

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA PETROLERA**



**PROYECTO DE GRADO**

**FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CITY GATE EN LAS  
POBLACIONES DEL MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS DE LA PROVINCIA  
O'CONNOR DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

**POSTULANTE: CELIA BEATRIZ ALARCON GUTIERREZ**  
**TUTOR: M.SC.ING. MARCO ANTONIO MONTESINOS MONTESINOS**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2021**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## DEDICATORIA

*A Dios por brindarme esta vida llena de retos y guiarme por el camino del éxito.*

*A mi familia que me brindo todo su apoyo incondicional.*

*A mis amigos que en el transcurso de mi vida me dieron su fuerza y ánimos para seguir adelante.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Mi gratitud a Dios, gracias por estar siempre presente y llenarme de voluntad para salir adelante*

*Gracias a todos mis docentes que me guiaron y apoyaron para culminar esta etapa de mi vida*

*A mi querida Facultad de Ingeniería que me impulso y me dio todos los conocimientos y a mis docentes que me encaminaron al éxito académico.*

## ACRÓNIMOS

API: De las siglas en inglés American Petroleum Institute

BAR: Unidad de medición de la presión

CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono

ESD: Estación de Distribución

GLP: Gas Licuado de Petróleo

GNC: Gas Natural Comprimido

GNV: Gas Natural Vehicular

H<sub>2</sub>S: ácido sulfhídrico

LNG: Gas Natural en estado Líquido

PLC: Control Lógico Programable

PRP: Puente de Regulación Primaria

PSI: Unidad de medición de la presión en el sistema inglés

GVT: Gasoducto Villamontes – Tarija

GPSA: Engineering Data Book

GPA: Engineering Data Book

GRGD- DGV: Gerencia Nacional de Redes de Gas y ductos

## RESUMEN

Este proyecto ve por conveniente desarrollar un City Gate, para la distribución de gas natural en las poblaciones seleccionadas de la provincia O'Connor que se encuentra en el Departamento de Tarija.

En el **primer capítulo** se mencionara las causas fundamentales que hicieron que el presente proyecto llegue a plantearse, tomando en cuenta como factor fundamental la demanda del gas natural que va creciendo.

En el **segundo capítulo** se realizara una breve descripción de las bases teóricas que hacen que el proyecto sea más entendible, donde se desarrolla los conceptos desde el gas natural hasta el funcionamiento del City Gate.

En el **tercer capítulo** se menciona los aspectos generales de la Provincia O'connor del Departamento de Tarija mencionando principalmente los municipios seleccionados para el desarrollo del proyecto.

En el **cuarto capítulo** se menciona las características generales y específicas del City Gate para su desarrollo y buen funcionamiento cumpliendo con los requisitos y aspectos técnicos.

En el **quinto capítulo** se desarrolló el procedimiento de cálculo para la determinación de los parámetros de diseño, utilizando principalmente la ecuación de Weymouth y además tomando las consideraciones requeridas para el diseño de una estación de regulación City Gate.

En el **sexto capítulo** se verifico los cálculos realizados en el capítulo quinto y se procedió a la evaluación económica para la factibilidad del proyecto.

En el **séptimo capítulo** se verifico los cálculos y rentabilidades para las recomendaciones y conclusiones.

## INDICE DE CONTENIDO

|  |     |
|--|-----|
| DEDICATORIA.....                         | I   |
| AGRADECIMIENTOS.....                     | II  |
| ACRÓNIMOS .....                          | III |
| RESUMEN .....                            | IV  |
| INDICE DE GRÁFICAS .....                 | XI  |
| INDICE DE TABLAS.....                    | XII |
| INDICE DE ECUACIONES .....               | XIV |
| CAPITULO I .....                         | 1   |
| ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....          | 1   |
| 1.1. INTRODUCCIÓN .....                  | 1   |
| 1.2. ANTECEDENTES .....                  | 1   |
| 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....       | 3   |
| 1.3.1. Identificación del problema ..... | 3   |
| 1.4. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS.....     | 3   |
| 1.4.1. Objetivo General.....             | 3   |
| 1.4.2. Objetivos Específicos .....       | 4   |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN .....                 | 4   |
| 1.5.1. Justificación técnica.....        | 4   |
| 1.5.2. Justificación económica.....      | 5   |
| 1.5.3. Justificación social.....         | 5   |
| 1.5.4. Justificación ambiental.....      | 6   |
| 1.6. ALCANCE.....                        | 6   |
| 1.6.1. Alcance temático .....            | 6   |
| 1.6.2. Alcance temporal.....             | 6   |
| 1.6.3. Alcance geográfico .....          | 6   |
| 1.6.4. Alcance legal.....                | 8   |

|   |    |
|---|----|
| CAPITULO II .....   | 10 |
| CONCEPTOS FUNDAMENTALES .....                                   | 10 |
| 2.1. GENERALIDADES .....  | 10 |
| 2.2. ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE GAS (CITY GATE) ..... | 11 |
| 2.2.1. Que es un City Gate.....                                 | 11 |
| 2.2.2. Función de un City Gate.....                             | 11 |
| 2.2.3. Funciones de un sistema de distribución de gas.....      | 12 |
| 2.2.4. Factor de rugosidad para tubos de acero.....             | 13 |
| 2.3.1. Etapa de Filtración .....                                | 16 |
| 2.3.2. Etapa de Calentamiento.....                              | 17 |
| 2.3.3. Etapa de Regulación.....                                 | 18 |
| 2.3.4. Válvula de seguridad (Slam Shut- off).....               | 23 |
| 2.2.5 Etapa de Medición .....                                   | 25 |
| 2.3. MEDIDORES .....  | 26 |
| 2.3.1. Tipos de medidores de gas .....                          | 26 |
| 2.3.2. Etapa de Odorización.....                                | 34 |
| 2.4. FACTORES DE CÁLCULO.....                                   | 35 |
| 2.4.1. Selección de Reguladores.....                            | 35 |
| 2.4.2. Eficiencia de gasoductos.....                            | 36 |
| CAPITULO III .....  | 38 |
| ANÁLISIS DE MERCADO .....                                       | 38 |
| 3.1. SELECCION DE POBLACIONES .....                             | 38 |
| 3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS POBLACIONES .....              | 39 |
| 3.3 PROYECCIÓN DE VIVIENDAS Y DEMANDA TOTAL.....                | 40 |
| 3.3.1 Demanda doméstica .....                                   | 41 |
| 3.3.2. Demanda comercial .....                                  | 44 |
| 3.3.3. Demanda industrial .....                                 | 45 |
| 3.3.4. Demanda Total Parcial.....                               | 46 |
| 3.3.5. Demanda de Gas Para Hornos de Yeso.....                  | 47 |

|   |    |
|---|----|
| 3.3.6. Demanda Total General .....  | 48 |
| CAPITULO IV .....   | 49 |
| TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN .....   | 49 |
| 4 .1. CITY GATE.....  | 49 |
| 4.1.1. Condiciones generales .....  | 49 |
| 4.1.2. Alcance.....   | 49 |
| 4.2. CONTROL DEL CITY GATE .....  | 50 |
| 4.2.1. Descripción general de proceso de una estación reductora de presión (City Gate) .....  | 50 |
| 4.2.2. Tamaño y Dimensionamiento del City Gate .....  | 51 |
| 4.3. UBICACIÓN GEOGRAFICA.....  | 55 |
| 4.3.1. Funcionalidad del terreno con respecto al proyecto .....   | 55 |
| 4.3.2. Ubicación del terreno con respecto a carreteras, vías primarias y/o secundarias u otro tipo de vía .....   | 55 |
| 4.3.3. Distancia del terreno a la población y/o su ubicación en la mancha urbana.....   | 55 |
| 4.3.4. Saneado legal con correcta ubicación y delimitación de linderos respecto a colindancias y dotación de servicios .....  | 56 |
| 4.4. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.....   | 56 |
| 4.4.1. Trabajos necesarios por parte del GAM de la población, para su habilitación y uso inmediato del terreno y obras aledañas complementarias para su implementación..... | 57 |
| CAPITULO V .....  | 59 |
| INGENIERÍA DEL PROYECTO .....   | 59 |
| 5.1. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DEL CITY GATE .....  | 59 |
| 5.1.1. Consideraciones de diseño para el gasoducto (acometida) .....  | 59 |
| 5.1.2. Consideraciones de presión, flujo y temperatura.....   | 59 |
| 5.1.3. Espesores de la pared de tuberías y distancias mínimas de seguridad .....  | 59 |
| 5.1.4. Descripción del proceso de regulación y suministro de gas natural .....  | 60 |
| 5.1.5. Localización de las instalaciones.....   | 61 |
| 5.2. SELECCIÓN Y DIMENCIONAMIENTO DE EQUIPOS .....  | 62 |
| 5.2.1. Diseño de tuberías .....   | 62 |

|   |    |
|---|----|
| 5.2.2. Tubo de acero.....   | 63 |
| 5.3. DISEÑO DE GASODUCTO (ACOMETIDA).....   | 64 |
| 5.3.1. Datos de entrada del gasoducto.....  | 64 |
| 5.3.2. Calculo de las propiedades del fluido.....                                       | 65 |
| 5.3.3. Selección y Dimensionamiento de tuberías.....                                    | 65 |
| 5.3.3.1. Cálculo de la velocidad máxima (erosión).....                                  | 65 |
| 5.3.3.2. Cálculo del diámetro mínimo de la tubería.....                                 | 66 |
| 5.3.3.3. Cálculo de la velocidad de gas al ingreso del City Gate.....                   | 67 |
| 5.3.3.4. Cálculo de la velocidad de salida de City Gate.....                            | 67 |
| 5.3.3.5. Calculando el diámetro de la tubería y la velocidad.....                       | 68 |
| 5.3.3.6. Cálculo del espesor de la tubería.....   | 70 |
| 5.3.3.7. Odorizador.....  | 73 |
| 5.4. SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS.....                                       | 74 |
| 5.4.1. Diseño de filtros o separadores Verticales.....                                  | 74 |
| 5.4.1. Diseño de válvulas.....  | 75 |
| 5.4.1.1. Dimensionamiento y selección de Válvulas de control.....                       | 75 |
| 5.4.1.2. Válvulas de alivio.....  | 77 |
| 5.4.2. Regulador Trabajador-Monitor.....  | 79 |
| 5.4.3. Medidor.....   | 81 |
| 5.5. ANALISIS DE USU COMPARATIVO DEL GAS NATURAL VERSUS LEÑA EN HORNOS DE YESO.....     | 82 |
| CAPITULO VI.....  | 86 |
| ANALISIS DE COSTOS.....   | 86 |
| 6.1. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....  | 86 |
| 6.2. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN TIPO PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL.....                  | 87 |
| 6.2.1 Cuantificación Económica del Sistema Optimizado de suministro de gas natural..... | 88 |
| 6.2.2 Estimación de Costos Clase III.....   | 88 |
| 6.2.3 Montos de Inversión.....  | 89 |
| 6.3. FACTIVILIDAD DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL.....                 | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.4. SISTEMA PROPUESTO PARA HORNOS DE YESERAS ..... | 93  |
| CAPITULO VII.....                                   | 95  |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                 | 95  |
| 7.1. CONCLUSIONES .....                             | 95  |
| 7.2 RECOMEDACIONES.....                             | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                  | 101 |
| ANEXO.....  | 104 |
| ANEXO I .....                                       | 105 |
| ANEXO II .....                                      | 106 |
| ANEXO III.....                                      | 107 |
| ANEXO IV .....                                      | 108 |
| ANEXO V .....                                       | 123 |
| GLOSARIO TÉCNICO.....                               | 124 |

## INDICE DE GRÁFICAS

|   |    |
|---|----|
| Grafica 1- 1. Gasoducto Villamontes Tarija .....  | 5  |
| Grafica 1- 2. Ubicación Provincia O'Connor (21°31'33" S, 64°10'19" W).....                      | 7  |
| Grafica 2- 1. Etapas de un City Gate.....   | 14 |
| Grafica 2- 2. Reguladores en serie .....  | 21 |
| Grafica 2- 3. Sistema de regulación monitor aguas arriba .....                                  | 22 |
| Grafica 2- 4. Sistema de regulación con monitor-trabajador .....                                | 23 |
| Grafica 2- 5. Válvula de seguridad .....  | 24 |
| Grafica 2- 6. Medidor ultrasónico .....   | 26 |
| Grafica 2- 7. Montaje de sensor .....   | 27 |
| Grafica 2- 8. Placa de orificio.....  | 29 |
| Grafica 2- 9. Tipos de orificios .....  | 29 |
| Grafica 2- 10. Medidor de turbina.....  | 31 |
| Grafica 2- 11. Medidor de diafragma.....  | 33 |
| Grafica 2- 12. Sistema de Odorización.....  | 35 |
| Grafica 3- 1. Poblaciones de estudio.....   | 39 |
| Grafica 4- 1. City Gate .....   | 50 |
| Grafica 4- 2. Programa SolidWord .....  | 52 |
| Grafica 4- 3. Gráfico de los Componentes del City Gate .....                                    | 54 |
| Grafica 4- 4. Ubicación del City Gate .....   | 58 |
| Grafica 5- 1. Diagrama de bloques del proceso en la estación de regulación de gas natural ..... | 62 |
| Grafica 6- 1. Esquema de transporte y distribución de gas natural .....                         | 86 |
| Grafica 6- 2. Esquema referencial para el sistema de quemadores para yeseras. ....              | 94 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1- 1. Poblaciones Seleccionadas.....  | 7  |
| Tabla 2- 1. Rugosidades absolutas.....  | 13 |
| Tabla 2- 2. Factor de eficiencia.....   | 37 |
| Tabla 2- 3. Factores de Transmisión para ecuaciones de flujo.....                           | 37 |
| Tabla 3- 1. Lista de Poblaciones Definitivas.....   | 38 |
| Tabla 3- 2. Proyección de Viviendas.....  | 41 |
| Tabla 3- 3. Fórmulas para el cálculo del consumo domiciliario.....                          | 42 |
| Tabla 3- 4. Porcentajes mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos.....               | 42 |
| Tabla 3- 5. Caudal Demandado por Usuarios Domésticos al Año 2018.....                       | 43 |
| Tabla 3- 6. Caudal Demandado por Usuarios Comerciales al Año 2020.....                      | 44 |
| Tabla 3- 7. Caudal Demandado por Usuarios Industriales Año 2020.....                        | 45 |
| Tabla 3- 8. Caudal Total Demandado por población.....                                       | 46 |
| Tabla 3- 9. Caudal Demandado por hornos de Yeso Año 2018 al 2027.....                       | 47 |
| Tabla 3- 10. Caudal Total Demandado por población.....                                      | 48 |
| Tabla 4- 1. Dimensionamiento del City Gate.....   | 52 |
| Tabla 4- 2. Componentes del City Gate.....  | 53 |
| Tabla 5- 1. Condiciones de Operación.....   | 64 |
| Tabla 5- 2. Propiedades del fluido.....   | 65 |
| Tabla 5- 3. Determinación del diámetro y velocidad del gasoducto.....                       | 69 |
| Tabla 5- 4. Factor junta longitudinal (E).....  | 71 |
| Tabla 5- 5. FACTOR DE DISEÑO (F).....   | 71 |
| Tabla 5- 6. Especificación del material.....  | 72 |
| Tabla 5- 7. Factor de disminución de temperatura (t ) tubos de acero.....                   | 72 |
| Tabla 5- 8. Determinación del espesor de la tubería (t) según el factor de diseño (F).....  | 73 |
| Tabla 5- 9. Determinación de la capacidad del recipiente del recipiente del Odorizador..... | 73 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 5- 10. Características del separador vertical.....                                | 75 |
| Tabla 5- 11. Escenarios de producción .....   | 76 |
| Tabla 5- 12. Posición de la válvula.....  | 77 |
| Tabla 5- 13. Resultados obtenidos.....  | 78 |
| Tabla 5- 14. Norma API 526 .....  | 79 |
| Tabla 5- 15. Especificaciones técnicas de la válvula .....                              | 79 |
| Tabla 5- 16. Condiciones de flujo para la elección del regulador .....                  | 80 |
| Tabla 5- 17. Regulador seleccionado trabajador - monitor.....                           | 81 |
| Tabla 5- 18. Resultados obtenidos.....  | 82 |
| Tabla 5- 19. Poder calorífico del gas natural y madera del lugar .....                  | 83 |
| Tabla 5-20. Densidad del gas natural.....   | 84 |
| Tabla 5- 21. Datos de leña de producción.....   | 84 |
| Tabla 5- 22. Energía liberada por la leña .....   | 85 |
| Tabla 5- 23. Energía liberada por el gas natural.....                                   | 85 |
| Tabla 6- 1. Inversión tipo Sistema convencional.....                                    | 88 |
| Tabla 6- 2. Montos de inversión mediante el sistema convencional.....                   | 89 |
| Tabla 6- 3. Montos de inversión de Estaciones Distrital de Regulación y City Gate ..... | 90 |
| Tabla 6- 4. Costo de inversión de las Unidades Requeridas.....                          | 91 |
| Tabla 6- 5. Tipo de tecnología para distribución de Gas Natural.....                    | 92 |
| Tabla 6- 6. Ubicación del GTV .....   | 93 |

## INDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ecuación 2- 1 .....  | 36 |
| Ecuación 2- 2 .....  | 36 |
| Ecuación 3- 1 ecuación de tasa de crecimiento Intercensal.....     | 40 |
| Ecuación 3- 2. Ecuación para el caudal del gas natural.....        | 43 |
| Ecuación 5- 1 .....  | 65 |
| Ecuación 5- 2. Velocidad Máxima de erosión.....                    | 66 |
| Ecuación 5- 3. Obtención de diámetro .....                         | 67 |
| Ecuación 5- 4 .....  | 67 |
| Ecuación 5- 5. Ecuación de Weymouth.....                           | 68 |
| Ecuación 5- 6. Ecuación de longitud equivalente del gasoducto..... | 68 |
| Ecuación 5- 7. Factor de Compresibilidad.....                      | 69 |
| Ecuación 5- 8. Determinación del espesor .....                     | 70 |
| Ecuación 5- 9. Velocidad de gas crítica.....                       | 74 |
| Ecuación 5- 10. Diámetro del separador .....                       | 74 |
| Ecuación 5- 11. Flujo de Daniel Bernoulli 1 .....                  | 76 |
| Ecuación 5- 12. Flujo de Daniel Bernoulli 2.....                   | 76 |
| Ecuación 5- 13. Área requerida del orificio.....                   | 77 |
| Ecuación 5- 14. Cálculo del regulador.....                         | 80 |
| Ecuación 5- 15. Cálculo del Medidor.....                           | 81 |
| Ecuación 5- 16. Ecuación de la energía.....                        | 84 |

# **CAPITULO I**

## **ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, los distintos países dependen del petróleo y sus productos; la estructura física y la forma de vida de las aglomeraciones periféricas que rodean las grandes ciudades son posibles gracias a un suministro de petróleo relativamente abundante y barato.

Sin embargo, en los últimos años ha descendido la disponibilidad mundial de esta materia, y su costo relativo ha aumentado, lo que abarca la probabilidad de que a mediados del siglo XXI el petróleo ya no se use comercialmente de la forma habitual. Esto sostenido por estudios basados en el análisis de la producción y reservas de petróleo (informe estadístico de energía mundial hecho por Beyond Petroleum, el cual estimó que las reservas durarían unos 40 años si se mantiene el ritmo de extracción actual. (Beyond Petroleum, 2018)

En Bolivia tenemos mayores reservas del gas natural y debemos darle el uso adecuado para poder hacer llegar a toda la población boliviana para lo cual se realizan estudios de factibilidad para hacer llegar el gas a las distintas poblaciones bolivianas.

### **1.2. ANTECEDENTES**

Observando que los precios cada vez mayores de los productos derivados del petróleo, es mucho mejor emplear el gas natural para los diferentes aparatos que requieran combustibles fósiles, Las poblaciones rurales requieren Gas Natural para los diferentes tipos de emprendimiento y para el consumo familiar ya que las poblaciones merecen tener gas natural en su domicilio.

El viceministro de Minería, Víctor Flores, informó la posibilidad de ejecutar un proyecto para instalar hornos a gas en las fábricas artesanales de yeso asentadas en comunidades de la Provincia O'Connor del Departamento de Tarija, al sur de Bolivia. La autoridad dijo que para concretar ese proyecto los productores de yeso deberán presentar una justificación técnica y económica para la conexión de ese servicio. Esta idea de proyecto pueda concretarse previa evaluación técnica y económica, tenemos que ver eso también. (La Voz de Tarija, 2018)

El presidente de la Cámara Minera de Tarija (Camita), Rodolfo Meyer, solicitó: “Queremos que se deje de quemar la leña en O'Connor, toda la zona tiene arboles pequeños, los grandes ya fueron cortados, entonces estamos hablando de un gran beneficio para el medio ambiente. Nosotros queremos hacer yeso con gas natural. Este horno es muy barato, pues estoy hablando de un horno rotatorio, que cuando enciende, comienza a circular con un calor duradero, reduciendo así los 1.000 bolivianos de la quema de leña a 100 bolivianos de la quema de gas”, expresó.(El País de Tarija 2019)

El Municipio de Entre ríos de la Provincia O'Connor Entre Ríos es una pequeña ciudad y municipio de Bolivia, capital de la Provincia de Burdet O'Connor en el departamento de Tarija al sureste del país. Se encuentra a 110 km de la ciudad de Tarija, la capital del departamento homónimo. El municipio tiene una superficie de 6.406 km<sup>2</sup> y cuenta con una población de 21.991 habitantes.

Se localiza a 1230 msnm, en la confluencia del río Tambo y el río Pajonal. La ciudad está bordeada por una sierra montañosa de norte a sur y emplazada en un valle con forma de triángulo alargado de 10 km de longitud.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Las poblaciones de la Provincia O'Connor crecen a pasos agigantados, estas poblaciones que pertenecen al Departamento de Tarija requieren un suministro de gas natural como departamento hidrocarburífero.

En vista al creciente desarrollo industrial de las poblaciones pertenecientes a la Provincia O'Connor, enmarcado en el ámbito de la producción de yeso, se ve la necesidad de satisfacer de energía limpia y económica para una efectividad en su producción, esto conlleva a realizar el estudio de factibilidad para un mejoramiento en sus condiciones económicas y ambientales, el cual sería brindado por el gas natural.

Al mismo tiempo, es importante resaltar que se realizara el análisis técnico y económico de la tecnología (sistema convencional), para distribuir el gas natural en las poblaciones del citado Municipio.

#### **1.3.1. Identificación del problema**

¿Es posible realizar la implementación de un City Gate, para las poblaciones del Municipio de Entre Ríos de la Provincia O'Connor del Departamento de Tarija?

### **1.4. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar un estudio de factibilidad para desarrollar los diseños de equipos que comprenden un City Gate, para las poblaciones del Municipio de Entre Ríos de la Provincia O'Connor del Departamento de Tarija.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las poblaciones que pueden beneficiarse con la implementación del City Gate.
- Establecer las bases de diseño iniciales para determinar las variables de procesos y establecer rangos de operación del City Gate
- Realizar el análisis de las especificaciones y selección de equipos e instrumentos del sistema City Gate, para poder cubrir la demanda de gas natural en las poblaciones seleccionadas.
- Determinar el monto total de la inversión para la implementación del Proyecto.

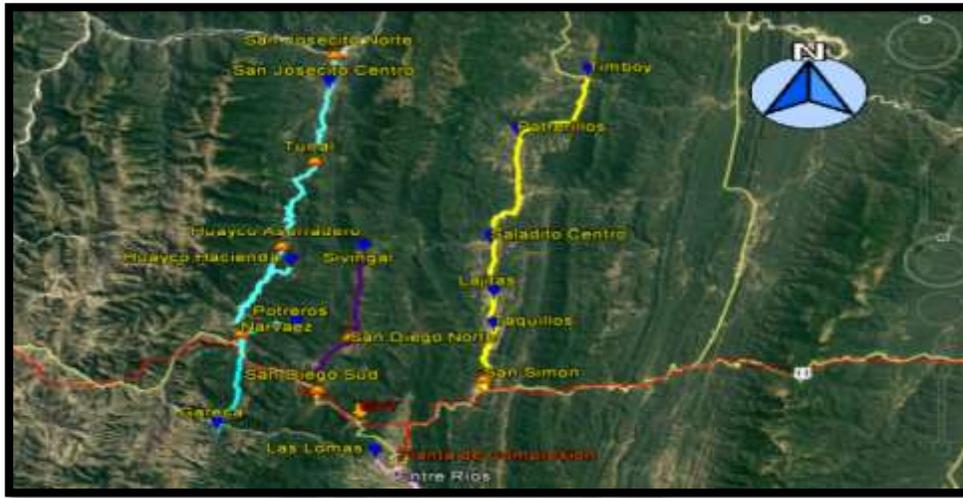
### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

#### **1.5.1. Justificación técnica**

Demostrar el logro de resultados y como benefician a las personas permitir una gestión eficaz y facilitar la recolección de evidencias objetivas para respaldar los logros y tomar decisiones.

Para alcanzar la eficiencia técnica del suministro, se agruparan poblaciones en cinco áreas con acceso carreteros municipales aceptables para el suministro gas mediante la tecnología Convencional (*Véase Grafica 1-1*). El presente proyecto realiza el análisis para 8 poblaciones de la primera ruta.

## Grafica 1- 1. Gasoducto Villamontes Tarija



Fuente: Google Earth

Suministro mediante gasoducto convencional (Derivaciones desde el GVT-Gasoducto Villamontes – Tarija o desde una ESD)

- Red primaria
- Red Secundaria

### 1.5.2. Justificación económica

La implementación de un City Gate en el Municipio, permitirá a la población satisfacer las demanda de gas natural; la población podrá utilizar el gas natural para su consumo doméstico, comercial e industrial; el cual representa un consumo importante y generar una ganancia para la empresa distribuidora, así mismo le significara un ahorro económico importante a los futuros usuarios, todo mediante una alta seguridad la cual también impulsara y fomentara a pequeñas y medianas empresas.

### 1.5.3. Justificación social

Desde el ámbito social, es pertinente resaltar que el proyecto satisficará la necesidad que existe en la población de poder poseer un servicio importante con mayor seguridad y a un menor costo.

#### **1.5.4. Justificación ambiental**

Para realizar un análisis de la afectación ambiental, se considera el reglamento de Sistema de Distribución de Gas Natural, desde la etapa constructiva específica para Gas Convencional así como también la Etapa de Operación. Además de presentar la logística a considerar para el cumplimiento con la legislación ambiental vigente, lo cual permitirá tomar las provisiones necesarias de tiempos para obtención de autorizaciones necesarias para este proyecto.

### **1.6. ALCANCE**

#### **1.6.1. Alcance temático**

El proyecto estará enmarcado en un estudio para la implementación de una Estación de Entrega-City Gate de transmisión principal –Gasoducto Troncal o Ramal - a un sistema de distribución local –Red Domiciliaria o Industrial para las poblaciones del Municipio de Entre Ríos en la Provincia O'Connor del Departamento de Tarija.

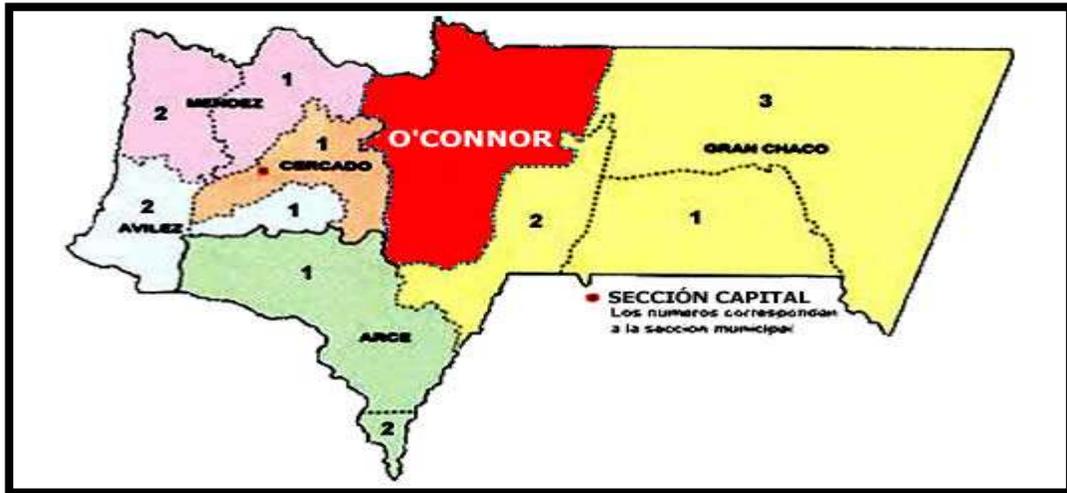
#### **1.6.2. Alcance temporal**

El proyecto considerara los cambios realizados en nuestro país en el tema Hidrocarburifero en el año 2019 o 2020.

#### **1.6.3. Alcance geográfico**

El proyecto se desarrollaría en la Provincia O'conor del Departamento de Tarija de nuestro país Bolivia tal cmo se describe en el Grafico 1- 2.

Grafica 1- 2. Ubicación Provincia O'Connor (21°31'33" S, 64°10'19" W)



Fuente: Google Maps

Las poblaciones seleccionadas para el presente proyecto están descritas en la tabla 1.1 a continuación:

Tabla 1- 1. Poblaciones Seleccionadas

| N° | GRUPOS | POBLACION             |
|----|--------|-----------------------|
| 1  | AREA 1 | Narvaez               |
| 2  |        | Potrerros             |
| 3  |        | El Tunal              |
| 4  |        | Huayco Aserradero     |
| 5  |        | Huayco Hacienda       |
| 6  |        | San Josecito - Centro |
| 7  |        | San Josecito - Norte  |
| 8  |        | Gareca                |

Fuente: Elaboración Propia

#### **1.6.4. Alcance legal**

- Ley de hidrocarburos N° 3058
- Art. 13. Política de Industrialización de Hidrocarburos.
- Art. 17. Parágrafo VII
- Art. 98. Industrialización,
- Art. 60 y 102. Incentivos para la Industrialización,
- Art. 63. (Convenios de Estabilidad Tributaria para Promover la Industrialización),
- Art. 91. (Concesiones del transporte de Hidrocarburos y acceso abierto),
- Art 87. (Precio de Gas Natural),
- Art 89. (Precio de los Hidrocarburos)
- D.S. Nacionalización Hidrocarburos N° 28701
- Ley de Medio Ambiente N° 1333
- Reglamento general de gestión ambiental
- Reglamento Ambiental para el Sector de Hidrocarburo (RASH)
- API-Standard 6D.
- Especificación para válvulas API-Standard 5L.
- Especificación para tubos de línea API- Recommended Practice 5Ll.
- Práctica recomendada API para transporte por ferrocarril de tubos de línea.
- API-Standard 1104. Normas para soldaduras de cañerías e instalaciones complementarias.

- Especificaciones de normas de cañerías de acero soldadas y sin costura, negra o galvanizada por baño caliente.
- Especificaciones de normas para tubos de acero al carbono sin costura, para servicio en altas temperaturas.
- Reglamento de diseño construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas emitido por la Agencia Nacional de Hidrocarburos.



## CAPITULO II

### CONCEPTOS FUNDAMENTALES

En comparación de las sociedades modernas con las sociedades antiguas que eran movidas por la energía del trabajo humano y tracción animal y que usaban la madera, el carbón vegetal y el estiércol como combustibles, actualmente en las sociedades modernas e industriales, la utilización de energía y combustible se han hecho mucho más complejas, con un consumo de energía comercial que se incrementa cada vez más rápido.

#### **2.1. GENERALIDADES**

El gas natural constituye una mezcla de hidrocarburos y pequeñas cantidades de compuestos no-hidrocarburos en fase gaseosa o en solución con el petróleo crudo a nivel de reservorio. Es un gas incoloro con poder calorífico de aproximadamente 1.000 BTU/ft constituyendo una energía eficaz, rentable y limpia.

Su composición suele ser de Metano (70-90%), Etano, Propano y Butano (0-20%) (UBA, 2002) y otros hidrocarburos más pesados tales como pentanos, hexanos y heptanos; además también puede contener trazas de nitrógeno, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico y agua.

Dependiendo de su origen se clasifica en Gas Asociado que es aquel que se extrae junto con el petróleo crudo y contiene grandes cantidades de hidrocarburos como etano, propano, butano y naftas; y en el Gas No Asociado que es aquel que se encuentra en depósitos que no contienen petróleo crudo (Sener, 2007).

El Decreto con Fuerza de Ley 323, modificado por la Ley N° 20.999, define Gas de Red como "todo fluido gaseoso combustible que se transporte o distribuya a través redes de tubería, ya sea gas natural, gas licuado de petróleo en fase gaseosa y cualquier otro tipo de fluido gaseoso

combustible". Esta definición incluye al Gas Licuado de Petróleo en fase gaseosa, cuando es suministrado desde tanques hacia los consumos a través de redes de tuberías.

## **2.2. ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN DE GAS (CITY GATE)**

Las Estaciones de Regulación y Medición de Gas Natural cumplen un papel importante en el largo camino que recorre el gas natural hasta llegar a la industria. Desde sus puntos de origen, esta fuente de energía es conducida a través de diversas canalizaciones para que se pueda emplear en nuestros hogares, industrias y establecimientos comerciales.

Aunque las canalizaciones que llevan el gas natural desde los pozos de gas o desde las plantas de regasificación hasta los puntos de consumo generalmente se suelen llamar redes de distribución, hay que distinguir entre gasoductos o redes de transporte (transportan gas a alta presión y a grandes distancias) y redes de distribución (conjunto de tuberías que, partiendo de los gasoductos, distribuyen el gas hasta los consumidores finales).

El elemento fundamental de las estaciones es el regulador, que es el equipo que permite la reducción y estabilización de la presión de salida, a pesar de las oscilaciones que pueda haber en la presión de entrada y de las variaciones del caudal de gas demandado.

### **2.2.1. Que es un City Gate**

Instalaciones destinadas a la recepción, filtrados, medición, Odorización y despacho del Gas Natural, en bloque a ser distribuido a través de los sistemas correspondientes. Es el punto que separa el sistema de transporte con el sistema de distribución.

### **2.2.2. Función de un City Gate**

El objetivo de una reducción de presión de deslizamiento es regular la presión de salida NG a un valor de ajuste. Una solución típica consiste principalmente en dos corrientes reductoras (2 x 100% de capacidad) con dos reguladores cada una: uno es el regulador principal y el otro se utiliza como una válvula de supervisión/de cierre. Los reguladores de presión activa y de

supervisión deben ser del tipo de 'entrada superior' para permitir un fácil mantenimiento del equipo.

El regulador activo normalmente se encarga de reducir la presión al punto de ajuste. Para garantizar la continuidad del suministro de gas en caso de fallo del regulador activo, se ha instalado un segundo regulador (monitor) en serie. El regulador de supervisión normalmente está completamente abierto. Si la presión de salida aumenta accidentalmente, el regulador de supervisión actuará como válvula de control. Durante el funcionamiento normal, dependiendo del servicio, una línea está trabajando mientras que la otra línea está en modo de espera. La línea de espera sólo se activa, si el supervisor y el regulador principal fallan. En el caso de que la presión de salida exceda un valor aceptable, un dispositivo contra cierre de golpe de sobrepresión protege el equipo siguiente de los reguladores de presión.

Para minimizar las posibilidades de que el dispositivo de cierre de golpe se dispare por accidente, se instala una válvula de alivio de presión de resorte para liberar solamente cantidades relativamente pequeñas de gas.

### **2.2.3. Funciones de un sistema de distribución de gas**

- Reducir, de la línea de transporte, la presión a los niveles permitidos.
- Medir la cantidad de gas entregada a cada sistema.
- Controlar las condiciones de flujo: presión, temperatura, calidad de gas, etc.
- Recepcionar los raspadores utilizados para la limpieza por ende, condensados partículas o suciedades.
- Filtrar y decantar el gas recibido
- Odorización: mercaptanos para sentir el olor en caso de perdidas

#### 2.2.4. Factor de rugosidad para tubos de acero

La rugosidad de las paredes de los canales y tuberías en función del material con que están contruidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso, los valores son determinados en mediciones tanto de laboratorio como en el campo, la variación de este parámetro es fundamental para el cálculo hidráulico, La irregularidad puede expresarse por la altura media de las asperezas (rugosidad absoluta), como un promedio obteniendo del resultado de un cálculo con las características del flujo, mas no propiamente por el obtenido como la media de las alturas determinadas físicamente de la pared, en cada conducción, es más importante la relación que la rugosidad absoluta guarda con el diámetro del tubo, esto es la relación E/D que se conoce como rugosidad relativa.

A continuación en la tabla 2- 1, se observa rugosidades absolutas para diferentes materiales.

**Tabla 2- 1. Rugosidades absolutas**

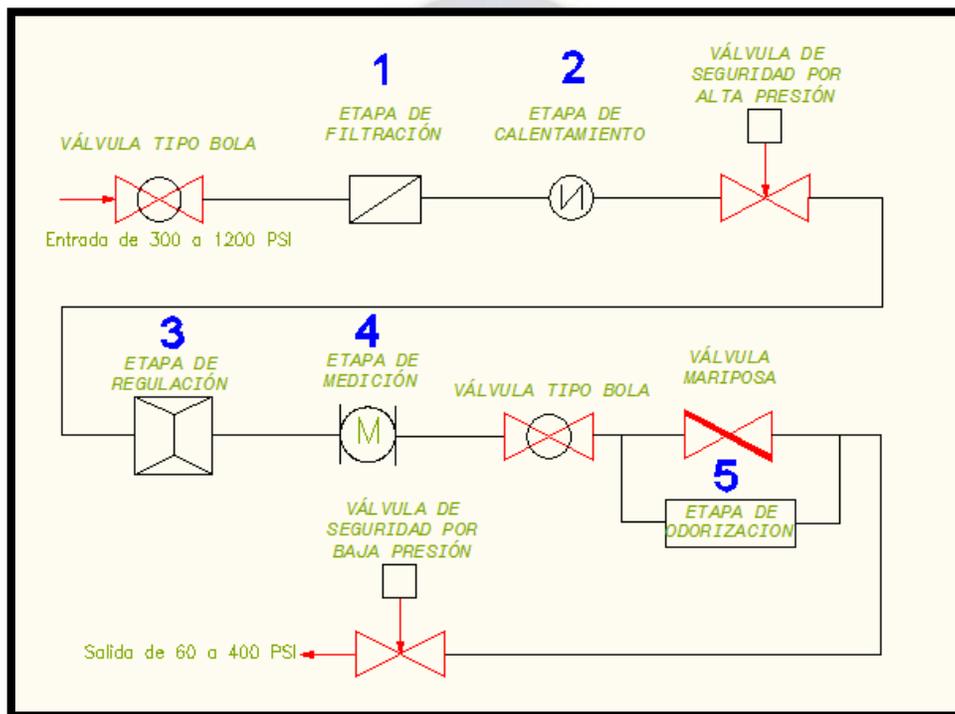
| <b>RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES</b> |                                   |                           |                                   |
|---|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| <b>Material</b>                         | <b><math>\epsilon</math> (mm)</b> | <b>Material</b>           | <b><math>\epsilon</math> (mm)</b> |
| Plástico (PE, PVC)                      | 0,0015                            | Fundición asfaltada       | 0,06-0,18                         |
| Poliéster reforzado con fibra de vidrio | 0,01                              | Fundición                 | 0,12-0,60                         |
| Tubos estirados de acero                | 0,0024                            | Acero comercial y soldado | 0,03-0,09                         |
| Tubos de latón o cobre                  | 0,0015                            | Hierro forjado            | 0,03-0,09                         |
| Fundición revestida de cemento          | 0,0024                            | Hierro galvanizado        | 0,06-0,24                         |
| Fundición con revestimiento bituminoso  | 0,0024                            | Madera                    | 0,18-0,90                         |
| Fundición centrifugada                  | 0,003                             | Hormigón                  | 0,3-3,0                           |

Fuente: Tablas Coeficiente de Rugosidad por Camilo Peña, 2013

### 2.3. ETAPAS DE LA ESTACIÓN DE ENTREGA – CITY GATES

Una estación de entrega o City Gate es un punto donde el gas pasa de un sistema de transmisión principal –Gasoducto Troncal o Ramal - a un sistema de distribución local –Red Domiciliaria o Industrial. En este punto el gas es sometido por procesos de filtración, calentamiento, regulación, medición y Odorización.

Grafica 2- 1. Etapas de un City Gate



Fuente: Elaboración Propia

El Gas Natural llega a los City Gates a una presión entre 300 psig a 1200 psig. Una vez que el gas entra a la estación, se hace pasar por un filtro, para retirar las partículas sólidas y la humedad del gas, si es necesario se calienta para evitar la formación de hidratos, seguidamente se baja la presión de operación al nivel contractual deseado que oscila entre 60 y 400 psig, pasa por la etapa de medición, para finalmente odorizarlo y entregarlo al respectivo remitente.

Otros elementos asociados a un City Gate son:

- ❖ Transmisores e indicadores de Temperatura: son utilizados para censar la presión y medir la temperatura dentro del City Gate, los cuales pueden ser digitales o análogos.
- ❖ Válvulas de seguridad: Son utilizadas para protección del sistema de medición y se ajustan a valores cercanos contra la máxima presión típica de operación, para que por encima de este valor la válvula se cierre protegiendo la red urbana.
- ❖ Trampas colectoras de líquidos y condensados: Consisten en tanques para recoger los líquidos y condensados que vienen en el gas, que posteriormente son vaciados y tirados. Estos líquidos son necesarios retirarlos para que el sistema de regulación no se dañe.
- ❖ Computadores de Flujo: Son como su nombre lo dice, computadores especializados para realizar la corrección de volumen después de la etapa de medición, que están en la capacidad de realizar cálculos matemáticos muy exactos de flujo y volumen que serán facturados al cliente.

Los City Gates o estaciones de entrega a ciudad tienen entonces varias funciones específicas, ellas son:

- Medir el gas que es entregado al distribuidor local.
- Ajustar el flujo a las condiciones de presión y temperaturas requeridas por el distribuidor local, las cuales están reglamentadas por el Reglamento de Transporte.
- Odorizar el GN (gas natural) para que pueda ser detectado fácilmente por los distribuidores locales y/o los usuarios

En el desarrollo de estas funciones, el CG (City Gate) debe generalmente poseer dos funciones adicionales que tienen objetivos operativos, ellos son:

- Filtración
- Calentamiento

Estas dos funciones adicionales, como se explicará más adelante, suelen ser requeridas: la (filtración) para la protección de los equipos y el (calentamiento) preparar el gas en la etapa de regulación. Los City Gates, normalmente contemplan en su diseño dos válvulas de bloqueo, una previa a todas las etapas y sirve para evitar la entrada de gas a toda la estación, la segunda válvula generalmente contemplada en el sistema corresponde a la válvula general de bloqueo de la salida de la estación, accionándose automáticamente, esta última actúa en ciertas condiciones anormales de:

- Alta presión de salida
- Baja temperatura de entrega

Ya en el diseño del CG encontramos cinco etapas importantes que son:

- Filtración
- calentamiento
- Regulación
- Medición
- Odorización.

### **2.3.1. Etapa de Filtración**

El filtrado del gas tiene por objeto eliminar las partículas extrañas de tipo sólido o líquido, que este arrastra, debido a la presencia de contaminantes que vienen a través de la tubería tales como aceite( eventualmente), corrosión, suciedad y polvo; dichas impurezas provocan un efecto de erosión en las válvulas, reguladores y sistema de medición. Es necesario mediante esta etapa, proteger los equipos instalados dentro de la estación y demás accesorios que componen el CG.

Normalmente estos residuos conocidos como polvo negro, se originan internamente debido a la corrosión de la tubería y depende del alta-velocidad del flujo y presión en el transporte del gas.

El polvo negro es una definición genérica para el material encontrado en las tuberías durante el transporte de gas natural. También es muy común que este polvo venga humedecido, presentando olor fuerte de hidrocarburos, glicol (utilizado en las plantas de deshidratación, para prevenir la formación de hidratos) y azufre.

El polvo negro se genera por los procesos de corrosión de varias naturalezas, con el origen unido a las presencias de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, agua, bacterias anaeróbicas y ph de tipo ácidos. Por consiguiente, las sustancias normalmente encontradas en el polvo negro son los óxidos de hierro, principalmente FE<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (la magnetita) y FE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (el siderita).

Como en la práctica es imposible eliminar todas las causas de la corrosión en las tuberías de gas, la formación de polvo negro es un proceso continuo que simplemente podría variar de intensidad. La cantidad de polvo negro generada será directamente proporcional a la presencia y el potencial de los agentes corrosivos, además del área expuesta a la corrosión (el perímetro y la longitud del interior del conducto).

Para evitar daños a los medidores y elementos dentro del city gate se utilizan elementos de protección como filtros secos, normalmente de cartuchos, y los filtros inercial o centrífugo; también existen los filtros del contacto con el aceite (los "limpiadores"), el precipitador electrostático y aglomeradores de atracción magnética o ultrasónica.

### **2.3.2. Etapa de Calentamiento**

El gas natural contiene cierta cantidad de HUMEDAD y en el caso de gas rico, tiene ciertas cantidades de hidrocarburos condensables, estos dos componentes ,pueden cambiar a su fase líquida , como consecuencia de la fuerte reducción de presión que ocurrirá en las válvulas reguladoras , lo cual por el efecto Joules-Thompsom originará una importante disminución de

temperatura, haciendo que estas fases líquidas se congelen dando origen a la formación de hidratos, los que se cristalizan formando hielo o una especie de “nieve” al interior de las tuberías, las cuales indudablemente representan un fenómeno no deseable por los daños a equipos que pueden llegar a causar y por supuesto las fallas en el flujo de gas que se presentarán a raíz de dicho taponamiento. Por dicho motivo, es necesario en instalaciones donde se produzcan fuertes caídas de presión, adoptar medidas tendientes a evitar este problema, y prevenir que dichos hidratos afecten el normal funcionamiento de la instalación.

El método más utilizado para evitar las consecuencias del fenómeno J-T es el de calentamiento, que evita la condensación del gas ocurrida por el descenso de presión en la etapa de regulación gracias a que el gas entra a la etapa de regulación a una temperatura tal, que mantendrá la temperatura de salida dentro de unos límites permisibles para el proceso, es así que en sistemas que operan con gas a baja presión (city gates), se pueden utilizar tubos especiales que llevan adaptados tiras metálicas helicoidales o cilindros metálicos soldados, dejando pequeños espacios para el paso de gas; generalmente el coeficiente fílmico del gas es basado, en el área extendida que puede estar entre 1.5 y 4.0 Btu hr /pie ° F (el BTU es unidad del sistema inglés y es la cantidad de calor que se debe suministrar a 1 libra de agua para elevar su temperatura en 1° F.)

### **2.3.3. Etapa de Regulación**

Es la operación más importante dentro de un City Gate, y consiste en utilización de reguladores para lograr la uniformidad de la presión de la red de suministro interno, a pesar de la variabilidad de las presiones de las redes de distribución o gasoductos. Además, debe contemplar la discontinuidad de los niveles de consumos internos.

Esta operación se cumple por medio de válvulas reguladoras de funcionamiento automático. Cuando resulte impracticable la interrupción del suministro de gas se prevea la instalación de un sistema de regulación adicional de reserva (instalado en by-pass).

Para aquellas instalaciones en las que el caudal varía notablemente, es aconsejable prever de un regulador para los periodos en que los consumos resulten mínimos. Para la selección de reguladores, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Presión de suministro a la entrada (mínima, normal, máxima)
- Presión regulada deseada
- Caudal (máximo, mínimo y normal)

Es decir en esta etapa se reduce la alta presión de línea que está en el gasoducto y que puede oscilar entre 1000 a 500 psi, para reducirla entre 250 o 60 psig, según las condiciones que requiera la empresa local encargada de suministrar y entregar el gas a las residencias o industrias.

#### **2.3.3.1 Tipos de reguladores reductores de presión**

Esta sección describe los distintos tipos de reguladores. Todos los reguladores encajan en una de las siguientes dos categorías:

- Auto operados
- Operados por piloto

##### **a) Reguladores auto operados**

Los reguladores de operación directa son el estilo más simple de reguladores. A presiones de ajuste bajas, típicamente por debajo de 1 psig (0,07 bar), pueden tener un control muy preciso ( $\pm 1\%$ ). A altas presiones de control, hasta 500 psig (34,5 bar), es típico un control del 10 al 20%.

### **b) Reguladores operados por piloto**

En la evolución de los diseños de los reguladores de presión, las deficiencias del regulador de operación directa condujeron naturalmente a intentos de mejorar la precisión y la capacidad. Un siguiente paso lógico en el diseño de un regulador es utilizar lo que sabemos sobre el funcionamiento del regulador para explorar un método para aumentar la sensibilidad que mejorará todos los criterios de rendimiento discutidos.

### **c) Criterios de selección de reguladores**

Esta sección describe el procedimiento que se usa normalmente para seleccionar reguladores para diversas aplicaciones. Para la mayoría de las aplicaciones, generalmente existe una amplia variedad de reguladores que cumplirán la función requerida. El proveedor y el cliente, trabajando juntos, tienen la tarea de decidir cuál de los reguladores disponibles es el más adecuado para el trabajo en cuestión. El procedimiento de selección es esencialmente un proceso de eliminación en el que la respuesta a una serie de preguntas reduce la elección a un regulador específico.

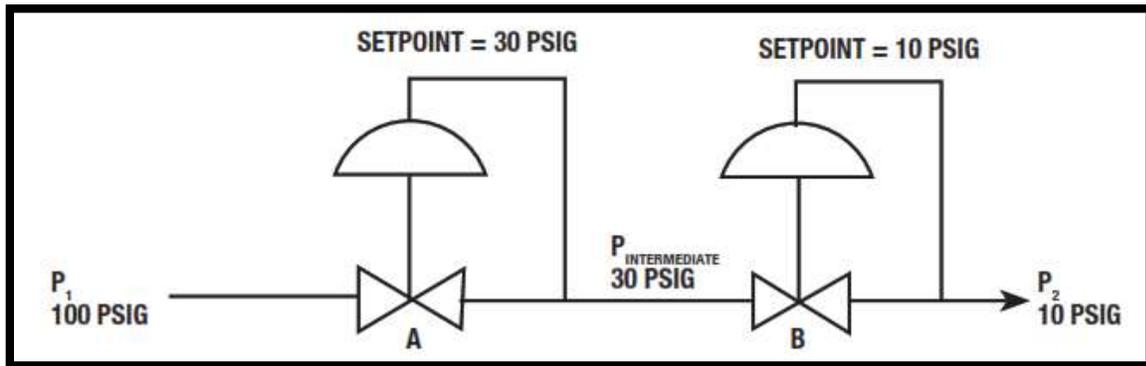
#### **2.3.3.2. Esquemas de montaje de reguladores**

Se desarrollan los sistemas de asociación de reguladores usualmente utilizados.

##### **a) Reguladores en serie**

La regulación en serie es uno de los sistemas más simples que se utilizan para proporcionar protección contra sobrepresión mediante contención (Ver Gráfico 2-2). En el ejemplo que se muestra en la figura 15, la presión de entrada es 100 psig, la presión aguas abajo deseada es 10 psig y la presión operativa máxima permitida (MAOP) es 40 psig. El punto de ajuste del regulador aguas abajo es 10 psig y el punto de ajuste del regulador aguas arriba es 30 psig.

**Grafica 2- 2. Reguladores en serie**



Fuente: Guía Diplomado ingeniería del gas aplicado a sistemas de distribución y transporte, 2020

- Respuesta al fallo del sistema

Como explica la grafico 2-2, si el regulador B falla, la presión aguas abajo ( $P_2$ ) se mantiene en el punto de ajuste del regulador A menos cualquier caída que se requiera para pasar el flujo requerido a través del regulador defectuoso B. Si el regulador A falla, la presión intermedia será de 100 psig. El regulador B debe poder soportar una presión de entrada de 100 psig.

#### **b) Consideraciones sobre los reguladores**

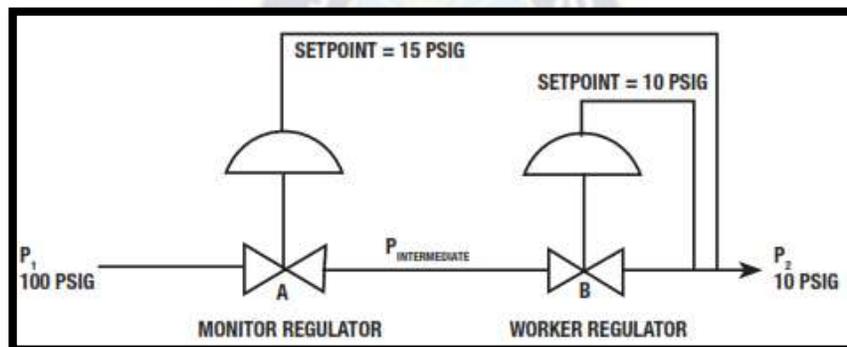
En este sistema se pueden usar reguladores operados directamente u operados por piloto. Si el regulador A falla, presión intermedia se acercará a  $P_1$  (presión de inicio), por lo que el valor nominal de la salida y la carcasa del resorte o el regulador A deben ser lo suficientemente altos para soportar  $P_1$  por completo. Esta situación puede sugerir el uso de una válvula de alivio entre los dos reguladores para limitar el valor máximo de  $P_{intermedia}$ .

Debido al problema de mantener un estrecho control de  $P_2$ , la regulación en serie es la más adecuada para aplicaciones en las que la estación reguladora está reduciendo la presión a un valor sustancialmente por debajo de la presión operativa máxima permitida del sistema aguas abajo.

### c) Sistema de regulación monitor aguas arriba

La única diferencia en la configuración entre la regulación en serie y los monitores es que, en las instalaciones de monitores, ambos reguladores detectan la presión  $P_2$  aguas abajo. Por lo tanto, el regulador aguas arriba debe tener una línea de control, tal como se muestra en la figura 2- 3.

**Grafica 2- 3. Sistema de regulación monitor aguas arriba**

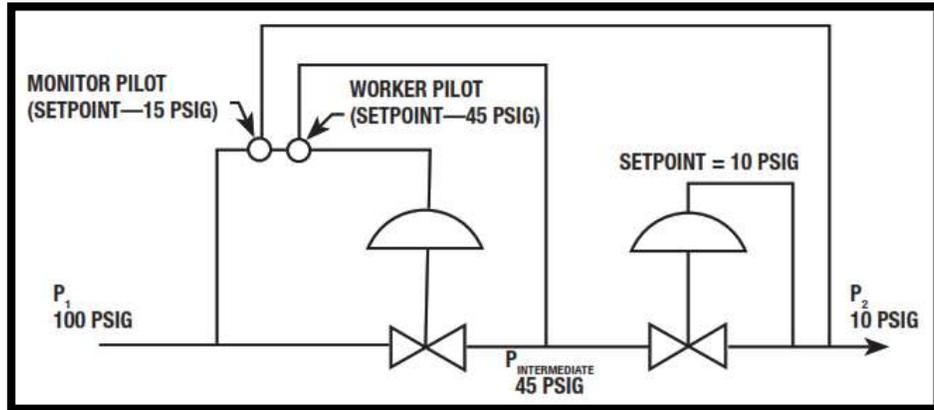


Fuente: Guía Diplomado ingeniería del gas aplicado a sistemas de distribución y transporte, 2020

### d) Sistema de regulación con monitor - trabajador

Los sistemas de regulación con regulador monitor-trabajador (Grafica 2- 4) utilizan elementos de diseño tanto de la regulación en serie como de los monitores abiertos. En una instalación de monitor en funcionamiento, los dos reguladores funcionan continuamente como reguladores en serie para tomar dos cortes de presión.

**Grafica 2- 4. Sistema de regulación con monitor-trabajador**



Fuente: Guía Diplomado ingeniería del gas aplicado a sistemas de distribución y transporte, 2020

En esta etapa encontramos válvulas de seguridad Slam – Shut - .Off, reguladores de tipo axial y tipo piloto entre las más utilizadas.

#### **2.3.4. Válvula de seguridad (Slam Shut- off)**

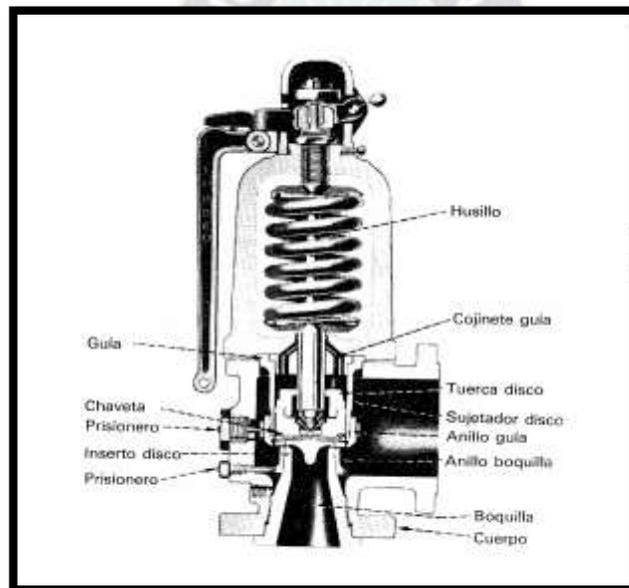
Este tipo de válvula se coloca antes de iniciar la etapa de regulación y se usa para proteger el sistema en caso de sobre-presión.

Las válvulas de corte son ideales para la fiabilidad del cierre de gases combustibles y líquidos varios. Las válvulas de gas de MAXON sólo requieren una fuente de alimentación de su sistema de gestión de quemador o DCS y un canal de aire de instrumentos.

Apagar las presiones de la válvula de funcionamiento y de la válvula Cv se encuentran entre los más altos disponibles en el significado en el sector se puede mover más combustible en las válvulas de menor tamaño que los productos de la competencia. La durabilidad de la válvula y la seguridad son nuestra prioridad más alta. Como el cierre abajo crítico componente de un sistema de quemadores, no hay ningún valor en la instalación de válvulas de gas más baratos. A

diferencia de otras válvulas neumáticas, válvulas de corte de MAXON no requieren mantenimiento. Más importante aún, los asientos de MAXON no requieren el ajuste regular de envases de válvulas, como diseños de válvulas de bola. Tan solo el hierro y el acero forman nuestros cuerpos. Asientos de las válvulas son de micro-traslapadas metales. Las válvulas de MAXON asegurar un cierre positivo con nuestra duración de la marca. Insistir en las válvulas de MAXON para sus sistemas de combustión de seguridad críticos. Tal como se muestra en la gráfica 2-5.

**Grafica 2- 5. Válvula de seguridad**



Fuente: Válvulas, selección, uso y mantenimiento. Richard Greene, 1992

La instalación de regulación debe contar en todos los casos con válvulas de seguridad, destinadas a proteger a la misma de eventuales elevaciones de presión, provenientes de posibles desperfectos de los reguladores. Los reguladores pueden trabarse por fallas mecánicas, originando en tal caso, presiones elevadas en la red de consumo.

Se utilizan dos tipos de válvulas de seguridad:

- Por bloqueo (bloquean el paso de gas en caso de sobrepresión)
- Por alivio (en caso de sobrepresión ventean gas a la atmósfera)

### 2.2.5 Etapa de Medición

Se establece la necesidad de medición del consumo industrial o urbano, efectuándose la facturación del gas consumido sobre la base de la presión regulada y el régimen de consumo.

Un medidor es un equipo que permite conocer directamente el caudal de flujo en un tiempo dado.

Existen dos posibles formas para obtener el dato directamente y es lo que diferencia a los medidores lineales y los diferenciales. Otra clasificación de medidores es utilizada por el sector industrial como medidores volumétricos y no volumétricos. Los equipos para la medición de gas natural son instrumentos de alta tecnología, precisos y de diferente configuración.

La selección del instrumento de medición se establece en función de las siguientes pautas como: consumo de gas, variabilidad del consumo interno y condiciones de presión regulada interna. Se utilizan distintos medidores, entre los que se pueden mencionar:

- Medidores de Diafragma
- Medidores de Desplazamiento positivo – Rotación
- Medidores de Orificio
- Medidores de Turbina

Un sistema de medición son los equipos requeridos e instalaciones necesarias para una operación segura, confiable y eficiente y lo más importante económica

Esta labor depende o está conformada de lo siguiente:

- **Estación de medición de transferencia de custodia.-** Constituida por un sistema de análisis de calidad de gas y un patín de medición a base de dos medidores
- **Estación de medición y regulación de transferencia de custodia.-** Constituida por un sistema de análisis de calidad de gas y un patín de medición a base de medidores y control de flujo y presión.

## 2.3. MEDIDORES

Un medidor es un instrumento utilizado para cuantificar el volumen de los hidrocarburos que fluye a través de un ducto.

### 2.3.1. Tipos de medidores de gas

Los medidores más utilizados son:

- ✚ Medidores ultrasónicos
- ✚ Medidores de placa de orificio
- ✚ Medidores de diafragma
- ✚ Medidores de turbina

#### a) Medidores ultrasónicos.-

Los medidores ultrasónicos miden el flujo de gas, su operación consiste en que a través de su dispositivo utiliza la velocidad del sonido para medir el flujo, donde las ondas recorren en sentido contrario al flujo, por tanto las ondas cuando llegan a propagarse miden la diferencia de señales en el tiempo de tránsito con y contra el flujo de gas a través de una o más trayectorias de medición.

**Grafica 2- 6. Medidor ultrasónico**



Fuente: Catalogo de medidores Emerson

El medidor que se muestra en la Grafica 2-6 corresponde al Medidor Ultrasónico MPU 1200, el último en cuanto a tecnología.

Hay dos tipos de medidores ultrasónicos:

- DOPLER.- miden los cambios de frecuencia causados por el flujo del líquido
- TRANSITO.- tienen como objetivo la medición del caudal a través de la cuantificación de la velocidad de flujo, transductores colocados a ambos lados del flujo, la combinación es tal que las ondas de sonido viajan entre los dispositivos con una inclinación de 45 grados respecto de la dirección de flujo

La instalación del sensor es realmente sencilla (Véase Grafica 2-7). Existen sensores que integran tanto la medición de la profundidad como la de la velocidad y que pueden ser montados en la parte inferior de canales o tuberías de cualquier tipo, tamaño y forma. Además, existen sensores de inserción para montar en tuberías de acero o materiales sintéticos. Los costes de instalación son realmente bajos.

**Grafica 2- 7. Montaje de sensor**



Fuente: Catalogo Emerson

#### Ventajas:

- ✓ Procesamiento de señales digitales
- ✓ Medición de densidad y el cálculo de la tasa de flujo
- ✓ Compensación de la presión y la temperatura, asegura datos precisos independientemente de las condiciones de operación
- ✓ Electrónica avanzada las cuales permiten el funcionamiento a distancia
- ✓ Ahorran hasta un 60 % de ahorro de costos, espacio y peso en comparación con los dispositivos de medición
- ✓ Su diseño no intrusivo elimina la caída de presión
- ✓ Amplio rango de operación

#### Desventajas:

- ✓ Fallas por medio de inducción de frecuencias de ultrasonido
- ✓ Des calibración de la sonda, se lo calibra mediante el instrumento “detector ultrasónico de fallas UFD 100”
- ✓ Coste alto para tuberías de diámetro bajo
- ✓ presión máxima 10 bar
- ✓ RANGO 30 m/seg.

#### **b) Placa de orificio**

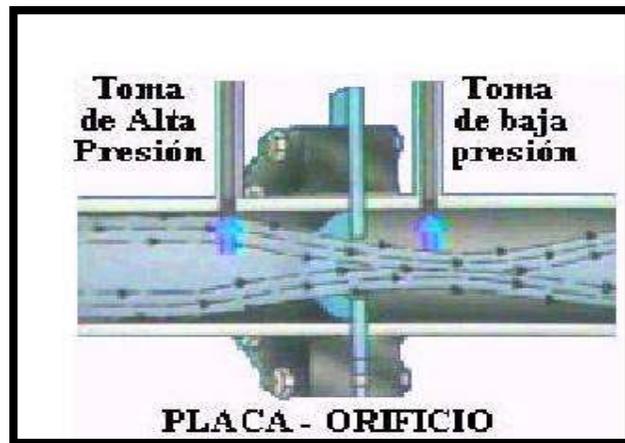
La placa de orificio consiste en una placa perforada que se instala en la tubería, el orificio que posee es una abertura cilíndrica o prismática a través de la cual fluye el fluido.

El orificio es normalizado, la característica de este borde es que el chorro que éste genera no toca en su salida de nuevo la pared del orificio. El caudal se puede determinar por medio

de las lecturas de presión diferenciales. Dos tomas conectadas en la parte anterior y posterior de la placa captan esta presión diferencial.

La disposición de las tomas se pueden observar con más claridad en la gráfica 2-8.

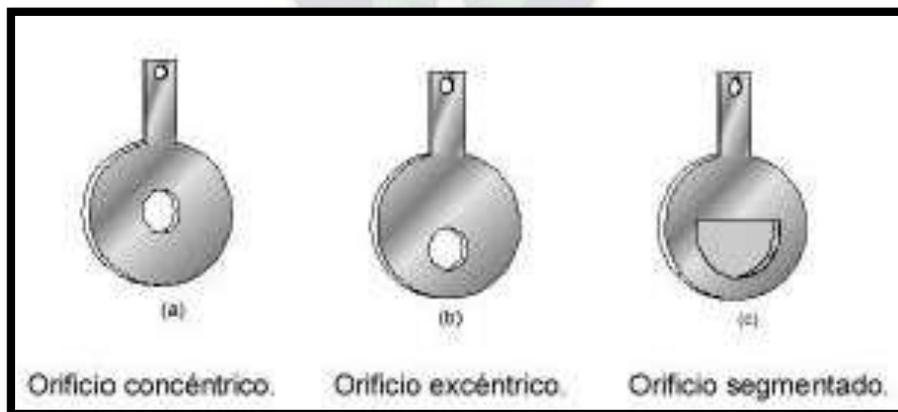
**Gráfica 2- 8. Placa de orificio**



Fuente: Antech Ingeniería, Ancher, 2007

El orificio de la placa, como se muestra en la gráfica 2-9, puede ser: concéntrico, excéntrico y segmentada.

**Gráfica 2- 9. Tipos de orificios**



Fuente: Antech Ingeniería, Ancher, 2007

- ✓ La placa concéntrica sirve para líquidos.
- ✓ Excéntrica para los gases donde los cambios de presión implican condensación. Cuando los fluidos contienen un alto porcentaje de gases disueltos.

- ✓ Segmentada, partículas en suspensión implican turbulencias que limpiarán (para que no se aglomeren partículas) el lado de alta presión evitando errores en la medición.

Con el fin de evitar arrastres de sólidos o gases que pueda llevar el fluido, la placa incorpora como se menciona anteriormente un orificio de purga. Entre los diversos perfiles de orificio que se utilizan, según se muestra en la figura N°4, se pueden destacar los siguientes: de cantos vivos, de cuarto de círculo y de entrada cónica.

#### Ventajas

- ✓ Procedimientos de funcionamiento sencillos
- ✓ Todas las piezas son sustituibles sin quitar la válvula de la línea
- ✓ El diseño del sistema de cierre evita que el porta placa salga disparado en caso de que la línea no haya sido despresurizada.
- ✓ Diseñado para dar la máxima seguridad al operario durante el funcionamiento, servicio e inspección.
- ✓ Probado para un sellado positivo, integridad de la toma de presión, protuberancias del sello y excentricidad.
- ✓ No aumenta mucho el coste al aumentar el diámetro.

#### Desventajas

- ✓ Produce pérdidas de presión.
- ✓ Poca variación del rango
- ✓ Pérdidas de carga
- ✓ Erosión del orificio
- ✓ Sólidos en suspensión

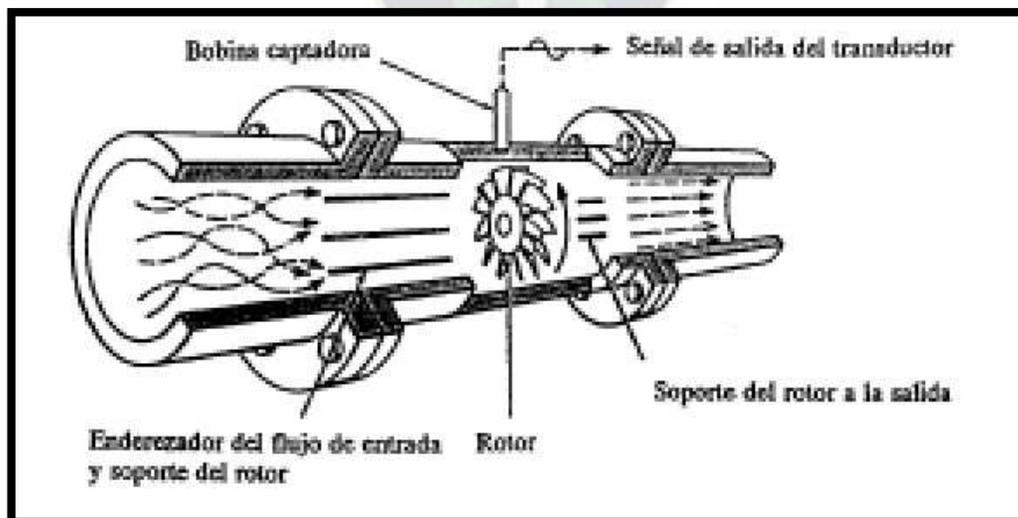
### c) Medidor de turbina

Consiste de un juego de paletas o aspas acopladas a un eje, las cuales giran cuando pasa un fluido a través de ellas (Véase *Grafica 2-10*). La velocidad a la cual giran estas aspas es proporcional a la velocidad del flujo, y si tenemos la velocidad y el área del conducto se puede determinar el caudal. Las turbinas deben instalarse de tal modo que no se vacíe cuando cesa el caudal ya que el choque del agua a alta velocidad contra el medidor vacío lo dañaría seriamente.

Para captar la velocidad de la turbina existen dos tipos de convertidores:

- ✓ Reluctancia: La velocidad está determinada por el paso de las palas individuales de la turbina a través del campo magnético, esta variación cambia el flujo induciendo una corriente alterna en la bobina captadora.
- ✓ Inductivo: El rotor lleva incorporados un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina produce una corriente alterna en una bobina captadora exterior.

**Grafica 2- 10. Medidor de turbina**



Fuente: Antech Ingeniería, Ancher, 2007

#### Ventajas:

- ✓ Alta precisión
- ✓ Alta repetibilidad
- ✓ Lineal en un rango de temperaturas y presiones
- ✓ Integración en sistemas de suspensión

#### Desventajas:

- ✓ Desgaste de piezas móviles
- ✓ Instrumento delicado
- ✓ Mantenimiento caro
- ✓ No utilizable cuando la viscosidad aumenta
- ✓ Presenta problemas cuando incrementa demasiado la velocidad

#### Caída de presión:

En flujo máximo del rango de flujo normal en agua de 4 psi

#### Rango de presiones:

ANSI 150 - n° 1500 dependiendo del tamaño.

#### d) Medidor de diafragma

Medidor de gas tipo diafragma que tiene una serie de mejoras en la base que la de un medidor de gas tipo diafragma común. El producto se caracteriza por una medición precisa y fiable, rendimiento estable, larga vida útil, y la estructura de gas anti-robo apropiada, es una clase de medidor de gas perfecto para la medición de gas doméstico (Véase Grafica 2-11).

## Grafica 2- 11. Medidor de diafragma



Fuente: Catalogo de Premac

Son medidores de tipo de desplazamiento positivo, los cuales operan con un par de diafragmas que cíclicamente se forma para tomar y expulsar el gas a través del medidor.

### Ventajas

- ✓ Diseño compacto
- ✓ Alta exactitud y confiabilidad en la medición
- ✓ Adecuada resistencia a ambientes corrosivos debido a la carcasa de aluminio fundido, previniendo la fuga de gas
- ✓ Provisto de un mecanismo de bloqueo en contra flujo
- ✓ Disponibles para dos tipos de sentidos de flujo, izquierdo derecho y derecho izquierdo.

Desventajas:

- ✓ Las variaciones de densidad producen errores en la medición
- ✓ Son sensibles al cambio de temperatura

**Rango de medida:**

2.4 m<sup>3</sup>/h

**Presión máxima:**

9.8 Kpa

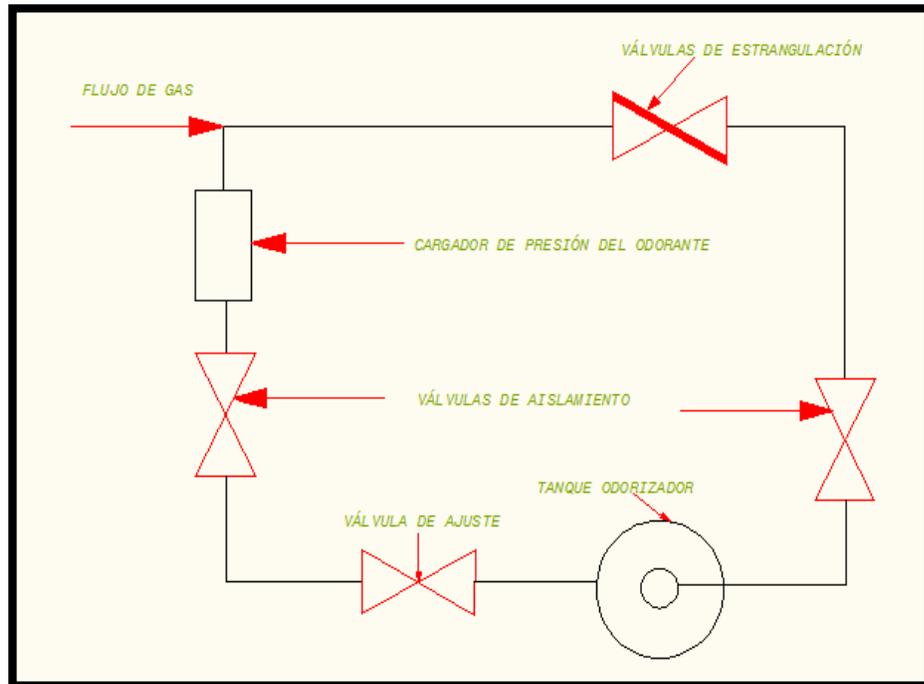
**Diferencias entre ellos**

Las diferencias son apreciables, cuando utilizamos medidores de placa de orificio el mismo sufre un desgaste en el orificio produciéndose pérdida de presión y carga, a diferencia del ultrasónico este no tiene esta deficiencia, más al contrario el que se mencionó en el presente trabajo asegura datos precisos independientemente de las condiciones de operación y es de bajo costo al no tener mucho mantenimiento y es pero mayor recomendable en tuberías de diámetros superiores, el medidor de diafragma es más utilizado en las redes de gas natural en residenciales.

### **2.3.2. Etapa de Odorización**

Como el gas natural que alimenta a los gasoductos carece prácticamente de olor, se exige añadirle un odorizante para poder detectar su presencia con facilidad en caso de accidentes y fugas. Esta Odorización se logra añadiéndole al gas, antes que llegue al consumidor, rastros de algunos compuestos orgánicos de azufre. Véase figura (2-12)

**Grafica 2- 12. Sistema de Odorización**



Fuente: Elaboración Propia

La Odorización se acostumbra para darle olor de identificación al gas, especialmente cuando el gas está libre de compuestos de azufre, los más empleados son disulfuros, tioteres compuestos anillados con enlace carbón-azufre y mercaptanos.

## 2.4. FACTORES DE CÁLCULO.

### 2.4.1. Selección de Reguladores

La selección del tamaño de válvula correcta para una aplicación determinada requiere el conocimiento de la condición del proceso que la válvula realmente verá en servicio. La técnica para usar esta información para dimensionar la válvula se basa en una combinación de teoría y experimentación.

### a) Ecuación universal de dimensionamiento

Se tiene la siguiente ecuación en dos presentaciones:

$$Q = \sqrt{\frac{520}{G * T}} * C_g * P_1 * SIN \left[ \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right] deg.$$

**Ecuación 2- 1**

$$Q = \sqrt{\frac{520}{G * T}} * C_g * P_1 * SIN \left[ \frac{59,64}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right] rad.$$

**Ecuación 2- 2**

Donde:

$C_g$ : Coeficiente de dimensionamiento [-]

$Q$ : Caudal de gas a través de la válvula [SCFH]

$P_1$ : Presión de ingreso de la válvula [psia]

$\Delta P$ : Caída de presión a través de la válvula [psi]

$C_1$ : Coeficiente de recuperación de la válvula [-]

$T$ : Temperatura de operación [R]

$SG$ : Gravedad específica [-]

### 2.4.2. Eficiencia de gasoductos

Todas las ecuaciones para calcular los flujos de gas a través de ductos se desarrollaron para líneas perfectamente limpias. Los ductos de gas en operación pueden acumular agua, condensados y en algunos casos crudo en las partes bajas.

Para corregir este cálculo “teórico” se utiliza el factor de eficiencia que expresa la capacidad de flujo real como una fracción de la tasa de flujo teórica. Tabla 2-2 Valores típicos del factor de eficiencia.

**Tabla 2- 2. Factor de eficiencia**

| Tipo de Línea          | Contenido Liquido (gal/MMcf) | Eficiencia [E] |
|------------------------|------------------------------|----------------|
| Gas seco en yacimiento | 0.1                          | 0.92           |
| Gas en cabeza-casing   | 7.2                          | 0.77           |
| Gas y condensado       | 800                          | 0.6            |

Fuente: Elaboración Propia en base al libro Chi U. Ikoku, “*Natural Gas Production Engineering*”, Florida, Krieger Publishing Company, 1984.

Adicionalmente a la eficiencia E del gasoducto, el factor de transmisión  $\sqrt{1/f}$  es usado para monitorear las ecuaciones teóricas de flujo. El factor de transmisión es sin duda el más difícil de evaluar; Por este motivo, existen valores empíricos del mismo. En la tabla 2 .3 se presenta los más significativos y que han probado su validez.

**Tabla 2- 3. Factores de Transmisión para ecuaciones de flujo.**

| Ecuación de Flujo                 | Factor de transmisión                |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Tubería Lisa (Flujo laminar)      | $2 \log(\sqrt{f} N_{Re}) + 0.3$      |
| Weymouth                          | $1.10 \times 5.6 D^{0.167}$          |
| Panhandle A                       | $0.92 \times 3.44 N_{Re}^{0.073}$    |
| Panhandle B                       | $0.90 \times 8.25 N_{Re}^{0.0196}$   |
| Tubería Rugosa (Flujo Turbulento) | $2 \log\left(\frac{3.7}{e_D}\right)$ |

Fuente: Elaboración Propia en base al libro Chi U. Ikoku, “*Natural Gas Production Engineering*”, Florida, Krieger Publishing Company, 1984

**CAPITULO III**  
**ANÁLISIS DE MERCADO**

**3.1. SELECCION DE POBLACIONES**

Para poder efectuar el estudio de factibilidad se seleccionó a las siguientes poblaciones, en función a la cantidad de habitantes y viviendas que se observan en la Tabla 3- 1.

A partir de los datos obtenidos se determinaran que se realizaría el estudio de ingeniería con las siguientes poblaciones beneficiadas:

**Tabla 3- 1. Lista de Poblaciones Definitivas**

| N° | POBLACIONES         | N° VIVIENDA      |                             | N° HABITANTES    |
|----|---------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|    |                     | CENSO INE (2012) | ENCUESTA HOGAR (2015-2016)* | CENSO INE (2012) |
| 1  | El tunal            | 159              | 110                         | 399              |
| 2  | San Josecito-Centro | 145              | 151                         | 532              |
| 3  | Narváez             | 129              | 56                          | 507              |
| 4  | Huayco Aserradero   | 88               | 63                          | 344              |
| 5  | San Josecito-Norte  | 54               | 86                          | 207              |
| 6  | Huayco Hacienda     | 42               | 64                          | 128              |
| 7  | Gareca              | 41               | 30                          | 132              |
| 8  | Potrerros           | 31               | 24                          | 93               |

Fuente: Censo INE - 2012

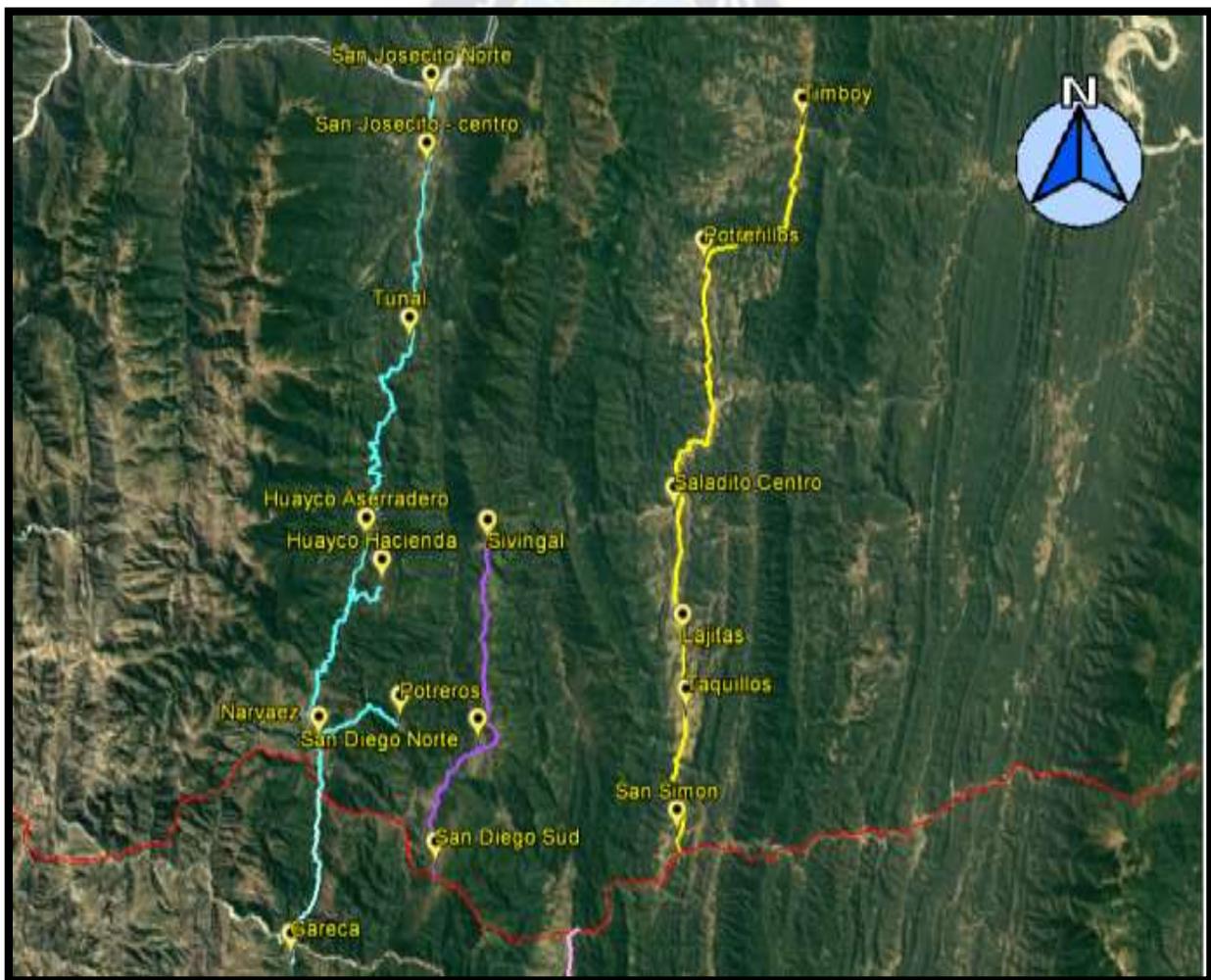
Estas poblaciones incrementan el número de habitantes considerablemente de acuerdo a lo proyectado por lo que es factible la implementación del City Gate para estas Poblaciones.

### 3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS POBLACIONES

La Provincia Burdet O'Connor es una Provincia boliviana, ubicada dentro del departamento de Tarija al sureste del país. Geográficamente el Municipio de Entre Ríos se encuentra ubicado entre las coordenadas  $20^{\circ} 51' 57''$  y  $21^{\circ} 56' 51''$  de Latitud Sur y  $63^{\circ} 40' 23''$  y  $64^{\circ} 25' 6''$  de Longitud Oeste.

A continuación se muestra la Grafica 3- 1 que detalla la ubicación de las 8 poblaciones identificadas.

**Grafica 3- 1. Poblaciones de estudio**



Fuente: Google Earth

### 3.3 PROYECCIÓN DE VIVIENDAS Y DEMANDA TOTAL

Considerando la tasa de crecimiento de las poblaciones de acuerdo al censo realizado por el INE en el 2012, para ello se definió la siguiente cantidad de viviendas como potenciales usuarios para un periodo de 10 años (ver Tabla 3- 2), en función a la cobertura esperada en cada una de las poblaciones.

Tasa de Crecimiento de Viviendas Intercensal es la razón a la cual crece en promedio anualmente la cantidad de viviendas en una población, identificadas entre dos censos de población y vivienda, en el caso presente entre el censo del año 2001 y el realizado el año 2012.

Para el Caso se aplica la siguiente fórmula:

$$TC = \sqrt[n]{\frac{VIV_{2012}}{VIV_{2001}}} - 1$$

**Ecuación 3- 1 ecuación de tasa de crecimiento Intercensal**

Dónde:

*TC = Tasa de crecimiento intercensal,*

*VIV<sub>2012</sub> = Numero de viviendas censo 2012,*

*VIV<sub>2001</sub> = Número de Viviendas censo 2001,*

*n = Número de periodos entre 2001 y 2012*

**Tabla 3- 2. Proyección de Viviendas**

| N°           | POBLACIÓN             | TASA DE CRECIMIENTO | PROYECCION ACUMULADA DE INSTALACIONES DOMICILIARIAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|-----------------------|---------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              |                       |                     | 2018  | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| 1            | El Tunal              | 8,85%               | 50  | 80   | 110  | 150  | 190  | 230  | 270  | 310  | 356  | 402  |
| 2            | Narváez               | 9,28%               | 30  | 50   | 75   | 105  | 135  | 175  | 215  | 255  | 297  | 339  |
| 3            | San Josecito – Centro | 12,40%              | 25  | 40   | 55   | 71   | 71   | 71   | 71   | 71   | 71   | 71   |
| 4            | Huayco Aserradero     | 10,83%              | 25  | 45   | 65   | 95   | 125  | 155  | 190  | 221  | 221  | 221  |
| 5            | San Josecito – Norte  | 12,40%              | 25  | 40   | 50   | 60   | 71   | 71   | 71   | 71   | 71   | 71   |
| 6            | Huayco Hacienda       | 6,97%               | 25  | 40   | 55   | 70   | 83   | 83   | 83   | 83   | 83   | 83   |
| 7            | Gareca                | 7,76%               | 25  | 40   | 55   | 70   | 86   | 86   | 86   | 86   | 86   | 86   |
| 8            | Potrerros             | 0,10%               | 20  | 31   | 31   | 31   | 31   | 31   | 31   | 31   | 31   | 31   |
| <b>Total</b> |                       |                     | 225   | 366  | 496  | 652  | 792  | 902  | 1017 | 1128 | 1216 | 1304 |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1 Demanda doméstica

Los usuarios domésticos son una o más personas que usan un inmueble o parte del mismo como residencia y el cual generalmente contiene cocina, comedor, sala, dormitorios y facilidades sanitarias.

Se considera como usuario potencial, a cada una de las viviendas habitadas ubicadas en cada población, en este sentido para definir la cantidad de posibles usuarios, se asume como línea de partida los datos del número de viviendas conforme el Censo de Población y Vivienda 2012, base sobre la cual se aplica la tasa de crecimiento intercensal.

Aplicando de la fórmula que se presenta en la Tabla 3- 3 y tomando en cuenta los coeficientes de la tabla 3-4 se realiza el cálculo para la demanda doméstica.

**Tabla 3- 3. Fórmulas para el cálculo del consumo domiciliario**

| FORMULA   | DEFINICIÓN  |
|---|---|
| $Q_{DOM} = (A_1 * C_1 * S_1 + A_2 * C_2 * S_2) * N$ | A = Porcentaje de cobertura del aparato (%).              |
|   | C = Consumo del aparato (m <sup>3</sup> /h).              |
|   | S = Coeficiente de simultaneidad del aparato.             |
|   | N = Número de usuarios de categoría doméstica proyectado. |
|   | (Subíndices: 1 de cocina; 2 de calentador de agua)        |

Fuente: ANEXO I Diseño de Redes de Gas Natural

**Tabla 3- 4. Porcentajes mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos**

| Porcentajes Mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos |                             |                              |                             |
|--|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Cobertura del aparato  |                             | Coeficiente de simultaneidad |                             |
| Cocina<br>$A_1$  | Calentador de Agua<br>$A_2$ | Cocina<br>$S_1$              | Calentador de Agua<br>$S_2$ |
| A establecer por la Empresa Distribuidora                    | 20%                         | 15%                          | 30%                         |

Fuente: ANEXO I Diseño de Redes de Gas Natural

Reemplazando valores y considerando que la cobertura de aparato A1 es 100% y debido a que cada domicilio tiene derecho a dos medidores se consideran 2 cocinas de 10 kw y 2 calefones de 37 kw además del poder calorífico superior del gas natural de 10.80kwh/m<sup>3</sup> reemplazando en la Ecuación 3 -1:

$$Q_s = \frac{P_s}{PCS}$$

### Ecuación 3- 2. Ecuación para el caudal del gas natural

Donde:

Qs: Caudal del aparato (m<sup>3</sup>/h)

Ps: Potencia del aparato (kw)

PCS: Poder calorífico superior del gas natural (kwh/m<sup>3</sup>)

Se tiene como contante C1 de 1,85 y C2 de 6,86 para todos los casos obteniendo la siguiente

Tabla 3-5:

**Tabla 3- 5. Caudal Demandado por Usuarios Domésticos al Año 2018**

| N°        | POBLACIONES           | PROYECCION DEL CONSUMO DOMESTICO (m <sup>3</sup> /día) |               |              |               |              |               |              |               |               |              |
|-----------|-----------------------|--|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
|           |                       | 1  | 2             | 3            | 4             | 5            | 6             | 7            | 8             | 9             | 10           |
|           |                       | 2018   | 2019          | 2020         | 2021          | 2022         | 2023          | 2024         | 2025          | 2026          | 2027         |
| 1         | El Tunal              | 34,44  | 55,11         | 75,78        | 103,33        | 130,89       | 158,44        | 186,00       | 213,56        | 245,24        | 276,93       |
| 2         | Narvéez               | 20,67  | 34,44         | 51,67        | 72,33         | 93,00        | 120,56        | 148,11       | 175,67        | 204,60        | 233,53       |
| 3         | San Josecito - Centro | 17,22  | 27,56         | 37,89        | 48,91         | 48,91        | 48,91         | 48,91        | 48,91         | 48,91         | 48,91        |
| 4         | Huayco Aserradero     | 17,22  | 31,00         | 44,78        | 65,44         | 86,11        | 106,78        | 130,89       | 152,24        | 152,24        | 152,24       |
| 5         | San Josecito - Norte  | 17,22  | 27,56         | 34,44        | 41,33         | 48,91        | 48,91         | 48,91        | 48,91         | 48,91         | 48,91        |
| 6         | Huayco Hacienda       | 17,22  | 27,56         | 37,89        | 48,22         | 57,18        | 57,18         | 57,18        | 57,18         | 57,18         | 57,18        |
| 7         | Gareca                | 17,22  | 27,56         | 37,89        | 48,22         | 59,24        | 59,24         | 59,24        | 59,24         | 59,24         | 59,24        |
| 8         | Potrerros             | 13,78  | 21,36         | 21,36        | 21,36         | 21,36        | 21,36         | 21,36        | 21,36         | 21,36         | 21,36        |
| SUB TOTAL |                       | <b>154,99</b>  | <b>252,15</b> | <b>341,7</b> | <b>449,14</b> | <b>545,6</b> | <b>621,38</b> | <b>700,6</b> | <b>777,07</b> | <b>837,68</b> | <b>898,3</b> |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2. Demanda comercial

Las poblaciones identificadas se encuentran en el área rural, el desarrollo de la actividad comercial se reduce a la provisión de servicios básicos, venta de insumos agropecuarios, venta de productos alimenticios semi-industriales o industriales provenientes de las ciudades más importantes, por lo que esta actividad tiene una dinámica menor de consumo energético respecto al consumo doméstico.

Del análisis realizado a partir de los datos obtenidos, se establece que el consumo comercial representa el **20%** del consumo diario doméstico. Bajo este criterio en la tabla 3- 5, se detalla el caudal demandado por usuarios comerciales al año 2020 en la tabla 3-6.

**Tabla 3- 6. Caudal Demandado por Usuarios Comerciales al Año 2020**

| N°                  | POBLACIÓN             | TOTAL CAUDAL DOMESTICO DEMANDADO (m3/día) | TOTAL CAUDAL COMERCIAL DEMANDADO (m3/día) (20%) |
|---------------------|-----------------------|---|---|
| 1                   | El Tunal              | 75,78                                     | 15,16   |
| 2                   | Narváz                | 51,67                                     | 10,33   |
| 3                   | San Josecito - Centro | 37,89                                     | 7,58  |
| 4                   | Huayco Aserradero     | 44,78                                     | 8,96  |
| 5                   | San Josecito - Norte  | 34,44                                     | 6,89  |
| 6                   | Huayco Hacienda       | 37,89                                     | 7,58  |
| 7                   | Gareca                | 37,89                                     | 7,58  |
| 8                   | Potreros              | 21,36                                     | 4,27  |
| <b>TOTAL CAUDAL</b> |                       | <b>341,69</b>                             | <b>68,34</b>                                    |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.3. Demanda industrial

En el mismo análisis realizado, se establece como valor para el consumo industrial a un 40% del valor del consumo diario doméstico.

En la Tabla 3- 7 podemos observar el caudal industrial demandado al año 2020 es:

**Tabla 3- 7. Caudal Demandado por Usuarios Industriales Año 2020**

| <b>N°</b>           | <b>POBLACIÓN</b>      | <b>TOTAL CAUDAL DOMESTICO DEMANDADO (m3/día)</b> | <b>TOTAL CAUDAL INDUSTRIAL DEMANDADO (m3/día) (40%)</b> |
|---------------------|-----------------------|--|---|
| <b>1</b>            | El Tunal              | 75,78  | 30,31   |
| <b>2</b>            | Narváz                | 51,67  | 20,67   |
| <b>3</b>            | San Josecito - Centro | 37,89  | 15,16   |
| <b>4</b>            | Huayco Aserradero     | 44,78  | 17,91   |
| <b>5</b>            | San Josecito - Norte  | 34,44  | 13,78   |
| <b>6</b>            | Huayco Hacienda       | 37,89  | 15,16   |
| <b>7</b>            | Gareca                | 37,89  | 15,16   |
| <b>8</b>            | Potrerros             | 21,36  | 8,54  |
| <b>TOTAL CAUDAL</b> |                       | <b>341,69</b>                                    | <b>136,68</b>   |

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar la demanda requerida en estas poblaciones, como se menciona la tasa de crecimiento de la población en general va creciendo año con año.

### 3.3.4. Demanda Total Parcial

En función a las Tablas 3- 5,3- 6 y 3- 7 podemos estimar cual es la demanda total de la población, y así considerar la necesidad con la que la población A continuación en la tabla 3 -8 se muestra la proyección total de la demanda de gas natural:

**Tabla 3- 8. Caudal Total Demandado por población**

| PROYECCIÓN DEL CONSUMO POR AÑO (DOMESTICO - COMERCIAL - INDUSTRIAL) (m3/día) |                       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|--|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N°   | Población             | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            |
|  |                       | 2018          | 2019          | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          | 2025          | 2026          | 2027          |
| 1  | Huayco Aserradero     | 23.304        | 24.353        | 25.446        | 26.598        | 27.800        | 29.053        | 30.365        | 31.729        | 33.118        | 34.552        |
| 2  | El Tunal              | 22.419        | 23.438        | 24.501        | 25.620        | 26.787        | 28.003        | 29.271        | 30.593        | 31.977        | 33.393        |
| 3  | San Josecito - Norte  | 7.786         | 8.145         | 8.513         | 8.897         | 9.299         | 9.706         | 10.130        | 10.573        | 11.036        | 11.515        |
| 4  | Narváz                | 2.771         | 2.914         | 3.068         | 3.233         | 3.403         | 3.591         | 3.785         | 3.985         | 4.195         | 4.388         |
| 5  | Gareca                | 28            | 44            | 61            | 77            | 95            | 95            | 95            | 95            | 95            | 89            |
| 6  | Huayco Hacienda       | 28            | 44            | 61            | 77            | 91            | 91            | 91            | 91            | 91            | 86            |
| 7  | San Josecito - Centro | 28            | 44            | 61            | 78            | 78            | 78            | 78            | 78            | 78            | 73            |
| 8  | Potreros              | 22            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 32            |
| Total  |                       | <b>56.386</b> | <b>59.016</b> | <b>61.745</b> | <b>64.614</b> | <b>67.587</b> | <b>70.651</b> | <b>73.849</b> | <b>77.178</b> | <b>80.624</b> | <b>84.128</b> |

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.5. Demanda de Gas Para Hornos de Yeso

La demanda de gas natural para hornos de yeso requiere una atención especial, debido a la ubicación dispersa de los hornos, el suministro de gas natural requerirá del estudio de dos Escenarios de suministro de gas:

- Suministro a las yeseras en cada uno de los hornos.
- Suministro a un solo centro de acopio próximo al gasoducto GVT.

Para la determinación de la tasa de crecimiento del consumo de gas natural de la industria yesera, se consideran tres escenarios: El escenario optimista considera la tasa de crecimiento proporcionada por los habitantes de las comunidades del sector que equivale a 20%, el escenario moderado que contempla la tasa de crecimiento del sector de la construcción del departamento de Tarija que representa el 11% y el escenario pesimista que considera la tasa de crecimiento poblacional del municipio de Entre Ríos equivalente a 4,41% (Véase tabla 3 .9).

Por lo tanto debido a la incertidumbre del crecimiento del sector, se optó por considerar el escenario pesimista de consumo de gas natural.

**Tabla 3- 9. Caudal Demandado por hornos de Yeso Año 2018 al 2027**

| N°           | POBLACIÓN                   | CAUDAL DEMANDADO<br>Año 2018 (m3/día) | CAUDAL DEMANDADO<br>Año 2027 (m3/día) |
|--------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1            | <b>El Tunal</b>             | 22.364                                | 32.978                                |
| 2            | <b>Narvárez</b>             | 2.738                                 | 4.038                                 |
| 3            | <b>Huayco Aserradero</b>    | 23.276                                | 34.324                                |
| 4            | <b>San Josecito - Norte</b> | 7.759                                 | 11.441                                |
| <b>Total</b> |                             | <b>32.861</b>                         | <b>82.781</b>                         |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.6. Demanda Total General

A continuación se muestra la proyección total de la demanda de gas natural:

**Tabla 3- 10. Caudal Total Demandado por población**

| PROYECCIÓN DEL CONSUMO POR AÑO (DOMESTICO - COMERCIAL - INDUSTRIAL - YESERAS) (m3/día) |                       |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|--|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N°   | Población             | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            |
|  |                       | 2018          | 2019          | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          | 2025          | 2026          | 2027          |
| 1  | Huayco Aserradero     | 23.304        | 24.353        | 25.446        | 26.598        | 27.800        | 29.053        | 30.365        | 31.729        | 33.118        | 34.552        |
| 2  | El Tunal              | 22.419        | 23.438        | 24.501        | 25.620        | 26.787        | 28.003        | 29.271        | 30.593        | 31.977        | 33.393        |
| 3  | San Josecito - Norte  | 7.786         | 8.145         | 8.513         | 8.897         | 9.299         | 9.706         | 10.130        | 10.573        | 11.036        | 11.515        |
| 4  | Narváz                | 2.771         | 2.914         | 3.068         | 3.233         | 3.403         | 3.591         | 3.785         | 3.985         | 4.195         | 4.388         |
| 5  | Gareca                | 28            | 44            | 61            | 77            | 95            | 95            | 95            | 95            | 95            | 89            |
| 6  | Huayco Hacienda       | 28            | 44            | 61            | 77            | 91            | 91            | 91            | 91            | 91            | 86            |
| 7  | San Josecito - Centro | 28            | 44            | 61            | 78            | 78            | 78            | 78            | 78            | 78            | 73            |
| 8  | Potrerros             | 22            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 34            | 32            |
| Total  |                       | <b>56.386</b> | <b>59.016</b> | <b>61.745</b> | <b>64.614</b> | <b>67.587</b> | <b>70.651</b> | <b>73.849</b> | <b>77.178</b> | <b>80.624</b> | <b>84.128</b> |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3 -10 se observa que la demanda requerida es la necesaria para realizar la implementación de un City Gate ya que el caudal requerido es de 3505.33 m3/h, se realizará el cálculo para City Gate de 5000 m3/h que cubre con las necesidades demandadas.

## **CAPITULO IV**

### **TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN**

#### **4.1. CITY GATE**

##### **4.1.1. Condiciones generales**

Se describe la forma de operación que adoptará el CITY GATE, que será implementado en la Población de Entre Ríos.

La implementación de un City Gate en el municipio, permitirá a la población satisfacer la demanda de gas natural; la población podrá utilizar el gas natural para su consumo doméstico, comercial e industrial; el cual representa un consumo importante y generaría una importante ganancia para la empresa distribuidora, así mismo le significara un ahorro económico importante, cumpliendo con las medidas de seguridad la cual también impulsara y fomentara a pequeñas y medianas empresas.

##### **4.1.2. Alcance**

Se realiza el estudio del tamaño ya la localización para el CITY GATE que se plantea en el presente proyecto, ya que debido a las condiciones del terreno, la población factible para implementar el Punto de Transferencia de Custodia (City Gate) debería ser Narvaez ya que es el punto más cercano al GVT y permitiría una buena distribución a las Poblaciones citadas en este proyecto además de contar con una superficie y condiciones ambientales optimas requeridas las cuales se describen en el presente capitulo.

## 4.2. CONTROL DEL CITY GATE

### 4.2.1. Descripción general de proceso de una estación reductora de presión (City Gate)

El City Gate no es más que el punto de enlace entre el Sistema de Transporte convencional de gas natural (gasoducto) y el sistema de distribución, consiste en un conjunto de instalaciones donde se aplican diferentes procesos como: filtrado, regulación, medición y además la Odorización del gas natural, cumpliendo las exigencias de las entidades reguladoras y las normas técnicas. La función específica del City Gate es reducir la presión del gasoducto de transporte a las presiones permitidas, medir la cantidad de gas que se entrega y realizar la Odorización correspondiente.

Para facilitar la descripción de la secuencia de operación del city gate o puerta de ciudad, se ha dividido el proceso:

**Grafica 4- 1. City Gate**



Fuente.- YPFB-GRGD-DGV

#### 4.2.2. Tamaño y Dimensionamiento del City Gate

Para el dimensionamiento de la base del City Gate se empleó el programa de simulación de SolidWord en el cual se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se prueba que la estructura predimensionada cumple con la función de soporte estructural, al demostrarse su capacidad con un factor de seguridad mayor a 3.
- Los perfiles de acero estructural deberán presentar una superficie limpia y libre de óxido, se recomienda exigir el desengrasado, fosfatizado y completo tratamiento químico de la perfilería metálica antes de su armado y pintado, cumpliendo

Se recomienda la soldadura sea realizada mediante el proceso MAG alambre AWS A5.18 (ER 70S-6) o mediante arco eléctrico y electrodo AWS 6013 (recubrimiento rútilico potásico).

Las uniones se realizarán por soldadura a tope y serán lo suficientemente sólidas para resistir los esfuerzos consecuentes a su transporte, colocado y operación.

La soldadura entre las piezas deberá ser ejecutada manteniendo un filete de soldadura uniforme y de buen aspecto y con la menor presencia de escoria posible. La soldadura no deberá tener penetración excesiva ni tampoco salpicadura excesiva.

Los perfiles estructurales deberán ser nuevos y calidad probada por su proveedor. Cada perfil deberá conservar su geometría en toda su longitud debiendo descartarse aquellos que no lo hagan así.

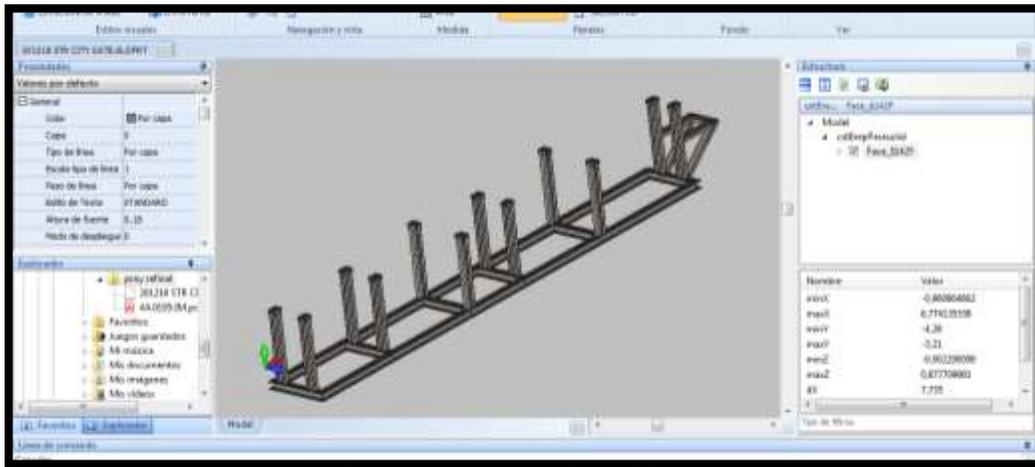
Las uniones, cortes, serán ejecutadas en estricta regla de arte y con métodos que no alteren las partes adyacentes

Los cortes a los que serán sometidos los perfiles estructurales deberán ser limpios no permitiéndose holguras superiores a 3 mm entre piezas que serán soldadas.

Los perfiles estructurales que serán soldados deberán presentar una superficie única a lo largo de su sección y a lo largo de la longitud de la pieza no permitiéndose empalmes entre dos perfiles con ejes axiales consecutivos (Ver Anexo IV).

En la Gráfica 4 -2 se observa el diseño de la base que sostendrá al City Gate.

**Gráfica 4- 2. Programa SolidWord**



Fuente.- Elaboración propia

De acuerdo a los equipos que se emplearían en la implementación del City Gate y al diseño de simulación para la base se tiene la Tabla 4 -2 con las siguientes medidas.

**Tabla 4- 1. Dimensionamiento del City Gate**

|   |                    |
|---|--------------------|
| Dimensiones: Las siguientes son las dimensiones estimadas para cada el City Gate: |                    |
| Peso Estimado Puente de Medición  | 1900 Kilogramos    |
| Estructura Metálica   | 429,38 Kilogramos  |
| Total   | 2329,38 Kilogramos |
| Dimensiones Estimadas   |                    |
| Ancho:  | 0.90 metros        |
| Largo:  | 7.60 metros        |
| Alto:   | 1.50 metros        |

Fuente: elaboración propia

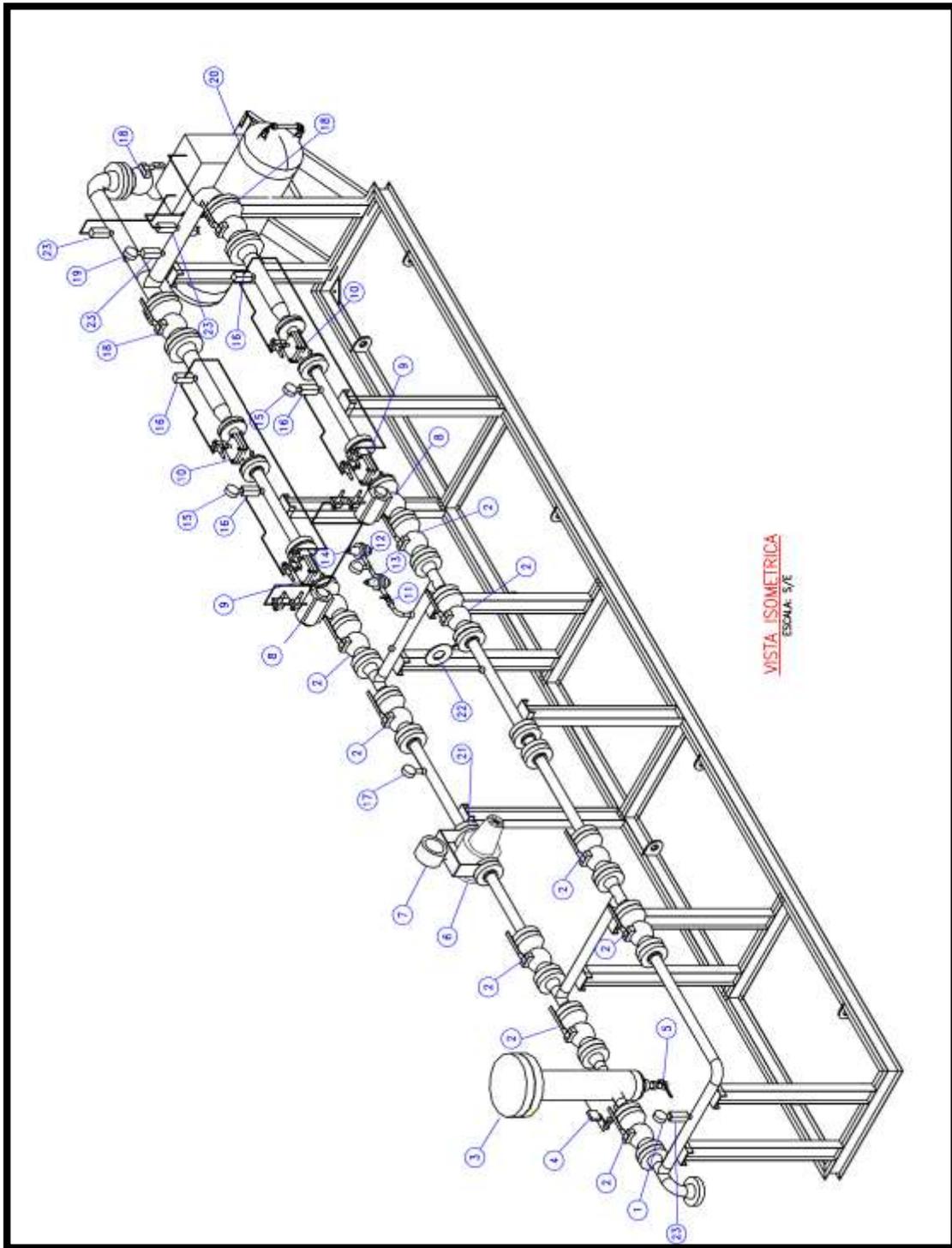
**Tabla 4- 2. Componentes del City Gate**

| CITY GATE 5000 m3/h |       |  |
|---------------------|-------|--|
| ITEM                | CANT. | DESIGNACION  |
| 1                   | 1     | MANOMETRO CONEXION INFERIOR 1/2" NPT 0-2000Psig                          |
| 2                   | 9     | VALVULA BOLA DE PASO REDUCIDO, 2"ANI 600 RF                              |
| 3                   | 1     | FILTRO VERTICAL 2"X6"X2" ANSI 600 RF                                     |
| 4                   | 1     | MANOMETRO DIFERENCIAL DE 0 - 20 PSIG                                     |
| 5                   | 1     | VALVULA DE BOLA 1" 3000 WOG  |
| 6                   | 1     | MEDIDOR DEPLAZAMIENTO POSITIVO 3M1480 2"ANSI 600 RF                      |
| 7                   | 1     | COMPUTADOR DE FLUJO, SCANNER NUFLO 2000                                  |
| 8                   | 2     | VALVULA SHUT OFF ACTUADA, 2"ANSI 600 CON PILOTO DE CORTE POR ALTA Y BAJA |
| 9                   | 2     | REGULADOR PILOTO ACTIVO - MONITOR, 2"ANSI 600 RF MODELO FG-53-50         |
| 10                  | 2     | REGULADOR PILOTO ACTIVO , 2"ANSI 600 RF MODELO FG-53-100                 |
| 11                  | 1     | VALVULA BOLA 1/4"MNPT  |
| 12                  | 1     | MANOMETRO CONEXION INFERIOR, 1/4"NPT 0-200 Psig                          |
| 13                  | 1     | REGULADOR AUTOOPERADO HP 1/4" SALIDA 0-250 Psig                          |
| 14                  | 1     | REGULADOR AUTOOPERADO 1/4" SALIDA 0-150 Psig                             |
| 15                  | 2     | MANOMETRO CONEXION INFERIOR, 1/4"NPT 0-1500 Psig                         |
| 16                  | 4     | VALVULA GAUJE 1/2" NPT WOG 6000  |
| 17                  | 1     | TERMOMETRO 1/2" NPT O A 200 °F   |
| 18                  | 3     | VALVULA DE BOLA PASO REDUCIDO, 3" ANSI 300 RF                            |
| 19                  | 1     | MANOMETRO CONECCION INFERIOR 1/2" NPT 0-1000 Psig                        |
| 20                  | 1     | ODORIZADOR TIPO INYECCION  |
| 21                  | 1     | PLACA DE ORIFICIO DEL MEDIDOR ANSI 600                                   |
| 22                  | 1     | PLACA TIPO OCHO, BYPASS DEL MEDIDOR ANSI 600                             |

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 4 -3 expresa los equipos que serán empleados en el City Gate de acuerdo al cálculo de ingeniería del capítulo 5, se realizó así mismo el Grafico 4-3 en el cual se muestran los componentes a emplearse.

Grafica 4- 3. Gráfico de los Componentes del City Gate



Fuente. Elaboración propia

### **4.3. UBICACIÓN GEOGRAFICA**

#### **4.3.1. Funcionalidad del terreno con respecto al proyecto**

Para la selección del terreno necesario para la construcción de un City Gate, se debe analizar si el terreno cumple con la facilidad de acceso, seguridad y compatibilidad con respecto a construcciones vecinas y las facilidades que representen la construcción de la red primaria y/o secundaria desde el terreno hacia cada población.

#### **4.3.2. Ubicación del terreno con respecto a carreteras, vías primarias y/o secundarias u otro tipo de vía.**

El terreno tendrá que estar ubicado en la carretera, en una vía primaria o secundaria con una calzada sin contar aceras de un mínimo de ancho de 8,00 metros, para facilidad de maniobrabilidad del camión cisterna.

#### **4.3.3. Distancia del terreno a la población y/o su ubicación en la mancha urbana**

- Preferentemente el terreno no podrá estar a más de dos (7) Km. de distancia del límite del radio urbano de cada población.
- Si por el contrario se encuentra dentro del radio urbano, este deberá tener ingreso directo de la carretera principal, contar con una vía de fácil acceso y circulación diaria, sin perjuicio de existencia de ferias u otras actividades propias de las costumbres de las Poblaciones.
- La City Gate debe estar ubicada como mínimo a 50 m de edificios de pública concurrencia, uso administrativo, docente, comercial, hospitalario, etc.
- La ubicación del terreno debe respetar la distancia mínima de los derechos de vía a carreteras y vías férreas, de modo tal que el terreno a ser cedido no contravenga a las normativas correspondientes.

#### **4.3.4. Saneado legal con correcta ubicación y delimitación de linderos respecto a colindancias y dotación de servicios**

- Se condiciona a que cada Gobierno Autónomo Municipal de las Poblaciones, se comprometa a entregar el terreno con ningún tipo de problema legal, tiene que entregar el plano catastral aprobado con las coordenadas UTM de cada uno de los vértices y la delimitación con mojones en cada uno de los vértices.

#### **4.4. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.**

- El nivel del terreno no debe ser inferior a la ruta o camino principal de acceso.
- El City Gate debe instalarse en un terreno amplio y no inundable, no debe poseer desniveles importantes y contar con acceso vehicular con mínima pendiente y amplio radio de giro (mínimo 8 m) para la circulación de cisternas.
- El terreno, no puede estar en áreas de rellenos sanitarios, basurales o escombros, ni estar afectado por niveles freáticos altos o peligro de derrumbes, debe tener un suelo apto para fundaciones estructurales.
- El nivel del terreno no debe ser inferior a la ruta o camino principal de acceso.
- La superficie prevista del terreno utilizable debe ser amplia para los espacios de seguridad de todas las instalaciones.
- De acuerdo a las dimensiones que se presentan el área empleada para el City Gate es 6,84 m<sup>2</sup>, sin contar con la oficina donde se encontrará el equipo de monitoreo Scada y un galpón para el resguardo de material.

La oficina estará sobre una superficie de 31,20 m<sup>2</sup> y tendrá como funciones la de contar con un ambiente para oficina de trabajo, un baño más un ambiente para el Puesto de

Control, esta infraestructura servirá para que un policía vele por la seguridad de las instalaciones, la superficie viene a formar un conjunto con la oficina.

La superficie del galpón alcanza a 152,50 m<sup>2</sup> y tendrá como función el almacenaje de repuestos y accesorios necesarios para el funcionamiento del City Gate.

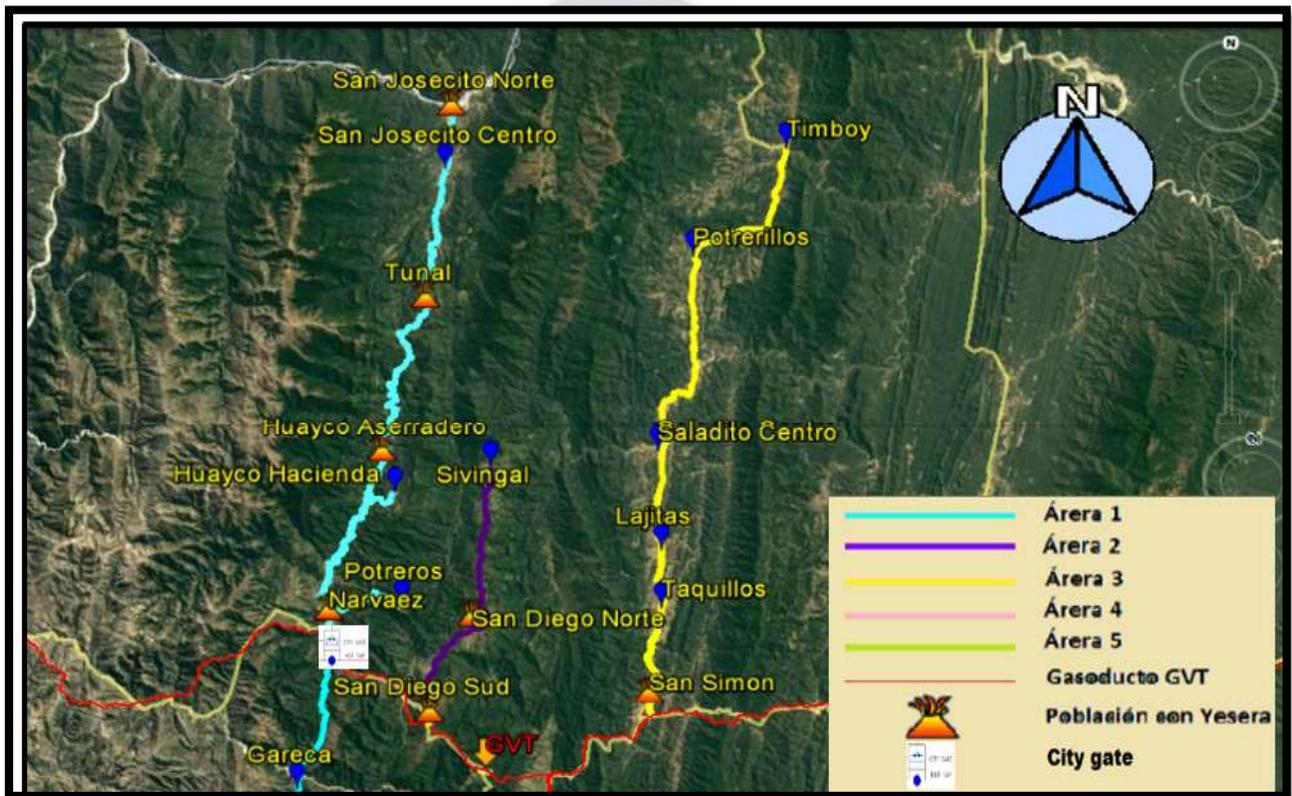
#### **4.4.1. Trabajos necesarios por parte del GAM de la población, para su habilitación y uso inmediato del terreno y obras aledañas complementarias para su implementación.**

- El terreno deberá estar la limpieza y desbroce, y retirar la capa de suelo orgánico que se encuentre en el mencionado terreno, el terreno debe estar libre de vegetación.
- Aguas superficiales existentes fuera del terreno, tanto pluviales como aguas servidas deben ser canalizadas para evitar la inestabilidad del terreno.
- En caso de contar con canal de curso de agua de lluvia que separe al terreno de la vía, este deberá contar con canalización cerrada o entubado, de modo que se cuente con un acceso nivelado al nivel de ingreso.
- Tendido de Energía Eléctrica, hasta el terreno y contar con un transformador cuyas características técnicas se brindaran posteriormente.
- Servicio de Agua Potable de la red pública, hasta la línea municipal del terreno, o mediante un pozo de agua dulce en el terreno que cuente con una bomba de agua, tuberías, accesorios y tanque elevado de almacenaje de características que se brindaran posteriormente.
- Servicio de Alcantarillado de la red pública, hasta la línea municipal del terreno en caso de estar de contemplado en el plan de expansión, caso contrario se realizará la construcción de un pozo séptico en el terreno.

La ubicación conveniente para una buena distribución y conveniencia económica para la implementación del City Gate es entre las poblaciones Gareca y Narvaez, próximo al GVT a una distancia de 7 metros.

A continuación en la Gráfica 4 .4 se señala la ubicación del City Gate:

**Grafica 4- 4. Ubicación del City Gate**



Fuente: Google Earth

## **CAPITULO V**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **5.1. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DEL CITY GATE**

##### **5.1.1. Consideraciones de diseño para el gasoducto (acometida)**

El gasoducto podría ser instalado desde el ramal del Gasoducto Villa Montes-Tarija (GVT) hasta la estación de regulación y medición (City Gate). Este gasoducto está compuesto por una tubería de acero al carbono y deberá ser instalado de acuerdo a la normativa nacional e internacional vigente

##### **5.1.2. Consideraciones de presión, flujo y temperatura**

Las presiones máximas de diseño del gasoducto serán de 1440 psi. Este valor surge de la presión máxima de diseño del sistema de transporte del GVT además de acuerdo Anexo 1 del Reglamento de Distribución ANH el cual establece lo siguiente: las tuberías proyectadas para ser instaladas en zonas que, a la fecha de su ejecución correspondan a clases de ubicación 3 o 4 según la definición de la Norma ANSI/ASME B 31.8 deberían operar a presiones iguales o inferiores a cincuenta (50) bar ( $725\text{lb}/\text{in}^2$ ). Solo en el caso en que existan comprobadas limitaciones topográficas o geológicas o imprescindible necesidad de suministro de redes de distribución, las tuberías podrían operar a presiones mayores en dichas zonas.

La presión mínima de operación del gasoducto dependerá de los criterios operativos y de diseño establecidos en función de los requerimientos de presión y flujos del cliente, sin embargo esta no deberá ser mayor a 42 bares.

##### **5.1.3. Espesores de la pared de tuberías y distancias mínimas de seguridad**

Para determinar el espesor de las paredes de las tuberías se deberá cumplir con lo mencionado en el Anexo 1 ANH ``Diseño de Redes de Gas Natural`` del Reglamento de Distribución con

respecto a las tuberías que operan a presiones mayores a 10 bar establece lo siguiente: el factor de diseño F resultante de las condiciones de diseño y operación.

Por otra parte para la traza definitiva y su posterior instalación del gasoducto se deberá cumplir con las distancias mínimas de seguridad especificadas en el Anexo 1 del Reglamento de Distribución en la cual se establece que las líneas serán instaladas a una profundidad mínima de acuerdo a las características de la zona que atraviesan y a los criterios indicados en la norma ASME b 31.8.

#### **5.1.4. Descripción del proceso de regulación y suministro de gas natural**

- **Hot Tap**

Para la toma de gas natural del Gasoducto Villa Montes-Tarija (GVT) se realizara el hot tap, esta técnica consiste en colocar un ramal a las tuberías o aparatos en servicio, mediante una perforación o corte a una porción de la tubería. A continuación del Hot Tap se instalara una válvula actuada que servirá para el corte de suministro en caso de emergencia, esta puede ser operada en forma local (en el sitio) o en forma remota (desde la sala de control)

- **Junta Monolítica**

A continuación del arreglo del Hot Tap se instalara una junta monolítica la cual permitirá aislar eléctricamente la derivación del ducto de transporte

- **Estación de Regulación de Gas Natural**

La estación de regulación es el componente del sistema de distribución de gas natural que cumple la función de recibir un flujo de gas en alto presión, filtrarlo, medirlo, regularlo y olorizarlo.

- **Procedimiento para la ejecución**

Al iniciar la excavación se deberá haber hecho una recopilación de información de posibles interferencias subterráneas que se puedan presentar para evitar daños a terceros ya sea tuberías, cables, ductos, cajas, postes, otros elementos o estructuras existentes que estén en el área de excavación o próximos a esta.

Cuando la excavación en terreno tenga buena calidad y haya alcanzado la cota indicada en los diseños. Se procederá a la regulación, limpieza y compactación del fondo de la excavación. En caso de la presencia de agua, la excavación deberá ampliarse a criterio del supervisor de obra de la empresa distribuidora para contener un asiento de grava.

Las excavaciones de zanjas se harán en los horarios que establezca el Gobierno Municipal de acuerdo con los planos del proyecto e indicaciones proporcionadas por el Supervisor de obra de la empresa distribuidora el que podrá durante la excavación introducir las modificaciones que crea necesarias.

En caso de excavar el terreno o las zanjas por debajo del límite inferior o de anchos mayores a lo especificado en los planos constructivos observados por supervisor de obra de la empresa distribuidora se rellenara el exceso a su cuenta y riesgo, relleno que será propuesto y aprobado por este antes de su realización.

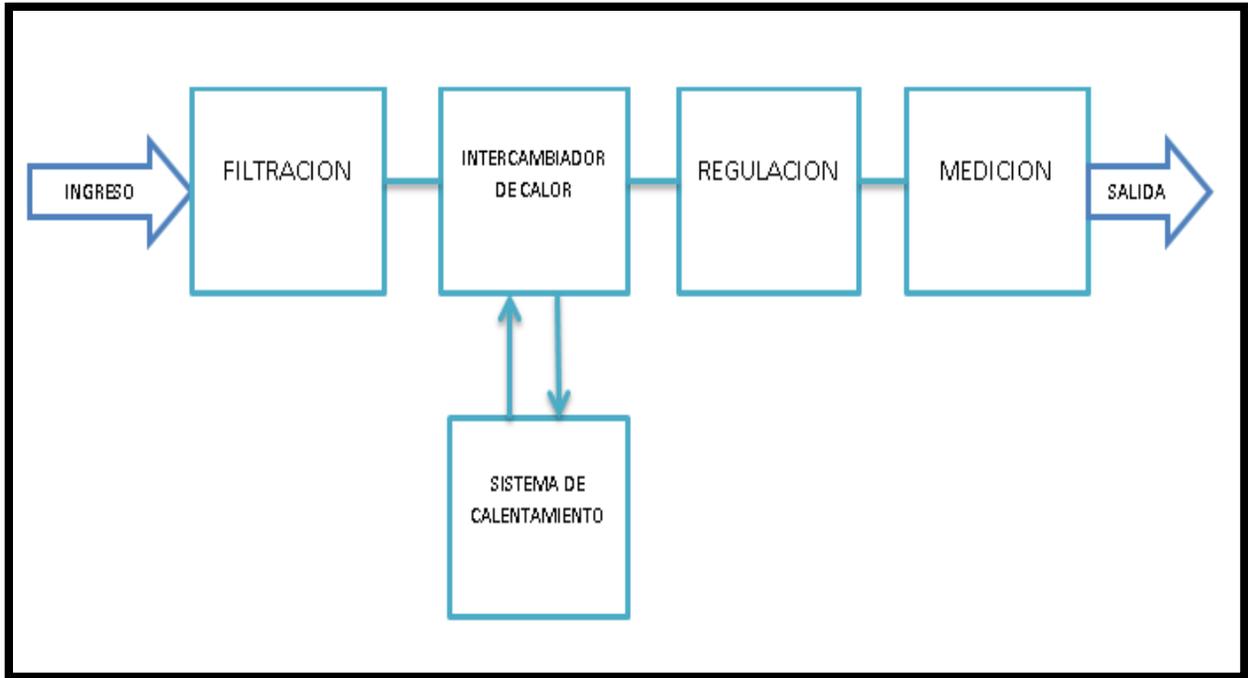
#### **5.1.5. Localización de las instalaciones**

En general para todas las estaciones de regulación y medición se aplica el siguiente criterio: las mismas pueden dividirse en tres módulos cada una con funciones específicas: filtración, reducción de presión y medición.

Adicionalmente en aquellas estaciones que sea necesario calentar el gas antes de proceder a la regulación, se requiere instalar un intercambiador de calor con un sistema de agua de calentamiento.

Esquemáticamente en la gráfica 5 -1 podemos presentar el sistema de la siguiente manera:

**Grafica 5- 1. Diagrama de bloques del proceso en la estación de regulación de gas natural**



Fuente: Elaboración propia

## **5.2. SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS**

### **5.2.1. Diseño de tuberías**

Los tendidos de tuberías se dividen en general en tuberías de acero para las Redes Primarias que trabajan hasta Alta Presión y tuberías de polietileno para las redes secundarias que trabajan hasta Media Presión B. Asimismo se permite emplear en las Redes Secundarias, tuberías de acero, a juicio de la Empresa Distribuidora responsable y, en las Redes Primarias tuberías de polietileno de alta resistencia para presiones de 10 bar o superiores previo cumplimiento de lo establecido en el Artículo 21 del Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas.

### 5.2.2. Tubo de acero

1. El tubo de acero nuevo está calificado para usarse de acuerdo a este Anexo si: - Fue fabricado de acuerdo con una especificación aceptada; - Si es de norma desconocida pero satisface los requerimientos del ensayo a la tracción de la norma API 5L, o - es usado de acuerdo con los párrafos 3 o 4 de esta sección.
2. El tubo de acero usado está calificado para utilizarse según este reglamento, si: - Fue fabricado de acuerdo con especificaciones aceptadas, y satisface los requerimientos de inspección de este Anexo; - Satisface los requerimientos del ensayo a la tracción de la norma API 5L, o fue fabricado bajo especificaciones anteriores a este Anexo; - Ha sido usado en una línea existente de igual o mayor presión, y satisface los requerimientos del ensayo a la tracción de la norma API 5 L., o - es usado de acuerdo con el párrafo 3 de esta sección.
3. Tubos de acero, nuevos o usados pueden ser utilizados a una presión cuyo efecto produzca una tensión circunferencial menor de 414 bar (6000 psi), donde no se ejecuten espiras o curvas cerradas, si un examen visual indica que el tubo está en buenas condiciones y libre de grietas en la costura, y otros defectos que causarían pérdida.
4. Si deben ser soldados tubos de acero que no han sido fabricados con una especificación aceptada, deberán también pasar los ensayos de soldabilidad prescritos en la norma API 1104.
5. Los tubos de acero que no han sido usados previamente, podrán ser utilizados como tubos de reemplazo en un tramo de red o ramal si han sido fabricados de acuerdo con la misma especificación que el tubo usado en la construcción de ese tramo.
6. El tubo de acero nuevo que ha sido expandido en frío debe cumplir con las disposiciones obligatorias de la norma API-5L

### 5.3. DISEÑO DE GASODUCTO (ACOMETIDA)

#### 5.3.1. Datos de entrada del gasoducto

En nuestro caso seleccionaremos el medidor rotativo que cumple las siguientes características. La serie FMG de medidores de gas del tipo rotativo es proyectada para las más altas exigencias de medición, confiabilidad y precisión en el flujo gas. Los medidores cumplen integralmente la norma EN12480 y OIML R137. Un cartucho de aluminio compacto y fácil de reemplazar, permite la reparación y limpieza en local. Las tensiones provocadas por tubos de conexión son mínimos debido al diseño robusto y la construcción de viviendas y los cartuchos. El cuerpo de aluminio y la cubierta están diseñadas para trabajar hasta 21 bar de presión (300 psi) con un factor de seguridad de 5. rotor plaza con un mejor posicionamiento de los cojinetes principales y ejes, por lo que el metro es menos susceptible a la sobrecarga y los golpes de presión. Alta presión están diseñados para funcionar con presiones de trabajo de hasta 101 bar (1464 psi). En la Tabla 5 -1 se presentan las condiciones de operación para el diseño.

**Tabla 5- 1. Condiciones de Operación**

| <b>CONDICIONES DE OPERACIÓN</b> |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| <b>Medidor</b>                  | Rotativo           |
| <b>Odorizador</b>               | Inyección          |
| <b>Caudal máximo</b>            | 5000m <sup>3</sup> |
| <b>Caudal de operación</b>      | 5000m <sup>3</sup> |
| <b>Presión normal</b>           | 1200 psi           |
| <b>Presión máxima</b>           | 1440 psi           |
| <b>Temp</b>                     | -20°C a 60°C       |
| <b>GE</b>                       | 0.62               |
| <b>Velocidad del gas</b>        | 20m/s              |

Fuente: elaboración propia

### 5.3.2. Cálculo de las propiedades del fluido

En la Tabla 5 -2 se presentan las propiedades del gas natural a tomarse en cuenta para el cálculo de los componentes del City Gate.

Tabla 5- 2. Propiedades del fluido

| PROPIEDADES DEL FLUIDO    |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Gravedad Especifica       | 0.62 (adm.)              |
| Poder Calorífico sup.     | 9700 BTU/ft <sup>3</sup> |
| Poder Calorífico inf.     | 8730 BTU/ft <sup>3</sup> |
| Viscosidad                | 0.010616 cp              |
| Factor de Compresibilidad | 0.87 (adm.)              |

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3. Selección y Dimensionamiento de tuberías

#### 5.3.3.1. Cálculo de la velocidad máxima (erosión)

Según GAS PIPELINE HYDRAULICS tenemos la siguiente ecuación:

$$V_{max} = \sqrt{\frac{Z \times R \times T}{29 \times G \times P}}$$

Ecuación 5- 1

Dónde:

$V_{max}$  = Velocidad de gas (ft/s)

Z = Factor de compresibilidad (0.87)

R = Constante de gas (10.73 ft<sup>3</sup>psia/lb-mol R)

T = Temperatura del gas (80°F)

G = Gravedad del gas (0.62)

P = Presión del gas (1214.7 Psia)

Reemplazando datos tenemos lo siguiente:

$$V_{max} = \sqrt{\frac{0.87 \times 10.73 \text{ ft}^3 \text{ psia/lb} - \text{ mol R} \times 80^\circ\text{F}}{29 \times 0.62 \times 1214.7 \text{ Psia}}}$$

$$V_{max} = 48.04 \text{ ft/s}$$

En nuestro caso sería la velocidad de erosión.

### 5.3.3.2. Cálculo del diámetro mínimo de la tubería

$$V = 0.002122 \left( \frac{Q_b}{D^2} \right) \left( \frac{P_b}{T_b} \right) \left( \frac{Z \times T}{P} \right)$$

#### Ecuación 5- 2. Velocidad Máxima de erosión

Dónde:

V = Velocidad del gas (14.6 m/s)

Q<sub>b</sub> = flujo de gas a condiciones estándar (5000 m<sup>3</sup>/hora)

D = Diámetro interno de la tubería

P<sub>b</sub> = Presión base (14.7Psia)

T<sub>b</sub> = Temperatura base (520°F)

Z = Factor de compresibilidad (0.8)

T = Temperatura del gas (540)

P = Presión del gas (1200+14.7)

Despejando D de la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$D = \sqrt{14.7349 \left( \frac{Q_b}{V_{gas}} \right) \times \left( \frac{P_b}{T_b} \right) \times \left( \frac{Z \times T}{P} \right)}$$

### Ecuación 5- 3. Obtención de diámetro

Reemplazando datos tenemos lo siguiente:

$$D = \sqrt{14.7349 \left( \frac{5000}{14.6} \right) \times \left( \frac{14.7}{520} \right) \times \left( \frac{0.8 \times 540}{(1200 + 14.7)} \right)}$$

$$D = 3.5 \text{ pl}$$

#### 5.3.3.3. Cálculo de la velocidad de gas al ingreso del City Gate

$$V = 0.002122 \left( \frac{Q_b}{D^2} \right) \left( \frac{P_b}{T_b} \right) \left( \frac{Z \times T}{P} \right)$$

### Ecuación 5- 4

$$V = 0.002122 \left( \frac{5000}{3.5^2} \right) \left( \frac{14.7}{520} \right) \left( \frac{0.8 \times 540}{12000 + 14.7} \right)$$

$$V = 10.15 \text{ ft/s}$$

#### 5.3.3.4. Cálculo de la velocidad de salida de City Gate

Reemplazando en la ecuación 5 -4:

$$V = 0.002122 \left( \frac{Q_b}{D^2} \right) \left( \frac{P_b}{T_b} \right) \left( \frac{Z \times T}{P} \right)$$

$$V = 0.002122 \left( \frac{5000}{3.5^2} \right) \left( \frac{14.7}{520} \right) \left( \frac{0.8 \times 540}{350 + 14.7} \right)$$

$$V = 33.81 \text{ ft/s}$$

### 5.3.3.5. Calculando el diámetro de la tubería y la velocidad

Para el cálculo del diámetro en el tramo del gasoducto vamos a utilizar la ecuación 5-3 que se detalla a continuación.

$$Q = 3.7435 \times 10^{-3} \times E \times \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \times \left(\frac{P_1^2 - e^S \times P_2^2}{G \times T_m \times L_e \times Z}\right) \times D^{2.667}$$

#### Ecuación 5- 5. Ecuación de Weymouth

Dónde:

Q = flujo volumétrico de gas ( $m^3/dia$ )

E = eficiencia de la tubería 1.0 (para tubería nueva)

$T_b$  = temperatura base (520R)

$P_b$  = presión base (14.7 psia)

$P_1$  = presión de entrada del gas (9790.99 kpa)

$P_2$  = presión de salida de gas (7860.02 kpa)

G = gravedad específica del gas (0.62)

$T_m$  = Temperatura promedio del gas (299.67 k)

$L_e$  = longitud equivalente del gasoducto

Z = Factor de compresibilidad del gas (0.87)

D = diámetro interno de la tubería

A continuación tenemos las siguientes ecuaciones complementarias:

$$L_e = L \times \left(\frac{e^S - 1}{S}\right)$$

#### Ecuación 5- 6. Ecuación de longitud equivalente del gasoducto

Dónde:

L = longitud del gasoducto en (7km)

Asimismo, el término  $s$  se debe tener en cuenta en los casos de diferencias de altura entre el punto de entrada y salida. El parámetro  $s$  depende de la gravedad específica, factor de compresibilidad del gas, temperatura del flujo y la diferencia de altura:

$$S = 0.0684 \times G \times \left( \frac{H_2 - H_1}{T_f \times Z} \right)$$

### Ecuación 5- 7.Factor de Compresibilidad

Dónde:

$H_2$  = elevación de punto de salida (3621 m)

$H_1$  = elevación de punto de entrada (3979 m)

Reemplazando datos tenemos lo siguiente:

$$S = 0.0684 \times 0.62 \times \left( \frac{3979 - 3621}{294 \times 0.87} \right)$$

$$S = 0.060$$

A continuación reemplazamos los datos para calcular la longitud equivalente del gasoducto:

$$L_e = 7000 \times \left( \frac{e^{0.060} - 1}{0.060} \right)$$

$$L_e = 7214.26 \text{ m}$$

Calculamos el diámetro y la velocidad del gas y tenemos los siguientes resultados en la Tabla 5

-3.

**Tabla 5- 3. Determinación del diámetro y velocidad del gasoducto**

| $H_1$ | $H_2$ | $s$   | L(m) | $L_e$   | d(plg) | V   |
|-------|-------|-------|------|---------|--------|-----|
| 3979  | 3621  | 0.060 | 7000 | 7214.26 | 4.5    | 9.5 |

Fuente: Elaboración propia

En el anexo V se observa el esquema del sistema optimizado de suministro de gas natural, donde se observa el diseño de la interconexión para el City Gate.

### 5.3.3.6. Cálculo del espesor de la tubería

Para la determinación del espesor del tubo utilizaremos la ecuación 5 -8 indicada bajo la norma ANSI/ ASME B 31.8.

$$P = \frac{2000 \times S \times t}{D} (F \times E \times T)$$

**Ecuación 5- 8.Determinacion del espesor**

Dónde:

P = presión de diseño

S = tensión mínima de tensión específica

t = espesor nominal de la pared

F = factor de diseño de acuerdo a la clase de localización

E = factor de junta longitudinal obtenido de la tabla

T = factor de disminución de temperatura

D = diámetro nominal exterior del tubo

A continuación tenemos las siguientes tablas:

Para los factores requeridos en la ecuación 5 .8 se requieren los factores que se encuentran en las Tablas 5 -4, 5 -5, 5 -6 y 5 -7 los cuales son factores estandarizados para el diseño.

**Tabla 5- 4. Factor junta longitudinal (E)**

| ESPECIFICACIONES          | CLASE DE TUBO                     | FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL |
|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| <b>IRAM-IAS U500-2630</b> | Sin costura                       | 1.00                         |
|                           | Soldado por Resistencia eléctrica | 1.00                         |
| <b>ASTM A 106</b>         | Sin costura                       | 1.00                         |
| <b>ASTM A 333</b>         | Sin costura                       | 1.00                         |
|                           | Soldado eléctricamente            | 1.00                         |
| <b>ASTM A 381</b>         | Soldado por doble arco sumergido  | 1.00                         |
| <b>ASTM A 671</b>         | Soldado por fusión eléctrica      | 1.00                         |
| <b>ASTM A 672</b>         | Soldado por fusión eléctrica      | 1.00                         |
| <b>ASTM A 691</b>         | Soldado por fusión eléctrica      | 1.00                         |
| <b>API 5L</b>             | Sin costura                       | 1.00                         |
|                           | Soldado por Resistencia eléctrica | 1.00                         |
|                           | Soldado por destello eléctrico    | 1.00                         |
|                           | Soldado a tope en horno           | 1.00                         |
| <b>OTROS</b>              | Tubo mayor de 101 mm              | 1.00                         |
| <b>OTROS</b>              | Tubo de 101 mm o menor            | 1.00                         |

Fuente: tabla 841.1.7-1 de la norma ANSI/ ASME B 31.8

**Tabla 5- 5. FACTOR DE DISEÑO (F)**

| CLASE DE LOCALIZACION                      | FACTOR DE DISEÑO (F) |
|--|----------------------|
| <b>CLASE DE LOCALIZACION 1, DIVISION 1</b> | 0.80                 |
| <b>CLASE DE LOCALIZACION 1, DIVISION 2</b> | 0.72                 |
| <b>CLASE DE LOCALIZACION 2</b>             | 0.60                 |
| <b>CLASE DE LOCALIZACION 3</b>             | 0.50                 |
| <b>CLASE DE LOCALIZACION 4</b>             | 0.40                 |

Fuente: tabla 841.1.6-1 de la norma ANSI/ ASME B 31.8

**Tabla 5- 6. Especificación del material**

| Especificación del material | Grado B | Tipo de juntas  | Tensión mínimo de fluencia (s) |     |
|-----------------------------|---------|---|--------------------------------|-----|
|                             |         |   | Psi                            | Mpa |
| API 5L                      | B       | sin costura /<br>soldadura de<br>resistencia<br>eléctrica | 35.00                          | 241 |
|                             | X42     |   | 42.00                          | 290 |
|                             | X46     |   | 46.00                          | 317 |
|                             | X52     |   | 52.00                          | 359 |
|                             | X56     |   | 56.00                          | 386 |
|                             | X60     |   | 60.00                          | 414 |
|                             | X65     |   | 65.00                          | 448 |
|                             | X70     |   | 70.00                          | 483 |
|                             | X80     |   | 80.00                          | 552 |

Elaboración: tabla D-1 de la norma ANSI/ ASME B 31.8

**Tabla 5- 7. Factor de disminución de temperatura (t ) tubos de acero**

| TEMPERATURA DEL GAS |       | FACTOR DE<br>REDUCCION DE<br>TEMPERATURA (T) |
|---------------------|-------|--|
| °C                  | °F    |  |
| ≤ 121               | ≤ 250 | 1.00   |
| 149                 | 300   | 0.967  |
| 177                 | 350   | 0.933  |
| 204                 | 400   | 0.900  |
| 232                 | 450   | 0.867  |

Elaboración: Anexo 1 ANH " diseño de redes de Gas Natural "

Despejando el espesor de la pared (t) de la ecuación planteada y procedemos a realizar el cálculo, donde se observa un espesor de 0,2 mm para la cañería en la Tabla 5 -8 se tienen los resultados obtenidos.

**Tabla 5- 8. Determinación del espesor de la tubería (t) según el factor de diseño (F)  
(Tabla de resultados)**

| <b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>     |       |
|---------------------------------|-------|
| <b>Presión de diseño (Psig)</b> | 1420  |
| <b>S (Psi)</b>                  | 52000 |
| <b>diámetro (plg)</b>           | 10.7  |
| <b>F</b>                        | 0.5   |
| <b>E</b>                        | 1     |
| <b>T</b>                        | 1     |
| <b>t</b>                        | 0.204 |
| <b>T(tablas)</b>                | 0.307 |

Fuente: elaboración propia

### 5.3.3.7. Odorizador

Calculamos la capacidad del recipiente del Odorizador que deberá ser instalado en la estación de regulación, de acuerdo a especificaciones de los proveedores se tiene la siguiente Tabla 5-9.

**Tabla 5-9. Determinación de la capacidad del recipiente del Odorizador**

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| <b>Q gas</b>      | 15000 $m^3/h$    |
| <b>C odorante</b> | 9 $mg/m^3$       |
| <b>M odorante</b> | Kg/día           |
| <b>P odorante</b> | 991 $Kg/m^3$     |
| <b>Q odorante</b> | 0.0327 $m^3/día$ |
| <b>V litros</b>   | 5698 litros      |

Fuente: elaboración propia

## 5.4. SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

### 5.4.1. Diseño de filtros o separadores Verticales

De acuerdo a las especificaciones indicadas por el manual de diseño de gas natural y en concordancia con límites establecidos en el reglamento de distribución se requiere separar con una alta eficiencia partículas sólidas en el rango de tamaño entre 2-8  $\mu\text{m}$ . En virtud de lo antes señalado, el método de separación de partículas recomendado es el centrífugo o ciclónico. En tal sentido, el equipo que nos brinda la eficiencia requerida es el filtro vertical del tipo ciclo multiciclónico.

Ahora procedemos al dimensionamiento de ese tipo separador mediante la ecuación 5-7. En primer lugar calcularemos la velocidad de gas terminal o crítica necesaria para la sedimentación de partículas de tamaño entre 2-8  $\mu\text{m}$ :

$$V_t = k * \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}}$$

#### Ecuación 5- 9. Velocidad de gas critica

Dónde:

$\rho_l$  = densidad del líquido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\rho_g$  = densidad del vapor ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

K = constante empírica para dimensionamiento de separadores

Para separadores verticales se recomienda valores de K entre 0.1-0.35, sin embargo los valores de K disminuye con el aumento de la presión a valores de 0.30-250 psig y 0.275-800psig

Luego procederemos a calcular el diámetro mínimo del separador vertical utilizando la ecuación establecida:

$$D = \sqrt{14.7349 \times \left(\frac{Q_b}{V_{gas}}\right) \times \left(\frac{P_b}{T_b}\right) \times \left(\frac{Z \times T}{P}\right)}$$

#### Ecuación 5- 10. Diámetro del separador

Finalmente se recomienda para separadores verticales L/D utilizaremos una relación de L/D = 4.

**Tabla 5- 10. Características del separador vertical  
(Tabla de datos obtenidos)**

|          |                           |       |
|----------|---------------------------|-------|
| <b>P</b> | 700 psig                  |       |
| <b>T</b> | 55 °C                     |       |
| $\rho_l$ | 800.94                    |       |
| $\rho_g$ | 27.47                     |       |
| <b>k</b> | 0.284                     |       |
| $V_t$    | 1.50                      |       |
| <b>Q</b> | 5000 m <sup>3</sup> /hora |       |
| $N_s$    | 2                         |       |
| $D_{in}$ | cal                       | 35.92 |
|          | selec                     | 36    |
| $L_{in}$ | 144                       |       |

Elaboración propia

Los filtros seleccionados deben cumplir con las especificaciones de la tabla 5-10, esto según los catálogos de proveedores.

#### 5.4.1. Diseño de válvulas

##### 5.4.1.1. Dimensionamiento y selección de Válvulas de control

Para el dimensionamiento de las válvulas de control, se tomara en consideración que para determinar el diámetro del orificio cuando por esta debe circular el caudal mínimo normal y máximo las aperturas se encuentran en tramo intermedio de su carrera. Con estas condiciones de cálculo se aseguran la capacidad de regulación y rangos adecuados. Además para el caudal máximo se recomienda adoptar como estimación 1.25 veces el caudal normal máximo.

Procederemos a dimensionar la válvula de control de acuerdo a la ecuación general de flujo de Daniel Bernoulli:

$$K_v = \frac{Q_n}{963} \times \sqrt{\frac{G \times T_g}{\Delta P \times (P_1 + P_2)}} \quad , \text{si } \Delta P < \frac{P_1}{2} (\text{Abs})$$

**Ecuación 5- 11. Flujo de Daniel Bernoulli 1**

$$K_v = \frac{Q_n \times \sqrt{G \times T_g}}{385 \times P_1} \quad , \text{si } \Delta P \geq \frac{P_1}{2} (\text{Abs})$$

**Ecuación 5- 12. Flujo de Daniel Bernoulli 2**

Dónde:

Q = Flujo volumétrico de gas ( $\frac{ft^3}{hora}$ )

G = gravedad específica del gas

T<sub>g</sub> = temperatura del gas (°R)

P<sub>1</sub> = presión del gas en la entrada (psia)

P<sub>2</sub> = presión del gas en la salida (psia)

ΔP = caída de presión (psia)

K<sub>v</sub> = coeficiente de dimensionamiento de la válvula

**Tabla 5- 11. Escenarios de producción**

| Variables                | Escenario 1 | Escenario 2 |
|--------------------------|-------------|-------------|
|                          | Máximo      | Mínimo      |
| Q (m <sup>3</sup> /hora) | 5000        | 5000        |
| G                        | 0.62        | 0.62        |
| T (°C)                   | 52.8        | 52.8        |
| P <sub>1</sub>           | 1440        | 610         |
| P <sub>2</sub>           | 610         | 609         |
| ΔP                       | 531         | 1           |
| K <sub>v</sub>           | 136.48      | 356.32      |

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos podemos observar que el Kv máximo es 136.48 a continuación procedemos a seleccionar el diámetro de orificio de la válvula utilizando la tabla siguiente:

**Tabla 5- 12. Posición de la válvula**

| Tamaño de válvula<br>(min) | Min | Posición de la válvula QTCV-T4 (grados abiertos) |      |      |      |     |     |     |     |      |
|----------------------------|-----|--|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
|                            |     | 9°   | 10°  | 20°  | 30°  | 40° | 50° | 60° | 70° | 80°  |
| <b>4''(100)</b>            | 1.5 | 1.8  | 12.9 | 26.7 | 42.8 | 59  | 90  | 142 | 238 | 300  |
| <b>6''(150)</b>            | 3.4 | 4  | 29   | 60   | 96   | 132 | 202 | 318 | 544 | 673  |
| <b>8''(200)</b>            | 5.8 | 6.9  | 49.8 | 103  | 165  | 226 | 347 | 547 | 935 | 1157 |

Fuente. Catalogo Válvula QTVC-T4 marca BECKER

De la tabla anterior podemos observar que para los valores de Kv podríamos seleccionar una válvula de 6'' de diámetro en condiciones normales

#### 5.4.1.2. Válvulas de alivio

Para dimensionar el cálculo de las válvulas de alivio utilizaremos la norma "API 520" Dimensión, Selección e instalación de Dispositivos de Alivio de Presión, la cual establece la siguiente ecuación 5-8:

$$A = \frac{14.41 \times V \times \sqrt{T \times Z \times G_v}}{C \times K_d \times P_1 \times K_b \times K_C}$$

**Ecuación 5- 13. Área requerida del orificio**

Dónde:

V = Flujo volumétrico de gas requerido

G = gravedad específica del gas

T = temperatura del gas K

Z = Factor de compresibilidad

C = Constante del flujo de gas, se sugiere un valor conservador de 0.0239

$K_d$  = Coeficiente d descarga (0.953 para aire vapor de agua y vapores)

$P_1$  = Presión absoluta de alivio kPa

$K_b$  = cuando la contra presión está por debajo del 55 % el valor es 1

$K_c$  = factor de corrección para instalaciones con el disco de ruptura no está instalado aguas arriba de la válvula de alivio de presión el valor es 0.9

$A$  = área requerida del orificio  $mm^2$

Calculando tenemos:

**Tabla 5- 13. Resultados obtenidos**

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>Pajuste (psi)</b>         | <b>610</b> |
| <b><math>P_1</math>(psi)</b> | 729        |
| <b>T(°C)</b>                 | 20         |
| <b><math>Q_{max}</math></b>  | 5000       |
| <b>V (10% Q )</b>            | 250        |
| <b>Z</b>                     | 0.87       |
| <b>C</b>                     | 0.0239     |
| <b><math>K_d</math></b>      | 0.953      |
| <b><math>K_c</math></b>      | 0.9        |
| <b><math>K_b</math></b>      | 1          |
| <b>A (<math>cm^2</math>)</b> | 4.393      |

Fuente: elaboración propia

Del resultado obtenido tenemos que el área requerida del orificio es de  $4.393(cm^2)$ . A continuación, utilizaremos la norma API 526 “Válvulas de Alivio de Presión de Acero Bridadas”, la cual nos indica el área de orificio efectiva y el tipo de letra para la selección de la válvula de alivio.

**Tabla 5- 14. Norma API 526**

| Descripción | Área de orificio efectivo |
|-------------|---------------------------|
| <b>F</b>    | 1.980                     |
| <b>G</b>    | 3.245                     |
| <b>H</b>    | 5.064                     |
| <b>J</b>    | 8.303                     |
| <b>K</b>    | 11.858                    |
| <b>L</b>    | 18.406                    |
| <b>M</b>    | 23.220                    |

Fuente: Tabla N°1 de la norma API 526

De la Tabla 5 -14 selecciona el tipo de orificio H con un área efectiva de  $5.064 \text{ cm}^2$  de la válvula de alivio de los datos del fabricante.

**Tabla 5- 15. Especificaciones técnicas de la válvula**

| Orificio |                        | Tamaño Valv.   | ANSI  |       | $P_{max}(\text{psig})$ |       |
|----------|------------------------|----------------|-------|-------|------------------------|-------|
| Letra    | Area ( $\text{in}^2$ ) | Inlet x outlet | Inlet | oulet | -20°F                  | 100°F |
| <b>H</b> | 0.785                  | 2x3            | 600   | 150   | 1480                   |       |

Fuente. Especificaciones Técnicas de la válvula de Alivio SERIES 3800 Marca FARRIS

Por lo tanto, la válvula de alivio seleccionada será del tipo de orificio "H", ANSI 600X150 de diámetro de ingreso de 2" y de salida de 3".

#### **5.4.2. Regulador Trabajador-Monitor**

El sistema de regulación que será utilizado para este diseño será el de regulador monitor trabajador en el cual se utilizan elementos de diseño tanto de la regulación en serie como de los

monitores abiertos. En una instalación de monitor en funcionamiento, los dos reguladores funcionan continuamente como reguladores en serie para tomar dos cortes de presión.

Para la selección de regulador se empleara la siguiente ecuación 5 -12:

$$Q = \sqrt{\frac{520}{G * T}} * C_g * P_1 * SIN \left[ \frac{3417}{C_1} \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}} \right] deg.$$

**Ecuación 5- 14. Calculo del regulador**

Donde:

$C_g$ : Coeficiente de dimensionamiento [-]

$Q$ : Caudal de gas a través de la válvula [SCFH]

$P_1$ : Presión de ingreso de la válvula [psia]

$\Delta P$ : Caída de presión a través de la válvula [psi]

$C_1$ : Coeficiente de recuperación de la válvula [-]

$T$ : Temperatura de operación [R]

$G$ : Gravedad específica [-]

La tabla 5-16 presenta los datos y condiciones de flujo para la elección de regulador.

**Tabla 5- 16. Condiciones de flujo para la elección del regulador**

| Condiciones de flujo                                    | Unidades   | 1ra etapa     | 2da etapa     | 2da sin 1ra   | 1ra sin 2da   |
|---|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Flujo a condiciones base                                | [scfh]     | 176573,50     | 176573,50     | 176573,50     | 176573,50     |
| Presión de ingreso                                      | [psi]      | 1214,70       | 814,70        | 1214,70       | 1214,70       |
| Presión regulada  | [psi]      | 814,70        | 364,70        | 364,70        | 394,70        |
| Presión atmosférica                                     | [psi]      | 9,13          | 9,13          | 9,13          | 9,13          |
| Caída de presión  | [psi]      | 400,00        | 450,00        | 850,00        | 820,00        |
| Temperatura de operación                                | [R]        | 560,67        | 560,67        | 560,67        | 560,67        |
| Coeficiente de flujo C1                                 | [-]        | 27,00         | 37,00         | 37,00         | 27,00         |
| Gravedad específica                                     | [-]        | 0,62          | 0,62          | 0,62          | 0,62          |
| <b>Coeficiente de dimensionamiento <math>C_g</math></b> | <b>[-]</b> | <b>123,79</b> | <b>188,66</b> | <b>121,08</b> | <b>121,37</b> |

Fuente: elaboración propia

La tabla 5-17 presenta los datos obtenidos y la elección del regulador trabajador monitor.

**Tabla 5- 17. Regulador seleccionado trabajador - monitor**

| Regulador elegido             |           | 1ra etapa      | 2da etapa      | 2da sin 1ra    | 1ra sin 2da    |
|-------------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marca                         | [-]       | FlowGrid       | FlowGrid       | FlowGrid       | FlowGrid       |
| Modelo                        | [-]       | FP-42          | FP-10          | FP-10          | FP-10          |
| Tamaño                        | [pulgada] | 2              | 2              | 2              | 2              |
| Presión máxima de operación   | [psi]     | 400-900        | 200-450        | 200-450        | 200-450        |
| Material                      | [-]       | Hierro fundido | Hierro fundido | Hierro fundido | Hierro fundido |
| Conexión                      | [-]       | Roscada NPT    | Roscada NPT    | Roscada NPT    | Roscada NPT    |
| Coefficiente dimensionamiento | [-]       | 245            | 500            | 500            | 500            |
| Operación                     | [%]       | 50,53%         | 37,73%         | 24,22%         | 24,27%         |
| Caída de presión              | [psi]     | 63,30          | 40,66          | 26,72          | 14,23          |

Fuente: elaboración propia

#### 5.4.3. Medidor

Para la selección del medidor, en primer lugar calcularemos el volumen a ser medido a condiciones de operación, para el cálculo mencionado utilizaremos la norma "AGA N°9 Medición de Gas Natural por Medidores Ultrasónicos", la cual en su numeral 7.3.1 establece la fórmula siguiente:

$$V_b = \frac{P}{P_b} \times \frac{T_b}{T} \times \frac{Z_b}{Z} \times V$$

#### Ecuación 5- 15. Calculo del Medidor

Dónde:

$V_b$  = Flujo volumétrico de gas a condiciones estándar ( $m^3$ /hora)

$P_b$  = Presión a condiciones estándar (bar)

$T_b$  = Temperatura a condiciones estándar (K)

$Z_b$  = Factor de compresibilidad del gas a condiciones estándar

P = Presión de gas a condiciones de operación (bar)

V = Flujo volumétrico a condiciones de operación ( $m^3$ /hora)

T = Temperatura del gas a condiciones de operación (K)

Z = factor de compresibilidad a condiciones de operación

Calculando tenemos los siguientes resultados:

**Tabla 5- 18. Resultados obtenidos**

| <b>Tipo</b>                 |                          | <b>Rotativo DP</b> |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------|
| <b>Tamaño</b>               |                          | 2''                |
| <b>Conexión</b>             |                          | Flanged ANSI 600   |
| <b>Presión permisible</b>   |                          | MAOP 1440 psig     |
| <b>Rango de flujo</b>       |                          | 3M                 |
| <b>Unidades totalizadas</b> |                          | Metros cúbicos     |
| <b>Materiales</b>           | <b>Cuerpo</b>            | Acero al carbono   |
|                             | <b>Elemento rotativo</b> |                    |
|                             | <b>Shaft</b>             | Acero inoxidable   |
| <b>Rangeabilidad</b>        |                          | > 20:1             |
| <b>Precisión</b>            |                          | 1 %                |

Elaboración propia

Estas son las condiciones que debe cumplir un medidor para el uso óptimo en el City Gate.

## **5.5. ANALISIS DE USU COMPARATIVO DEL GAS NATURAL VERSUS LEÑA EN HORNOS DE YESO**

Las poblaciones que cuentan con yeseras serán alimentadas mediante redes primarias, las mismas deberán contar con puente regulación y medición (PRM). Dicho PRM deberá ser diseñado conforme el Anexo 6 "Instalaciones Industriales de Gas Natural", del "Reglamento de Diseño, Construcción, Operación, de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas", aprobado mediante el D.S. 1996.

De acuerdo con las siguientes características del gas natural Tabla 5 -17 y la leña obtenida de la madera de los diferente arboles de la región se tiene los siguientes datos.

**Tabla 5- 19. Poder calorífico del gas natural y madera del lugar**

| <b>MATERIA</b>         | <b>PODER CALORIFICO</b> | <b>UNIDADES</b> |
|------------------------|-------------------------|-----------------|
| <b>GAS NATURAL</b>     | <b>28.329</b>           | <b>KJ/m3</b>    |
| <b>MADERA</b>          |                         |                 |
| <b>CHARI</b>           | 19.892.125              | kJ/m3           |
| <b>TIPA</b>            | 12.088.346              | kJ/m3           |
| <b>CHURQUI</b>         | 16.642.792              | kJ/m3           |
| <b>CEBIL</b>           | 16.048.207              | kJ/m3           |
| <b>QUINA</b>           | 17.963.696              | kJ/m3           |
| <b>GUAYABO</b>         | 12.329.223              | kJ/m3           |
| <b>TUSCA</b>           | 13.068.371              | kJ/m3           |
| <b>ALISO</b>           | 6.241.560               | kJ/m3           |
| <b>LAPACHO</b>         | 19.105.769              | kJ/m3           |
| <b>CIPRES</b>          | 10.422.344              | kJ/m3           |
| <b>PINO</b>            | 8.782.024               | kJ/m3           |
| <b>QUEBRACHO**</b>     | 19.350.163              | kJ/m3           |
| <b>LAUREL</b>          | 9.526.022               | kJ/m3           |
| <b>PROMEDIO/MADERA</b> | <b>12.961.475</b>       | <b>kJ/m3</b>    |

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 5-20. Densidad del gas natural**

| <b>DENSIDAD DEL GAS NATURAL<br/>15,56 °C Y 1,013 bar</b> |                         |
|--|-------------------------|
| <b>0,71</b>  | <b>Kg/m<sup>3</sup></b> |

Fuente: Elaboración Propia

Considerando la ecuación de potencias energéticas:

$$E = m * P_c$$

**Ecuación 5- 16. Ecuación de la energía**

Dónde:

E = Energía (KJ)

m = masa (kg)

P<sub>c</sub> = Poder Calorífico (kJ/m<sup>3</sup>)

Los datos obtenidos según el uso de leña como combustible para la elaboración de yeso son los siguientes:

**Tabla 5- 21. Datos de leña de producción**

| <b>Datos de leña de producción</b>         |          |                       |
|--|----------|-----------------------|
| <b>Volumen</b>                             | 3,07     | m <sup>3</sup> (leña) |
| <b>Produce</b>                             | 646,43   | bolsa (yeso)          |
| <b>una bolsa</b>                           | 22       | kg (yeso)             |
| <b>Capacidad de producción de un horno</b> | 14221,53 | kg (yeso)             |

Fuente: Elaboración Propia

Para la producción de 14221,53 kg de yeso con el uso de leña y empleando la ecuación 5-14 se tienen los siguientes datos:

**Tabla 5- 22. Energía liberada por la leña**

| <b>Energía liberada por la Leña</b> |              |    |
|-------------------------------------|--------------|----|
| <b>Volumen</b>                      | 3,07         | m3 |
| <b>Energía</b>                      | 184332042992 | KJ |

Fuente: Elaboración Propia

Para la misma producción de leña empleando el gas natural como combustible y realizando los mismos cálculos se tiene:

**Tabla 5- 23. Energía liberada por el gas natural**

| <b>Energía liberada por el gas natural</b> |          |    |
|--|----------|----|
| <b>Volumen</b>                             | 1403,42  | m3 |
| <b>Energía</b>                             | 39757523 | KJ |

Fuente: Elaboración Propia

Analizando los resultados se llega a la conclusión de que solo es necesario el 0,02% de energía de gas natural comparado con el uso de la leña para la producción de yeso, por lo cual es mucho más factible el uso de gas natural tomando en cuenta estos datos obtenidos.

## CAPITULO VI

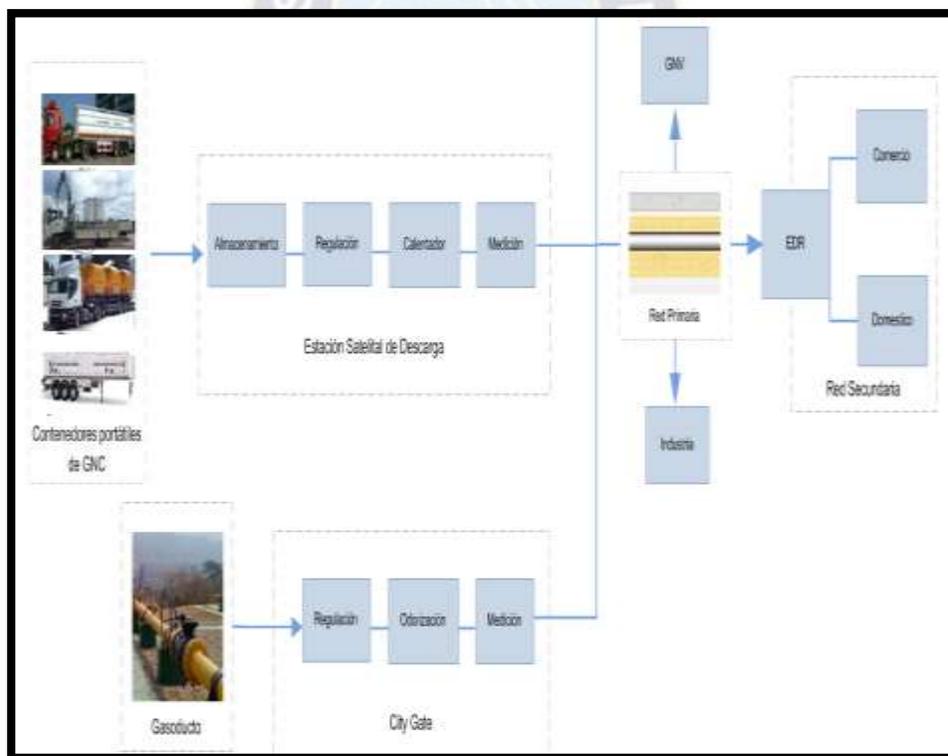
### ANALISIS DE COSTOS

#### 6.1. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

El análisis técnico, pasa por una serie de evaluaciones que se deben realizar para optimizar la alternativa de suministro de gas natural, esto con la finalidad de análisis la factibilidad estratégicamente en los lugares de estudio, con GN del sistema convencional a partir del gasoducto GVT.

A continuación se tiene la gráfica 6-1 que detalla el proceso de distribución del gas natural.

**Gráfica 6- 1. Esquema de transporte y distribución de gas natural**



Fuente: YPFB-GRGD-DGV.

La selección entre las alternativas de suministro, inicialmente pasa por consideraciones que permiten visualizar y seleccionar eficazmente el método a implementar, de modo que se tenga la configuración óptima en el empleo de todas las tecnologías. Para tal efecto se realiza la evaluación técnica – económica.

La evaluación Técnica se realizará en función al conjunto de requerimientos que inicialmente se deben considerar, además de implementar la alternativa adecuada según los requerimientos del lugar. En función a las condiciones técnicas y a los montos de inversión requeridos a continuación se presenta un análisis económico.

El análisis económico se realiza en función a los costos de inversión (CAPEX) correspondientes para la de distribución, en ese sentido el análisis económico abarcará desde la cuantificación de las inversiones para la factibilidad de implementación correspondiente a la construcción de redes de distribución convencional.

## **6.2. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN TIPO PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL.**

En cuanto a la inversión para implementar el sistema convencional a estas poblaciones, es necesario establecer los costos de los materiales, obras civiles y obras mecánicas. A continuación se muestra la tabla con los costos de inversión en función a los diámetros y capacidades requeridos para cada población.

**Tabla 6- 1. Inversión tipo Sistema convencional**

| N° | DESCRIPCION     | DIAMETRO | UNIDAD | CAUDAL (MCH) | COSTO UNITARIO (\$us) |
|----|-----------------|----------|--------|--------------|-----------------------|
| 1  | RED DE ACERO    | 4        | Pulg.  | -            | 97,31                 |
| 2  | RED DE ACERO    | 3        | Pulg.  | -            | 84,77                 |
| 3  | RED DE ACERO    | 2        | Pulg.  | -            | 75,47                 |
| 4  | RED POLIETILENO | 110      | mm     | -            | 26,14                 |
| 5  | RED POLIETILENO | 90       | mm     | -            | 23,48                 |
| 6  | RED POLIETILENO | 63       | mm     | -            | 19,48                 |
| 7  | RED POLIETILENO | 40       | mm     | -            | 18,05                 |
| 8  | CITY GATE       | -        | -      | 10.000       | 189.655               |
| 9  | CITY GATE       | -        | -      | 5.000        | 164.205               |
| 10 | CITY GATE       | -        | -      | 2.000        | 149.474               |
| 11 | EDR             | -        | -      | 500          | 65.251                |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de YPFB-GRGD-DGV

### 6.2.1 Cuantificación Económica del Sistema Optimizado de suministro de gas natural.

Debido a los alcances del Estudio de Ingeniería Conceptual, se analizarán los costos de cada uno de los componentes del presente Proyecto a un nivel de costos clase III, es decir +/- 20%.

### 6.2.2 Estimación de Costos Clase III.

A continuación se describen los montos de inversión de los sistemas optimizados para las Poblaciones analizadas anteriormente.

### 6.2.3 Montos de Inversión

A continuación se describen los montos de inversión en dólares americanos necesarios para cada una de las áreas en estudio.

**Tabla 6- 2. Montos de inversión mediante el sistema convencional**

| <b>Sistema Convencional</b> | <b>Población</b>      | <b>Origen</b>          | <b>Materiales (\$us)</b> | <b>Obras civiles / Mecánicas (\$us)</b> | <b>Inversión total (\$us)</b> |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---|-------------------------------|
| Red de Acero                | Narvéez               | GVT                    | 43.618                   | 144.195                                 | 187.813                       |
|                             | Huayco Aserradero     | Narvéez                | 246.792                  | 815.862                                 | 1.062.654                     |
|                             | El Tunal              | Huayco Aserradero      | 309.620                  | 1.023.563                               | 1.333.183                     |
|                             | San Josecito - Centro | Huayco Hacienda        | 78.209                   | 665.158                                 | 743.367                       |
|                             | San Josecito - Norte  | San Josecito - Centro  | 24.852                   | 211.365                                 | 236.217                       |
| Red de Polietileno          | Potreros              | El Tunal               | 5.023                    | 77.480                                  | 82.503                        |
|                             | Huayco Hacienda       | Cruce Huayco serradero | 3.067                    | 47.302                                  | 50.368                        |
|                             | Gareca                | Narvéez                | 27.952                   | 180.730                                 | 208.682                       |
| <b>Total (\$us)</b>         |                       |                        | <b>739.133</b>           | <b>3.165.655</b>                        | <b>3.904.788</b>              |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de YPFB-GRGD-DGV

**Tabla 6- 3. Montos de inversión de Estaciones Distrital de Regulación y City Gate**

| <b>Población</b>                     | <b>Descripción</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Materiales<br/>(\$us)</b> | <b>Obras civiles /<br/>Mecánicas<br/>(\$us)</b> | <b>Inversión total<br/>(\$us)</b> |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|---|-----------------------------------|
| <b>Narváez</b>                       | EDR                | 1               | 60.409,48                    | 4.841,95  | <b>65.251</b>                     |
| <b>Huayco<br/>Aserradero</b>         | EDR                | 1               | 60.409,48                    | 4.841,95  | <b>65.251</b>                     |
| <b>Huayco<br/>Hacienda</b>           | EDR                | 1               | 60.409,48                    | 4.841,95  | <b>65.251</b>                     |
| <b>El Tunal</b>                      | EDR                | 1               | 60.409,48                    | 4.841,95  | <b>65.251</b>                     |
| <b>San<br/>Josecito -<br/>Centro</b> | EDR                | 1               | 60.409,48                    | 4.841,95  | <b>65.251</b>                     |
| <b>San<br/>Josecito -<br/>Norte</b>  | EDR                | 1               | 60.409,48                    | 4.841,95  | <b>65.251</b>                     |
| <b>GVT -<br/>Narváez</b>             | City Gate          | 1               | 133.621                      | 56.034  | <b>189.655</b>                    |
| <b>SubTotal</b>                      |                    | <b>7</b>        | <b>496.078</b>               | <b>85.086</b>                                   | <b>581.164</b>                    |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de YPFB-GRGD-DGV

**Tabla 6- 4. Costo de inversión de las Unidades Requeridas**

| GRUPOS                           | POBLACIONES           | 100% SISTEMA CONVENCIONAL |              | SISTEMA OPTIMIZADO |                                     |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|--------------------|-------------------------------------|
|                                  |                       | (\$us)                    | red de acero | (\$us)             | ESD/RED DE ACERO/RED DE POLIETILENO |
| <b>AREA 1</b>                    | Narváz                | 261.122                   | red de acero | 187.813            | RED DE ACERO                        |
|                                  | Potreros              | 433.191                   | red de acero | 82.503             | RED DE POLIETILENO                  |
|                                  | El Tunal              | 660.351                   | red de acero | 1.333.183          | RED DE ACERO                        |
|                                  | Huayco Aserradero     | 2.704.071                 | red de acero | 1.062.654          | RED DE ACERO                        |
|                                  | Huayco Hacienda       | 347.156                   | red de acero | 50.368             | RED DE POLIETILENO                  |
|                                  | San Josecito – Centro | 467.906                   | red de acero | 743.367            | RED DE ACERO                        |
|                                  | San Josecito – Norte  | 784.875                   | red de acero | 236.217            | RED DE ACERO                        |
|                                  | Gareca                | 2.445.187                 | red de acero | 208.682            | RED DE POLIETILENO                  |
| <b>COSTO DE INVERSION (\$us)</b> |                       | 8.103.859                 |              | 3.904.787          |                                     |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de YPFB-GRGD-DGV

### 6.3. FACTIBILIDAD DE TECNOLOGÍAS PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL

Debido a la alta actividad de producción de Yeso y asentamiento disperso de los hornos hacia los yacimientos existentes en la zona, se analizan el escenario.

Este escenario contempla el tendido de una red convencional hacia las ocho poblaciones que componen el Área de estudio, esta red convencional toma en cuenta el consumo domiciliario, comercial, industrial y yeseras. La tecnología utilizada para la distribución de Gas Natural se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 6- 5. Tipo de tecnología para distribución de Gas Natural**

| N° | POBLACION             | ORIGEN                  | LONGITUD (km) | DIÁMETRO | UNIDADES | EDR MCH | RED DE ACERO/RED DE POLIETILENO |
|----|-----------------------|-------------------------|---------------|----------|----------|---------|---------------------------------|
| 1  | Narváez               | GVT                     | 1,93          | 4        | plg      | 500     | RED DE ACERO                    |
| 2  | Potrerros             | Narváez                 | 4,57          | 40       | mm       | -       | RED DE POLIETILENO              |
| 3  | El Tunal              | Narváez                 | 13,7          | 4        | Plg      | 500     | RED DE ACERO                    |
| 4  | Huayco Aserradero     | Huayco Hacienda         | 10,92         | 4        | Plg      | 500     | RED DE ACERO                    |
| 5  | Huayco Hacienda       | Cruce Huayco Aserradero | 2,79          | 40       | mm       | 500     | RED DE POLIETILENO              |
| 6  | San Josecito – Centro | El Tunal                | 9,85          | 2        | Plg      | 500     | RED DE ACERO                    |
| 7  | San Josecito – Norte  | San Josecito - Centro   | 3,13          | 2        | Plg      | 500     | RED DE ACERO                    |
| 8  | Gareca                | Narváez                 | 10,66         | 63       | mm       | -       | RED DE POLIETILENO              |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de YPFB-GRGD-DGV

La ubicación de GVT es en el Cruce de Narvaez y tiene una capacidad de 5 000 MCH

**Tabla 6- 6. Ubicación del GTV**

| <b>UBICACION DE GVT</b> | <b>CITY GATE (MCH)</b> |
|-------------------------|------------------------|
| <b>Cruce de Narvéez</b> | 5.000                  |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de YPFB-GRGD-DGV

#### **6.4. SISTEMA PROPUESTO PARA HORNOS DE YESERAS**

Las poblaciones que cuentan con yeseras serán alimentadas mediante redes primarias, las mismas deberán contar con puente regulación y medición (PRM). Dicho PRM deberá ser diseñado conforme el Anexo 6 “Instalaciones Industriales de Gas Natural”, del “Reglamento de Diseño, Construcción, Operación, de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas”, aprobado mediante el D.S. 1996.

Estos quemadores serán instalados en los hornos aguas abajo del PRM, el dimensionamiento de los quemadores deberán ser parte de otro estudio según las capacidades de producción y las dimensiones de los hornos y las características constructivas de los mismos.

Sin embargo, como referencia a continuación se proporciona algunos datos técnicos de operación de una ladrillera tipo:

- Presión de operación: 1.2 bar(g).
- Dimensiones del horno: 8 m (largo) x 2,5 m (alto) x 2,5 m (ancho).
- Capacidad de producción: 31.000 ladrillos por semana.
- Temperatura de cocción: 900 °C.

**Grafica 6- 2. Esquema referencial para el sistema de quemadores para yeseras.**



Fuente: YPFB-GRGD-DGV.



## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. CONCLUSIONES

Una vez terminado el presente proyecto se puede determinar las siguientes conclusiones:

- Se identificó las poblaciones que se beneficiarían con la implementación del City Gate estas son El Tunal, Narvárez, San Joselito Centro, Huayco Aserradero, San Joselito Norte, Huayco Hacienda, Gareca y Potrerros. Se determinó la demanda en base a parámetros en la que se considera el uso de cocina y calefón.
- Se identificó mediante cálculos la selección de ruta. El área de trazado para el gasoducto es de clase 3 con un valor del factor de diseño de 0.6.
- Los planos fueron elaborados de acuerdo a las especificaciones correspondientes en los anexos
- Para el diseño se utilizó el modelo matemático de Weymouth es el que mejor se acopla para la determinación de diámetros ya que es la ecuación recomendada en YPFB redes.
- Para el diseño y construcción del City Gate que en el presente proyecto se realizó el cálculo de diámetro para los ductos de conexión y el diseño de los equipos que deberán ser instalados donde se obtuvieron los siguientes datos:
  - ✚ Instalación de acometida especial con una longitud de 7604m
  - ✚ La velocidad máxima del gas en el gasoducto es 9.5 m/s
  - ✚ La máxima caída de presión del gasoducto es 3.86 bar
  - ✚ La velocidad del gas en la estación de regulación y el gasoducto no superan los límites de velocidad establecidos de 25 m/s y 20 m/s respectivamente.
  - ✚ El monto de inversión es de 581.164 \$us.

✚ En vista de que el caudal requerido es de 3505.33 m<sup>3</sup>/h, se realizó el cálculo para un City Gate de 5000 m<sup>3</sup>/h que cubre con las necesidades demandadas, dando los siguientes resultados:

- Para la acometida

#### Determinación del diámetro y velocidad del gasoducto

| $H_1$ | $H_2$ | s     | L(m) | $Le$    | d(plg) | V   |
|-------|-------|-------|------|---------|--------|-----|
| 3979  | 3621  | 0.060 | 7000 | 7214.26 | 4.5    | 9.5 |

Fuente: Elaboración propia

- Odorizador

#### Determinación de la capacidad del recipiente del recipiente del Odorizador

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| <b>Q gas</b>      | 15000 m <sup>3</sup> /h   |
| <b>C odorante</b> | 9 mg/m <sup>3</sup>       |
| <b>M odorante</b> | Kg/dia                    |
| <b>P odorante</b> | 991 Kg/m <sup>3</sup>     |
| <b>Q odorante</b> | 0.0327m <sup>3</sup> /dia |
| <b>V litros</b>   | 5698 litros               |

Fuente: elaboración propia

- Separador vertical

#### Características del separador vertical

|          |                           |       |
|----------|---------------------------|-------|
| <b>P</b> | 700 psig                  |       |
| <b>T</b> | 55 °C                     |       |
| $\rho_l$ | 800.94                    |       |
| $\rho_g$ | 27.47                     |       |
| <b>k</b> | 0.284                     |       |
| $V_t$    | 1.50                      |       |
| <b>Q</b> | 5000 m <sup>3</sup> /hora |       |
| $N_s$    | 2                         |       |
| $D_{in}$ | cal                       | 35.92 |
|          | selec                     | 36    |
| $L_{in}$ | 144                       |       |

Elaboración propia

### Posición de la válvula

| Tamaño de válvula (min) | Min | Posición de la válvula QTCV-T4 (grados abiertos) |      |      |      |     |     |     |     |      |
|-------------------------|-----|--|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
|                         |     | 10°  | 20°  | 30°  | 40°  | 50° | 60° | 70° | 80° | 90°  |
| 4''(100)                | 1.5 | 1.8  | 12.9 | 26.7 | 42.8 | 59  | 90  | 142 | 238 | 300  |
| 6''(150)                | 3.4 | 4  | 29   | 60   | 96   | 132 | 202 | 318 | 544 | 673  |
| 8''(200)                | 5.8 | 6.9  | 49.8 | 103  | 165  | 226 | 347 | 547 | 935 | 1157 |

Fuente. Catalogo Válvula QTCV-T4 marca BECKER

- Válvulas de alivio y regulador

### Resultados obtenidos

|                      |        |
|----------------------|--------|
| Pajuste (psi)        | 610    |
| $P_1$ (psi)          | 729    |
| T(°C)                | 20     |
| $Q_{max}$            | 5000   |
| V (10% Q)            | 250    |
| Z                    | 0.87   |
| C                    | 0.0239 |
| Kd                   | 0.953  |
| Kc                   | 0.9    |
| Kb                   | 1      |
| A (cm <sup>2</sup> ) | 4.393  |

Fuente: elaboración propia

### Especificaciones técnicas de la válvula

| Orificio |                         | Tamaño Valv.<br>Inlet x outlet | ANSI  |       | $P_{max}$ (psig) |       |
|----------|-------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|-------|
| Letra    | Area (in <sup>2</sup> ) |                                | Inlet | oulet | -20°F            | 100°F |
| H        | 0.785                   | 2x3                            | 600   | 150   | 1480             |       |

Fuente. Especificaciones Técnicas de la válvula de Alivio SERIES 3800 Marca FARRIS

Por lo tanto, la válvula de alivio seleccionada será del tipo de orificio "H", ANSI 600X150 de diámetro de ingreso de 2" y de salida de 3".

- Regulador trabajador-monitor

#### Regulador seleccionado trabajador - monitor

| Regulador elegido             |           | 1ra etapa      | 2da etapa      | 2da sin 1ra    | 1ra sin 2da    |
|-------------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marca                         | [-]       | FlowGrid       | FlowGrid       | FlowGrid       | FlowGrid       |
| Modelo                        | [-]       | FP-42          | FP-10          | FP-10          | FP-10          |
| Tamaño                        | [pulgada] | 2              | 2              | 2              | 2              |
| Presión máxima de operación   | [psi]     | 400-900        | 200-450        | 200-450        | 200-450        |
| Material                      | [-]       | Hierro fundido | Hierro fundido | Hierro fundido | Hierro fundido |
| Conexión                      | [-]       | Roscada NPT    | Roscada NPT    | Roscada NPT    | Roscada NPT    |
| Coefficiente dimensionamiento | [-]       | 245            | 500            | 500            | 500            |
| Operación                     | [%]       | 50,53%         | 37,73%         | 24,22%         | 24,27%         |
| Caída de presión              | [psi]     | 63,30          | 40,66          | 26,72          | 14,23          |

- Fuente: elaboración propia

- Medidor

Tabla 5- 16. Resultados obtenidos

| Tipo                 | Rotativo DP       |                  |
|----------------------|-------------------|------------------|
| Tamaño               | 2"                |                  |
| Conexión             | Flanged ANSI 600  |                  |
| Presión permisible   | MAOP 1440 psig    |                  |
| Rango de flujo       | 3M                |                  |
| Unidades totalizadas | Metros cúbicos    |                  |
| Materiales           | Cuerpo            | Acero al carbono |
|                      | Elemento rotativo |                  |
|                      | Shaft             | Acero inoxidable |
| Rangeabilidad        | > 20: 1           |                  |
| Precisión            | 1 %               |                  |

Elaboración propia

✚ De los resultados obtenidos se tienen los siguientes equipos para la implementación del City Gate:

### Componentes del City Gate

| CITY GATE 5000 m3/h |       |  |
|---------------------|-------|--|
| ITEM                | CANT. | DESIGNACION  |
| 1                   | 1     | MANOMETRO CONEXION INFERIOR 1/2" NPT 0-2000Psig                          |
| 2                   | 9     | VALVULA BOLA DE PASO REDUCIDO, 2"ANI 600 RF                              |
| 3                   | 1     | FILTRO VERTICAL 2"X6"X2" ANSI 600 RF                                     |
| 4                   | 1     | MANOMETRO DIFERENCIAL DE 0 - 20 PSIG                                     |
| 5                   | 1     | VALVULA DE BOLA 1" 3000 WOG  |
| 6                   | 1     | MEDIDOR DEPLAZAMIENTO POSITIVO 3M1480 2"ANSI 600 RF                      |
| 7                   | 1     | COMPUTADOR DE FLUJO, SCANNER NUFLO 2000                                  |
| 8                   | 2     | VALVULA SHUT OFF ACTUADA, 2"ANSI 600 CON PILOTO DE CORTE POR ALTA Y BAJA |
| 9                   | 2     | REGULADOR PILOTO ACTIVO - MONITOR, 2"ANSI 600 RF MODELO FG-53-50         |
| 10                  | 2     | REGULADOR PILOTO ACTIVO , 2"ANSI 600 RF MODELO FG-53-100                 |
| 11                  | 1     | VALVULA BOLA 1/4"MNPT  |
| 12                  | 1     | MANOMETRO CONEXION INFERIOR, 1/4"NPT 0-200 Psig                          |
| 13                  | 1     | REGULADOR AUTOOPERADO HP 1/4" SALIDA 0-250 Psig                          |
| 14                  | 1     | REGULADOR AUTOOPERADO 1/4" SALIDA 0-150 Psig                             |
| 15                  | 2     | MANOMETRO CONEXION INFERIOR, 1/4"NPT 0-1500 Psig                         |
| 16                  | 4     | VALVULA GAUJE 1/2" NPT WOG 6000  |
| 17                  | 1     | TERMOMETRO 1/2" NPT O A 200 °F   |
| 18                  | 3     | VALVULA DE BOLA PASO REDUCIDO, 3" ANSI 300 RF                            |
| 19                  | 1     | MANOMETRO CONECCION INFERIOR 1/2" NPT 0-1000 Psig                        |
| 20                  | 1     | ODORIZADOR TIPO INYECCION  |
| 21                  | 1     | PLACA DE ORIFICIO DEL MEDIDOR ANSI 600                                   |
| 22                  | 1     | PLACA TIPO OCHO, BYPASS DEL MEDIDOR ANSI 600                             |

Fuente. Elaboración propia

✚ De acuerdo al análisis de factibilidad realizado se observa que es factible y necesario la implementación de este tipo de tecnología para el mejoramiento y desarrollo de las poblaciones seleccionadas.

## 7.2 RECOMEDACIONES

- Para la ubicación se recomienda, buscar un área donde no se encuentre infraestructura escolar o parques.
- De acuerdo al estudio de factibilidad se considera un éxito para la implantación ya que en todos los aspectos se benefician las poblaciones citadas en este proyecto, tanto en lo económico como en lo ambiental.
- Para la construcción de redes secundarias y primarias se recomienda utilizar un factor de diseño igual a 0.6 debido a que el ducto recorrería varias zonas, sin embargo la intención del proyecto es de la implementación por lo que no se realizó el cálculo por tramos, para evitar inconvenientes en la instalación del gasoducto durante la etapa constructiva por incumplimiento de distancias mínimas hacia edificaciones ubicadas actualmente y a futuro en la zona de influencia.
- Es factible una implementación combinada entre el sistema convencional y el sistema virtual para abarcar la totalidad de poblaciones de la Provincia O`Connor, en vista de que este proyecto está abocado a las poblaciones industriales, existiendo varias poblaciones que solo requieren uso doméstico y/o comercial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade C., H. J., Arteaga C., C. C., & Segura M, M. A. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles de Ibagué, Tolima. *Gestión y sostenibilidad ambiental*.
- APPA. (03 de Junio de 2011). *www.appa.es.com*. Obtenido de <https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>
- ARAUCO. (15 de 09 de 2014). *web.arauco.cl*. Obtenido de [http://web.arauco.cl/informacion.asp?idq=644&parent=642&ca\\_submenu=642&idioma=](http://web.arauco.cl/informacion.asp?idq=644&parent=642&ca_submenu=642&idioma=)
- Bastiaenen, P. (2012). *Manejo de Residuos en los países Bajos*. Países Bajos: Embajada Real de los Países Bajos.
- Beyond Petroleum. (2018). *Informe Estadístico Mundial de energía* . México: GCYA.
- British Petroleum. (2016). *A view from the world* . England.
- Cahoon, E. B., & Sanli, H. (2008). *Metabolic Engineering of the content and Fatty Acid Composition of Vegetable Oils*. Texas: S1755-040807.
- Caldas, U. (2012). Combustión. *LUNA AZUL*, 10-25.
- Canakci, M., & Sanli, H. (2008). Biodiesel production from various feedstocks and their effects on the fuel properties. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 31-54.
- Colino M., A., & Caro, R. (2012). Fuentes Energéticas. *Dialnet News*.
- De Ulloa, A. (2011). *Fuentes de Energía E.S.O*. Medellín: Universidad de Cali.
- Deloitte. (2017). *Estudio del Sector de hidrocarburos 2016*. Reino Unido: Red Deloitte.
- Ferrer, A., Almeida, A., & Zabala, A. (2013). Uso de catalizadores en los procesos Fischer-Tropsch. *Revista mexicana de ingeniería química*.
- Graboski, M. S., & McCormick, R. L. (2010). Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progress in Energy and combustion science*, 24-37.

Greenpeace. (2011). *Nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos urbanos: viejos riesgos y ninguna solución*. Buenos Aires : Greenpeace.

IEA, International Energy Agency. (2016). *Energy efficiency 2016*. New York: IEA.

IEA, International Energy Agency. (2017). *Total Primary Energy Supply* . New York: International Energy Agency.

Instituto Tecnológico de Canarias S.A. (2012). *Energías y eficiencia energética*. España: Instituto Tecnológico de Canarias S.A.

Knothe, G. (2007). *Fuel Processing Technology: some aspects of biodiesel oxidative stability*. London: Mirk Sun.

La Voz de Tarija. (22 de julio de 2018). Buscan concretar proyecto para instalar hornos a gas en fábricas artesanales de yeso en O'Connor. *La Voz de Tarija*.

Mira Bolivia. (08 de Agosto de 2007). *www.mirabolivia.com*. Obtenido de [http://www.mirabolivia.com/foro\\_total.php?id\\_foro\\_ini=18465](http://www.mirabolivia.com/foro_total.php?id_foro_ini=18465)

MMAyA, M. d. (2011). *Diagnóstico de la Gestión de Residuos sólidos en el departamento de Pando*. La Paz, Bolivia: MMAyA/VAPSB/DGGIRS.

Moreira Santos, E. (2012). Principales características de las materias primas utilizadas en la producción de Biodiesel. *Investigación Energías Alternativas*, 56-61.

Perez Bedoya, M. (2016). Energías. *Natureduca*, 11-15.

Pfautler. (10 de Marzo de 2004). *www.pfautler.com*. Obtenido de <https://www.pfautler.com/es/servicios>

RENOVETEC. (02 de 08 de 2013). *www.plantasdebiomasa.net*. Obtenido de <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html>

Roldán V., J. (2008). *Fuentes de energía*. Madrid, España: Paraninfo Cengage Learning.

Sánchez R., J. M. (2012). *Energía: una historia del progreso y desarrollo de la humanidad*.

Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Tejada T., C., Tejada B., L., Villabona O., Á., & Monroy R., L. (2013). *Obtención de Biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal*. Bogotá: Luna Azul.

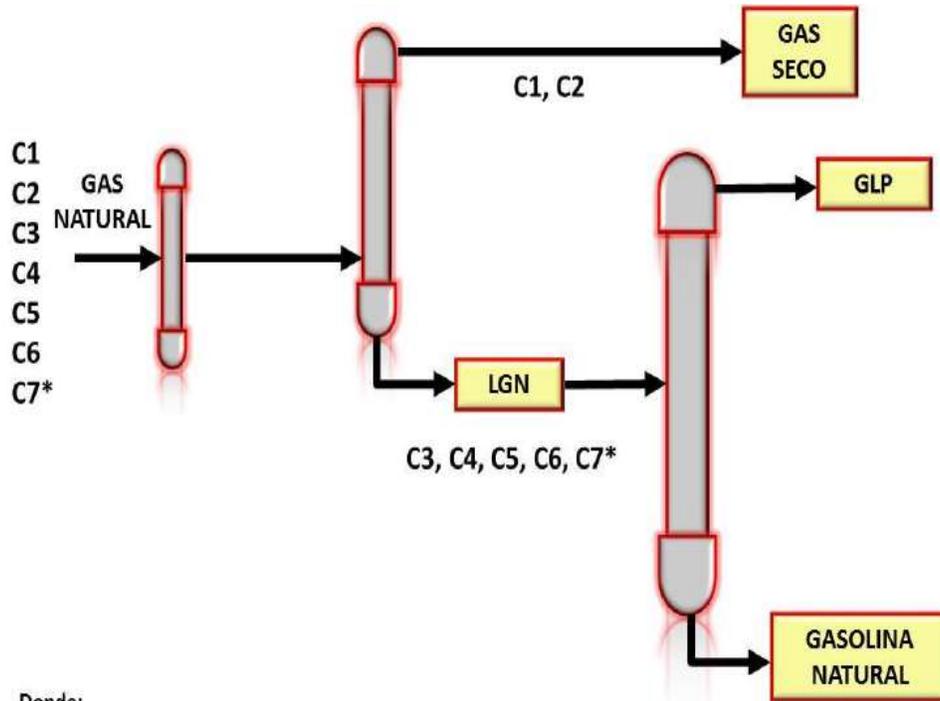
The flow of Energy in a industrial Society. (2007). World Statistical Energy Review. *The flow of Energy in a industrial Society*, 13-16.

Viceministerio de Desarrollo Energético. (2016). *Estrategia Boliviana de Hidrocarburos*. La Paz, Bolivia: Ministerio de Hidrocarburos y Energía .

# ANEXO

## ANEXO I

### Tratamiento del Gas Natural

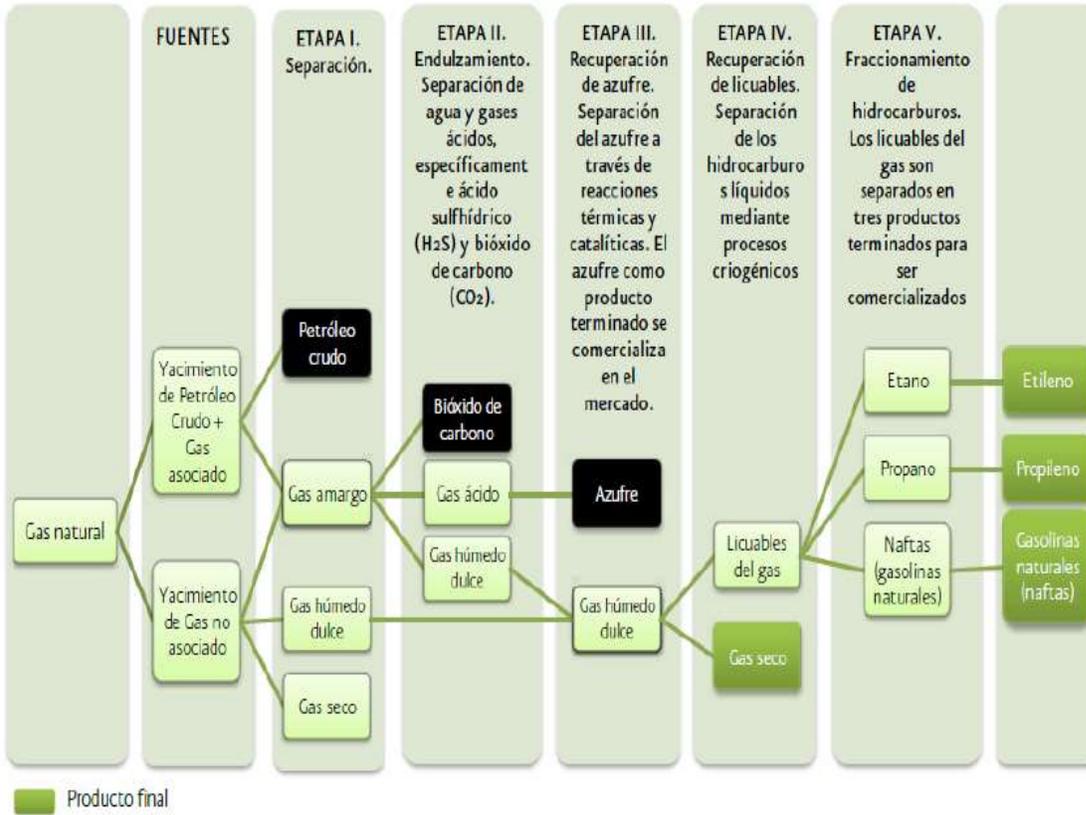


**Donde:**

C1: Metano; C2: Etano; C3: Propano; C4: Butano; C5: Pentano; C6: Hexano; C7\*: Heptano e Hidrocarburos más pesados.

**Fuente:** Procesamiento del Gas Natural (Ramírez, 2010)

## ANEXO II



**Fuente:** Flujograma de las etapas del Procesamiento del Gas Natural (Sener, 2007)

### ANEXO III

#### Datos del censo de las Poblaciones de Entre Ríos

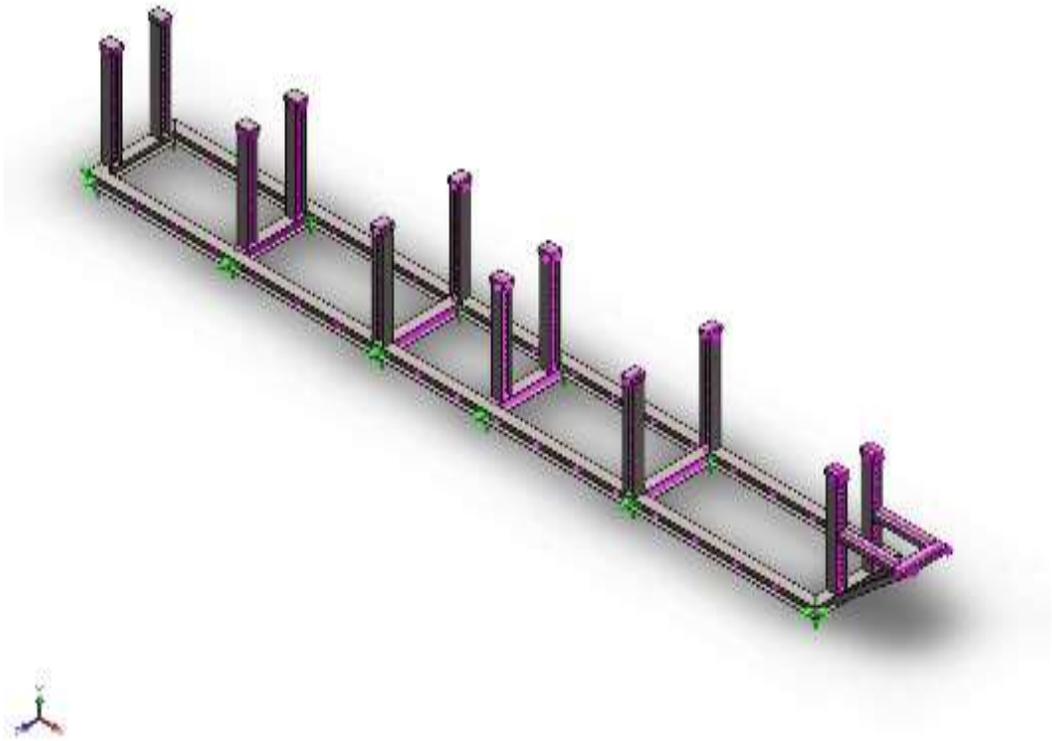
| N° | POBLACIÓN                 | N° DE HABITANTES     |      |
|----|---------------------------|----------------------|------|
|    |                           | N° VIVIENDAS<br>2016 | 2016 |
| 1  | PALOS BLANCOS             | 191                  | 916  |
| 2  | TIMBOY                    | 171                  | 552  |
| 3  | EL TUNAL                  | 159                  | 399  |
| 4  | SALINAS                   | 154                  | 444  |
| 5  | SAN JOSECITO              | 145                  | 532  |
| 6  | POTRERILLOS               | 142                  | 584  |
| 7  | LAS LOMAS                 | 134                  | 231  |
| 8  | NARVÁEZ                   | 129                  | 507  |
| 9  | SALADITO CENTRO           | 106                  | 247  |
| 10 | LOS NARANJOS              | 96                   | 311  |
| 11 | VALLECITO LOS<br>LAPACHOS | 93                   | 299  |
| 12 | HUAYCO ASERRADERO         | 88                   | 344  |
| 13 | CHIQUIACA CENTRO          | 85                   | 373  |
| 14 | SERERE SUR                | 83                   | 275  |
| 15 | SIVINGAL                  | 82                   | 283  |
| 16 | ÑAURENDA                  | 81                   | 407  |
| 17 | CHIQUIACA NORTE           | 71                   | 290  |
| 18 | SUARURO                   | 70                   | 202  |
| 19 | SAN DIEGO NORTE           | 62                   | 416  |
| 20 | MORETA                    | 48                   | 100  |
| 21 | ALAMBRADO                 | 64                   | 209  |
| 22 | SAN SIMON                 | 53                   | 146  |
| 23 | SAN DIEGO SUD             | 55                   | 184  |
| 24 | ALTO MELIADERO            | 24                   | 96   |

Fuente: Censo INE – 2012

## ANEXO IV

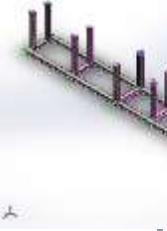
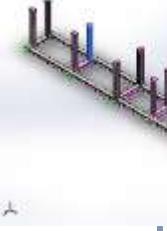
### SIMULACION SOLIDWORD

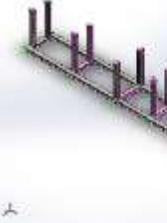
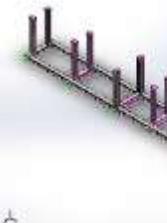
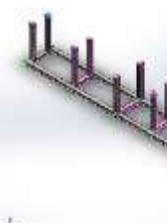
Información de modelo

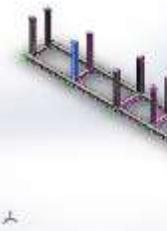
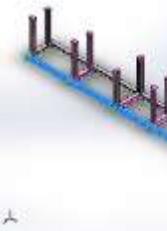
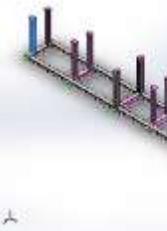


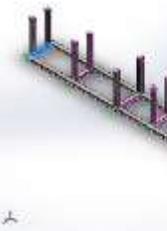
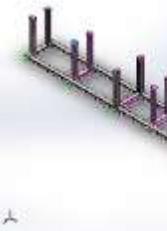
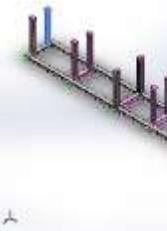
Nombre del modelo: 201218 STR CITY GATE

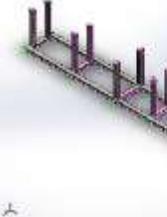
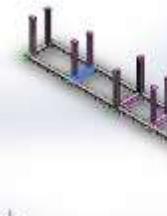
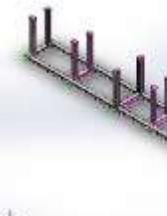
Configuración actual: Predeterminado<Como mecanizada>

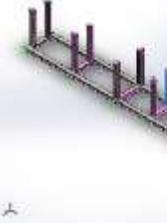
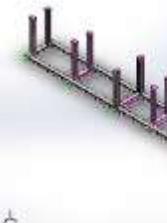
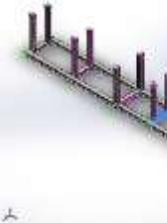
| Sólidos de viga:   |                                     |  |   |
|--|-------------------------------------|--|---|
| Nombre de documento y referencia   | Formulación                         | Propiedades  | Ruta al documento/Fecha de modificación                                       |
| Viga-1(Canal c 100X5 C(3)[1])<br>    | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c<br>channel/100x5 C<br>Área de sección:<br>0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N   | C:\Users\Documents\2<br>01218 STR CITY<br>GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-2(Recortar/ Extender9[4 ])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s<br>section/100x50x5<br>Área de sección:<br>0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N | C:\Users\Documents\2<br>01218 STR CITY<br>GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-3(Canal c 100X5 C(2)[1])  | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c<br>channel/100x5 C<br>Área de sección:<br>0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm  | C:\Users\Documents\2<br>01218 STR CITY<br>GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

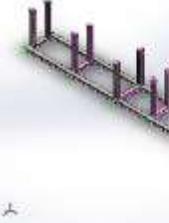
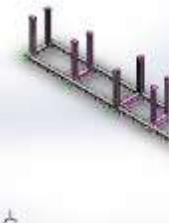
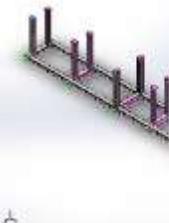
|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|   |  | <p>Volumen:0.000125509m<sup>3</sup><br/> Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/> Masa:0.985243kg<br/> Peso:9.65538N</p>   |   |
| <p>Viga-4(Recortar/Extender9[12])</p>   | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br/> Área de sección: 0.00177783m<sup>2</sup><br/> Longitud:940.369mm<br/> Volumen:0.00166979m<sup>3</sup><br/> Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/> Masa:13.1078kg<br/> Peso:128.457N</p> | <p>C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br/> Dec 19 19:23:19 2020</p> |
| <p>Viga-5(Canal c 100X5 C(1)[1])</p>  | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br/> Área de sección: 0.000965451m<sup>2</sup><br/> Longitud:130mm<br/> Volumen:0.000125509m<sup>3</sup><br/> Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/> Masa:0.985243kg<br/> Peso:9.65538N</p>   | <p>C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br/> Dec 19 19:23:19 2020</p> |
| <p>Viga-6(Recortar/Extender9[3])</p>   | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br/> Área de sección: 0.00177783m<sup>2</sup><br/> Longitud:940.369mm<br/> Volumen:0.00166979m<sup>3</sup><br/> Densidad:7850kg/m<sup>3</sup></p>  | <p>C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br/> Dec 19 19:23:19 2020</p> |

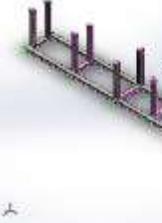
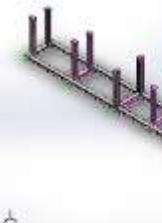
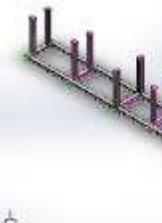
|   |                                     |  |  |
|---|-------------------------------------|--|--|
|                                        |                                     | Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N  |  |
| Viga-7(Sección s 100X50X5(1 ) [3])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:6980.64mm<br>Volumen:0.0115072m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:90.3312kg<br>Peso:885.246N  | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-8(Recortar/ Extender9[2 ])<br>  | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-9(Sección s 100X50X5(1 ) [4])  | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:750.638mm<br>Volumen:0.00123738m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup>                                    | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

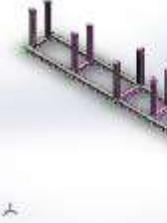
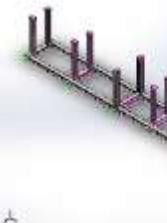
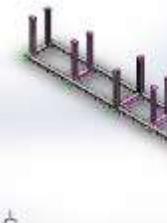
|  |                                     |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|
|                                       |                                     | Masa:9.71342kg<br>Peso:95.1915N  |  |
| Viga-10(Canal c 100X5 C(2)[4])<br>    | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N   | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-11(Recortar /Extender9[1])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-12(Canal c 100X5 C(1)[4])   | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup>                                       | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

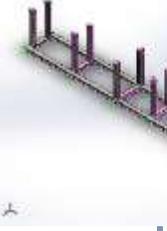
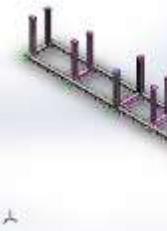
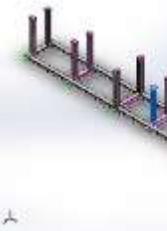
|  |                                     |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|
|                                       |                                     | Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N   |  |
| Viga-13(Recortar/Extender1[1])<br>    | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:688.889mm<br>Volumen:0.00113329m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:8.89631kg<br>Peso:87.1839N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020       |
| Viga-14(Recortar/Extender9[11])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020       |
| Viga-15(Recortar/Extender2[4])   | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup>                                    | C:\Users\boris\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

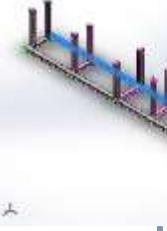
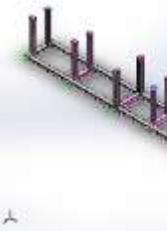
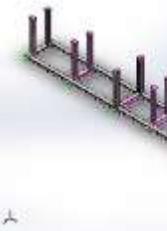
|  |                                     |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|
|                                       |                                     | Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N  |  |
| Viga-16(Canal c 100X5 C(3)[4])<br>    | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N   | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020       |
| Viga-17(Recortar /Extender1[3])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:688.889mm<br>Volumen:0.00113329m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:8.89631kg<br>Peso:87.1839N | C:\Users\boris\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-18(Recortar /Extender9[10])   | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup>  | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020       |

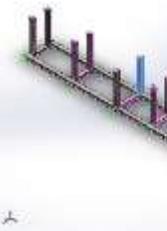
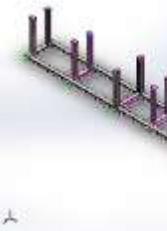
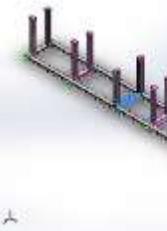
|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|    |  | <p>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/> Masa:13.1078kg<br/> Peso:128.457N</p>  |   |
| <p>Viga-19(Canal c 100X5 C(3)[3])</p>    | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br/> Área de sección: 0.000965451m<sup>2</sup><br/> Longitud:130mm<br/> Volumen:0.000125509m<sup>3</sup><br/> Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/> Masa:0.985243kg<br/> Peso:9.65538N</p> | <p>C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br/> Dec 19 19:23:19 2020</p> |
| <p>Viga-20(Canal c 100X5 C(2)[3])</p>  | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br/> Área de sección: 0.000965451m<sup>2</sup><br/> Longitud:130mm<br/> Volumen:0.000125509m<sup>3</sup><br/> Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/> Masa:0.985243kg<br/> Peso:9.65538N</p> | <p>C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br/> Dec 19 19:23:19 2020</p> |
| <p>Viga-21(Recortar /Extender10 [1])</p>  | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br/> Área de sección: 0.000965451m<sup>2</sup><br/> Longitud:540mm<br/> Volumen:0.000521344m<sup>3</sup><br/> Densidad:7850kg/m<sup>3</sup></p>   | <p>C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br/> Dec 19 19:23:19 2020</p> |

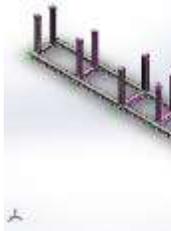
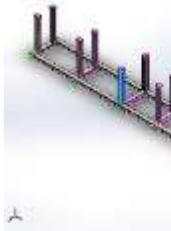
|   |                                     |  |  |
|---|-------------------------------------|--|--|
|                                      |                                     | Masa:4.09255kg<br>Peso:40.107N   |  |
| Viga-22(Recortar/Extender9[9])<br>   | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-23(Canal c 100X5 C(1)[3])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N   | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-24(Recortar/Extender1[4])  | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:688.889mm<br>Volumen:0.00113329m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup>                                    | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|   |  | Masa:8.89631kg<br>Peso:87.1839N  |   |
| Viga-<br>26(Recortar<br>/Extender10<br>[2])<br>   | Viga – Sección<br>transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c<br>channel/100x5 C<br>Área de sección:<br>0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:540mm<br>Volumen:0.000521344m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:4.09255kg<br>Peso:40.107N | C:\Users\Documents\2<br>01218 STR CITY<br>GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-<br>27(Recortar<br>/Extender13<br>[1])<br> | Viga – Sección<br>transversal uniforme | Estándar de sección-<br>Área de sección:<br>0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:862.454mm<br>Volumen:0.000833273m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:6.54119kg<br>Peso:64.1037N                          | C:\Users\Documents\2<br>01218 STR CITY<br>GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-<br>28(Sección s<br>100X50X5(1<br>)[2])   | Viga – Sección<br>transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s<br>section/100x50x5<br>Área de sección:<br>0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:750.638mm<br>Volumen:0.00123738m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup>                                | C:\Users\Documents\2<br>01218 STR CITY<br>GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

|  |                                     |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|
|                                       |                                     | Masa:9.71342kg<br>Peso:95.1915N  |  |
| Viga-29(Canal c 100X5 C(3)[2])<br>    | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N   | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-30(Recortar /Extender9[7])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-31(Sección s 100X50X5(1)[1])  | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:6980.64mm<br>Volumen:0.0115072m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup>                                     | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

|   |                                     |  |  |
|---|-------------------------------------|--|--|
|                                    |                                     | Masa:90.3312kg<br>Peso:885.246N  |  |
| Viga-32(Canal c 100X5 C(2)[2])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-33(Canal c 100X5 C(14))<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:440mm<br>Volumen:0.000424799m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:3.33467kg<br>Peso:32.6798N  | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-34(Recortar /Extender9[6])   | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00177783m <sup>2</sup><br>Longitud:940.369mm<br>Volumen:0.00166979m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup>                                  | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

|  |                                     |  |  |
|--|-------------------------------------|--|--|
|                                       |                                     | Masa:13.1078kg<br>Peso:128.457N  |  |
| Viga-35(Canal c 100X5 C(1)[2])<br>    | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/c channel/100x5 C<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:130mm<br>Volumen:0.000125509m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:0.985243kg<br>Peso:9.65538N   | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-36(Recortar /Extender1[2])<br> | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5<br>Área de sección: 0.00164843m <sup>2</sup><br>Longitud:688.889mm<br>Volumen:0.00113329m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:8.89631kg<br>Peso:87.1839N | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |
| Viga-37(Recortar /Extender13 [2])  | Viga – Sección transversal uniforme | Estándar de sección-<br>Área de sección: 0.000965451m <sup>2</sup><br>Longitud:859.802mm<br>Volumen:0.000831935m <sup>3</sup><br>Densidad:7850kg/m <sup>3</sup><br>Masa:6.53069kg  | C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT<br>Dec 19 19:23:19 2020 |

|   |                                     |  |   |
|---|-------------------------------------|--|---|
|                                        |                                     | Peso:64.0008N  |   |
| <p>Viga-38(Recortar/Extender9[5])</p>  | Viga – Sección transversal uniforme | <p>Estándar de sección-ansi inch/s section/100x50x5</p> <p>Área de sección: 0.00177783m<sup>2</sup></p> <p>Longitud:940.369mm</p> <p>Volumen:0.00166979m<sup>3</sup></p> <p>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup></p> <p>Masa:13.1078kg</p> <p>Peso:128.457N</p> | <p>C:\Users\Documents\201218 STR CITY GATE.SLDPRT</p> <p>Dec 19 19:23:19 2020</p> |

### Propiedades de estudio

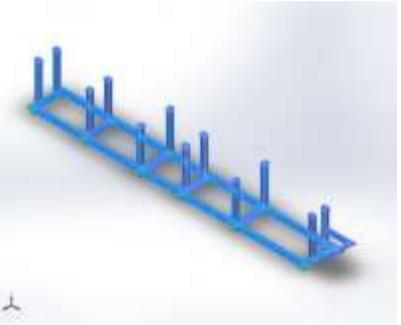
|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Nombre de estudio</b>                             | A1                   |
| <b>Tipo de análisis</b>                              | Análisis estático    |
| <b>Tipo de malla</b>                                 | Malla de viga        |
| <b>Tipo de solver</b>                                | Direct sparse solver |
| <b>Efecto de rigidización por tensión (Inplane):</b> | Desactivar           |
| <b>Muelle blando:</b>                                | Desactivar           |
| <b>Desahogo inercial:</b>                            | Desactivar           |
| <b>Opciones de unión rígida incompatibles</b>        | Automático           |
| <b>Gran desplazamiento</b>                           | Desactivar           |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Calcular fuerzas de cuerpo libre | Activar   |
| Carpeta de resultados            | Documento de SOLIDWORKS<br>(C:\Users\Documents) |

### Unidades

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Sistema de unidades:    | Métrico (MKS)    |
| Longitud/Desplazamiento | mm               |
| Temperatura             | Kelvin           |
| Velocidad angular       | Rad/seg          |
| Presión/Tensión         | N/m <sup>2</sup> |

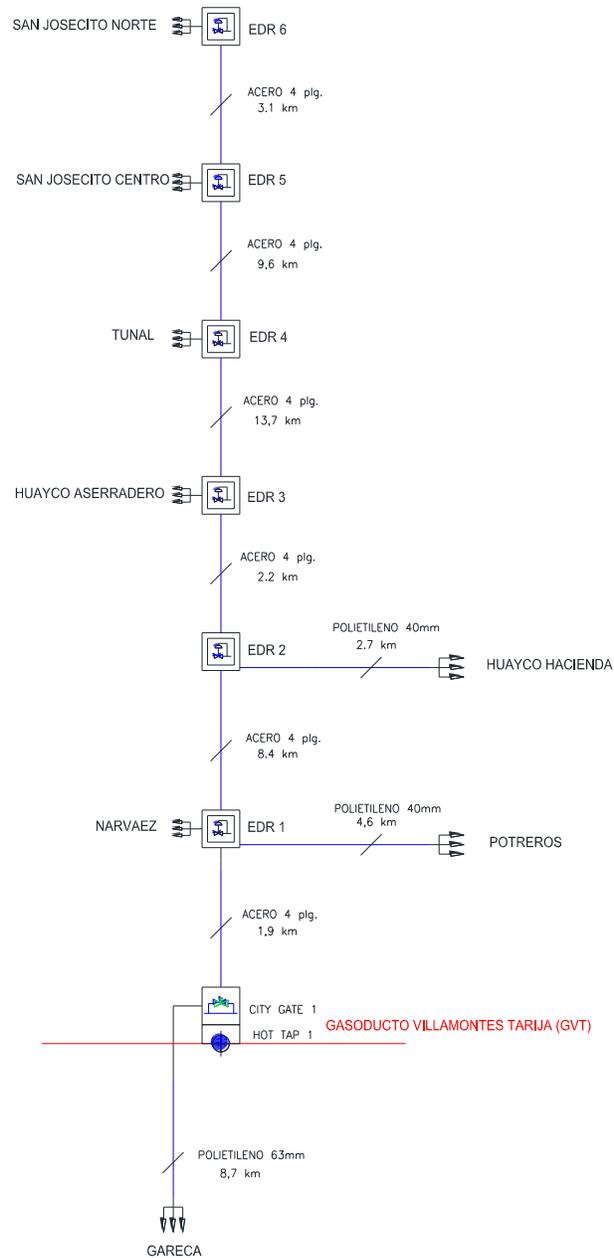
### Propiedades de material

| Referencia de modelo  | Propiedades  |
|---|--|
|  | Nombre: <b>ASTM A36 Acero</b>                        |
|   | Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>    |
|   | Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b> |
|   | Límite elástico: <b>2.5e+008 N/m<sup>2</sup></b>     |
|   | Límite de tracción: <b>4e+008 N/m<sup>2</sup></b>    |
|   | Módulo elástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b>       |
|   | Coefficiente de Poisson: <b>0.26</b>                 |
|   | Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b>               |
|   | Módulo cortante: <b>7.93e+010 N/m<sup>2</sup></b>    |

## ANEXO V

### ESQUEMAS DEL SISTEMA OPTIMIZADO DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL

#### SUMINISTRO MEDIANTE SISTEMA CONVENCIONAL ( ÁREA 1 )



Fuente elaboración propia

## GLOSARIO TÉCNICO

**Accesorios:** Elementos necesarios para el manejo, control, medición y seguridad de una planta, Todas sus partes deben resistir contacto con el gas en condiciones de trabajo elementos necesarios para manejar, medir y dar seguridad en una estación de gas L.P.

**Accesorios de Recipiente o Cilindros:** Son los dispositivos conectados al recipiente o cilindro para propósito de seguridad, control y operación.

**Accesorios del Recipiente Vehicular:** Dispositivos conectados al recipiente para fines de seguridad, control y operación.

**Accionador del Acelerador:** Dispositivo mecánico de operación manual diseñado para controlar la velocidad de la bomba de gas, a través del motor del vehículo. Su control es de una posición remota localizada en gabinete.

**Accionador de la Válvula Interna:** Mecanismo manipulado generalmente desde el gabinete, cuya función es controlar en forma remota el flujo del gas líquido que sale del tanque. Este mecanismo puede ser mecánico o neumático.

**Ácido Sulphídrico H<sub>2</sub>S:** Gas contaminante presente en el gas natural, el cual representa una impureza que debe eliminarse antes de que sea inyectado en el sistema de tuberías, ya sean de transporte o distribución. Reacciona en presencia de humedad formando el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), el cual incrementa la acción corrosiva en las tuberías de acero.

**Acopilador para válvula de Llenado:** Dispositivo mecánico de operación manual cuya función es interconectar en operaciones de trasiego.

**Activo Fijo i:** Conjunto de activos fijos incluidos en el número i del catálogo de cuentas;

**Activos monetarios:** Las partidas de los estados financieros cuyos montos se fijan en términos de unidades monetarias, independientemente de los cambios en el Índice Nacional de Precios al Consumidor en México.

**Activos no monetarios:** Las partidas de los estados financieros cuyos montos son susceptibles de ajuste por efecto de la inflación en México.

**Adaptador de seguridad:** Dispositivo que se conecta entre la válvula de la manguera y el tanque del usuario o cliente, cuyo fin es la de evitar fuga de gas, en los casos de que la válvula de llenado del tanque del cliente no cierre herméticamente. Este adaptador queda conectado al tanque hasta que se repare la fuga.

**Adaptador para conexión de manguera:** Dispositivo mecánico que se adosa a las válvulas de globo para permitir su conexión con los acopladores de las mangueras durante las maniobras de carga del recipiente.

**Aditivo para concreto:** Son materiales diferentes del cemento, agregados y agua que se adiciona a la mezcla de concreto con el objeto de promover un efecto útil;

**Adquiriente:** Persona que celebra o solicita celebrar un contrato que tenga por objeto una venta de primera mano.

**Aire Primario.** Es el aire que entra al quemador a través de su abertura y que se mezcla con el combustible antes de llegar a las portas.

**Aire Secundario:** Es el aire exteriormente suministrado a la flama en zona de combustión.

**Aislador:** Mecanismo utilizado para separar dos metales y evitar el flujo de corriente.

**Aislamiento Eléctrico:** Separación de dos metales para evitar el flujo eléctrico.

**Agregado fino:** Es la arena pétreo que pasa por la malla No. 4;

**Alta Presión Regulada:** Presión establecida por un regulador primario y es superior a la presión de trabajo de los aparatos de consumo.

**Almacenamiento:** La actividad de recibir, mantener en depósito y entregar gas, cuando el gas sea mantenido en depósito en instalaciones fijas distintas a los ductos.

**Almacenamiento de GNC:** Es el conjunto de recipientes que contienen GNC destinados para el abasto a vehículos.

**Alta Presión:** En las estaciones de servicio, después de la primera etapa de compresión o arriba de 2.06 MPa (21 kgf/cm<sup>2</sup>). En los vehículos, el gas natural comprimido que se encuentre desde el cilindro hasta la última etapa de regulación de presión inclusive.

**Análisis Cromatográfico:** Método para la determinación de la composición química del gas natural. Los componentes de una muestra representativa se separan físicamente por medio del método de Cromatografía de gas y se comparan con los de una mezcla de referencia de composición conocida. La composición del gas natural incluye metano, etano, propano, butanos, hidrocarburos más pesados, nitrógeno, bióxido de carbono y oxígeno. El análisis cromatográfico proporciona datos para el cálculo de las propiedades fisicoquímicas tales como el poder calorífico y la densidad relativa.

**Ánodo:** Elemento emisor de corriente eléctrica, electrodo en el cual ocurre el fenómeno de oxidación.

**Ánodo galvánico o de sacrificio:** Es un metal con potencial normal de oxidación, menor al de la estructura metálica por proteger y que al emitir corriente de protección, se consume. Pieza de magnesio o zinc que genera corriente de protección catódica debido a su diferencia potencial eléctrica.

**A prueba de falla:** Aspectos de diseño establecidos para mantener condiciones seguras de operación, en caso de un mal funcionamiento de dispositivos de control o de una interrupción de la fuente de energía.

**Área de influencia económica:** Espacio correspondiente a dos o más centros de población donde existe una interacción de las actividades productivas y de servicios de cada uno de ellos y que están conectados entre sí por vías de comunicación, lo que origina importantes flujos de bienes y servicios, de capital y demográficos entre ellos.

**Área de trasiego:** Área o sección de una planta que contiene sistemas de tuberías donde los líquidos inflamables o refrigerantes inflamables se alimentan o extraen de las

instalaciones, tales como operaciones de carga de auto tanques o áreas de descarga de barcos, o donde las conexiones de tubería son rutinariamente conectadas y desconectadas. Las áreas de trasiego no incluyen instalaciones de muestreo de productos o tubería permanente en planta

**Área de venta de cilindro portátil al usuario:** Área destinada en forma exclusiva para la venta directa al público de gas en cilindros portátiles.

**Área Unitaria:** Porción de terreno que, teniendo como eje longitudinal la tubería de gas, mide 1500 metros de largo por 400 metros de alto

**Asador:** Compartimiento que puede estar integrado a una estufa, o puede ser un aparato independiente que se empotra o sobrepone, en el cual se cocinan alimentos utilizando principalmente calor por radiación producido por uno o varios quemadores.

**Asador de superficie:** Es aquel localizado en la parte superior del aparato y cuyos gases de combustión se ventilan al medio ambiente.

**Asador Encerrado:** Aquel que se localiza en un compartimento cerrado y cuyos gases de combustión se ventilan a través de una chimenea.

**ASTM:** American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).

**Aterrizamiento:** Conexión eléctrica, intencional o no, entre un conductor y tierra (suelos y cuerpos de agua).

**Atiesador interno:** Cilindro insertado en el interior de una tubería de polietileno para proporcionar fuerza interna.

**Autoridad Competente:** En materia de Gas Natural es la Comisión Reguladora de Energía.

**Autotanque:** Vehículo o unidad que en su chasis se monta, en forma permanente, un recipiente a presión fabricado de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-021/5-

SCFI. Dentro del vehículo se tienen los elementos necesarios para efectuar el trasiego o suministro a las instalaciones de aprovechamiento de Gas L.P., doméstico, industrial, comercial y de servicio, en condiciones de seguridad.

**Azufre:** Elemento químico contaminante presente en el gas natural que forma compuestos de sulfuros orgánicos e inorgánicos cuya concentración debe reducirse por sus propiedades altamente corrosivas.

**Baja presión:** Es la presión de trabajo de los aparatos de consumo que operan a 1,765 kPa (18 grf/cm<sup>2</sup>), en gas natural.

**Base de sustentación:** Aditamento de forma cilíndrica rebordeada hacia el interior en su parte inferior, soldado al casquete inferior del recipiente, que lo posiona verticalmente. Permite verificación para disminuir los efectos de corrosión por humedad al casquete inferior del recipiente.

**Bióxido de Carbono CO<sub>2</sub>:** Gas contaminante presente en el gas natural. En ausencia de agua no es corrosivo, sin embargo, en presencia de agua forma el ácido carbónico que produce corrosión en los sistemas de tuberías metálicas. El bióxido de carbono reacciona con el oxígeno y el ácido sulfhídrico incrementando la acción corrosiva y reduce el poder calorífico del gas natural por dilución volumétrica.

**Bleve:** Abreviatura en inglés del término “Explosión de los Vapores en Expansión de un Líquido en Ebullición “, nombre con el que este tipo de evento se conoce en el medio del almacenamiento y distribución del Gas L.P.

**Bloqueo de seguridad:** La acción que ocurre en un control de seguridad contra falla de flama cuando se presente alguna condición insegura. El bloqueo de seguridad interrumpe la salida de tensión al motor del ventilador (MV), al transformador de ignición (TI), y a las electroválvulas de combustible. Se requiere restablecimiento manual o la interrupción y

posterior restauración de la alineación de energía eléctrica para terminar el bloqueo de seguridad.

**Boca de trasiego:** Punto en que se conecta al sistema de trasiego una manguera, adaptador o acoplador.

**Bodega de distribución de recipientes portátiles para Gas L.P.:** El local destinado exclusivamente a almacenar Gas L.P. sólo en recipientes portátiles, para su venta directa al público y/o para su distribución en vehículos propiedad de los titulares de las autorizaciones.

**Bombeo Neumático:** Inyección de gas natural a los pozos, con el objeto de impulsar el aceite a la superficie.

**Boquilla de llenado:** Es el aditamento instalado en el vehículo, cuyo uso es específico para cargar el GNL.

**Boquilla de Recepción:** Es un aditamento instalado en el vehículo, cuyo uso es específico para cargar el GNC.

**Boquilla fija:** Dispositivo con orificio calibrado para salida de gas

**Boquilla variable:** Dispositivo con orificio ajustable que permite variar el flujo del gas al quemador.

**Brida:** Pieza metálica circular soldada a la parte central del casquete superior, que permite el roscado en ella de la válvula.

**Broca Piloto:** Broca al Carbón adaptable a la varilla perforadora, que permite taladrar a través de polvo y de roca.

**Caída de presión:** Pérdida de presión debido a la fricción u obstrucción al pasar el gas a través de tuberías, válvulas, accesorios, reguladores, medidores, distancia y altura de su recorrido.

**Cajas Frías:** Estructura que contiene equipo criogénico aislado térmicamente.

**Caída Ohmica:** Cambio de impedancia debido al paso de una corriente en un circuito de resistencia. Esta caída debe ser considerada para una interpretación válida en la medición de potenciales en los sistemas de protección catódica.

**Cama Anódica:** Grupo de ánodos, ya sea inertes o galvánicos que forman parte del sistema de protección catódica.

**Canal de Venteo:** Es el conducto o tubería que conduce hacia la atmósfera los desfuegos de los dispositivos de relevo de presión.

**Capacidad de un tanque:** Es el volumen de agua medido en litros o en metros cúbicos, que puede contener un recipiente.

**Cargo por capacidad:** Porción de la tarifa basada en la capacidad reservada por el usuario para satisfacer su demanda máxima en un período determinado.

**Cargo por conexión:** Porción de la tarifa basada en un monto fijo por el monto de conexión al sistema.

**Chimenea:** Ducto especialmente diseñado para acoplar la tubería de extracción de gases al exterior.

**Cuello de la chimenea:** Reducción o expansión en la salida de la chimenea para acoplar la tubería de extracción de gases al exterior.

**Chimenea, salida de la:** La abertura de un aparato doméstico destinado para el escape de los gases producto de la combustión.

**Calentador de alimentos:** Parte del aparato doméstico destinada a mantener calientes los alimentos.

**Calentador instantáneo de agua para uso doméstico:** Es un cambiador de calor, entre una cámara de combustión y un circuito de agua, que suministra agua caliente al momento de abrir su válvula de paso.

**Calentador tipo almacenamiento:** Aparato para producir agua caliente, que cuenta con un dispositivo de almacenamiento de dicho líquido. Los combustibles usados para incrementar la temperatura del agua son gases licuados de petróleo o gas natural.

**Cal viva:** Químico utilizado en las construcciones, reacciona en el agua para causar calor y daña una tubería sin protección.

**Calzas:** Bloqueo de las llantas cuando el vehículo se estaciona.

**Cámara de combustión:** Zona de un quemador en la cual tiene lugar la combustión.

**Camisa:** Envoltente exterior donde se lleva a cabo la combustión. Ducto en el que se aloja una tubería conductora de gas para protegerla de esfuerzos externos.

**Capacidad de agua:** Volumen en litros de los recipientes llenos al 100%.

**Capacidad Volumétrica:** Cantidad de agua capaz de almacenar el calentador expresada en litros.

**Capacidad del quemador:** Cantidad máxima de calor por unidad de tiempo que es capaz de liberar el quemador del calentador a una densidad, presión y temperatura preestablecida.

**Capacidad Nominal:** Es el gasto en aire expresado en metros cúbicos por hora a condiciones nominales que un medidor descarga con una presión diferencial de 200 Pa como máximo.

**Capacidad térmica:** Cantidad de calor que genera un quemador de gas en determinado tiempo, expresado en KJ/h.

**Capelo:** Es una cubierta protectora para la superficie de cocinado, integrada en algunos aparatos para cocinar alimentos.

**Capuchón de tiro:** Dispositivo por donde escapan los gases producto de la combustión, evitando un contra-tiro.

**Cargo por servicio:** Porción de la tarifa asociada con los costos inherentes a la prestación de los servicios de transporte, almacenamiento y distribución para un usuario específico.

**Cargo por uso:** Porción de la tarifa basada en la prestación del servicio que refleja el uso del sistema de acuerdo al volumen de gas conducido o consumido a cuenta del usuario.

**Casquetes superior e inferior:** Partes metálicas del recipiente de forma semiesférica o semielíptica con un faldón recto.

**Catálogo de cuentas:** Estructura contable básica que deberán usar lo solicitantes y los permisionarios en sus informes a la Comisión.

**Cátodo:** Es el electrodo de una celda electroquímica, en el cual ocurre el fenómeno de reducción y por consiguiente el área que no es atacada por la corrosión.

**Centro de población:** El que define con este nombre la Ley General de Asentamientos Humanos.

**Celda de corrosión:** Área activa de corrosión en un metal.

**Centroide:** Punto de la superficie, que resulte del polígono obtenido de unir los puntos extremos del área de almacenamiento, incluyendo su zona de protección, límites de muelle de llenado y boca o tomas de carburación , suministro y recepción.

**Certificado:** Es el sello que se estampa o el documento que emite el fabricante o la autoridad competente, cuando es aceptado para uso.

**Certificado de fabricación:** El documento emitido por el fabricante en el que se hace constar las características de diseño y construcción del recipiente, los materiales usados, dimensiones, la fecha de fabricación, la norma seguida para la construcción y las pruebas de liberación efectuadas, que certifica el cumplimiento del fabricante con las normas de fabricación.

**CGC:** Unidad electrónica manual utilizada para detectar gas combustible y monóxido de carbono en el aire.

**CGO:** Unidad electrónica manual que se utiliza para detectar gas combustible y contenido de oxígeno en el aire.

**Cilindro:** Es un recipiente contenedor de gas instalado en un vehículo.

**Cinta estática:** Elemento que permite descargas a tierra.

**Circuito eléctrico de alta tensión:** Circuito eléctrico cuyo potencial no sobrepase los 600 V de pico a pico (425 V a 60 Hz ó 425 V de corriente directa) y que tenga características eléctricas que sobrepasen a las de los circuitos de baja tensión o circuitos de secundario aislado y limitado

**Circuito eléctrico de baja tensión:** Circuito eléctrico cuyo potencial no sobre pasa los 30 V de corriente alterna o corriente directa y que sea suministrada por una batería o por un transformador de secundario aislado y limitado

**Circuito eléctrico de secundario aislado y limitado:** Circuito eléctrico de energía limitado a 1100VA, que sea suministrada por un transformador de secundario aislado y cuya tensión de secundario con circuito abierto no exceda los 1 000 V de corriente alterna.

**Circuito eléctrico de control de seguridad:** Circuito que incluya uno o varios controles de seguridad.

**Clase de localización:** Área unitaria clasificada de acuerdo a la densidad de población para el diseño y la presión de prueba de las tuberías localizadas en esa área.

**CNG:** Gas natural comprimido.

**Cogeneración:** Aprovechamiento del calor residual obtenido como subproducto en el proceso de generación de electricidad.

**Comal:** Plancha o placa metálica que se coloca sobre uno o más quemadores, cuya función es cocinar alimentos, con el calor generado por el quemador o quemadores. El calor es transmitido por conducción

**Combustibles fósiles:** Aquellos derivados de organismos vivientes, los cuales han sido fosilizados por estar sujetos a fuerzas geológicas durante largos periodos.

**Combustión:** Proceso químico de oxidación rápida entre un combustible y un comburente que produce la generación de energía térmica y luminosa acompañada de gases de combustión y en ciertos casos partículas sólidas.

**Comisión CRE:** La Comisión Reguladora de Energía.

**Compañía distribuidora o Distribuidora:** Empresa autorizada por la CRE para abastecer y suministrar gas natural por tubería a una presión predeterminada a las instalaciones de aprovechamiento.

**Compartimiento Cerrado:** Es el espacio interior del vehículo y el espacio destinado para guardar equipaje en el mismo.

**Componentes secundarios de recipientes estacionarios:** Son aquéllos cuya falla no provocará fuga de GNL almacenado o bien aquellos expuestos a gases de salida de calderas y con una temperatura de diseño del material 222 K (-51°C) o más alta.

**Concentración de personas:** Lugar donde existan edificios multifamiliares, teatros, estadios hospitales, escuelas, mercados y similares.

**Condiciones base:** Condiciones bajo las que se medirá el gas natural, correspondientes a una presión absoluta de in kilogramo por centímetro cuadrado (1kg/cm<sup>2</sup>)98.067 KPa, a una temperatura de veinte grados centígrados (20°C) 293K y un poder calorífico de 8460 kcal/m<sup>3</sup>.

**Condiciones criogénicas:** Condición termodinámica a bajas temperaturas a las cuales, entre otras, se logra la licuefacción de los gases.

**Condiciones generales para la prestación del servicio:** Documento aprobado por la Comisión Reguladora de Energía que establece las tarifas, los derechos y obligaciones de un permisionario frente a los usuarios.

**Conductor de interconexión:** Aquel al que se conectan eléctricamente los elementos que integran el sistema de protección catódica.

**Conexión de transición:** Conector utilizado para unir secciones de materiales distintos de manera efectiva.

**Conector:** Dispositivo integrado por un vástago con punta radial y una conexión con roca externa izquierda.

**Conector de llenado:** Aditamento del despachador, que se conecta a la boquilla de recepción, para cargar GNC al vehículo.

**Conexión de salida:** Punto de conexión que permite el llenado o la salida del Gas L.P. del recipiente.

**Conexión de suministro:** Aditamento del despachador localizado en un extremo de la manguera, el cual se acopla a la boquilla receptora del vehículo para suministrarle gas natural licuado.

**Conexión de salida:** Producto que permite el paso al Gas L.P. de la válvula de carga y descarga de los recipientes al regulador de presión.

**Constante normal de gravedad g.-.** Aceleración de la gravedad. Al nivel del mar es aproximadamente  $9.806 \text{ m/s}^2$  ( $32.2 \text{ ft/s}^2$ ).

**Controles:** Dispositivos apropiados para suprimir o regular la cantidad de aire para la combustión y las dotaciones de agua de gas. Dispositivo diseñado para regular gas, aire y/o suministro eléctrico a un aparato doméstico de gas. Estos pueden ser manuales, semiautomáticos o automáticos.

**Control de seguridad de flama:** Cuando aparezca el término control de seguridad de flama, debe entenderse que se habla de ambos: control primario de seguridad contra falla de flama y control programador de seguridad contra falla de flama.

**Control primario de seguridad:** Un control de seguridad de flama cuyo programa de operación sólo proporciona: tiempo de verificación en arranque, tiempo para establecimiento de flama, tiempo para detección de presencia de flama, tiempo para detección de falla y tiempo para bloque de seguridad.

**Control programador de seguridad contra falla de flama:** Un control de seguridad de flama que además de incluir en su ciclo de trabajo los tiempos que proporciona un control primario de seguridad contra falla de flama, debe estar dotado de capacidad para proporcionar alguno o varios de los siguientes: tiempo de purga, tiempo de purga en alta, tiempo de purga en bajo, tiempo de calefacción de electrodos, tiempo restringido de ignición con bloqueo de señal de flama al circuito sensor, tiempo para prueba de piloto encendido, tiempo para apagado de piloto encendedor de quemador principal, operación automática, tiempo de postpurga y tiempo de auto verificación dinámica.

**Control de limite (cl):** Control automático de seguridad, sensible a cambios de nivel, presión o temperatura, normalmente ajustado, en el caso de nivel, por debajo, y en los casos de temperatura o presión por arriba del punto de corte del o de los controles de operación.

**Control de operación del sistema de combustión (co):** Control automático sensible a cambio de presión o temperatura que enciende o apaga al sistema de combustión, de acuerdo a que haya o no demanda de calor. Un control de operación (CO) puede actuar también sobre equipo auxiliares.

**Control de paso de combustión:** Control que regula automáticamente las cantidades de combustión y aire suministrado al quemador, a una predeterminada relación aire-combustible, de acuerdo a la demanda de calor. Puede ser del tipo que limita o libera el suministro de aire y combustible para pasar directamente de flama baja a flama alta, o viceversa, de acuerdo a esa demanda, o puede ser del tipo modulante, que gradualmente

modifica el paso de aire y combustible, dentro de los límites de flama baja y flama alta, para satisfacción a la demanda de acuerdo a sus cambios en el tiempo.

**Control de seguridad:** Control automático o contacto relevador, interruptor o algún otro equipo auxiliar cuya función sea reducir el riesgo de corto circuitos, fuego descargas eléctricas o daños a las personas.

**Conurbación:** Continuidad física y demográfica que formen o tiendan a formar dos o más centros de población de conformidad con la Ley General de Asentamientos Humanos.

**Copete ( respaldo superior):** Parte del aparato para cocinar alimentos que sobresale en la parte de atrás de la sección superior. Su función es la de evitar que salpiquen alimentos atrás del aparato; también puede utilizarse para instalar controles de los termostatos, relojes etc.

**Coples de Compresión Mecánica:** Accesorios utilizados para prevenir corriente eléctrica.

**Coraza:** Envoltente termo-mecánica con que se cubren los sistemas de almacenamiento, formada mediante una estructura rígida y continua.

**Corriente impresa:** Corriente eléctrica que se obtiene de una fuente emisora de corriente directa drenada a tierra a través de ánodos inertes.

**Corriente de protección:** Aquella necesaria para obtener los valores de potenciales de protección de una estructura metálica.

**Corriente parásita:** Corriente directa que fluye por caminos distintos al circuito previsto. Si en una estructura metálica entran corrientes de esta clase, producen corrosión en las áreas donde la corriente abandona el metal para volver al terreno o al agua.

**Corrosión:** Destrucción del metal por la acción electroquímica de ciertas sustancias.

**Corrosión Galvánica:** Corrosión causada por diferencias de voltajes entre metales diferentes.

**Costos permitidos:** Costos de una empresa regulada aprobados por la CRE, con el objeto de determinar el ingreso máximo de los permisionarios.

**Costos trasladables:** Costos que los permisionarios pueden transferir directamente a los usuarios, de acuerdo a lo establecido en las secciones 5 y 6E de la Directiva de Precios y Tarifas.

**Cuello protector:** Aditamento metálico de forma cilíndrica rebordeada hacia el interior en su parte inferior soldado al casquete inferior del recipiente, que lo posesiona verticalmente. Permite ventilación para disminuir los efectos de corrosión por humedad al casquete inferior del recipiente.

