDBOOK. ELSTER Instromet.

LISTADO DE ANEXOS

1. Turbine Gas Meter HANDBOOK. ELSTER Instromet.
2. Ficha de Especificaciones Gas Turbine Meter X-XIC Series
3. Reporte Calibración Turbina de medición SM-RI-X-L G400
4. Data Sheet Enabled Flow Computer Model 2000 ELSTER Instromet.
5. Reporte dimensionamiento platina restrictora de flujo (Daniel Orifice Flow Calculator)
6. Quick Installation Guide, Rosemount 248 Temperature Transmitter
7. Brochure Foxboro Pressure Transmitter Family
8. Data Sheet Natural Gas Chromatograph (NGC) 8206 ABB
9. Data Sheet HYGROPHIL HCDT BARTEC