

**ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA Y DISEÑO DE LA RED DE GAS
DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE CHINACOTA (NORTE DE SANTANDER)**

WALTER EUSEBIO BENJUMEA CANO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2007

**ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA Y DISEÑO DE LA RED DE GAS
DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE CHINACOTA (NORTE DE SANTANDER)**

WALTER EUSEBIO BENJUMEA CANO

**Trabajo de grado en la modalidad de trabajo de investigación presentado como requisito
parcial para optar al título de ingeniero de petróleos**

**DIRECTOR
ING. NICOLAS SANTOS SANTOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2007

AGRADECIMIENTOS

A Dios,

A la Universidad Industrial de Santander UIS,

Al Ing. Nicolás Santos Santos, por su asesoría

A mi madre Myriam Cano, por su amor

A mi padre Wadid Benjumea, por su apoyo

A mi novia Marcela Martinez, por su incondicionalidad

A todos Mis Amigos y Familiares, por su colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS DOMICILIARIO	3
1.1. SERVICIO PUBLICO DE GAS COMBUSTIBLE DOMICILIARIO	3
1.1.1. Servicios Públicos	3
1.1.2. Servicios Públicos Esenciales	3
1.1.3. Servicio Público de Gas Combustible	4
1.1.4. Opciones de Gas a Suministrar	4
1.1.4.1. Gas Natural Comprimido	5
1.1.4.1.1. Uso de Gas Natural Comprimido como Gas Domiciliario	5
1.1.4.1.2. Etapas para la Implementación de Gas Comprimido	7
1.1.4.1.2.1. Compresión de Gas Natural	7
1.1.4.1.2.2. Transporte de Gas Natural Comprimido, GNC	7
1.1.4.1.2.3. Descompresión y Distribución de Gas Natural Comprimido	7
1.1.4.1.3. Infraestructura y Equipos Requeridos para el Proceso del GNC	8
1.1.4.1.4. Descripción de una Estación de Servicio de Gas Natural Comprimido	8
1.1.4.1.4.1. Puente de Regulación y Medición	9
1.1.4.1.4.2. Tanque de Recuperación (Blowdown)	10
1.1.4.1.4.3. Compresor	10
1.1.4.1.4.4. Batería de Almacenamiento	10
1.1.4.1.4.5. Surtidores	10
1.1.4.1.4.6. Subestación Eléctrica	11
1.1.4.1.5. Transporte de Gas Natural Comprimido	11
1.1.4.1.5.1. Baterías de Almacenamiento y Transporte	11
1.1.4.1.5.2. Cilindros para G.N.C.	12
1.1.4.1.5.3. Vehículos de Carga, Transporte de GNC	12
1.1.4.1.6. Descompresión y Distribución de Gas Natural Comprimido por Redes	13
1.1.4.1.6.1. Estación de Descompresión	13
1.1.4.1.7. Infraestructura en Cada Municipio	13
1.1.4.1.8. Ventajas y Fortalezas	14
1.1.4.2. Gas Licuado del Petróleo - GLP	15
1.1.4.2.1. Infraestructura – Equipos Requeridos	16
1.1.4.2.1.1. Tanques de Almacenamiento	16
1.1.4.2.1.2. Ubicación de Tanques de Almacenamiento	16
1.1.4.2.2. Infraestructura en el Municipio	21
1.2. TRAMITES, PERMISOS Y LICENCIAS REQUERIDAS	22
1.2.1. Etapas de un Proyecto de Masificación de Gas	22
1.2.2. Primera Etapa: Obtención de Autorizaciones, Permisos y Licencias	22
1.2.3. Segunda Etapa. Construcción de Redes	25
1.2.4. Tercera Etapa. Operación y Mantenimiento de Redes e Instalaciones	26

2. REDES URBANAS	31
2.1. COMPONENTES	31
2.1.1. Estación City Gate	31
2.1.2. Red de Distribución	31
2.1.2.1. Troncal	31
2.1.2.2. Anillos	31
2.1.2.3. Acometida Domiciliaria	32
2.1.2.4. Instalación Interna	33
2.1.3. Centro de Medición	34
2.1.4. Nicho	34
2.2. MATERIALES	34
2.2.1. Tuberías	34
2.2.1.1. Tubería Plástica o de Polietileno	35
2.2.1.1.1. Ventajas de la Tubería de Polietileno	36
2.2.1.1.2. Métodos de Acoplamiento	36
2.2.1.1.2.1. Electrofusión	36
2.2.1.1.2.1.1. Equipos y Materiales	37
2.2.1.1.2.1.2. Procedimiento	37
2.2.1.1.2.2. Termofusión a Tope	40
2.2.1.1.2.2.1. Equipos y Materiales	40
2.2.1.1.2.2.2. Procedimiento	40
2.2.1.2. Tuberías de Acero	46
2.2.1.3. Tubería de Cobre	47
2.2.2. Válvulas	47
2.2.3. Reguladores	48
2.2.4. Medidores de Desplazamiento Positivo	48
2.2.5. Accesorios	50
2.3. INSTALACION EXTERNA	50
2.3.1. Manejo y almacenamiento de Tubería de Polietileno	50
2.3.1.1. Manejo	50
2.3.1.2. Almacenamiento	51
2.3.2. Ubicación de la Tubería	51
2.3.2.1. Profundidad	51
2.3.2.2. Intersección con Otras Redes	52
2.3.2.3. Rotura y Reposición	53
2.3.3. Excavación	53
2.3.4. Rellenos y Restauración	54
2.3.5. Inspección de Materiales	54
2.3.6. Señalización	54
2.3.7. Ubicación de las Polivalvulas	55
2.4. INSTALACIONES INTERNAS	55
2.4.1. Tuberías	55
2.4.2. Tuberías Enterradas	56

2.4.2.1. Acometidas	56
2.4.3. Tuberías Empotradas (Embebidas)	57
2.4.4. Tuberías por Ductos	58
2.4.5. Centros de Medición	59
2.4.5.1. Instalación	59
2.4.6. Pruebas y Ensayos	59
2.4.6.1. Prueba de Hermeticidad	60
2.4.6.2. Detección y Corrección de Fugas	61
2.4.7. Puesta en Servicio	61
3. FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS	63
3.1. ECUACIONES DE FLUJO	63
3.1.1. Ecuación General de Flujo	63
3.1.1.1. Coeficiente de Fricción	66
3.1.2. Ecuación de Weymouth	67
3.1.3. Ecuación de Panhandle Modificada	68
3.1.4. Ecuación de AGA	69
3.2. METODOS DE SOLUCION	70
3.2.1. Método de Hardy Cross	75
3.2.2. Método de Renouard	79
4. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED DOMICILIARIA DE GAS PARA EL MUNICIPIO DE CHINÁCOTA (NORTE DE SANTANDER)	81
4.1. CARACTERISTICAS GENERALES	81
4.1.1. Ubicación	81
4.1.2. Región y Limites	81
4.1.3. Extensión y Pisos Térmicos	81
4.1.4. Estructura Productiva	81
4.1.4.1. Sector Agropecuario	81
4.1.4.2. Sector Minero	82
4.1.4.3. Sector Comercio, Transporte y Otros	82
4.1.4.4. Sector Turístico	83
4.1.5. Infraestructura de Apoyo	83
4.1.5.1. Red Vial	83
4.1.5.2. Servicios Veredales	84
4.1.5.3. Servicios Públicos Domiciliarios	84
4.1.5.3.1. Acueducto	84
4.1.5.3.2. Alcantarillado	85
4.1.5.3.3. Servicio de Aseo	85
4.1.5.3.4. Energía Eléctrica	85
4.1.5.3.5. Telecomunicaciones	85
4.1.5.3.6. Servicios de Salud	85
4.1.5.3.7. Educación	86
4.1.5.3.8. Recreación y Deporte	86

4.2. PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO	86
4.2.1. Recopilación de la Información	86
4.2.2. Trazado de la Tubería Troncal y de los Anillos de Distribución	87
4.2.3. Procesamiento de la Información	87
4.2.4. Calculo y Obtención de Resultados	87
4.3. CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO	87
4.3.1. Tipo de Gas a Suministrar	88
4.3.2. Presión Mínima en la Red	88
4.3.3. Presión Máxima en la Red	88
4.3.4. Temperatura Mínima de Flujo	88
4.3.5. Perdidas de Presión	88
4.4. FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE	89
4.4.1. Gravedad Especifica del Gas	89
4.4.2. Temperatura Base	89
4.4.3. Presión Base	89
4.4.4. Eficiencia de Flujo	89
4.4.5. Ecuación de Flujo Utilizada	89
4.4.6. Caudal Utilizado en el Diseño	90
4.5. DISEÑO DE LA RED DE GAS DOMICILIARIA PARA EL MUNICIPIO DE CHINACOTA	91
4.6. COSTOS DE LA RED DE GAS	93
4.6.1. Troncal y Anillos	93
4.6.2. Acometida y Medidor	95
4.6.3. Instalación Interna	96
4.6.4. Costo Total de la Red	96
4.7. TARIFAS	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFIA	102
ANEXO	104

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de Transporte a Municipios	6
Figura 2. Esquema de Distribución, Equipos en Estación Compresora	8
Figura 3. Equipos Requeridos en la Estación compresora de Gas Natural Vehicular	9
Figura 4. Sistema de Carga Rápida de GNV, con Tres Bancos de Almacenamiento y Tres Líneas de Flujo	9
Figura 5. Baterías de Almacenamiento de GNC	11
Figura 6. Cilindros de Almacenamiento y Transporte de GNC	12
Figura 7. Alternativas de Equipos Requeridos para el Transporte de Gas Natural Comprimido	13
Figura 8. Estación de Almacenamiento y Descompresión de Gas Natural Comprimido	13
Figura 9. Infraestructura en Cada Municipio, GNC	14
Figura 10. Tanque Estacionario para Almacenamiento de GLP	16
Figura 11. Distancias Mínimas de Seguridad	20
Figura 12. Encerramiento de Tanques Estacionarios.	21
Figura 13. Infraestructura en el Municipio GLP	22
Figura 14. Troncal y Anillos	32
Figura 15. Acometida Domiciliaria	33
Figura 16. Conexión de la Acometida, Medidor de Gas e Interna	33
Figura 17. Preparación de la Tubería	38
Figura 18. Conexión del Equipo de Soldar	38
Figura 19. Instalación del Equipo en el Campo	39
Figura 20. Equipo para Soldadura a Tope	40
Figura 21. Instalación de Equipo	41
Figura 22. Alineación de los Tubos	41
Figura 23. Refrentado de los Extremos de la Tubería	42
Figura 24. Limpieza de los Extremos	42
Figura 25. Calentamiento de los Extremos	43
Figura 26. Diagrama de Calentamiento del Material	44
Figura 27. Diagrama de Tiempo Total Soldadura	45
Figura 28. Encadenamiento Inicial y Estructura Molecular	46
Figura 29. Conjunto Centro de Medición Residencial	49
Figura 30. Parámetros de Instalación de Tuberías Externas	52
Figura 31. Propiedades del Gas Natural y Parámetros de Entrada al SIG	91
Figura 32. Mapa Municipal de Chinácota	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades del GLP	15
Tabla 2. Especificaciones Tanques Estacionarios	17
Tabla 3. Distancias Mínimas para Tanques Estacionarios de GLP	17
Tabla 4. Dimensiones de la Tubería de Polietileno	35
Tabla 5. Fuerza Inicial de Calentamiento y Soldadura	43
Tabla 6. Especificaciones Técnicas de los Medidores de Diafragma	49
Tabla 7. Distancias Entre Tuberías	52
Tabla 8. Distancia Entre Tuberías en Instalación Interna	58
Tabla 9. Parámetros para la Instalación de Gas Domiciliario	60
Tabla 10. Consumo por Vivienda	90
Tabla 11. Unidades Constructivas, Elementos Técnicos y Constructivas	93
Tabla 11. Costos Unitarios para la UC de Tubería en Polietileno	94

RESUMEN

TITULO: ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA Y DISEÑO DE LA RED DE GAS DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE CHINACOTA (NORTE DE SANTANDER).*

AUTOR: BENJUMEA CANO WALTER EUSEBIO**

PALABRAS CLAVES: Gas, Redes De Gas, Factibilidad Económica, Distribución.

DESCRIPCIÓN.

Este documento desarrolla todo lo relacionado con la masificación de gas domiciliario para el municipio de Chinácota, ubicado en la región suboriental del departamento Norte de Santander; como son estructura organizacional, licencias, fundamentos y antecedentes de la masificación del gas, alternativas de suministro de gas combustible y demás aspectos técnico ambientales.

Basado en los anteriores conceptos se muestra el diseño de la red domiciliaria de gas que se implementará en municipio, este diseño se realizo mediante de una herramienta software llamada Sistema Integrado de Gas (SIG), la cual relaciona diferentes ecuaciones de flujo tales como la ecuación de Weymouth, la ecuación de Panhandle y la ecuación de AGA (Asociación Americana de Gas) con los métodos de Hardy Cross, Newton Raphson y la teoría lineal.

También se llevo a cabo el estudio socioeconómico de la factibilidad de la red de gas combustible, en este caso Gas Natural Comprimido (GNC), permitiendo la viabilidad en la construcción y la posibilidad de gestionar un subsidio ante el Fondo Nacional de Regalías con el fin de reducir un poco los gastos en la ejecución de dicha obra social, y de esa forma beneficiar a los habitantes del municipio.

El proyecto genera un mejoramiento en la infraestructura de servicios en el municipio de Chinácota (Norte de Santander), contribuyendo así al desarrollo y progreso sin generar efectos adversos en el área, si no que contribuye al bienestar de la comunidad y conservación del medio ambiente.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos.
Director de proyecto: Ing. Nicolás Santos Santos.

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF THE TECHNICIAN – ECONOMIC FEASIBILITY AND DESIGN OF THE DOMICILIARY GAS NETWORKS IN THE MUNICIPALITY DE CHINACOTA (NORTH DE SANTANDER). *

AUTHOR: BENJUMEA CANO WALTER EUSEBIO * *

KEY WORDS: Gas, Gas Networks, Economic Feasibility, Distribution.

DESCRIPTION:

This document develops all the related with the masification of domiciliary gas for the municipality of Chinácota, located in the region sub oriental of the department North of Santander, as they are organizational structure, licenses, foundations and antecedents of the masification of the gas, alternative combustible gas provision and other environmental aspects technician.

Based on the previous concepts it is shown the design of the domiciliary gas networks that will be implemented in municipality, this design one carries out by means of a tool software called Integrated System of Gas (ISG), which relates different equations of flow as the equation of Weymouth, the equation of Panhandle, the equation of modified Panhandle and the equation of AAG (American Association of Gas) with methods of Hardy Cross, Newton Raphson and the lineal theory.

Too is showed the socioeconomic study of the feasibility of the combustible gas networks, in this case Compressed Natural Gas (CNG), allowing the viability in the construction and the possibility of negotiating a subsidy before the National Fund of Bonuses with the purpose of reducing the expenses a little in the execution of this social work, and in that way to benefit the inhabitants of the municipality.

The project generates an improvement in the infrastructure of services in the municipality of Chinácota (North of Santander), contributing this way to the development and progress without generating adverse effects in the area, if not that it contributes to the well-being of the community and conservation of the environment.

* Work of Grade.

** Physicochemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering School
Project director: Eng. Nicolas Santos Santos.

INTRODUCCIÓN

El gas ha sido desde hace muchos años uno de los elementos que no pueden faltar en un hogar, ya que con esté se pueden realizar muchas de las actividades cotidianas dentro de una familia.

En la actualidad el gas es un combustible que esta ocupando un lugar importante en el desarrollo del mundo. En Colombia las redes domiciliarias de gas se han ido expandiendo a todos los municipios, los cuales aun dependen de otras fuentes de energía para satisfacer sus necesidades diarias, generando de esta forma un alto costo de vida a los habitantes de dichas poblaciones.

La demanda de gas, que esta en crecimiento en el territorio nacional, hace posible la realización de proyectos relacionados con su distribución y comercialización y de esa forma contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de cada uno de los habitantes de este país.

Con el fin de contribuir con el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del municipio de Chinácota (Norte de Santander), los cuales utilizan para su consumo energía eléctrica y cilindros de gas propano, se presenta este estudio, el cual busca aprovechar los recursos naturales no renovables, como el GLP y el Gas Natural, como herramienta apropiada para tal fin.

Este proyecto se enfocará en desarrollar un diseño para la red de gas domiciliaria en el municipio antes mencionado y analizar la posibilidad que los habitantes puedan acceder a tener dentro de su población este tipo de servicio.

El estudio contemplará una descripción de las generalidades de los materiales utilizados, la instalación y la construcción de redes domiciliarias de gas; además se nombrarán la Normas Técnicas Colombianas y las resoluciones más importantes en lo relacionado a redes de gas, también se encontrarán generalidades sobre las leyes que se refieren a la distribución y comercialización del gas; se describen conceptos sobre seguridad y emergencia que los habitantes de la población deben de tener en cuenta.

Los primeros capítulos resumen la investigación preliminar requerida para elaborar los estudios de prefactibilidad y factibilidad necesarios para darle viabilidad al proyecto de Construcción y Operación de las Redes De Distribución de Gas Combustible Domiciliario. Incluye la información recopilada y analizada relacionada directamente con los requerimientos de tipo técnico, legal,

ambiental y de factibilidad organizacional necesarios para darle viabilidad a los proyectos de distribución y comercialización de gas domiciliario.

Posteriormente se hace un análisis de las diferentes ecuaciones utilizadas en el desarrollo del diseño de una red domiciliaria de gas combustible, como son: las ecuaciones de Weymouth, Panhandle y la ecuación de AGA; se ve también las diferentes maneras que se encuentran para resolver estas ecuaciones por medio de métodos numéricos como los de Newton Raphson y la teoría lineal.

En el ultimo capitulo se muestra las principales características del municipio objeto. Se muestran los aspectos físicos más relevantes de la región a la que pertenece el municipio, información concerniente a energéticos utilizados en la región, cantidad de habitantes, principales actividades económicas del pueblo, y se complementó con el de diseño de redes de distribución, el costo de la construcción de dicha red, la tarifa recomendada para el cobro de la facturación mensual del servicio, y un comparativo entre el servicio energético utilizado en la actualidad, con el costo que implicaría para el usuario la conexión a este servicio por medio de la red de gas natural comprimido.

1. REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS DOMICILIARIO ¹

1.1. SERVICIO PÚBLICO DE GAS COMBUSTIBLE DOMICILIARIO

1.1.1 Servicios Públicos

Los servicios públicos están definidos por la Ley 142 de 1994, en su artículo 14, numerales 14.20 y 14.21:

- “14.20: Servicios Públicos. Son todos los servicios y actividades complementarias a los que se aplica esta Ley.”
- “14.21: Servicios Públicos Domiciliarios. Son los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, telefonía, pública básica conmutada, telefonía móvil rural, y distribución de gas combustible, tal como se definen en este capítulo.”

1.1.2 Servicios Públicos Esenciales

El servicio público de gas combustible domiciliario, es un servicio público esencial, como lo estipula la Ley 142 de Servicios Públicos en su artículo 1° y 4°.

▪ **Artículo 1°. *Ámbito de Aplicación de la Ley 142 de 1994***

“Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos de que trata el artículo 15 de la presente Ley, y a las actividades complementarias definidas en el capítulo II del presente Título y a los servicios previstos en normas especiales de esta Ley.”

▪ **Artículo 4°. *Servicios Públicos Esenciales.***

“Para los efectos de la correcta aplicación del inciso primero del artículo 56 de la Constitución Política de Colombia, todos los servicios públicos, de que trata la presente Ley, se considerarán servicios públicos esenciales.”

1.1.3 Servicio Público de Gas Combustible:

La Ley 142 de 1994, definió en su artículo 14.28, el Servicio Público Domiciliario de Gas Combustible, así:

“Es el conjunto de actividades ordenadas a la distribución de gas combustible, por tubería u otro medio, desde un sitio de acopio de grandes volúmenes o desde un gasoducto central hasta la instalación del consumidor final, incluyendo su conexión y medición...”

Definiciones complementarias fueron establecidas por la CREG, en la Resolución 057 de 1996, (por medio de la cual se establece el marco regulatorio para la prestación del servicio público de gas combustible por red). Las principales definiciones se transcriben a continuación

- **Servicio Público de Gas Combustible por Redes de Tubería:** Comprende el servicio público domiciliario de distribución por redes de tubería y las actividades complementarias de producción, comercialización y transporte de gas combustible por redes de tubería, de acuerdo con los numerales 14.20 y 14.28 y el título I de la ley 142 de 1994.
- **Distribución:** Es la prestación del servicio público domiciliario de gas combustible a través de redes de tubería, de conformidad con la definición del numeral 14.28 de la Ley 142 de 1994.”
- **Sistema de Distribución:** Es una red de gasoductos que transporta gas combustible desde un sitio de acopio de grandes volúmenes, o desde un sistema de transporte o gasoducto hasta las instalaciones del consumidor final, incluyendo su conexión y medición.
- **Comercialización de Gas Combustible:** Actividad de compra y venta de gas combustible a título oneroso en el mercado mayorista y su venta con destino a otras operaciones en dicho mercado o a los usuarios finales.

1.1.4. Opciones de Gas a Suministrar

Las redes de distribución de gas combustible son diseñadas y construidas para operar indistintamente con gas natural por gasoducto, gas natural comprimido o gas licuado del petróleo. La CREG en su Resolución 057 de 1996, define:

1.1.4.1. Gas Natural Comprimido

La comisión de regulación de energía y gas por Resolución definió el GNC como *"Una mezcla de hidrocarburos, principalmente metano, cuya presión se aumenta a través de un proceso de compresión y se almacena en recipientes cilíndricos de alta resistencia"*. Definición bajo la cual se apoyó el Ministerio de Minas y Energía para emitir la resolución 8 0582 de abril de 1996 por la cual se reglamenta el almacenamiento, manejo y distribución del gas natural comprimido GNC para uso en vehículos automotores.

El uso del Gas Natural o cualquier otro gas combustible no representa ningún problema técnico, gracias a que las redes de distribución se diseñan para transportar indistintamente GLP o Gas Natural, de acuerdo con lo estipulado por el Ministerio de Minas y Energía por medio de la Comisión Reguladora de Energía y Gas "CREG", en la resolución 0067 del 21 de Diciembre de 1995, en su capítulo tres, numerales 3,7 y 3,8 ratifica esta norma:

"Cuando se desarrolle un sistema para distribución de gas combustible por redes, la empresa distribuidora de gas combustible deberá realizar sus diseños de tal manera que pueda transportar en forma indiferente gas natural y propano (GLP)", y "toda instalación de gas propano, GLP, deberá diseñarse para que una vez entre en operación el gasoducto urbano, pueda formar parte integral de éste y permitir la conducción de gas natural".

1.1.4.1.1. Uso del Gas Natural Comprimido como Gas Domiciliario

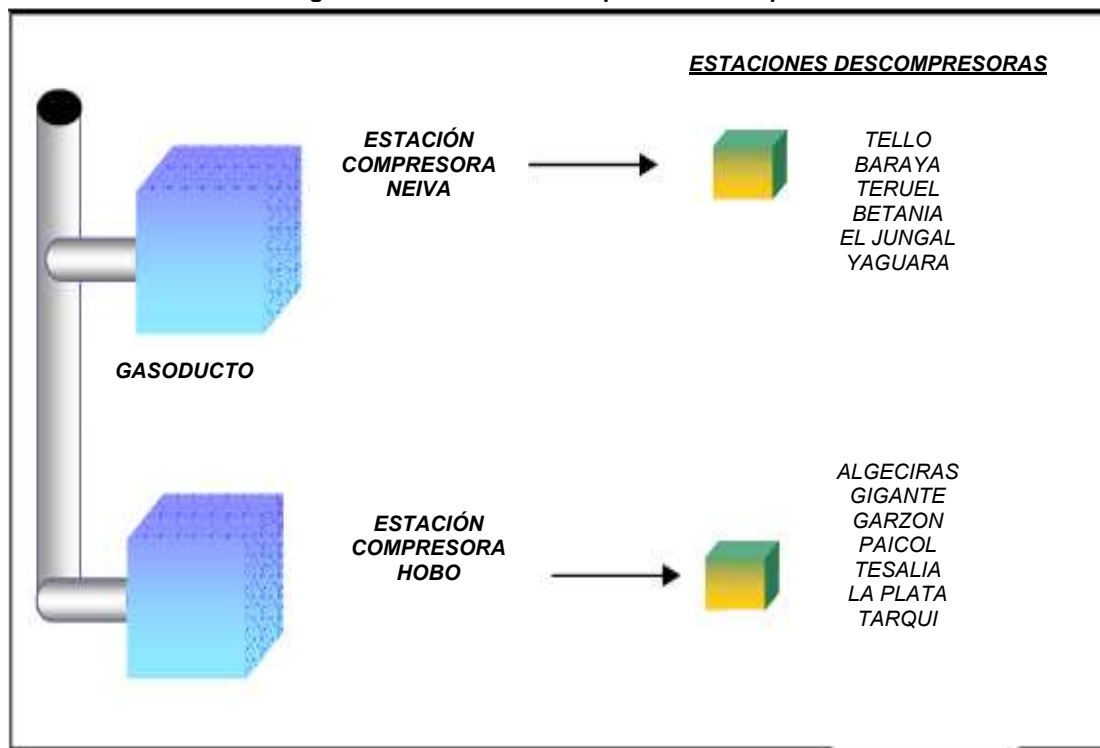
Las principales razones para llegar a pensar en el Gas Natural Comprimido, GNC, como alternativa para implementarlo como combustible en las redes de gas natural domiciliario en los municipios donde no llega el sistema de transporte, son:

- Existencia de estaciones de servicio de GNCV en Bucaramanga, Neiva, Bogotá y la costa atlántica, las cuales sirven de punto de abastecimiento de Gas Natural Comprimido Domiciliario.
- Simplicidad técnica del proyecto.
- Transporte fácil y seguro en baterías de cilindros.
- Impacto social:
 - Mejoramiento en la calidad de vida.

- Economía
- Ambientalmente limpio y seguro. Disminución de la afectación ambiental, entendiéndose lo que respecta a residuos producto de la combustión.

En Colombia se han tenido algunas experiencias con estos sistemas: Promigas lo utilizó para llevar gas a Valledupar, usando los cilindros de GNV para vehículos, y Alcanos de Colombia tiene instalado desde hace muchos años un sistema de transporte para llevar gas natural comprimido desde Neiva y Hobo hasta 14 poblaciones del departamento del Huila.

Figura 1. Sistema De Transporte A Municipios.



Fuente: CREG

En Neiva existe una estación compresora con dos unidades de compresión de 900 y 800 m³/hora que abastece los surtidores de la estación de llenado de gas natural vehicular y el llenado de las "canastas" de gas natural comprimido. Recibe el gas de la red de acero a 150 psig y lo comprime a 3600 psig.

1.1.4.1.2. Etapas para la Implementación del Gas natural Comprimido

La distribución de gas natural comprimido se divide en tres (3) etapas específicas a saber:

1.1.4.1.2.1. Compresión del Gas Natural

Esta primera etapa se lleva a cabo en las estaciones de servicio de GNCV. Estas estaciones son las encargadas de tomar el gas de las líneas troncales de acero, estabilizarla y llevarla hasta los 3600 psi en la unidad de almacenamiento, para luego despacharla a 3000 psi que es la presión que se maneja en los equipos de los vehículos o 3300 psi que se manejan en las baterías de almacenamiento y transporte de GNC.

Los cilindros pueden ser "cargados" a partir de los surtidores o directamente desde el sistema de compresión, para luego ser transportados hasta el municipio beneficiados con este proyecto.

1.1.4.1.2.2. Transporte de Gas Natural Comprimido, GNC

El transporte de GNC debe hacerse por medio de cilindros de alta resistencia, sin costura y diseñados para una presión mínima de operación de 3000 psi. Estos cilindros pueden ser localizados en baterías que actúan como una unidad y pueden ser llevados hasta el lugar de ubicación del proyecto reemplazando la unidad localizada en la estación de regulación. Existen en el mercado argentino sistemas modulares de transporte diseñados especialmente para llevar gas a los municipios que no cuentan con este servicio.

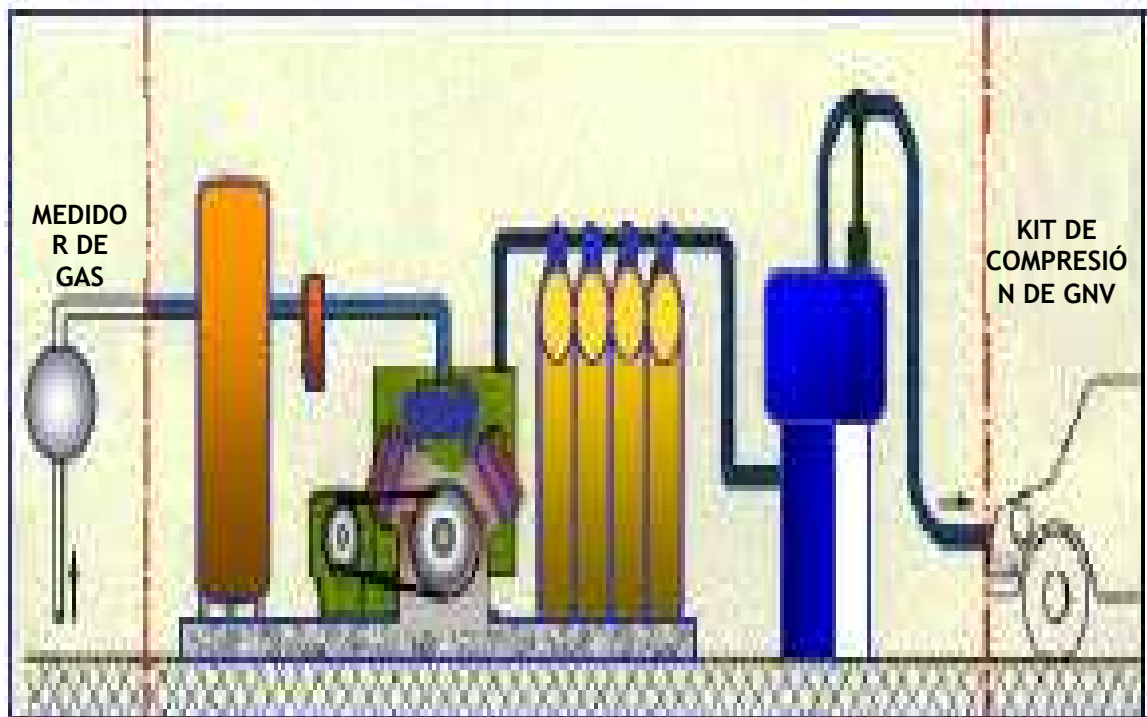
1.1.4.1.2.3. Descompresión y Distribución de Gas Natural Comprimido

En cada municipio se construye una estación de almacenamiento y descompresión de gas natural comprimido (reemplaza a la estación de almacenamiento de GLP – Tanques estacionarios), ésta es la encargada de bajar la presión de 3000 psi en los cilindros a 60 psi, presión requerida en el nodo fuente de la red de distribución. Está conformada por baterías de cilindros y una estación de regulación con sistema de calentamiento incluido, de forma tal que se evite el congelamiento de la tubería por efecto de la caída alta de presión.

1.1.4.1.3. Infraestructura y Equipos Requeridos para el Proceso del GNC

- Estación compresora de gas vehicular (suministro de gas)
- Baterías de cilindros de acero de alta resistencia (almacenamiento y transporte)
- Vehículos de transporte de baterías de GNC (transporte a municipios)
- Estación de descompresión en cada municipio

Figura 2. Esquema De Distribución Equipos En Estación Compresora.



1.1.4.1.4. Descripción de una Estación de Servicio de Gas Natural Comprimido

La estructura básica de una estación de servicio consta de tres áreas específicas:

Regulación del gas, compresión, almacenamiento y área de despacho. La disposición de los equipos depende de las características especiales de diseño de la estación; sin embargo las áreas de trabajo y los equipos básicos de operación son los mismos para todas las estaciones.

Figura 3. Equipos Requeridos En La Estación Compresora De Gas Natural Vehicular.



Fuente: Aspro GNC

Figura 4. Sistema De Carga Rápida De GNV, Con 3 Banco De Almacenamiento Y Tres Líneas De Flujo



Fuente: Sulzer Burckhardt

1.1.4.1.4.1. Puente de Regulación y Medición

El área de regulación y medición esta conformada por: un filtro de entrada de calidad de filtrado de 5 micrones, una válvula reguladora de presión de flujo axial pilotada, un medidor volumétrico de desplazamiento positivo y válvulas de seguridad de alivio de presión a resorte. Desde esta área el gas se dirige al sistema de compresión.

1.1.4.1.4.2. Tanque de Recuperación (Blowdown)

Este recipiente de recuperación se instala con el fin de minimizar los cambios de presión del gas en la tubería de entrada durante la carrera de aspiración del compresor y para recuperar el gas purgado de los cilindros compresores cuando se detiene la máquina. Tiene dos funciones principales:

- Es un depósito donde llega el gas de una tubería de dos (2) pulgadas de diámetro, y en el momento de iniciar la operación el compresor encuentra volumen suficiente utilizable.
- Al detenerse el proceso o ciclo de compresión, el gas residual en las tuberías del compresor no fluya a la atmósfera contaminándola.

1.1.4.1.4.3. Compresor

El compresor es el encargado de recibir el gas a una presión estabilizada en el área de medición y regulación y comprimirlo hasta 250 Bar (3600 psi) de presión de descarga. Cuenta con sistemas de protección por baja succión o sobre presión que cortará el suministro de energía eléctrica cuando la presión alcance valores peligrosos o no compatibles con los rangos normales de operación.

1.1.4.1.4.4. Batería de Almacenamiento

La estación incorpora una batería en posición vertical conformada por cilindros de alta resistencia, con un panel de prioridad que maneja su funcionamiento. La presión de operación de 250 Bar (3600 psi). Este almacenamiento es el encargado de recibir el volumen de gas descargado por los compresores a 3600 psi, almacenarlo y en su momento despacharlo a los surtidores.

1.1.4.1.4.5. Surtidores

Estos equipos son los encargados de suministrar el gas a los vehículos convertidos a GNC y a las canastas de cilindros encargadas de llevar gas natural comprimido hasta las estaciones de descompresión en cada municipio. Se encargan de controlar la apertura y cierre de las válvulas de las líneas de alimentación que vienen de la unidad de almacenamiento.

1.1.4.1.4.6. Subestación Eléctrica

La subestación eléctrica se localiza en un sector alejado del resto de los equipos. Se compone de un transformador de alta y uno de baja potencia. El transformador de alta se encarga de tomar la energía de 13200 voltios y cambiarla a 440 voltios. El transformador de baja se encarga de pasar la energía de 440 voltios a 220/110 voltios para alimentar los dispensadores, tablero de control y demás instalaciones.

1.1.4.1.5. Transporte de Gas Natural Comprimido

El gas natural comprimido es transportado hasta las estaciones de descompresión en el municipio en baterías de almacenamiento de alta resistencia, las que son “tanqueadas” en las estaciones de gas natural vehicular.

1.1.4.1.5.1. Baterías de Almacenamiento y Transporte

Conformada por cilindros de alta resistencia, sin costura diseñados para una presión de operación de 3000 psi. Pueden organizarse en bancos o baterías de almacenamiento que actúan como una unidad, estas, serán transportadas hasta el lugar de ubicación del proyecto, donde serán reemplazadas por la allí existente. Es importante aclarar que debe haber una unidad trabajando y otra de soporte.

Figura 5. Baterías de almacenamiento de GNC



Fuente: Alcanos Del Huila

1.1.4.1.5.2. Cilindros para G.N.C

Son recipientes de alta presión que almacenan el gas a una presión de aproximadamente 3000 lbs/pul², fuertemente resistentes, con un espesor de pared entre 7 y 9 mm y probados a 1.5 veces la presión de trabajo (4500 lbs/pul²).

Figura 6. Cilindros De Almacenamiento Y Transporte De GNC



Fuente: Inflex GNC

Sus longitudes y diámetros varían de acuerdo con su capacidad de almacenamiento, la que oscila entre 5 y 25 m³ aproximadamente. Su peso varía acorde con la capacidad del cilindro, llegando a alcanzar los 110 Kg. Poseen una válvula de bronce colocada directamente sobre la boca del cilindro, permitiendo el libre paso de gas desde y hacia los cilindros, son de cierre manual. La instalación, operación y mantenimiento de los cilindros está regida por la Norma NTC 3847.

1.1.4.1.5.3. Vehículos de Carga, Transporte de GNC

Estos vehículos deben contar con los permisos respectivos del Ministerio de Transporte o de la autoridad competente. Además su funcionamiento debe estar sujeto a las normas sobre seguridad estipuladas por el Ministerio de Transporte y Minas y Energía en los decretos: 400 del 18 de febrero/ 94, resolución 8 0582 de abril / 96 y decreto 1521 / 98 respectivamente.

Figura 7. Alternativas De Equipos Requeridos Para El Transporte De Gas Natural Comprimido



Fuente: Alcanos Del Huila. Supertruil Controls – Galileo GNC

1.1.4.1.6. Descompresión y Distribución de Gas Natural Comprimido por Redes

1.1.4.1.6.1. Estación de Descompresión

En el municipio se instalan bancos de almacenamiento de acuerdo al número de usuarios y una estación de regulación o descompresión, la cual baja la presión desde 3000 psi hasta 60 psi, que es la presión normal de operación de la red de distribución de gas natural domiciliario. Se hace necesario realizar viajes constantes para garantizar la continua existencia de gas en los bancos de almacenamiento.

Figura 8. Estación De Almacenamiento Y Descompresión De Gas Natural Comprimido.



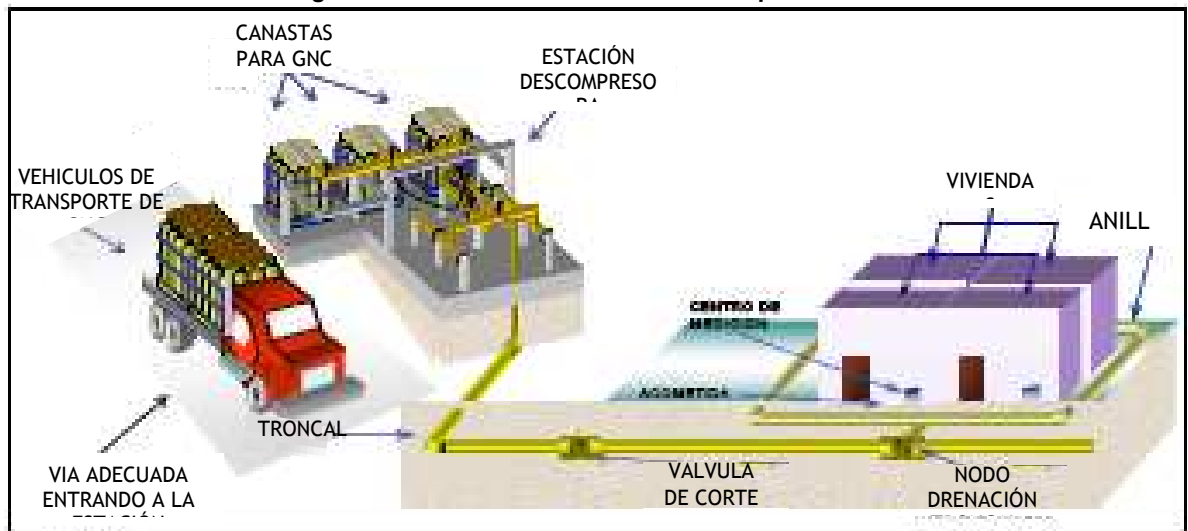
Fuente: Alcanos Del Huila

1.1.4.1.7. Infraestructura en cada Municipio

El gas natural comprimido es llevado desde los sitios de acopio, estaciones compresoras de gas natural (estaciones de servicio de gas vehicular) en camiones que transportan cilindros de alta

resistencia, hasta las estaciones de almacenamiento y descompresión del gas natural comprimido, localizadas en cada municipio, desde donde se inyecta a la red de distribución. Para lo anterior se hace necesario ubicar en dicha estación unas baterías de almacenamiento y otras de soporte, al igual que una estación de descompresión (serie de reguladores y sistema de calentamiento, sistemas de control y corte de flujo).

Figura 9. Infraestructura En Cada Municipio GNC



1.1.4.1.8. Ventajas y Fortalezas

- ❖ Mejoramiento en la calidad de vida. La implementación de este tipo de proyectos favorecerá ampliamente a aquellos municipios localizados en zonas excluidas del plan de masificación del gas, elevando su nivel de vida.
- ❖ Economía para el usuario. Los ahorros en combustible por la conversión de vehículos a gas natural comprimido, GNC, están alrededor del 40% respecto de la gasolina. En cuanto al uso domiciliario no se puede saber con exactitud hasta tanto no se desarrolle el modelo económico, así como se establezcan los procedimientos tarifarios por parte de la CREG, sin embargo se calcula alrededor de un 30 – 35% de ahorro.
- ❖ Generación de empleo temporal y fijo. Durante la ejecución del proyecto se requerirá personal calificado y no calificado, encargado de realizar las actividades necesarias para la construcción y operación de la estación compresora, al igual que para las redes de distribución en los municipios.

- ❖ Abundancia del recurso.
- ❖ Proyecto sencillo técnicamente.
- ❖ Altos índices de seguridad. Las estadísticas de accidentalidad e incidentalidad indican que el gas natural es mucho más seguro que la gasolina y otros energéticos incluidos gases combustibles como el GLP.

1.1.4.2. GAS LICUADO DEL PETRÓLEO- GLP

Es una mezcla de hidrocarburos livianos conformada principalmente por propano, propileno, butilenos y butanos, en proporciones variables y que a condiciones normales es gaseoso y al comprimirlo (75-150 psig) pasa al estado líquido. Puede obtenerse en una planta de procesamiento de gas natural, o en una refinería, en las unidades de ruptura catalítica.

El GLP es más pesado que el aire y se asienta si es liberado. En su estado natural no es tóxico, es invisible y normalmente se le adiciona un odorizante, para facilitar la detección de fugas. Es un gas inflamable a temperatura ambiente y presión atmosférica, por lo cual se debe tener especial cuidado en el diseño de los tanques de almacenamiento y tuberías. Este producto genera vapores desde una temperatura de -42°C , que al mezclarse con el aire en proporciones de 1.9 a 9.5% en volumen, causa mezclas inflamables y explosivas; y que por tener una densidad mayor que la del aire (1.8 veces aproximadamente), sus vapores se concentran en las zonas bajas que son sensibles a fuentes de ignición tales como interruptores, pilotos de estufas, tomas de corriente, lámparas, etc., pudiendo causar incendios y/o explosiones.

Tabla 1. Propiedades Del GLP

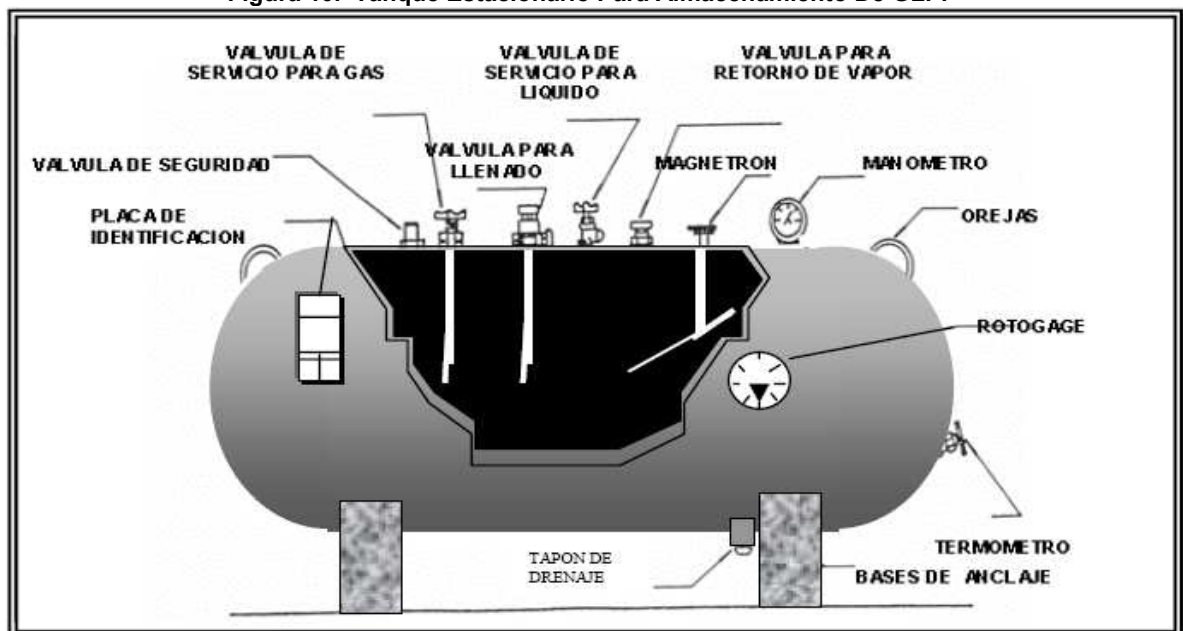
PROPIEDADES	VALORES
Poder calorífico	2500 BTU/ft ³
Poder específico	0.582
Gravedad específica a 60 °F	0.508
Densidad a 60 °F	4.22 lb./gal
Temperatura de ignición en el aire	493 – 549 °C
Temperatura de llama	1982 °C
Número de octanos	97 – 125
Calor latente de vaporización a 60 °F	193.1 BTU/lb

1.1.4.2.1 Infraestructura – Equipos Requeridos

1.1.4.2.1.1. Tanques de Almacenamiento

Son construidos siguiendo el Código ASME, Sección VIII, División 1. Las características para un (1) tanque de almacenamiento de GLP de capacidad de 2.000 galones son las siguientes. Ver figura 10.

Figura 10. Tanque Estacionario Para Almacenamiento De GLP.



1.1.4.2.1.2. Ubicación De Tanques De Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento deben ser ubicados en sitios que cumplan con la normatividad del Ministerio de Minas y Energía y dentro de los parámetros ambientales vigentes. Los tanques de almacenamiento del gas se ubicaran teniendo en cuenta lo reglamentado para tal efecto en la resolución 80505 de 1997 (artículo 29) emitida por el Ministerio de Minas y Energía:

Tabla 2. Especificaciones Tanques Estacionarios.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS TANQUES		
Capacidad Nominal. (galones)	1.065	2.140
Cabeza tipo	Hemisférica para todos los tanques	
Material y espesor. (Pulg.)	Lamina ASTM –a- 515 grados 70 de ¼ “	
Volumen de cabezas. (galones)	168	357
Cuerpo cilíndrico	Soldado longitudinal y circunferencialmente	
Material y espesor	Lamina calida ASTM –a- 515 grados 70 de 5/16 “	
Longitud del cilindro. (pies)	12,00	15,00
Volumen de cabezas. (galones)	863	1,785
Peso del tanque vacío. (toneladas)	0,95	2,040
Peso lleno de agua. (toneladas)	5,146	10,140
Peso lleno de GLP. (toneladas)	2,94	6.160
Área total. (pie ²)	170,46	275,72
Flujo de aire. (cfm)	3.626,7	5.380,7
Capacidad de vaporización. (pie ³ /h)	546,9	879,0
Longitud del tanque. (mm)	4.724	5.943
Volumen total. (galones)	1.031	2.142

“Los Tanques Estacionarios en superficie o enterrados, deberán colocarse a una distancia mínima entre sí, de edificios y linderos vecinos, de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 3. Distancias Mínimas Para Tanques Estacionarios De GLP.

Capacidad de agua por tanque estacionario. Metros cúbicos (galones)	Distancias mínimas. metros		
	Edificaciones y linderos vecinos		Entre tanques estacionarios
	Enterrados	superficiales	
De 0.45 a 1 (120 a 250)	3	3	Ninguna
De 1.01 a 1.9 (251 a 500)	3	3	1
De 1.91 a 7.6 (501 a 2000)	3	47.6	1
De 7.61 a 15.2 (2001 a 4000)	7.6	7.6	1
De 15.21 a 114 (4001 a 30000)	15	23	1.5
De 114.01 a 265 (30001 a 70000)	15	30	(*)

(*) ¼ de la suma de los diámetros de los tanques estacionarios adyacentes.

1. En el caso de instalaciones compuestas por varios Tanques Estacionarios enterrados con capacidades individuales de agua superiores a los 0,5 m³ (125 galones), deben instalarse de tal

manera que permitan el acceso a sus extremos o bordes para facilitar el trabajo de las grúas o dispositivos de elevación.

2. Para el caso de Tanques Estacionarios enterrados, la distancia mínima debe medirse a partir de la Válvula de Alivio de Presión, o de la conexión de llenado, o de la conexión de ventilación del medidor de nivel de líquido del tanque Estacionario, con excepción de que ningún tanque Estacionario enterrado debe estar a menos de tres metros (3 m) de una construcción o de la línea de separación con una propiedad adyacente que pudiera estar construida.
3. Con relación a la distancia entre edificios o construcciones y Tanques Estacionarios ASME con capacidades de agua iguales o superiores a cero coma cinco metros cúbicos (0,5 m³) (125 galones) se debe tener en cuenta el siguiente criterio: Un valor mínimo igual al 50 % del indicado en la columna de El Cuadro de distancias mínimas debe ser la separación necesaria entre la salida de la Válvula de Alivio de Presión y cualquier parte de la construcción o edificio que se proyecte por fuera de la pared en mas de uno coma cinco (1,5 m) y ubicada por encima del nivel de la salida de descarga de la Válvula de Alivio de Presión. Esta distancia horizontal se debe medir a partir de un punto determinado por la proyección vertical del borde exterior de la estructura sobresaliente en el plano sobre el cual está instalado el tanque Estacionario. En ningún caso la distancia hasta la pared del edificio debe ser inferior a la establecida en El Cuadro. Lo anterior no es aplicable en instalaciones en las cuales la estructura sobresaliente se encuentra a quince metros (15m) o más por encima del orificio de salida de descarga de la Válvula de Alivio de Presión.
4. Esta distancia puede reducirse máximo hasta tres metros (3m) para un tanque estacionario con una capacidad de agua de hasta cuatro coma cinco metros cúbicos (4,5 m³) (1200 galones) siempre y cuando el tanque Estacionario se encuentre al menos a siete coma seis metros (7,6m) de cualquier otro recipiente con una capacidad de agua superior a cero coma cinco metros cúbicos (0,5 m³) (125 galones).
 - Los Tanques Estacionarios en superficie y enterrados, deben ubicarse en el exterior de la edificación y no podrán estar ubicados en los siguientes sitios :
 - a. En el interior de las edificaciones (patios o jardines interiores)
 - b. Debajo de las edificaciones (Semisótanos o sótanos)

- El área donde esté ubicado el tanque Estacionario deberá estar provista de una ventilación natural mediante la disposición de espacios abiertos ubicados al mismo nivel del tanque Estacionario. La ubicación del tanque Estacionario no será permitida si su ventilación se realiza a través de edificaciones, locales o ductos.

Para la ubicación del tanque Estacionario en superficie o enterrado se deberá contar con estudio del suelo con el fin de garantizar la estabilidad de la instalación y la protección contra la corrosión. Adicionalmente se debe respetar y cumplir el ordenamiento urbanístico del respectivo distrito municipio.

- Las distancias para los Tanques Estacionarios en superficie se medirán entre la pared externa del tanque o Tanques Estacionarios más cercana a cualquier construcción y al lindero de predios vecinos.
- Los tanques cilíndricos se instalarán con su eje longitudinal en forma horizontal. Adicionalmente, se cumplirá con las siguientes condiciones:
 - Cuando existan dos o más tanques en la misma instalación para el almacenamiento, el diseñador deberá incluir en el diseño las facilidades necesarias para evitar que, por vasos comunicantes o cualquier otra causa, se produzca el sobrellenado de uno cualquiera de los recipientes por influencia de (l) (los) otro(s), tanto en las operaciones de trasiego, como el servicio.
 - Con el fin de facilitar el rápido desplazamiento de los equipos contra incendio en caso de una emergencia se incluirá una franja libre de seguridad, alrededor de la proyección sobre el terreno de los tanques y, en su caso, dentro del cerramiento.
 - El emplazamiento de los tanques y equipos, estará aislado por medio de una cerca con una altura mínima de dos (2) metros, que podrá ser de malla metálica o cualquier otro sistema análogo incombustible, que permita una buena ventilación.

Para este cerramiento deberá observarse adicionalmente lo siguiente:

- En caso de que este cerramiento vaya provisto de zócalo, su altura no será superior a treinta (30) centímetros. Las puertas del cerramiento serán metálicas y se abrirán siempre hacia el

exterior, las cerraduras serán de accionamiento rápido, manipulables desde el interior y provistas de un sistema de accionamiento sin necesidad de usar llaves.

- Cuando en una instalación existan equipos de trasiego (bombas y/o compresores), vaporización, regulación de presión o medida, estos deberán quedar dentro del cerramiento.
- La colocación de los tanques tendrá en cuenta las siguientes precisiones:
 - Se colocarán sobre bases en concreto, capaces de soportar la carga que se produce durante la prueba hidrostática del tanque. La fijación de estas bases deberá permitir las dilataciones y contracciones térmicas que puedan producirse. La colocación del tanque sobre las bases deberá ser de tal manera que la boquilla de drenaje quede en la parte más baja del tanque y a una distancia del piso que facilite su drenado. El tanque se instalará en forma tal, que su fondo tenga una pendiente suficiente que permita el drenaje total del recipiente.
 - Los tanques deberán conectarse a tierra con una resistencia inferior a 20 OH.

Figura 11. Distancias Mínimas De Seguridad.

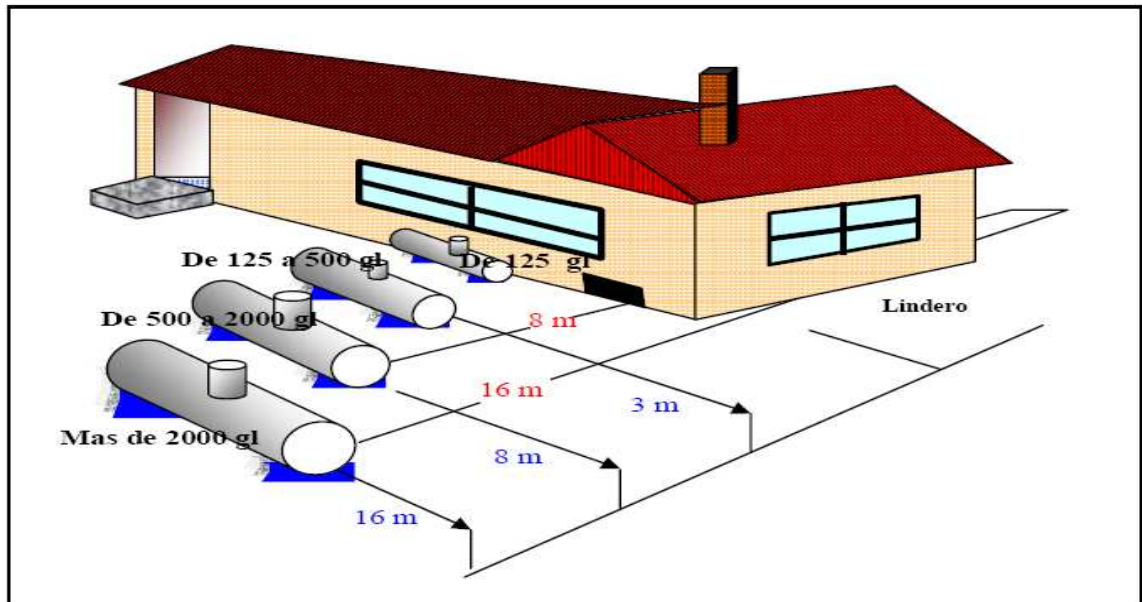
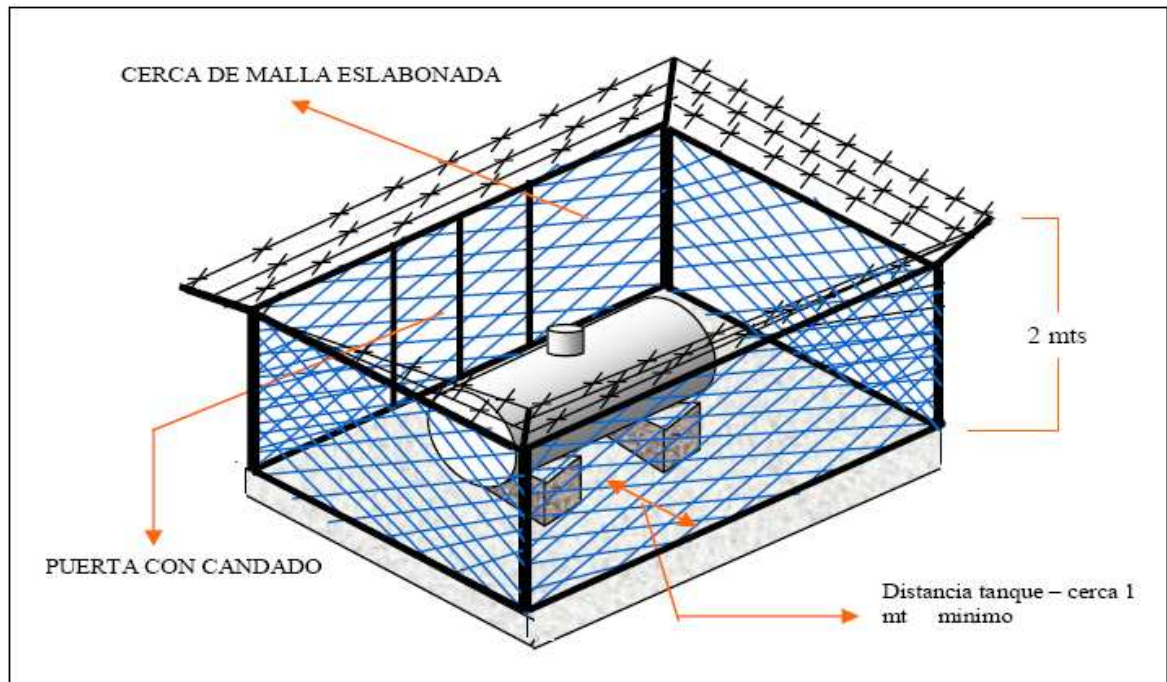


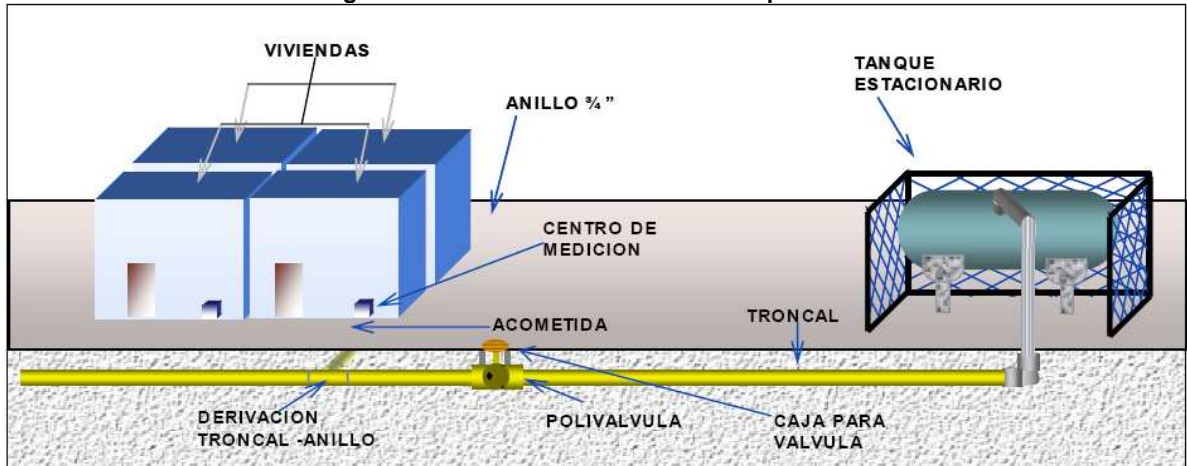
Figura 12. Encerramiento De Tanques Estacionarios.



1.1.4.2. Infraestructura En El Municipio.

El gas licuado del petróleo o propano comúnmente llamado, es el mismo gas distribuido en cilindros que son conectados directamente a los gasodomésticos en cada vivienda, solo que bajo este sistema, éste es transportado hasta la estación de almacenamiento que consta de un(os) tanques de almacenamiento estacionarios y una estación de regulación cuyas dimensiones dependen del numero de usuarios a atender (consumo), estos tanques son cargados desde carro tanques y es desde este punto donde se inyecta a las redes de distribución en el municipio.

Figura 13. Infraestructura En El Municipio GLP.



1.2 TRAMITES, PERMISOS Y LICENCIAS REQUERIDAS

1.2.1 Etapas de un Proyecto de Masificación de Gas

Para adelantar la prestación del servicio público de gas combustible domiciliario a un municipio, se requiere previamente el cumplimiento de los siguientes requisitos en las diferentes etapas del proyecto, a saber:

- Primera Etapa. Obtención de Autorizaciones, Permisos y Licencias
- Segunda Etapa. Construcción de Redes
- Tercera Etapa. Operación y Mantenimiento de redes e instalaciones

1.2.2 Primera Etapa: Obtención de Autorizaciones, Permisos y Licencias

El primer paso a tramitar, es, la constitución de una sociedad anónima de servicios públicos. La Ley 142 de 1994. Ley de Servicios Públicos, estipula al respecto:

o **Artículo 17. Naturaleza.**

“Las empresas de servicios públicos son sociedades por acciones cuyo objeto es la prestación de los servicios públicos de que trata esta Ley”

o **Artículo 18. Objeto.**

“Las empresas de servicios públicos tienen como objeto la prestación de uno o más servicios públicos a los que se aplica esta Ley, o realizar una o varias de las actividades complementarias, o una y otra cosa”

o **Artículo 19. Régimen Jurídico de las Empresas de Servicios Públicos**

19.1 “El nombre de la empresa deberá ser seguido por las palabras “empresa de servicios públicos” o de las letras “ESP”

19.15 “En lo demás, las empresas de servicios públicos se regirán por las reglas del Código de Comercio sobre Sociedades Anónimas.”

Una vez constituida la sociedad anónima, se procede a la INSCRIPCIÓN DE LA EMPRESA EN LA SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS, para obtener el Número Único de Registro – NUIR, a través del diligenciamiento del formulario RENACER, cumpliendo con lo establecido en los artículos 45, 47 y 79 de la Ley 142 de 1994:

- Artículo 45. “Corresponde a las Comisiones de regulación, teniendo en cuenta el desarrollo de cada servicio público y los recursos disponibles en cada localidad, promover y regular el balance de los mecanismos de control, y a la Superintendencia supervisar el cumplimiento del balance buscado.”
- Artículo 47. “Es función de la Superintendencia velar por la progresiva incorporación y aplicación del control interno en las Empresas de Servicios Públicos. Para ello vigilará que se cumplan los criterios, evaluaciones, indicadores y modelos que definen las Comisiones de Regulación, y podrá apoyarse en otras entidades oficiales o particulares.”
- Artículo 79. Funciones de la Superintendencia de Servicios Públicos.

“Las personas prestadoras de servicios públicos y aquellas que, en general, realicen actividades que las haga sujeto de aplicación de la presente Ley, estarán sujetos al control y vigilancia de la superintendencia.”

Es importante tener en cuenta que para la ejecución del proyecto de construcción y operación de la red de distribución de gas combustible domiciliario, debe existir concordancia con el USO DEL SUELO ACTUAL Y EL USO DEL SUELO POTENCIAL definido por la administración municipal en el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial, cumpliendo así con lo estipulado en la Ley 388 de 1997:

Artículo 8°. Acción urbanística. “La función pública del ordenamiento del territorio local se ejerce mediante la acción urbanística de las entidades distritales y municipales, referida a las decisiones administrativas y a las actuaciones urbanísticas que les son propias, relacionadas con el ordenamiento del territorio y la intervención en los usos del suelo.”

Artículo 13. Componente urbano del plan de ordenamiento.” El componente urbano del plan de ordenamiento territorial es un instrumento para la administración del desarrollo y la ocupación del espacio físico clasificado como suelo urbano y suelo de expansión urbana, que integra políticas de mediano y corto plazo, procedimientos e instrumentos de gestión y normas urbanísticas.

Si la prestación del servicio público de gas combustible no se encuentra considerada dentro del Plan de Ordenamiento Territorial, debe procederse a establecer un proyecto de acuerdo, que lo incluya como un servicio público domiciliario en el uso previsto del suelo.”

Para iniciar los trámites tendientes a la obtención de los permisos y licencias requeridos, se debe contar con diversas opciones para la UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE ENTREGA DE GAS combustible, punto desde donde se suministrará el gas a la red de distribución del municipio y cuyas características dependen del combustible a suministrar.

Para todas las opciones de lotes y para todas las estaciones de entrega de los diferentes sistemas de distribución, unido a los parámetros anteriormente descritos, debe considerarse una limitante de tipo ambiental, que tiene en cuenta la generación de riesgos desde el sistema de almacenamiento hacia el entorno incluidos personas y bienes, para lo cual se maneja una distancia de 300 metros radial, respecto a sitios y edificaciones de aglomeración de personas, hospitales, escuelas, iglesias etc., además de una distancia prudencial a fuentes hídricas o cuerpos de agua (30 metros en adelante).

De otra parte se debe tener en cuenta que el lote debe ubicarse en una zona donde el uso del suelo previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial sea compatible con el tipo de estación a construir.

La ejecución de las actividades de construcción de las redes de distribución, están sujetas a la presentación preliminar de un Estudio o PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y UN PLAN DE CONTINGENCIA, documento que se debe presentar ante el Ministerio del Medio Ambiente – Corporaciones Autónomas Regionales, autoridades competentes para este tipo de proyectos (Decreto 1728 de 2002 – 1180 de 2003); con el objeto de obtener la viabilidad ambiental para la ejecución del mismo.

1.2.3 Segunda Etapa. Construcción de Redes

1) Interventoría: Durante la etapa de construcción de las redes de distribución, surge la necesidad de contratar la ejecución de una INTERVENTORÍA TÉCNICA DE LAS OBRAS, de tal forma que se garantice el avance del proyecto de acuerdo a los diseños definidos por la empresa prestadora del servicio. De igual forma la interventoría será la encargada de autorizar los cambios que se puedan presentar al diseño original, así como de efectuar los correspondientes cortes de obra, a la vez que sirve de enlace entre el contratista, la empresa prestadora del servicio, las otras empresas de servicios públicos presentes en el municipio y las autoridades municipales. Es importante aclarar que ésta interventoría debe ser externa tanto a la empresa propietaria del proyecto, como a la empresa contratista.

2) Otro de los requerimientos establecidos por la normatividad y legislación ambiental, radica en la necesidad de contratar y ejecutar de la INTERVENTORÍA AMBIENTAL DEL PROYECTO, la cual tiene como función específica velar por el cumplimiento de los parámetros ambientales establecidos en los Planes de Manejo Ambiental y los Planes de Contingencia, así como monitorear y controlar los Programas de seguimiento y monitoreo, a la vez que se encarga de la presentación de informes periódicos al Ministerio del Medio Ambiente. Esta interventoría al igual que la técnica debe ser externa y se contrata por el término de duración del proyecto.

3) Inicialmente se debe estructurar un procedimiento para determinación del valor del contrato a los usuarios, materiales y obra incluidos en el valor del contrato, elaboración de un CONTRATO DE CONDICIONES UNIFORMES, DESARROLLO DEL MANUAL DEL USUARIO Y CONDICIONES

DE PAGO DEL CONTRATO; se refiere entonces a condiciones contractuales, deberes y derechos del usuario, información a la comunidad sobre riesgos y manejo de la red interna de gas, sistemas de financiación propia o con entidades financieras que faciliten el acceso de los usuarios a la red de distribución, estrategias de captación de usuarios, vinculación con cooperativas etc.

4) Simultáneo a la construcción de la red se puede iniciar la COMERCIALIZACIÓN DEL GAS a los usuarios finales, para lo cual se debe establecer un programa de mercadeo y unos procedimientos de vinculación a los usuarios finales, Implementación de subsidios (Metodología y ámbito de aplicación).

1.2.4 Tercera Etapa. Operación y Mantenimiento de Redes e Instalaciones

1) La operación de la red de distribución de gas combustible, requiere de la instalación de una OFICINA EN EL MUNICIPIO que cumpla principalmente las siguientes funciones: Coordinación del proyecto, Atención al usuario, venta de matriculas de gas, recaudo del servicio. Lo anterior en concordancia con lo establecido en la Resolución CREG 067 DE 1995:

“7.9 La empresa deberá tener una Oficina de Peticiones, Quejas y Recursos, diferente del servicio de atención de emergencias. Tal como está establecido en las Circulares 001 y 002 de marzo de 1995 de la Superintendencia de Servicios Públicos, y en el Estatuto Nacional de Usuarios de los Servicios Públicos Domiciliarios (Decreto 1842, de julio de 1991, del Ministerio de Desarrollo Económico).

7.10 La Oficina de Peticiones, Quejas y Recursos deberá contar con suficiente número de líneas telefónicas para que sean atendidas todas las llamadas en horas de oficina. Como elemento de medida para la Superintendencia de Servicios Públicos, toda llamada deberá ser atendida en un lapso máximo de 3 minutos.”

2) Es conveniente establecer CONVENIOS CON ENTIDADES FINANCIERAS del municipio como cooperativas, corporaciones de ahorro y bancos, cuyo objetivo es financiar a los usuarios los costos de las matriculas de gas y gasodomésticos que quieran adquirir. De esta forma se promueve la vinculación de suscriptores al proyecto, aumentando los niveles de cobertura, y se da cumplimiento el artículo 97 de la Ley 142 de 1994, así:

Artículo 97. Masificación del uso de los servicios públicos domiciliarios. Con el propósito de incentivar la masificación de estos servicios las empresas prestatarias de los mismos otorgaran plazos para la amortizar los cargos de la conexión domiciliaria, incluyendo la acometida y el medidor, los cuales serán obligatorios para los estratos 1,2 y 3.

3) Sólo hasta el momento en que se tiene un sector de la red de distribución construido y apto para prestar el servicio de gas domiciliario, se procede a PRESTAR EL SERVICIO DE GAS DOMICILIARIO Y VENDER EL SERVICIO, para lo cual se hace necesario establecer procedimientos de operación, lo que a su vez conlleva el establecimiento de un programa de mantenimiento de redes y gasoductos urbanos, en concordancia con lo estipulado por la CREG y la Ley 142 de 1994:

- LEY 142 DE 1994.

“Artículo 28. Redes. Las empresas tienen la obligación de mantener y reparar las redes locales, cuyo costo serán a cargo de ellas.”

- RESOLUCIÓN CREG 067 DE 1995 V.2 PROVISIONES GENERALES PARA EL PLANEAMIENTO OPERATIVO

5.2 Las personas que operen parte alguna de un sistema de distribución, deben ser autorizadas por el propietario del sistema y acreditadas por la empresa para el efecto, y hacerlo de acuerdo con las normas específicas correspondientes.

5.3 Cada distribuidor debe establecer un plan escrito de operación y mantenimiento, con el cumplimiento de los requisitos mínimos incluidos en esta parte, y deben mantener un archivo para la administración del plan establecido. Dicho plan debe contener:

- Desarrollar un manual de instrucciones para los empleados que realicen los procedimientos de operación y mantenimiento, durante la operación normal y reparaciones del sistema, que permita realizar las labores en forma segura y eficiente.
- Programas específicos para partes del sistema que presenten peligros potenciales a la seguridad pública, ya sea para atender emergencias o para cumplir requisitos especiales durante construcción o mantenimiento.

- Un programa de procedimientos de conversión, si se contempla la conversión de un sistema de distribución de baja presión, a uno de mayor presión.
- Un plan para inspecciones periódicas para asegurar que las presiones de operación son las adecuadas a cada sección del sistema de distribución.

4) Después de que la red de distribución entre en operación, se procede a la FACTURACIÓN DEL CONSUMO para cada uno de los diferentes sectores en el municipio (residencial, comercial e industrial), así como de las matriculas de gas.

Para lo anterior debe contarse con un software de facturación y unos procedimientos claros de toma de lecturas y entrega de facturas, procedimientos de corte y reconexión del servicio etc. Estos procedimientos están sujetos a lo estipulado por el Estatuto Nacional de Usuarios y la CREG:

- **RESOLUCIÓN CREG 067 DE 1995 V.10 Facturación.**

5.39 En caso de facturar el gas en volumen, este debe expresarse en metros cúbicos a temperatura de 15.56 grados centígrados, y a una presión atmosférica absoluta de 1.01325 Bar. En esta facturación se asume un gas de referencia con poder calórico de 37.253 kJ/m³, (1000 BTU/pies³). El cargo por metro cúbico consumido a facturar se determinará multiplicando el número de metros cúbicos de gas entregado por el poder calórico del gas entregado expresado en kJ dividido por 37.253. Este procedimiento, no será de aplicación a los cargos fijos por factura.

5.40 En caso de facturar en unidades de energía, ésta debe ser en Julios, kJ o en kwh. En cualquier caso deberá respetarse lo establecido en el Decreto Presidencial 1731 de 1967 y la Resolución 1112 de 1967 del Ministerio de Fomento.

5.41 La desviación del gas de la Ley de Boyle, se determinará mediante comprobaciones periódicas. En caso de que se justifique, se deberá aplicar la corrección correspondiente.

5.42 Cuando se cobren distintos bienes y servicios en la misma factura, será obligatorio totalizar por separado cada bien o servicio, los cuales podrán ser cancelados por el suscriptor de manera independiente. Para ello la factura podrá contener un desprendible especial donde conste el valor del bien o servicio y la forma y condiciones de pago. Las sanciones por no pago procederán únicamente respecto del servicio o bien que no sea pagado oportunamente.

- **DECRETO 1842 DE 1991. Estatuto Nacional de Usuarios.**

CAPÍTULO III Del consumo y facturación

Art. 11. De los requisitos de las cuentas de cobro o recibo. Las cuentas de cobro de los servicios públicos domiciliarios deberán reflejar el estado de cuenta del suscriptor y/o usuario y contendrán como mínimo la siguiente información:

- a) Nombre de la empresa responsable de la prestación del servicio;
- b) Nombre del suscriptor y dirección del envío de la cuenta de cobro;
- c) Estrato socioeconómico y clase de uso del servicio;
- d) Período por el cual se cobra el servicio y consumo por dicho período;
- e) Lectura anterior del contador o medidor de consumo, si existiere;
- f) Lectura actual del contador o medidor de consumo, si existiere;
- g) Causa de la falta de lectura en caso de cobro de consumo promedio;
- h) Valor y fechas de pago oportuno;
- i) Valor del recargo de reconexión y reinstalación;
- j) En toda cuenta de cobro de servicios públicos domiciliarios deberá aparecer en forma visible el consumo en unidades físicas del servicio de las últimas seis (6) facturaciones cuando se trate de facturaciones mensuales, y de las últimas tres (3) facturaciones, cuando se trate de facturaciones bimestrales; en defecto de lo anterior deberá aparecer el promedio de consumo en unidades correspondientes al servicio de los últimos seis (6) meses, y k) Valor del cargo fijo correspondiente.

5) El avance de la red de distribución, la vinculación de usuarios y las obras proyectadas deben ser reportadas a través de INFORMES PERIÓDICOS A PLANEACIÓN MUNICIPAL, cumpliendo así con lo establecido en el artículo 26 de la Ley 142 de 1994.

“En cada municipio, quienes prestan servicios públicos, estarán sujetos a las normas generales sobre la planeación urbana, la circulación y tránsito, el uso del espacio público y la seguridad y tranquilidad ciudadanas; y las autoridades pueden exigirles garantías adecuadas a los riesgos que creen”

Unido a lo anterior se tiene la necesidad de presentar informes de avance y cumplimiento a los Vocales de Control de los Servicios Públicos Domiciliarios en cada municipio, cuando estos lo

requieran; de igual forma es importante dar cumplimiento a los programas de información a la comunidad presentados en los Planes de Manejo, cumpliendo así con lo estipulado por la legislación ambiental vigente.

- Decreto 1728 de 2002. Ministerio del Medio Ambiente.

Artículo 30. De la participación de las comunidades en el proceso de evaluación ambiental y licenciamiento. Las comunidades localizadas en el área de influencia del proyecto, obra o actividad, deberá ser amplia y adecuadamente informadas en relación con la naturaleza del mismo, los impactos ambientales identificados y sobre las medidas previstas en el Plan de Manejo Ambiental; así mismo y una vez iniciadas las actividades licenciadas, deberán ser periódicamente informadas y partícipes sobre los resultados de implementación del Plan de Manejo Ambiental y las medidas correctivas que de éste se deriven.”

6) Las actividades involucradas en la operación de la red de distribución de gas domiciliario, a saber, compras, transporte, facturación, consumo, tarifas, deben ser reportadas en INFORMES MENSUALES DIRIGIDOS A LA CREG a través de un formato de diligenciamiento en el sitio de la CREG en internet (Instructivo de Gas).

7) Existe otro tipo de INFORMACIÓN DE CARÁCTER TÉCNICO Y CONTABLE, LA CUAL DEBE SER REPORTADA A LA SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS, a través del formato Instructivo SÍVICO (SUI), en concordancia con lo estipulado en el artículo 53 y 79 de la Ley 142 de 1994: Artículo 53. “Corresponde a la Superintendencia de Servicios Públicos, en desarrollo de las funciones de inspección y vigilancia, establecer los sistemas de información que deben organizar y mantener actualizados las Empresas de Servicios Públicos para que su presentación al público sea confiable.”

“79.3 Establecer los sistemas uniformes de información y contabilidad, que deben aplicar quienes presten servicios públicos según la naturaleza y el monto de sus activos, y con sujeción siempre a los principios de contabilidad generalmente aceptados”

2. REDES URBANAS

2.1. COMPONENTES

2.1.1. Estación City Gate

Es la estación de entrega de gas natural y el punto desde el cual se deriva la red de distribución de gas domiciliario en los municipios. Para ejecutar la conexión de la red de distribución al City Gate, se hace necesario contar con la autorización del propietario del gasoducto y con los permisos y licencias establecidos en el artículo 26 de la Ley 142 de 1994. Su ubicación debe estar fuera del casco urbano de los municipios y acorde con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana, NTC 3949.

Las presiones que maneja el City Gate (estación de recibo del gasoducto y entrega a la red de distribución) van desde los 250 psi - 300 psi a 60 psi requeridos para la red de distribución. La red de distribución se conecta a este punto y desde allí se suministra el gas a través de la red.

2.1.2. Red De Distribución

Se entiende por red domiciliaria la infraestructura compuesta por la línea troncal primaria y secundaria, al igual que las instalaciones internas necesarias para llevar el Gas combustible hasta los usuarios.

2.1.2.1. Troncal

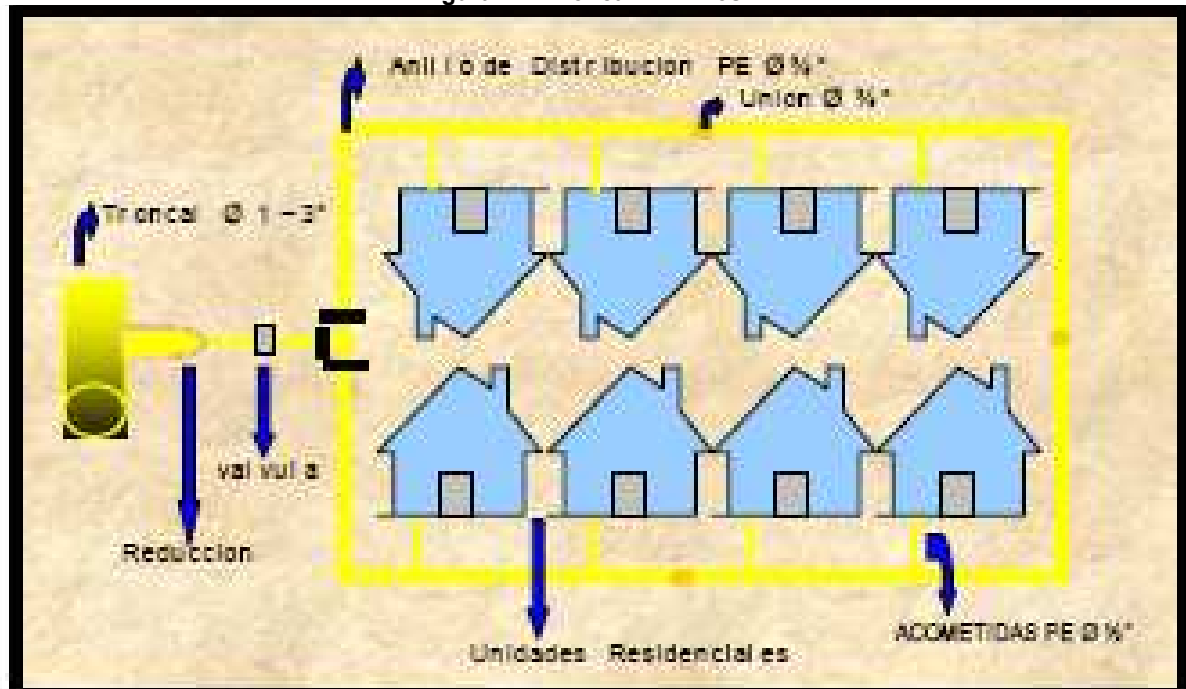
Compuesta por el sistema de tuberías y accesorios de polietileno de media densidad operados a media presión comprendida entre la estación de almacenamiento, regulación y las poliválvulas, que permiten la conexión de las mismas con cada una de las mallas. Los diámetros comúnmente usados en los municipios, varían sus diámetros de 1 a 4 pulgadas

2.1.2.2. Anillos

Es el conjunto de tuberías y accesorios de polietileno de media densidad operados a media presión que se derivan de las troncales formando circuitos cerrados o mallas, el número de

manzanas enmalladas puede variar entre 6 y 9 de acuerdo al nivel de consumo de las manzanas. De estos anillos se hace la entrega de gas a los usuarios por medio de la acometida correspondiente. Para el caso del municipio se trabajará en tubería de polietileno de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

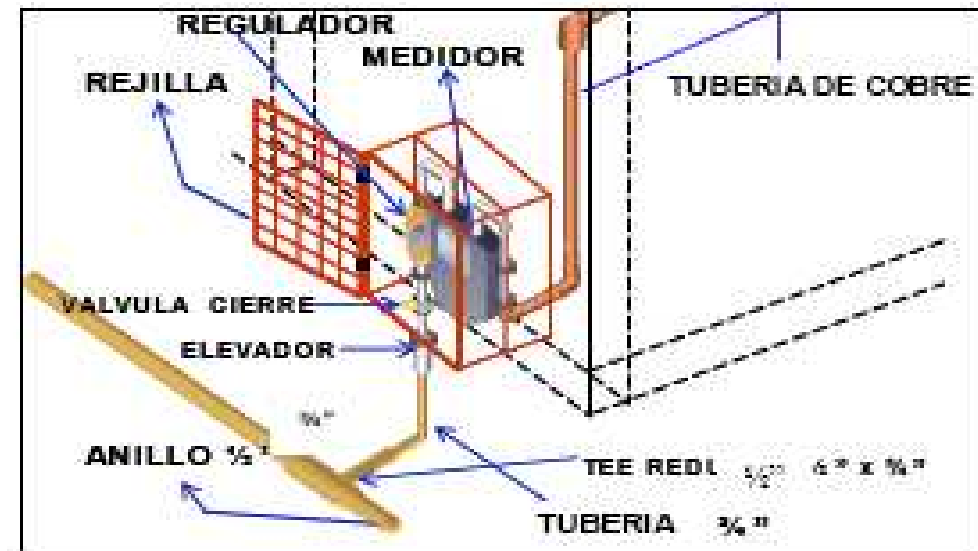
Figura 14. Troncal Y Anillos.



2.1.2.3. Acometidas Domiciliarias

Derivación en tubería de polietileno de media densidad, operada a media presión que entrega el gas natural desde los anillos de distribución hasta el centro de medición individual en cada vivienda.

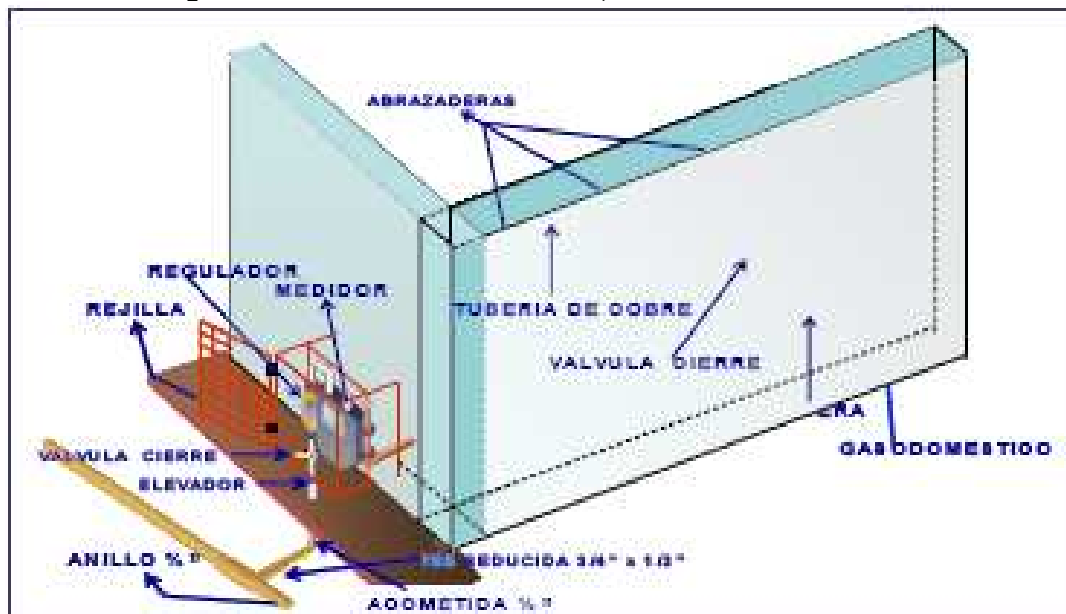
Figura 15. Acometida Domiciliaria.



2.1.2.4. Instalación Interna

Instalación de tubería encargada de llevar el gas desde la acometida y el centro de medición hasta el gasodoméstico.

Figura 16. Conexión De La Acometida, Medidor De Gas E Interna.



Con el fin de llevar un control sobre los diseños para cada vivienda, se elabora un isométrico de acuerdo a lo establecido por la Resolución 14471 del Ministerio de Desarrollo – Superintendencia de Industria y Comercio, para cada una de ellas, donde se especifica el tipo de tubería y accesorios, cantidades de materiales, ventilación y trazado de la red interna desde el nicho hasta los gasodomésticos.

2.1.3. Centro de Medición

Conjunto de equipos que permiten efectuar la medición, el control y la regulación de la presión del gas suministrado a uno o varios usuarios.

2.1.4. Nicho

Recinto debidamente ubicado y convenientemente construido donde se aloja el centro de medición individual y/o común.

2.2. MATERIALES

2.2.1. Tuberías

En la construcción de la red de distribución domiciliar de gas combustible se utilizará tuberías plásticas (polietileno) en las redes externas y metálicas (cobre y/o acero galvanizado o cualquier otra que haya sido avalada por la Superintendencia de Industria y Comercio) se utilizan para las instalaciones internas.

El material de las tuberías debe resistir la acción del gas natural y del medio exterior con el que está en contacto; de lo contrario las tuberías deben estar protegidas. Los espesores de la pared deben cumplir las condiciones de ensayo de presión y de resistencia mecánica especificada para cada material en la norma correspondiente.

Las características de la instalación de tuberías deben estar acorde con los parámetros establecidos en las normas técnicas colombianas.

2.2.1.1. Tubería Plástica o de polietileno.

La tubería de polietileno utilizada para la construcción de las instalaciones esta limitada a tramos enterrados y debe cumplir con las especificaciones que se indican en la norma NTC 1746.

Para la distribución de gas natural en redes de polietileno, la máxima presión de trabajo es de 0.41MPa (60 psi), en la distribución de GLP (*gas licuado de petróleo*), este debe encontrarse en fase gaseosa y se dotará a la instalación, del sistema de evaluación de condensados para prever su posible acumulación puntual, su máxima presión de trabajo en las redes de polietileno es de 0.2MPa (30 psi).

Los tubos se clasifican por su diámetro exterior y por el RDE, que es la relación existente entre el diámetro exterior y el espesor del tubo. A continuación se muestran las dimensiones y espesores de las tuberías, empleadas actualmente.

Tabla 4. Dimensiones De La Tubería De Polietileno

DIMENSIONES DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO			
Diámetro		Espesor Mínimo de Pared	RDE
Nominal	Externo		
½ CTS	0.625	0.090	7
½ IPS	0.840	0.090	9.33
¾ IPS	1.050	0.095	11
1 IPS	1.315	0.119	11
1 ¼ IPS	1.660	0.151	11
1 ½ IPS	1.900	0.173	11
2 IPS	2.375	0.216	11
3 IPS	3.500	0.318	11
4 IPS	4.500	0.409	11
6 IPS	6.625	0.603	11

CTS: dimensiones de norma de tubo de cobre (Cooper Tubing Size).

IPS: dimensiones de norma de tubería de hierro o acero (Iron Pipe Size).

* EXTRUCOL

2.2.1.1.1. Ventajas De La Tubería De Polietileno

- ❖ Es resistente a la corrosión.
- ❖ Es liviano, fácil de transportar.
- ❖ De fácil manejo e instalación.
- ❖ Es dúctil y resistente al impacto, incluso a bajas temperaturas.
- ❖ Posee una larga vida útil.
- ❖ Las uniones son seguras y fáciles de realizar.
- ❖ Es flexible, permitiendo que las tuberías sean enrolladas y producidas en extensas longitudes, minimizando el número de uniones.

2.2.1.1.2. Método De Acoplamiento. ⁱⁱ

La unión de tuberías es un aspecto muy importante en el tendido de las redes de gas, dado el gran número de uniones que se deben hacer y de las cuales depende gran parte la seguridad del transporte del gas debido a que un correcto acoplamiento, evita fugas y los respectivos problemas que esto conlleva.

Los métodos más usados en el acople de tuberías de polietileno son la termofusión a tope y la electrofusión, y se deben seguir los procedimientos suministrados por el fabricante de las tuberías y de los accesorios. Estas uniones por fusión de calor es un proceso que involucra la acción de la temperatura y la fuerza, dando como resultado dos superficies entrelazadas.

2.2.1.1.2.1. Electrofusión.

Sistema de fusión convencional con la única diferencia que en la electrofusión se le incorpora a la conexión una resistencia eléctrica que evita el uso del elemento de calefacción externo. Por lo tanto la diferencia principal entre la fusión de calor convencional y la electrofusión es el método por el cual se aplica calor. La conexión en su parte externa, trae dos terminales donde se conecta el voltaje que provoca que la resistencia interna funda el material y produzca la fusión. En este punto un sistema interno conectado al control de flujo eléctrico es interrumpido eliminando la corriente eléctrica

Es un sistema práctico, permite realizar ramificaciones, desviaciones, etc., sin necesidad de cortar el fluido principal, posibilitando hacer pruebas en la nueva instalación, antes de ponerla en funcionamiento. Esta técnica es una solución moderna, especialmente bien adaptada a la realización de redes y que se basa en la explotación máxima de las cualidades plásticas propias del PE.

2.2.1.1.2.1.1. Equipos Y Materiales.

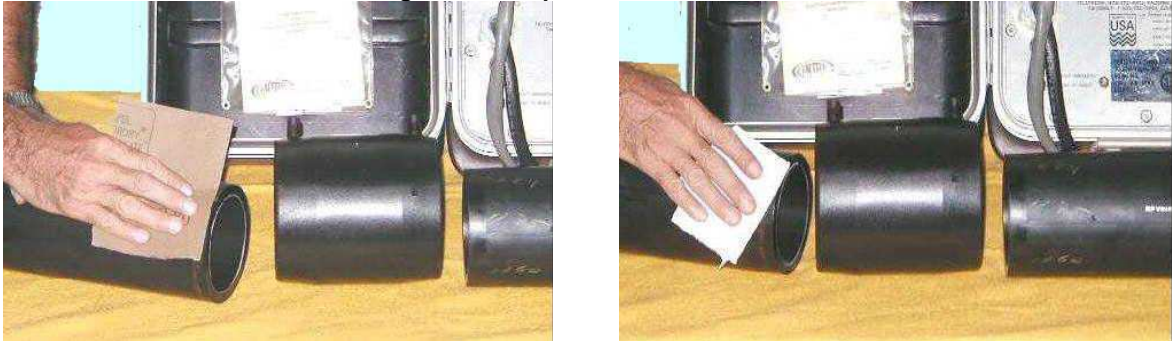
- Caja de control.
- Prensa manual de alineación.
- Biselador.
- Toallín blanco.
- Alcohol (Propanol, Etilico).
- Accesorios de acuerdo al diámetro del tubo y al tipo de soldadura a realizar.
- Las recomendaciones de los ciclos caloríficos, suministros eléctricos y procedimientos para materiales de plástico son específicos de cada fabricante y por lo tanto deben consultarse anteriormente para evitar inconvenientes.

2.2.1.1.2.1.2. Procedimiento

Esta técnica involucra la fusión por medio de calor de las tuberías con el accesorio, encajando los extremos de dicha tubería en el accesorio de electrofusión, durante un tiempo preestablecido. Cuando la corriente eléctrica se aplica, la resistencia que se encuentra en el interior de la conexión produce calor y funde la superficie interna del accesorio con la externa de la tubería. El polietileno fundido de los dos componentes pasa a formar una sola pieza. Los procedimientos a seguir son los siguientes:

- Limpiar la superficie de la tubería donde se realizará la unión y alinear los extremos. Raspar una cara delgada del polietileno de la superficie a ser unida al montaje. No permita que las superficies raspadas o acoplamientos puedan ser contaminados.(Figura.17)

Figura 17. Preparación De La Tubería



Fuente: Revinca, C.A

- Coloque las tuberías sujetándolas en la prensa manual; esto es para prevenir el movimiento de la tubería. Preste especial atención al centrado del montaje en las superficies de los extremos de la tubería. Recuerde no tocar ni dentro ni fuera la tubería con las manos, ya que la transpiración y aceites del cuerpo podrían contaminar las áreas y afectar la actuación de la soldadura.
- Determine la profundidad de penetración de la tubería con respecto al accesorio, esto se puede realizar marcando la tubería a una longitud equivalente. Se recomienda que las prensas se coloquen lo más cercano posible del montaje para resultados más satisfactorios.
- Conecte los elementos de electrofusión, caja de control al montaje y a la fuente de poder. (Figura 18).

Figura 18. Conexión Del Equipo De Soldar



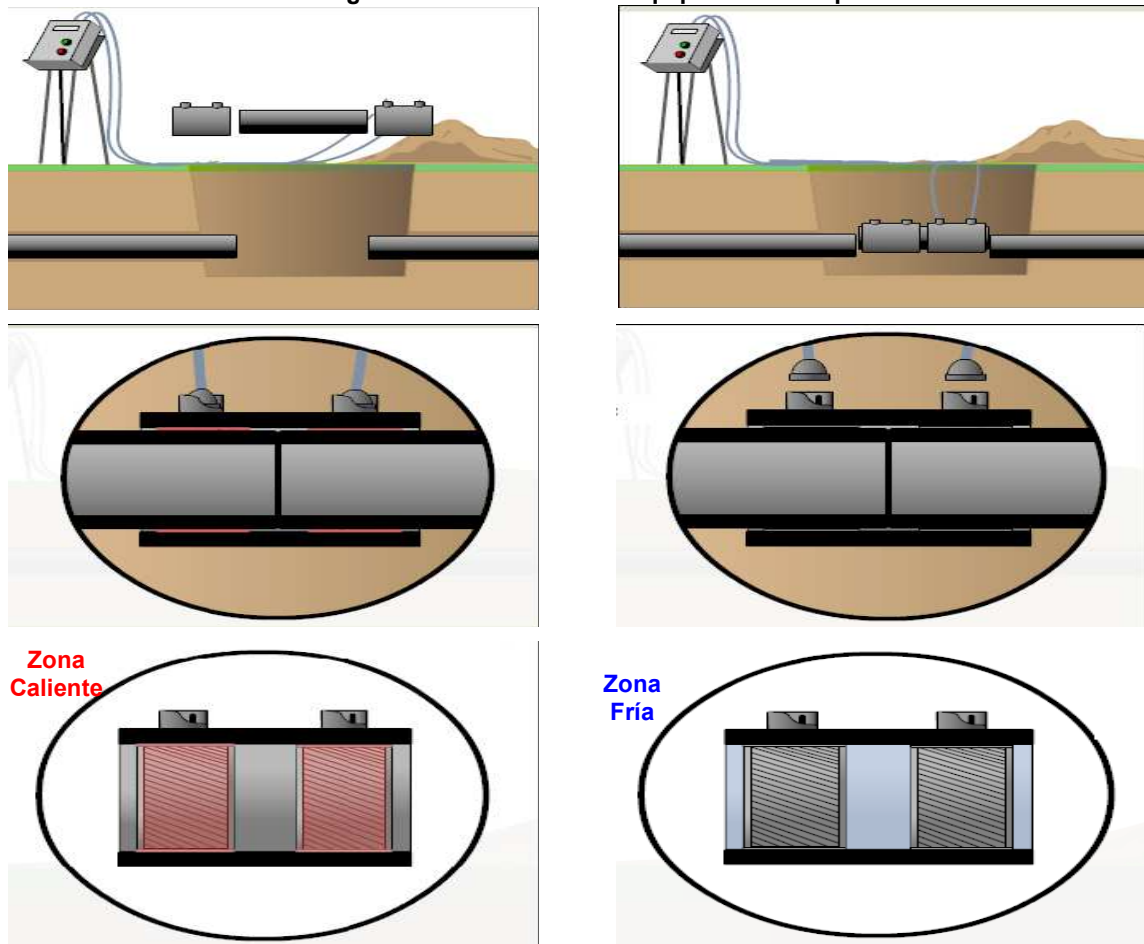
Fuente: Revinca, C.A

- Active el ciclo de fusión de acuerdo con las instrucciones de instalación del fabricante del equipo.

- Cuando el ciclo se halla completado, desconecte los cables del encaje. La tubería con la conexión deben durante el tiempo de enfriamiento recomendado permanecer en el lugar para que éstas se puedan terminar de fusionar.
- Al cumplirse el tiempo de enfriamiento se pueden retirar las mordazas que se colocaron para sujetar la unión anteriormente. El levantamiento prematuro de las mordazas y cualquier tensión en la soldadura que no se ha enfriado totalmente, puede ser perjudicial a la actuación de la unión.

A continuación se presentan una serie de figuras en las cuales se explica con más detalles la forma de instalar la tubería en el campo. (Figura. 19).

Figura 19. Instalación Del Equipo En El Campo.



Fuente: Revinca, C.A

2.2.1.1.2.2. Termofusión A Tope.

Es un método de soldadura simple y rápida, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. Las áreas de las partes que se van a unir se calientan a la temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión. Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, además es la más económica de los sistemas de uniones térmicas. La Soldadura a Tope es apropiada para la unión de dos tuberías del mismo RDE (relación \varnothing / espesor) con diámetros desde 32 mm hasta diámetros de 630 mm.

2.2.1.1.2.2.1. Equipos y Materiales.

Para realizar la Soldadura a Tope se debe disponer de un equipo que contenga:

- Mesa alineadora con bancada
- Mordazas de fijación para diferentes diámetros.
- Elemento de calefacción regulable.
- Rectificador (biselador) de caras.
- Generador eléctrico.
- Sistema mecánico o hidráulico para el movimiento de la mesa alineadora.

Figura 20. Equipo Para Soldadura A Tope



Fuente: Revinca, C.A

2.2.1.1.2.2.2. Procedimiento.

Para obtener una buena soldadura es necesario que se cumplan los siguientes pasos:

- Se debe instalar el equipo de acuerdo a especificaciones del fabricante (Figura 21)

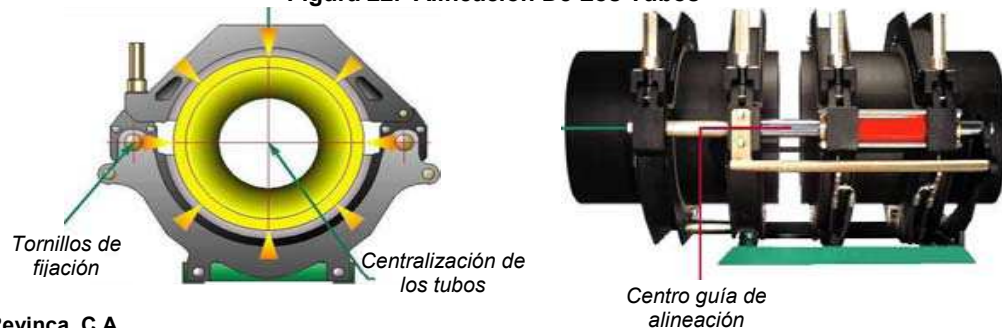
Figura 21. Instalación De Equipo



Fuente: Revinca, C.A

- El corte del tubo donde se va a efectuar la soldadura debe ser perfectamente recto y los extremos a soldar deben quedar completamente paralelos, para garantizar la imposibilidad de movimiento axial. Se deben alinear los tubos, esto se realiza ajustando la prensa de sujeción de los tubos. (Ver Figura 22).

Figura 22. Alineación De Los Tubos

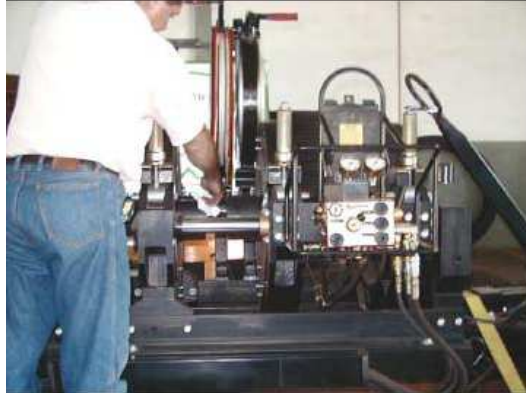


Fuente: Revinca, C.A

- Refrentar los tubos colocando el biselador en medio de ambos extremos de las tuberías a tratar. Después se deben presionar los extremos contra el biselador, accionándolo para obtener un refrentado correcto y completo de las superficies, no mayor de 2 mm de su espesor. Una vez hecho esto las caras o superficies no deben ser tocadas para asegurar que estas no posean alguna impureza (aceite, tinta, etc.) que impidan la realización de una buena soldadura.

- Verificar el alineamiento, uniendo suavemente los extremos refrentados. Luego se constata la perpendicularidad del corte, controlando que la separación entre las caras no sea mayor del 0.2% de espesor. (Figura 23).

Figura 23. Refrentado de los extremos de la tubería



Fuente: Revinca, C.A

- Limpiar con un toallín impregnado de alcohol las superficies o extremos de la tubería, no utilizar ningún tipo de solvente, evitando tocar las superficies a ser unidas. (Figura 24).

Figura 24. Limpieza de los extremos



Fuente: Revinca, C.A

- El termo elemento debe estar limpio y debe tener en buenas condiciones su recubrimiento de teflón. La temperatura del termo elemento debe ser de $210 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($410 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{F}$), para espesores de pared menores a 10 mm y de $200 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($392 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{F}$) para espesores de pared superiores a 10 mm.
- Las superficies a soldar deben comprimirse contra el termo elemento con una fuerza que es proporcional al diámetro de la tubería (ver tabla 5) y luego se debe disminuir hasta un valor de 0.05 Nw/mm², esto se hace con el objeto de que las caras absorban el calor necesario para la

polifusión. Esta disminución provoca la formación de un cordón regular alrededor de la circunferencia, que esta relacionado directamente con el espesor del tubo.

Tabla 5. Fuerza Inicial de Calentamiento y Soldadura

DIÁMETRO EXTERNO (mm)	FUERZA INICIAL DE CALENTAMIENTO POR TUBO PN 10	FUERZA INICIAL DE SOLDADURA POR TUBO PN 10
32	14	42
40	21	63
50	33	99
63	52	156
75	74	222
90	106	317
110	157	471
125	204	610
140	256	768
160	334	1000
180	422	1264
200	520	1559
225	639	1975
250	814	2440
280	1019	3057
315	1290	3870
355	1636	4908
400	2078	6234
450	2633	7899

Fuerza en Nw/mm^2

Fuente: Revinca, C.A

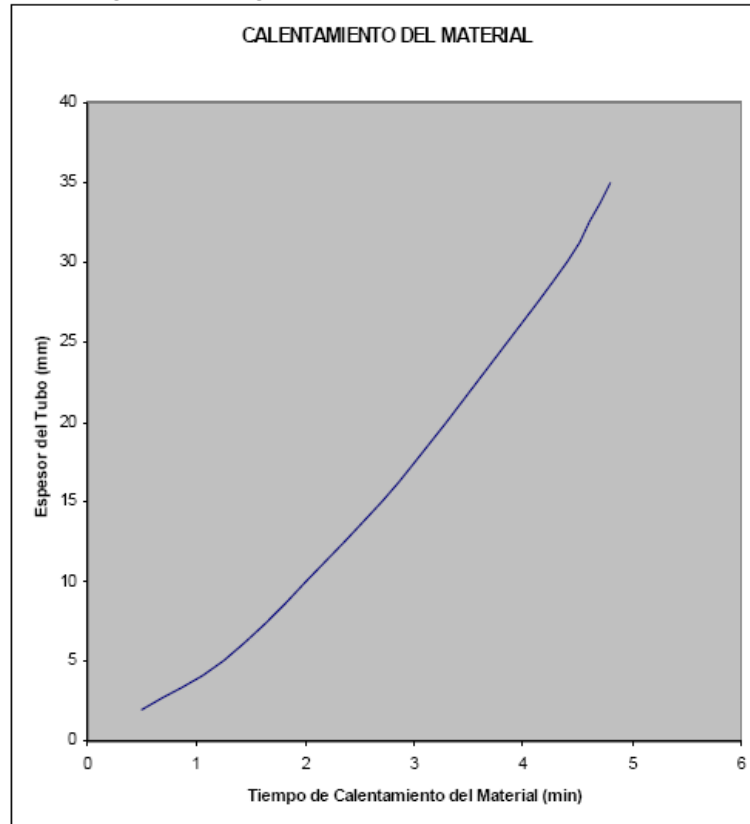
- o El tiempo de calentamiento esta en función del espesor del tubo y está dado en el (Figura 26) y la presión en el momento de la soldadura no debe ser menor de $0.02 Nw/mm^2$. (Figura 25).

Figura 25. Calentamiento De Los Extremos



Fuente: Revinca, C.A

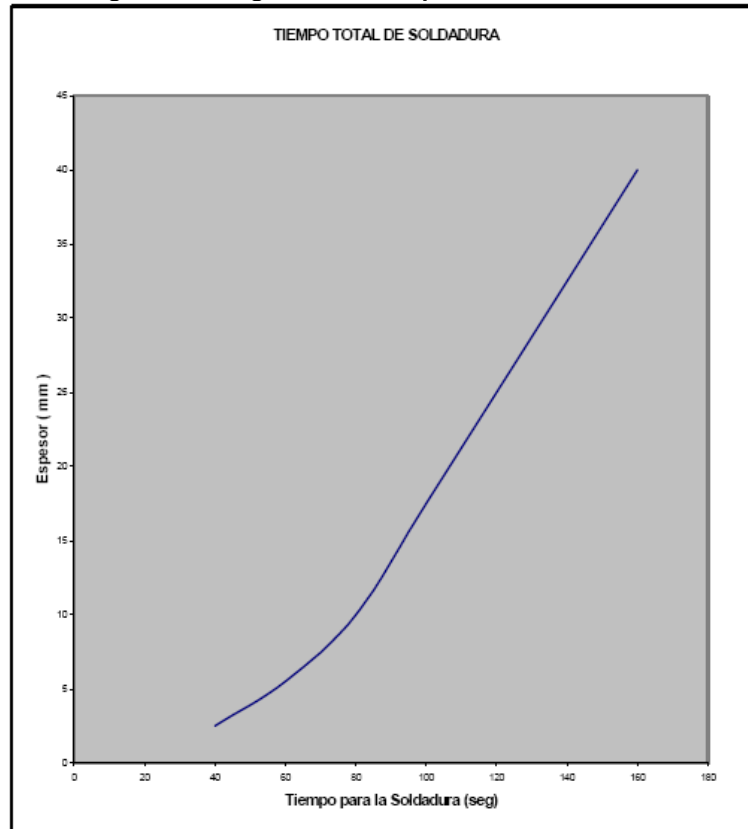
Figura 26. Diagrama De Calentamiento Del Material.



Fuente: Revinca, C.A

- Una vez transcurrido el tiempo de calentamiento de las superficies a soldar, se retira el termo elemento, sin tocar el material blando, esto se realiza de manera uniforme. El tiempo de retiro del termo elemento debe ser lo más breve posible, máximo un (1) segundo por milímetro del espesor que tenga el tubo. Se debe inspeccionar que los extremos de los tubos tengan una fusión uniforme.
- Juntar inmediatamente los dos extremos de los tubos aplicando una fuerza gradual, desde un valor de 0.15 Nw/mm² (1.50 Kg. Fuerza) hasta el valor final de la fuerza que aparece en la tabla 5; el tiempo durante el cual se aumentará la fuerza está en función del espesor y viene dado en el diagrama de tiempo total de soldadura (Figura 27). La fuerza final debe ser mantenida hasta que la soldadura haya bajado a una temperatura de 70°C. No se debe acelerar el enfriamiento con agua, solventes o con corrientes de aire.

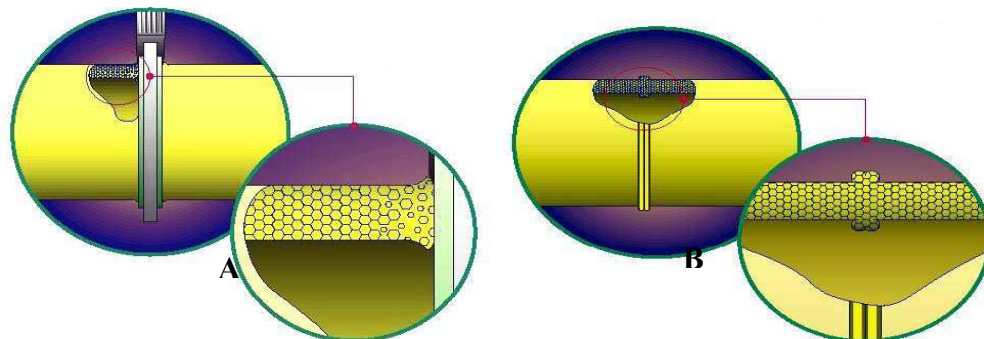
Figura 27. Diagrama De Tiempo Total De Soldadura.



Fuente: Revinca, C.A

- Inspeccionar que en toda la circunferencia, el reborde esté contra el tubo. La unión de la tubería debe permanecer inmóvil en un periodo de 10 a 60 minutos adicionales antes de su manejo o ensayo. En la Figura 28A se muestra el encadenamiento inicial de la estructura molecular del material base, el cual se convierte en una estructura amorfa muy flexible a medida que se produce el calentamiento. En la Figura 28B se muestra la estructura molecular después de que el material se ha fundido, se observa que el material vuelve a su estructura cristalina que produce una unión homogénea de la tubería.

Figura 28. Encadenamiento Inicial Y Estructura Molecular



Fuente: Revinca, C.A

NOTA: La fuerza inicial del calentamiento, la fuerza inicial de soldadura, el tiempo de calentamiento y los tiempos de enfriamiento, son recomendaciones sugeridas por el fabricante del equipo a utilizar, y a su vez depende del ambiente donde se realiza la soldadura. Algunas de estas recomendaciones se ejemplifican en los anexos.

2.2.1.2. Tuberías de Acero

La tubería de acero utilizada para la construcción de instalaciones de gas será de calidad y dimensiones adecuadas a la instalación y al sistema previsto de unión entre tubos. Normalmente el tubo de acero se fabrica a partir de banda de acero laminada en caliente y soldada longitudinal y helicoidalmente.

La tubería de acero a utilizar para las líneas de conducción de gas será mínimo cédula 40 y debe ajustarse a lo estipulado en las normas:

- ANSI/ASME B36.10. Standard for Welded and Seamless Rought Steel Pipe.
- NTC 3470 Tubos de acero soldados o sin costura recubiertos de zinc por inmersión en caliente (procedimiento ANSI B31.8).
- NTC 2249/NTC 2104 Fabricación de tuberías de acero de conexión roscada.
- ASTM A106 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.

2.2.1.3. Tubería de Cobre

El tubo de cobre que se utiliza para la construcción de instalaciones de gas debe ser un tubo redondo, de precisión, estirado en frío, sin soldadura, para su empleo con accesorios soldados por capilaridad.

El tubo debe estar compuesto por cobre desoxidado con fósforo con alto contenido en fósforo residual, según la norma NTC 3944, para tubería de cobre rígida sin costura. Puede utilizarse tubería de cobre flexible sin costura fabricada según la norma NTC 4128 o las normas ASTM B280, ASTM B88 del tipo K o L, o ASTM B88M del tipo A o B.

No se debe emplear tubería de cobre si el contenido de sulfuro de hidrogeno por cada metro cúbico estándar (cien pies cúbicos) del combustible gaseoso es superior en promedio a 7 miligramos (0.3 gramos), ya que este material se corroe con el contacto con esta sustancia. Si la tubería es rígida, su instalación debe ser llevada a cabo por soldadores debidamente entrenados.

2.2.2. Válvulas

Las válvulas a utilizar en la red de distribución, proporcionan mediante una rápida operación, el bloqueo total del paso de gas o el flujo del mismo en el instante en que se requiera. Debe garantizar un cierre hermético bajo las condiciones de operación.

Su fabricación cumple con los siguientes requisitos de acuerdo al rango de presión, así:

- Operación inferior a 170 mbar, norma UNE 60-708-877 (Mientras se adopte la NTC aplicable).
- Presión de operación entre 70 mbar y 8 bar, norma NTC 3538.
- Válvulas en líneas de servicio de polietileno, norma NTC 2576.

Las válvulas utilizadas en la tubería de servicio serán válvulas de bola, con las cuales no hay obstrucción al flujo, son de cierre positivo y se utilizan totalmente abiertas o cerradas. Para las tuberías troncales y subtroncales se utilizarán poliválvulas con el mismo sistema de cierre.

2.2.3. Reguladores

Se utilizarán del tipo cargado por resorte, de fácil ajuste, con respuesta rápida a los cambios de presión y con orificio calibrado.

Todas las especificaciones de diseño, fabricación e instalación de estos deben estar acordes con la NTC 2505 y NTC 3727. La capacidad se determina por el máximo consumo esperado cuando todos los artefactos funcionan en forma simultánea.

El regulador posee dispositivos de seguridad incorporados al equipo o unidos a él, de manera que la presión corriente abajo no supere los límites permisibles.

2.2.4. Medidores de Desplazamiento Positivo

Estos medidores dividen o segregan el flujo en volúmenes discretos y luego suman el volumen total, contando las unidades de volumen que pasan a través del medidor.

El tipo más común es el medidor de diafragma. En el medidor de diafragma operan cuatro compartimientos de medición simultáneos, algunos se llenan mientras otros se descargan. La mayoría de estos medidores operan a 0.25 psi. Los diseños de estos medidores están disponibles para manejar presiones de hasta 1500 psig y temperaturas de 6000F para líquidos y 2500F para gases. La exactitud de la medición es de 0.5 a 1% del valor de rango superior, para rangos de tasas de flujo de 10:1.

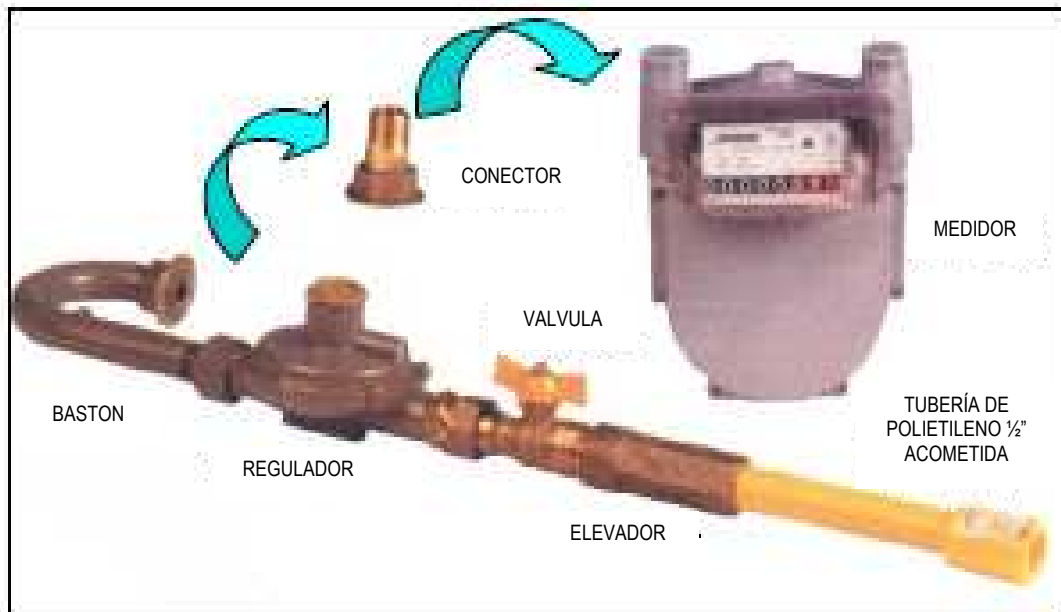
Las características físicas de estos medidores deben cumplir con lo estipulado por la NTC 3950. Las características metrológicas deben ajustarse a las especificaciones de la Organización Internacional de Metrología. Las especificaciones de diseño, fabricación e instalación se encuentran estipuladas en la NTC 2505.

Tabla 6. Especificaciones Técnicas De Los Medidores De Diafragma

MEDIDOR RESIDENCIAL		
REFERENCIA	ESPECIFICACIONES TECNICAS	2.5
VY2	Capacidad (m ³)	1.42
	Presión Máxima	Digital
	Odómetro	m ³ /h
	Lectura	16
	Volumen mínimo de registro	Si
	Bloqueo Odómetro por contraflujo	Domestico
	Uso	Yazaki (Japón)
	Fabricante	

Su localización será en el exterior de las viviendas o en zonas comunes, con facilidad de acceso para su lectura y de dimensiones tales que permitan la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición.

Figura 29. Conjunto Centro De Medición Residencial



2.2.5. Accesorios

Todas las conexiones, con excepción de los elevadores (que permite el cambio de tubería de polietileno - acero) o transmisores, deben ser del mismo material y deben tener las mismas especificaciones que las indicadas para la tubería donde se usen.

- Los accesorios para tubería de polietileno se deben fabricar de conformidad con la NTC 3409, 3410 y ASTM F1055. Los materiales de fabricación deben estar acordes con los parámetros estipulados por la NTC 1746.
- Los accesorios para tuberías metálicas rígidas y flexibles de acero forjado deben ajustarse a las especificaciones de la norma ANSI B16.11.
- Los Accesorios para tubería de cobre flexible deben cumplir con lo estipulado en la NTC 4137 o 4138.
- Los accesorios para tubería rígida de aluminio deben ajustarse a lo estipulado por la norma ASTM B31.6.

Todas las conexiones deben permitir un suministro de gas en condiciones de hermeticidad.

2.3. INSTALACIÓN EXTERNA.

Los parámetros se relacionan a continuación para dar claridad acerca de los requerimientos y recomendaciones, sobre cómo debe llevarse a cabo la ejecución del proyecto en su parte constructiva, con el objeto de optimizar las obras y poder así garantizar el correcto y seguro funcionamiento de la red de distribución, basados en las Normas Técnicas Colombianas 3728, 2505 expedidas por el ICONTEC.

2.3.1. Manejo Y Almacenamiento De Tubería De Polietileno

Algunas consideraciones importantes son las siguientes.

2.3.1.1. Manejo

- Evitar transportarla sobre superficies cortantes.
- No dejar caer desde alturas excesivas ni arrastrar la tubería.

- No dejar caer sobre ella objetos muy pesados, especialmente en días fríos.
- Evitar formar dobleces o deformaciones que puedan afectar la tubería, caso en el cual el tramo debe ser cortado.
- Para determinar si debe ser cortado o no, profundidad del rasguño mayor del 10% del espesor mínimo.
- Se debe tener cuidado con los aparatos utilizados para cargar y descargar tubería.

2.3.1.2 Almacenamiento

- Debe ser almacenada de forma tal que se evite los posibles daños por golpes, dobleces o cortes.
- Al ser guardada debe asegurarse que tenga los respectivos tapones para evitar la acumulación de basura en su interior.
- La tubería que entró inicialmente al almacenamiento debe ser la primera en salir del mismo, se debe dar salida al producto más antiguo.
- Si la tubería es almacenada en el exterior debe ser cubierta con plástico negro a fin de disminuir al máximo su deterioro.
- Los rollos se ubicarán horizontalmente, así se evitará el ovalamiento y la inseguridad que se produce por la ubicación vertical.
- No se debe almacenar la tubería en contacto directo con el piso, es conveniente usar un protector, siendo ideal las estibas de madera. Estas deben ser cubiertas con cartón u otro material para evitar posibles daños a la superficie.
- No debe ser almacenada en compañía de otros materiales como hierro galvanizado, acero o similares.
- No debe entrar en contacto con aceites hidráulicos, lubricantes o productos químicos.
- No debe quedar expuesta a la intemperie, salvo por periodos cortos de tiempo, la luz directa del sol y las temperaturas mayores de 38 °C pueden alterar sus propiedades.

2.3.2 Ubicación De La Tubería

2.3.2.1 Profundidad

- Las líneas primarias (TRONCAL) en las redes de distribución de gas deben instalarse enterradas a una profundidad no inferior a 100 cm., (39.4 pulgadas), medidos entre la superficie

del terreno y el lomo de la tubería. En el caso de que esta profundidad no se pueda alcanzar, o cuando las cargas externas sean excesivas, la tubería debe encamisarse, instalarse aérea o diseñarse para soportar estas cargas.

- En el caso de las líneas secundarias (ANILLOS) de la red de distribución deben instalarse a una profundidad no inferior a 60 cm., (24 pulgadas); si no se puede alcanzar esta profundidad y la tubería no ha sido diseñada para resistir los esfuerzos mecánicos a que se encontrara sometida, deberán interponerse entre la tubería y la superficie del terreno losas de hormigón o planchas que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad inicialmente prevista.

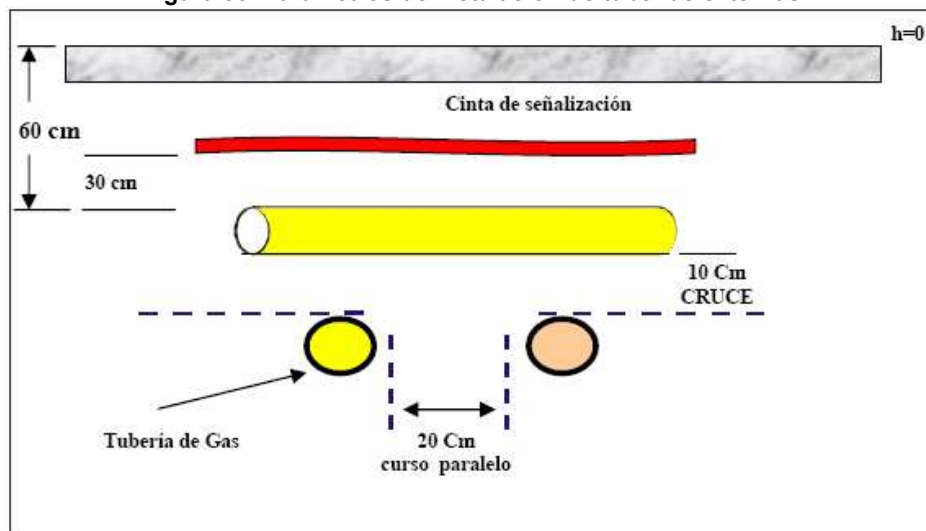
2.3.2.2 Intersección con otras Redes

Siempre que las líneas de distribución se sitúen cerca de otras obras o conducciones subterráneas, se aumentaran, si son posibles estas distancias para que se reduzcan para ambas obras los riesgos inherentes a los trabajos de operación y mantenimiento.

Tabla 7. Distancias entre tuberías

	Líneas primarias	Líneas secundarias
Puntos de cruce	0.30 m	0.10 m
Recorrido paralelo	0.30 m	0.20 m

Figura 30. Parámetros de instalación de tuberías externas



Fuente: Gas Natural EPM

Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse las distancias mínimas entre servicios dadas anteriormente, deberán interponerse entre ambos servicios pantallas de fibrocemento, material cerámico, goma, amianto o plástico.

2.3.2.3 Rotura y Reposición

- Los trabajos de rotura de concreto en vías urbanas se deben hacer utilizando métodos manuales o mecánicos adecuados.
- Debe procurarse que los bordes de la rotura sean regulares y no se produzcan agrietamientos en las zonas adyacentes.
- Los materiales sobrantes de la excavación o de labores de limpieza no deben permanecer al lado de las zanjas, su disposición debe hacerse en zonas de desechos apropiados.
- Si el material de excavación es apto como relleno, se debe realizar su acopio al lado de la zanja, dentro de las cintas o señales que demarquen el área de trabajo, para su utilización inmediata.
- En un (1) día debe realizarse la excavación, la instalación de la tubería y el relleno de la zanja.
- De ser posible antes de tres (3) días debe reponerse el área de trabajo, tendiente de ser igualada o mejorada en su aspecto inicial, antes de ejecutar la obra.

2.3.3 Excavación

- La excavación de la zanja que alojará la tubería podrá ser hecha por cualquier método manual o mecánico, siempre y cuando cumpla con los requerimientos de ancho y profundidad de la zanja.
- Antes de iniciar la apertura de la zanja, se deberá hacer un reconocimiento visual a la trayectoria de la línea para detectar e identificar otras estructuras y así evitar que estas sean dañadas durante la construcción o con el paso del tiempo al producirse asentamientos.
- Antes de colocar la tubería, la zanja deberá estar limpia, libre de basura, escombros o materiales rocosos o cortantes que pudieran ocasionar daños a las tuberías alojadas.
- En los casos en que se tenga terreno rocoso, el fondo de la zanja deberá prepararse con una cama de arena de 10 cm., como mínimo.

2.3.4 Rellenos Y Restauración

- Para proteger la tubería se deberá rellenar inicialmente con una capa mínima de 10 cm. de material libre de elementos que puedan averiar la tubería.
- En el caso que sea necesario la reposición de pavimento, el relleno deberá hacerse en capas de máximo 20 cm. Compactando de tal manera que se garanticen las condiciones iniciales de estabilidad del terreno.
- Una vez acabada la obra, las condiciones físicas y ambientales del área deben ser semejantes o mejores a las encontradas inicialmente.

2.3.5 Inspección De Materiales

- Para todo tramo de la tubería se debe hacer una inspección visual en el sitio de la instalación para verificar su estado, identificar grietas, fisuras, raspaduras, curvaturas e imperfecciones y así corregirlas o dado el caso cambiar la tubería antes de las operaciones de relleno.
- Deben realizarse inspecciones para determinar que el procedimiento y los equipos utilizados para realizar el recubrimiento y compactación no causen daños a la tubería.

2.3.6 Señalización

- Durante la construcción se deben colocar cintas u otros medios apropiados para delimitar el sector del trabajo y atenuar las incomodidades a los habitantes del sector.
- Se deben colocar señales preventivas cerca de carreteras, ferrocarriles, caminos, borde de carretera o donde sea necesario, para advertir acerca de la construcción u obturación existente.
- Todas las señales que exijan visibilidad durante las horas de la noche, deben ser reflectivas o estar convenientemente iluminadas.
- Todas las señales deben permanecer en buen estado, en su posición correcta, suficientemente clara y legible durante el tiempo de su utilización.
- Las barricadas serán formadas por bandas o listones horizontales; las bandas horizontales se pintarán con franjas alternadas negras y anaranjadas reflectivas.
- Los cruces de carreteras donde exista una considerable probabilidad de que se realicen obras que conlleven excavaciones y por ende riesgo de daño a la tubería, se deberán señalar en sus dos extremos mediante letreros que indiquen la presencia del gasoducto y el riesgo que representa.

- Todas las líneas de distribución de gas deben señalizarse por medio de una cinta de por lo menos 10 cm. de ancho, colocada justamente entre 20 y 30 cm., arriba de la tubería indicando la presencia de ésta, para evitar que sean dañadas al momento de ejecutar trabajos de excavación. Adicionalmente, para las redes primarias se deberán utilizar sistemas permanentes de señalamiento superficial que indique la presencia de redes de gas.
- Adicionalmente en la superficie se instalará en el momento de la reposición del área de excavación, una placa metálica que identifique el paso de la tubería de polietileno.

2.3.7. Ubicación De Las Poliválvulas.

La localización de las poliválvulas representada en los planos de diseño solo muestra el número de manzanas o sectores que controla cada poliválvula, pero su ubicación física en la obra debe realizarse en sitios de fácil acceso, preferiblemente en andenes. No deben instalarse en zonas de tráfico vehicular o zonas verdes sujetas a futuras construcciones.

Las poliválvulas deben conservar la misma profundidad de la tubería sobre la cual son instaladas. No se permite deslizamiento ni cambios bruscos de dirección en una longitud de 1 metro, a cada lado de la poliválvula. Si es necesario se deben utilizar accesorios para conservar el alineamiento.

2.4. INSTALACIONES INTERNAS

Los parámetros se relacionan a continuación para dar claridad acerca de los requerimientos y recomendaciones sobre cómo debe llevarse a cabo la ejecución del proyecto en su parte constructiva, incluidas pruebas de presión, conexión de gasodomésticos y puesta en servicio de la instalación, con el objeto de optimizar las obras y poder así garantizar el correcto y seguro funcionamiento de la red de distribución basados en la Norma Técnica Colombiana 2505 expedida por el ICONTEC para instalaciones internas para gas combustible domiciliario.

2.4.1 Tuberías

Los sistemas de tuberías para suministro de gas deben cumplir con una serie de parámetros técnicos que se relacionan a continuación.

- Las líneas de conducción deben ser totalmente independientes, no conectarse a otro sistema de gas diferente al que se esté suministrando.

- Pueden ser instaladas en forma oculta (empotradas, enterradas o por conducto) o visible.
- El trazado no debe afectar los elementos estructurales de las edificaciones tales como vigas y columnas.
- El trazado por encima de cielos falsos es permitido siempre y cuando el tramo sea continuo.
- Las tuberías no deben pasar dormitorios, baños, sótanos y similares sin ventilación. Si es necesario hacerlo la tubería no debe tener conexiones roscadas o de lo contrario debe ir encamisada.
- Todas las salidas de gas deben ubicarse en lugares de fácil acceso y operación de las válvulas de corte instaladas.
- Las válvulas de corte pueden estar localizadas en tramos horizontales y/o verticales en tuberías a la vista. Deben estar localizadas en tramos horizontales en tuberías empotradas.
- La válvula debe estar instalada a una distancia mínima de 0.30 m medidos horizontalmente desde el borde del equipo.
- Cada salida debe estar provista de un tapón metálico, utilizando el sellante especificado y solo puede ser removido cuando se ejecute la conexión del artefacto.
- Debe elaborarse un Plano Isométrico, detallando todas las características de la instalación y los accesorios utilizados. Ver Isométrico anexo.

2.4.2 Tuberías Enterradas

2.4.2.1 Acometidas

- Deben instalarse por debajo del nivel del suelo. Profundidad mínima de 60 cm. Si no se puede cumplir ésta distancia, debe construirse un sistema que brinde protección mecánica, de tal forma que minimice la carga sobre la tubería.
- No se deben instalar por debajo de cimientos, zapatas y placas de cimentación. Si no se puede evitar esta situación, debe encamisarse la tubería.
- En los puntos de cruces con tuberías de conducción de otros servicios, debe mantenerse una distancia mínima de 10 cm, y de 20 cm en los recorridos paralelos. Si no se pueden cumplir estas distancias se debe instalar una pantalla entre las tuberías que disminuyan los riesgos potenciales.
- El procedimiento a seguir durante la instalación de la tubería es el siguiente:

- Se debe instalar sobre un lecho libre de piedras o aristas cortantes o sobre un lecho arenoso de 5 cm de espesor.
 - Se instala en el fondo de la zanja y se recubre con una capa de 20 cm del material seleccionado que este libre de plásticos y de materia orgánica.
 - Se apisona el material de relleno y se coloca la cinta de señalización, la cual debe tener un ancho de 10 cm, localizada a una distancia entre 20 y 30 cm por encima de la tubería.
 - Se continúa el relleno con capas de máximo 20 cm apisonando hasta lograr la compactación requerida.
- La instalación dentro de la zanja debe efectuarse en forma serpenteada para facilitar los movimientos de contracción y dilatación de la tubería.
 - Las válvulas de seccionamiento deben anclarse para que no se transmitan esfuerzos sobre la tubería al maniobrarlas.

2.4.3 Tuberías Empotradas (Embebidas)

- El trazado de ésta instalación debe garantizar que la ubicación de las tuberías se efectúe en sitios que brinden protección contra daño mecánico. Debe realizarse dentro de una zona comprendida en una franja de 30 cm medida desde el nivel del piso, las esquinas del recinto o el techo.
- Se exceptúan del punto anterior las longitudes verticales para los puntos de conexión de los artefactos.
- Las tuberías empotradas en muros deben tener un recubrimiento de mortero 1: 3 con un espesor mínimo de 2.0 cm.
- Las tuberías embebidas en pisos deben estar recubiertas por una capa de mortero de 2.0 cm de espesor mínimo.
- Las distancias a respetar entre las tuberías de diferentes servicios pueden verse en la siguiente tabla:

Tabla 8. Distancia entre tuberías en instalación interna

Tuberías de otros servicios	Curso paralelo (cm)	Cruce(cm)
Agua caliente	3	1
Electricidad	3	1
Vapor	5	5
Chimeneas	5	5

2.4.4 Tuberías por Ductos

Se utilizara solo cuando se requiera protección mecánica al atravesar cielos rasos, techos, huecos de elementos de la construcción o disimular la tubería por motivos estéticos, y en los siguientes casos:

- Cuando la tubería vertical sea susceptible de recibir golpes.
- En tubería horizontal instalada a menos de un (1) metro del nivel del piso.
- Cuando la tubería pasa sobre mesones a alturas inferiores a treinta (30) centímetros.
- En tuberías instaladas en garajes o zonas de parqueo.

En tubería que atravesase cielos rasos falsos si el tramo presenta uniones roscadas. La separación mínima que debe existir entre las tuberías y entre estas y el ducto es de veinte (20) mm. En el caso de utilizarse camisas, el diámetro interno de la camisa debe ser como mínimo diez (10) mm., mayor que el diámetro exterior del tubo a cubrir. No debe existir contacto entre la camisa y el tubo, emplear un mecanismo de aislamiento. Adicionalmente a los criterios anteriormente mencionados no olvidar:

- La altura mínima de los ductos y camisas debe ser de un (1) metro.
- Los ductos y camisas serán continuos en todo su recorrido y dispondrán de ventilación en sus extremos.
- Las camisas deben ser rígidas y resistentes al fuego.
- No debe existir contacto entre los ductos o camisas metálicas con las estructuras metálicas de la edificación ni con cualquier otra tubería.

2.4.5. Centros De Medición

Está conformado por los equipos y elementos requeridos para efectuar la medición, regulación y el control del suministro del servicio de gas para uno o varios usuarios. Los lineamientos estipulados por la normatividad para la instalación de los centros de medición son:

- Su localización debe ser en el exterior de las viviendas o en áreas comunes, con fácil acceso para efectuar la lectura, y de dimensiones que faciliten los trabajos de mantenimiento, inspección, reparación etc.
- El lugar debe estar aislado y protegido del tráfico automotor, para evitar posibles daños por exposición a la fuerza vibracional y los posibles impactos.
- Requiere de instalarse aislado de interruptores, motores y otros artefactos eléctricos que puedan producir chispas. No almacenar materiales combustibles en los alrededores del centro de medición.
- Debe estar protegido de la acción de los agentes externos tales como impacto, humedad, agentes corrosivos etc.
- No deben ubicarse en lugares situados por debajo del nivel del terreno que puedan generar peligro de acumulación de gases.
- No se deben ubicar a nivel del piso, la distancia mínima sobre este es de 50 mm.

2.4.5.1. Instalación

- Los medidores se deben instalar en forma vertical, nivelados y conectados a tuberías que garanticen su estabilidad y hermeticidad.
- Deben disponer de válvulas que permitan el suministro o suspensión del servicio.
- En caso de centros de medición colectiva, los medidores individuales deben identificar claramente la vivienda a la cual registra el consumo.

2.4.6. Pruebas Y Ensayos.

Los siguientes procedimientos de prueba son aplicables tanto a instalaciones nuevas (recién construidas) como para existentes que sean sometidas a revisión.

Antes de ocultar, embeber o enterrar las instalaciones para gas, el sistema debe ser sometido a las siguientes verificaciones:

- Inspección visual del recorrido de la instalación para determinar la correcta ubicación de la tubería, así como la ubicación de las diferentes válvulas de corte
- Condiciones de ventilación de los recintos donde serán instalados los gasodomésticos.
- Protección del sistema de tuberías, contra corrosión y daños mecánicos.
- Verificación del sistema de acoplamiento de tuberías.
- Selección adecuada de los sistemas de medición y regulación.
- Ubicación e instalación correcta de los equipos de medición y regulación.

2.4.6.1. Prueba de Hermeticidad

Toda instalación de gas debe someterse a una prueba de hermeticidad antes de entrar en servicio. La prueba debe efectuarse bajo los siguientes parámetros:

Tabla 9. Parámetros para la instalación de gas domiciliario.

<i>PRESION DE OPERACIÓN TUBERIA</i>	<i>PRESION DE ENSAYO</i>	<i>TIEMPO MINIMO DE ENSAYO</i>
P <= 13.8 kPa (2 psig)	103.5 kPa (15 psig)	0.5 horas
13.8 kPa < P <= 34.5 kPa (2 psig < P <= 5 psig)	207 kPa (30 psi)	1 hora
34.5 kPa < P <= 138 kPa (5 psi < P <= 20 psi)	414 kPa (60 psi)	1 hora

Fuente: Gas Natural EPM

- Debe realizarse a temperatura ambiente con aire o gas inerte; se prohíbe el uso de oxígeno, agua y gases combustibles.
- Los ensayos deben realizarse antes de la instalación de los medidores, reguladores y artefactos de consumo.
- Se deben tomar las precauciones necesarias para garantizar las condiciones mínimas de seguridad de la instalación como del personal técnico que efectúa la prueba.
- Debe efectuarse un barrido total del sistema de tuberías para garantizar la eliminación de cualquier material extraño en el interior de las tuberías.
- Las salidas deben estar provistas de tapones que garanticen hermeticidad, siendo prohibido el uso de corcho, madera etc.

- Los manómetros incluidos en la prueba deben tener una escala graduada como máximo cada 6.9 kPa (1 psig) y una carátula con diámetro mínimo de 76 mm (3 pulg.)
- Cuando se efectúe una modificación o ampliación en un sistema de tuberías existente, éste debe ser sometido a ensayo de hermeticidad de acuerdo con lo establecido en este numeral.

2.4.6.2. Detección y Corrección de Fugas

Después de realizada la prueba de hermeticidad, el sistema de tuberías no debe presentar deficiencias en su funcionamiento o condiciones de operación.

- No debe presentar variación en la lectura indicada por el manómetro que registra la presión de ensayo.
- Cuando los ensayos no arrojan resultados satisfactorios se debe proceder a la localización de las fugas y realizar los correctivos del caso, efectuando una nueva prueba.
- Debe usarse agua jabonosa en los sitios probables de fugas tales como derivaciones, conexiones etc.
- Si la fuga se presenta en el cuerpo de un accesorio o válvula, éste se debe sustituir.
- Si la fuga se presenta en un tramo de tubería, ésta se debe cambiar.

2.4.7. Puesta En Servicio

El proceso de cargar la tubería con gas requiere que dentro de la tubería no se generen mezclas inflamables, por lo cual hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Después de comprobar las condiciones de hermeticidad de la instalación, se procede a la conexión de los equipos de medición y regulación.
- Se debe comprobar la hermeticidad del centro de medición y sus componentes, al igual que sus conexiones utilizando agua jabonosa o detectores de gases combustibles.
- Se debe efectuar la gasificación de las instalaciones garantizando unas condiciones mínimas de seguridad:
 - Ventilación adecuada del recinto.
 - Ausencia de fuentes de ignición.
 - Taponamiento de las salidas de gas.
 - Ausencia de personal ajeno a la empresa suministradora.

- Una vez realizada la gasificación se procede a la conexión de los artefactos y a la verificación de la operación.
- Se debe diligenciar un “acta de entrega” donde quede constancia del cumplimiento de la normatividad vigente, así como que el usuario ha sido informado sobre los requisitos mínimos de seguridad para la adecuada operación de la instalación.

3. FUNDAMENTOS MATEMATICOSⁱⁱⁱ

En el diseño de redes de distribución de gas, una vez calculado el volumen que se debe distribuir, se debe calcular la presión de inyección que se requiere en la entrada de la red, con esta presión se pueden determinar las presiones en cada uno de los nodos de la malla y los diámetros que se deben utilizar en la tubería, conociendo los caudales necesarios en cada nodo.

3.1. ECUACIONES DE FLUJO

La ecuación de flujo, que es una expresión algebraica, correlaciona las pérdidas de presión, con la tasa de flujo, la longitud, el diámetro y la rugosidad de la superficie de la tubería, las propiedades físicas del gas y la temperatura y presión promedio del gas que fluye. Estas expresiones se utilizan para predecir la capacidad de transporte de la red.

La ingeniería del transporte y distribución de gas por tubería requiere del conocimiento de formulas de flujo para calcular la capacidad y la presión requerida. Hay diferentes ecuaciones en la industria del petróleo para el cálculo de flujo de gases en tuberías.

Probablemente la ecuación de flujo más usada es la ecuación de Weymouth, la cual es generalmente utilizada para líneas de diámetros pequeños ($D \leq 15in$). La ecuación de Panhandle y la ecuación modificada de Panhandle son usualmente mejores para líneas de mayor tamaño. Otra ecuación utilizada en la distribución de flujo de gas es la ecuación de AGA, aunque en la literatura existen muchas ecuaciones más.

3.1.1. Ecuación General de Flujo

Jonson y Berward desarrollaron una ecuación, a partir de un balance de energía (la energía del gas a la entrada de una sección de tubería es igual a la energía del gas a la salida, más la energía perdida por el gas como consecuencia de la resistencia a fluir).

Para simplificar esta ecuación se hicieron diferentes suposiciones tales como:

- Fluido newtoniano
- Flujo monofásico

- Flujo estable a lo largo de la tubería
- La temperatura del gas es constante
- La tubería es horizontal
- La compresibilidad del gas es constante
- No hay transferencia de calor entre el gas y los alrededores
- Los cambios de energía cinética del gas entre la entrada y la salida son despreciables
- No existe etapa de compresión durante el paso a través de la tubería

La ecuación general de flujo es:

$$Q_h = 1.6156 \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \times D^5}{GE \times T_f \times L \times f}} \quad 3.1$$

Donde:

Q_h : Tasa de flujo, ft^3/h a T_b y P_b

T_b : Temperatura base ($^{\circ}R$), normalmente $520^{\circ}R$

P_b : Presión base, psia

P_1 : Presión de entrada al sistema, psia

P_2 : Presión de salida al sistema, psia

D : Diámetro interno de la tubería, in

GE : Gravedad específica del gas

T_f : Temperatura promedio del gas en el sistema en condiciones de flujo, $^{\circ}R$

L : Longitud de la tubería, millas

f : Coeficiente de fricción

Se puede observar en la ecuación que la capacidad de la tubería se incrementa con el aumento del diámetro y disminuye con el aumento de su longitud, manteniendo todas las demás variables constantes.

La gran mayoría de las ecuaciones de flujo que en la actualidad existen se basan en la ecuación anterior y lo único que cambia es como se determina el coeficiente de fricción. Para algunos autores este coeficiente de fricción depende del diámetro interno de la tubería y su rugosidad, y para otros depende principalmente del número de Reynolds.

A continuación se pueden observar algunas relaciones investigadas por diferentes autores:

a. Relaciones donde el coeficiente de fricción es una constante.

RIX:	$(1/f)^{0.5}$	14.72	3.2
POLE:	Diámetro	$(1/f)^{0.5}$	3.3
	¾ "a 1"	9.56	
	1¼ "a 1½	10.50	
	2"	11.47	
	3"	12.43	
	4" y mayores	12.90	

b. Relaciones donde el coeficiente de fricción es una función del diámetro interno de la tubería, D:

Spitzglass:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = \sqrt{\frac{354}{1 + \frac{3.6}{D} + 0.03 \times D}}$$
 3.4

Weymouth:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 11.19 \times D^{1/6}$$
 3.5

Unwin:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = \sqrt{\frac{227}{1 + \frac{12}{7 \times D}}}$$
 3.6

Oliphant:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 13 + 0.433 \times D^{1/2} \quad 3.7$$

c. Relaciones cuyo coeficiente de fricción es función del número de Reynolds.

Panhandle A:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 6.872 \times \text{Re}^{0.073} \quad 3.8$$

Nueva panhandle:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 16.49 \times \text{Re}^{0.01961} \quad 3.9$$

Blasius:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 3.56 \times \text{Re}^{0.125} \quad 3.10$$

Mueller:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 3.35 \times \text{Re}^{0.130} \quad 3.11$$

Less:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = \sqrt{\frac{\text{Re}^{0.35}}{0.0018 \times \text{Re}^{0.35} + 0.153}} \quad 3.12$$

d. Relaciones donde el coeficiente de fricción es función del número de Reynolds y del diámetro interno de la tubería.

Fritzsche:
$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 5.145 \times (\text{Re} \times D)^{0.071} \quad 3.13$$

3.1.1.1. Coeficiente De Fricción.

El coeficiente de fricción es un parámetro determinante en el valor del caudal calculado. Este factor esta relacionado con la pérdida de energía debido a la fricción. Diferentes relaciones pueden ser usadas para representar los diferentes comportamientos de flujo.

Las diferentes ecuaciones de flujo usadas difieren solamente en la expresión del factor de fricción. Algunos autores han llamado a este valor $(1/f)^{0.5}$, factor de transmisión.

3.1.2. Ecuación De Weymouth

Uno de los primeros en desarrollar una ecuación para el flujo de gas, fue Thomas R. Weymouth. Dicha ecuación permitiría calcular razonablemente el diámetro requerido de tubería de gas. Esta ecuación fue deducida a partir de datos operacionales.

La ecuación de Weymouth esta dada por:

$$Q = 433.488 \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \times D^5}{GE \times T_f \times L}} \quad 3.14$$

Esta ecuación utiliza el factor de transmisión de Weymouth, que es:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 11.19 \times D^{1/6} \quad 3.15$$

Otra manera de escribir la ecuación de Weymouth es:

$$Q = \frac{K}{L^{0.5}} (P_1^2 - P_2^2)^{0.5} \quad 3.16$$

Donde,

$$K = C \times D^{8/3} \quad 3.17$$

y

$$C = \frac{433.488}{GE^{0.5} \times T_f^{0.5}} \times \frac{T_b}{P_b} \quad 3.18$$

La ecuación de Weymouth se considera útil en el cálculo de redes de gas, donde las presiones que se manejan normalmente son bajas y los tramos son cortos.

Esta ecuación se recomienda para diámetros mayores de 2 pulgadas y menores de 16 pulgadas.

3.1.3. Ecuación De Panhandle Modificada

El factor de transmisión de Panhandle depende del número de Reynolds, se puede utilizar para números de Reynolds entre 4×10^6 y 4×10^7 , y esta dado por:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 16.5 \times \text{Re}^{0.01961} \quad 3.19$$

La ecuación de Panhandle fue modificada para que se pudiera aplicar a presiones bajas:

$$Q = \frac{737}{GE^{0.49} \times T_f^{0.51}} \times \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{1.02} \times \frac{(P_1^2 - P_2^2) \times D^{2.53}}{L^{0.51}} \quad 3.20$$

Al igual que la ecuación de Weymouth, esta ecuación se puede escribir de la forma:

$$Q = \frac{K}{L^{0.51}} (P_1^2 - P_2^2)^{0.51} \quad 3.21$$

Donde:

$$K = C \times D^{2.53} \quad 3.22$$

y,

$$C = \frac{737}{GE^{0.49} \times T_f^{0.51}} \times \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{1.02} \quad 3.23$$

Para la ecuación de Weymouth y Panhandle modificada se utilizan las siguientes unidades:

Q_h : Tasa de flujo, ft^3/d a T_b y P_b

- T_b : Temperatura base (°R), normalmente 520°R
 P_b : Presión base, psia
 P_1 : Presión de entrada al sistema, psia
 P_2 : Presión de salida al sistema, psia
 D : Diámetro interno de la tubería, in
 GE : Gravedad específica del gas, (aire=1.0)
 T_f : Temperatura promedio del gas en el sistema en condiciones de flujo, °R
 L : Longitud de la tubería, millas

3.1.4. Ecuación De AGA

La ecuación de AGA depende del número de Reynolds, también depende de la rugosidad de la tubería si los caudales manejan son grandes.

Para flujos turbulentos, la ecuación de AGA es:

$$Q_b = 38.77 \times \frac{T_b}{P_b} \times \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{GE \times L \times T_f} \right] \times \left[4 \times \log \frac{3.7 \times D}{K_e} \right] \times D^{2.5} \quad 3.24$$

Y para flujos turbulentos la ecuación queda así:

$$Q_b = 38.77 \times \frac{T_b}{P_b} \times \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{GE \times L \times T_f} \right] \times 4 - D_f \times \log \frac{R_e}{1.4126 \sqrt{1/f}} \times D^{2.5} \quad 3.25$$

Estas ecuaciones se pueden expresar de la forma:

$$\Delta(P^2) = C \times L \times Q^n \quad 3.26$$

Una manera práctica para aplicar la ecuación de AGA es utilizando unas expresiones, las cuales asumen unas condiciones base, están dadas por:

➤ Para flujo parcialmente turbulento.

$$C_1 = \frac{227155}{D^{4.8}} \quad 3.27$$

➤ Para flujo totalmente turbulento.

$$C_2 = \frac{2300216}{D^5 (2.31827 + \log D)^{10}} \quad 3.28$$

Para utilizar estas formulas se debe tener en cuenta el caudal crítico Q_c ; si el caudal en el tramo es mayor que el caudal crítico se debe utilizar la expresión de flujo totalmente turbulento y si el caudal es menor se usa la expresión para flujo parcialmente turbulento.

Le ecuación para encontrar el caudal crítico es la siguiente:

$$Q_c = 9.35534 \times 10^{-6} \times D \times (2.31827 + \log D)^{10} \quad 3.29$$

Las unidades en las cuales trabajan las anteriores ecuaciones son:

T : °K

P : kPa

Q : m^3/h

D : mm

L : m

μ : Pa × s

k : mm

3.2. METODOS DE SOLUCIÓN

Para calcular la caída de presión para una sola tubería se requiere únicamente de la aplicación de la ecuación de flujo recomendable; pero, en el caso de distribución de gas por redes, las tuberías

están interconectadas, por esta razón el gas puede fluir desde el nodo fuente hasta los nodos de consumo por distintas vías y a diferentes tasas de flujo. El flujo de gas en cada tramo de tubería debe cumplir con la ecuación de flujo de gas y como en cada nodo salen diferentes tramos, la presión en el nodo debe satisfacer al mismo tiempo las ecuaciones de flujo de todos los tramos que salen de él.

Para solucionar una red, se deben determinar las presiones en cada uno de los nodos y las tasas y direcciones de flujo de sus tramos. Entonces el problema de resolver redes de gas consiste en calcular las presiones en los nodos a partir de una presión conocida y los flujos en los tramos, o por lo contrario, calcular los flujos en los tramos a partir de un caudal y las presiones en los nodos.

Existen diferentes tipos de problemas, en el análisis de redes de gas:

- a. Desarrollar planes para reforzar una red existente de distribución de gas.
- b. Determinar el efecto de nuevas tasas de flujo agregadas a un sistema de distribución de gas en operación.
- c. Estudiar el efecto de las válvulas y reguladores de presión en tuberías existentes.
- d. Tendido y cálculo de diámetros de tuberías para una nueva distribución.

El problema de simulación de estado estable de redes de gas consiste en resolver un sistema dado de ecuaciones algebraicas no lineales. En esta parte del libro se describirán brevemente algunos de los procedimientos empleados en el cálculo de redes de gas.

Algunos de los métodos más utilizados en el cálculo de redes son:

- ❖ Método de Hardy Cross.
- ❖ Método de Renuard.
- ❖ Método de Teoría lineal.
- ❖ Método de Newton Raphson.

La mayoría de los métodos de cálculo utilizados, se basan en una aplicación directa de las leyes de Kirchoff:

- En todo nodo, la sumatoria algebraica de los flujos que entran y salen es cero. Así, cada flujo debe tener un signo, generalmente el caudal que entra a un nodo es negativo y el caudal que sale se considera positivo (ecuación de continuidad).
- En toda red, la suma algebraica de las pérdidas de carga es igual a cero (ley de conservación de energía). Para redes de gas el cuadrado de los diferenciales de presión es el que debe ser igual a cero. En esta caso los diferenciales también deben tener un signo, se considera la pérdida de presión positiva si al hacer el recorrido de la malla, la dirección del flujo es en sentido horario, negativa en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Aplicando las ecuaciones de continuidad y energía a una red se pueden obtener tres tipos diferentes de sistemas de ecuaciones que describan el flujo en la red:

a. Sistema de ecuaciones en el cual las incógnitas son la tasa de flujo en cada tramo de la red.

Si se supone una red con N tramos; este sistema tendrá N incógnitas y para que tenga solución, se deben tener igual cantidad de ecuaciones linealmente independientes. Estas ecuaciones se obtienen de las siguientes maneras:

- Aplicando la ecuación de continuidad; se supone una red de NJ nodos donde se conocen los aportes y consumos, lo que supone que pudieran obtenerse NJ ecuaciones de continuidad; sin embargo, no pueden contarse como NJ , ya que una de ellas esta dada en función de las demás, es decir, realmente son $(NJ - 1)$ ecuaciones. Solo cuando en un nodo de la red se desconoce un aporte o consumo, las NJ ecuaciones de continuidad si suman NJ .
- Si se considera que la red tiene L mallas; a cada malla se le puede aplicar la ley de conservación de energía en función de los caudales en los tramos y se obtiene entonces L ecuaciones.

Contabilizando las ecuaciones obtenidas anteriormente, resultan $(NJ - 1 + L)$ ecuaciones. Ya que el sistema tiene N incógnitas, debe tener N ecuaciones para que exista solución; por lo tanto, se de cumplir que:

$$NJ - 1 + L = N$$

3.30

La $(\mathbf{NJ} - 1)$ ecuaciones de continuidad son lineales y las \mathbf{L} ecuaciones de energía son no lineales. El sistema es por lo tanto no lineal y su solución es más complicada que para el caso lineal. Las ecuaciones deben resolverse por método numérico.

b. Sistema de ecuaciones en el cual las incógnitas son las presiones en los nodos

El sistema de ecuaciones se obtiene a partir de la aplicación de la ecuación de continuidad, reemplazando los caudales en los tramos por una expresión equivalente en función de las presiones, obtenida a partir de la ecuación de flujo.

La ecuación de continuidad en cualquier nodo i en una red de \mathbf{NJ} nodos se puede escribir así:

$$\sum S_{ij} + q_i = 0 \quad \forall i \in J \quad J/(i, j) \in M \quad 3.31$$

Donde:

S_{ij} : Es una variable que indica el sentido del flujo; cuando el flujo va de i hacia j , tiene un valor de 1 y cuando va en sentido contrario tiene un valor de -1.

M : Es el conjunto de tramos, cada tramo está señalado por los nodos que conecta.

J : Es el conjunto de números que identifican cada uno de los nodos.

q_i : Flujo externo en el nodo i de la red, es positivo si es consumo y negativo si es aporte.

Si se conocen los flujos externos en todos los nodos, se pueden obtener solamente $(\mathbf{NJ} - 1)$ ecuaciones, es decir, en algunos de los nodos de la red no se aplica la ecuación de continuidad porque resultaría linealmente dependiente de las otras $(\mathbf{NJ} - 1)$ ecuaciones.

Generalmente en una red se conoce la presión en el punto o nodo de entrega o la presión mínima que puede existir en la red. En el nodo donde se conoce la presión no se aplica la ley de continuidad. Si algunos de los flujos externos se desconocen, pero se conocen las presiones en tales nodos, se obtienen \mathbf{NJ} ecuaciones de continuidad; en este caso, las incógnitas serían las presiones y los flujos externos desconocidos, las ecuaciones se obtendrían de igual forma.

En este sistema de ecuaciones son no lineales y por lo tanto debe resolverse por métodos numéricos (aproximaciones sucesivas).

c. Sistema de ecuaciones en el cual las incógnitas son unos factores de corrección de los caudales en los tramos.

El sistema de ecuaciones se obtiene aplicando la ecuación de energía de cada una de las mallas de la red y para cada malla se deberá encontrar un factor de corrección denominado ΔQ . Este factor para cada malla corregirá los caudales de todos los tramos que componen dicha malla; si la red tiene L mallas, tendrá L factores de corrección o sea L incógnitas y por lo tanto el sistema debe de tener L ecuaciones linealmente independientes.

El sistema de ecuaciones se obtiene del siguiente modo:

Se supone para la red una distribución inicial de flujo que cumpla la ley de continuidad; lógicamente esta distribución no necesariamente cumple la ecuación de energía y para hacerla cumplir se introduce un valor ΔQ de corrección para cada malla; este valor al sumarlo a cada uno de los caudales supuestos para los tramos de la malla, hará que se cumpla la ecuación de energía de dicha malla.

Con los valores asumidos para los caudales en los tramos de la malla I se obtiene:

$$\sum_i^I R'(i)(Q_{oi})^2 = 0 \quad 3.32$$

Donde R depende de cada ecuación, para la ecuación de Weymouth por ejemplo:

$$Q_{ij} = R_{ij} (h_{ij})^{0.5} \quad 3.33$$

$$R'_{ij} = \left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^2 \quad 3.34$$

El subíndice i en la sumatoria de la ecuación anterior (3.32) corresponde a los tramos que conforman la malla I y Q_{oi} se refiere al valor supuesto inicialmente para el flujo en el tramo i .

Cuando se agrega un valor ΔQ , la ecuación 3.32 queda de la siguiente manera:

$$\sum_i^I R'(i)(Q_{oi} + \Delta Q)^2 = 0 \quad 3.35$$

Para cada malla el ΔQ es diferente, pero dentro de una misma malla el ΔQ es igual para todos los caudales de los tramos que conforman la malla.

Debe tenerse en cuenta que un tramo generalmente pertenece a dos mallas adyacentes y por lo tanto el flujo de un tramo que pertenezca a dos mallas de estar corregido por los ΔQ obtenidos para las dos mallas; obsérvese que esta corrección es la diferencia entre los factores de corrección hallados para las dos mallas a las cuales pertenece el tramo. Esto es lógico ya que el flujo en un tramo común a dos mallas será positivo en una de las mallas y negativo en la otra.

Nuevamente el sistema de ecuaciones es no lineal y como en los casos anteriores se tendrá que resolver por medio de procesos iterativos.

El sistema con mayor número de ecuaciones es el a, que tiene $(NJ - 1 + L) = N$ y el que menos tiene es el c, con L ecuaciones. En toda red se cumple que $N > NJ > L$; en el caso a, resultan $(NJ - 1)$ ecuaciones lineales y en los demás casos las ecuaciones son no lineales.

Por tener casi todas sus ecuaciones lineales el sistema a, tendrá una solución más sencilla que los sistemas b y c, donde sus ecuaciones son no lineales; es decir, al disminuir el número de ecuaciones parece que se sacrifica la simplicidad del problema. De todas formas ninguno de los sistemas es lineal; por lo tanto no existe solución directa y debe recurrirse a métodos numéricos para llegar a la solución del problema.

Nuestras ecuaciones están limitadas a procesos iterativos estacionarios para resolver sistema de ecuaciones algebraicas no lineales convergentes. Se debe escoger el método que minimice el costo total de estimación en la solución del problema.

3.2.1. Método De Hardy Cross.

El método de Hardy Cross, es el método más conocido para resolver redes de gas y es el más sencillo. Proviene de una aplicación directa de las leyes de Kirchoff. Este método requiere asumir

tasas de flujo iniciales en cada sección de tubería de acuerdo con la primera ley de Kirchoff. Generalmente está asociado al sistema de ecuaciones cuyas incógnitas son los factores de corrección de los flujos en los tramos (ΔQ).

Cualquier desbalance en la caída de presión alrededor de cada una de las mallas elementales se arregla con el cálculo de una corrección de la tasa de flujo para cada malla. La pérdida de carga total (h), para una cierta longitud de tubería (L) y una pérdida de carga unitaria (α) es igual a:

$$h = \alpha \times L \times Q^n \quad 3.36$$

Si la resistencia de la tubería es (r) es:

$$r = \alpha \times L \quad 3.37$$

Por lo tanto,

$$h = r \times Q^n \quad 3.38$$

El exponente n , varía entre 1.75 y 2.0, dependiendo de la ecuación que se vaya a utilizar; en el caso específico de la ecuación de Weymouth, $n = 2.0$

El procedimiento de cálculo para redes de gas, se basa en el cálculo de un ajuste (ΔQ_o), a una tasa de flujo Q_o previamente asumida, de tal manera que la nueva tasa de flujo en el tramo en referencia será:

$$Q_n = Q_o + \Delta Q_o \quad 3.39$$

Donde,

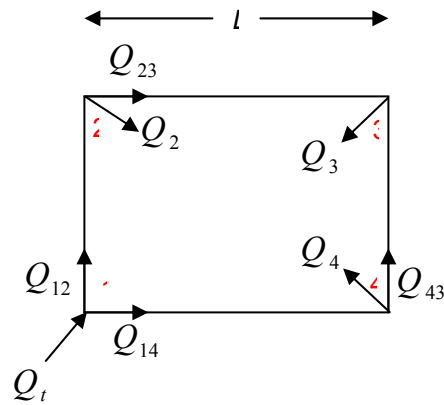
Q_n : Caudal corregido

ΔQ_o : Es la corrección

Q_o : Caudal original asignado al tramo.

Supongamos que se introduce a la red, una tasa de flujo (Q_t), destinada a irrigar el sistema, y descargar por los nodos 2, 3 y 4; de tal manera que:

$$Q_t = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad 3.40$$



Se escoge una distribución inicial del gas en el sistema Q_{12} , Q_{23} , Q_{43} y Q_{14} , y en base a esto, se calcula la corrección de flujo (ΔQ_o).

$$Q_n = Q_o + \Delta Q_o$$

$$Q_{12} = Q_{12} + \Delta Q_o$$

$$Q_{23} = Q_{23} + \Delta Q_o$$

Y así sucesivamente, cumpliendo con las leyes de Kirchoff en cada uno de los nodos de la red. De esta manera, la pérdida de carga total con el caudal corregido será:

$$h = r \times Q^n \quad 3.41$$

$$h = r \times (Q_o + \Delta Q_o)^n \quad 3.42$$

$$h = r \times (Q_o^n + nQ_o^{n-1} \Delta Q_o^n + \dots + \Delta Q_o^n) \quad 3.43$$

Dado que (ΔQ_o) es un valor pequeño, el tercer término y los demás podrán despreciarse, y la pérdida de carga podrá expresarse en la forma:

$$h = r \times (Q_o^n + nQ_o^{n-1} \Delta Q_o) \quad 3.44$$

La sumatoria de las pérdidas de carga en la red, será entonces:

$$h = rQ_o^n + n\Delta Q_o \times rQ_o^{n-1} \quad 3.45$$

Para que se cumpla la segunda ley de Kirchoff, la suma algebraica de las pérdidas de carga debe ser igual a cero, o bien $(\sum h = 0)$, de tal manera que:

$$\sum rQ_o^n + n \sum rQ_o^{n-1} \times \Delta Q_o = 0 \quad 3.46$$

$$\Delta Q_o = -\frac{\sum rQ_o^n}{n \sum rQ_o^{n-1}} \quad 3.47$$

Usando la ecuación de Weymouth para el cálculo de cada tramo:

$$Q = \frac{C \times D^{8/3}}{L^{1/2}} \times (P_1^2 - P_2^2)^{1/2} \quad 3.48$$

O bien,

$$Q = K \times \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2)}{L} \right]^{1/2} \quad 3.49$$

De donde:

$$\Delta P^2 = K^{-2} Q^2 L \quad 3.50$$

Y comparando con la ecuación (3.36) obtenemos:

$$h = \alpha \times L \times Q^n \quad 3.51$$

$$h = r \times Q^n \quad 3.52$$

Resulta que:

$$n = 2$$

$$\alpha = K^{-2}$$

$$h = P_1^2 - P_2^2 = \Delta P^2$$

Entonces el factor de corrección se reduce a:

$$\Delta Q_o = -\frac{\sum Q^2 \times L}{2 \times \sum Q \times L} \quad 3.53$$

El método resuelve este sistema de ecuaciones no de manera simultánea, sino una por una; las ecuaciones son no lineales y por lo tanto, el método es un proceso iterativo convergente.

El procedimiento para cerrar redes de gas, se basa en el cálculo de un ajuste (ΔQ), para un caudal (Q) previamente asignado. En este método la distribución del flujo se logra con el ajuste sucesivo de la tasa de flujo.

3.2.2. Método De Renouard.

El método de Renouard, supone que si:

$$h = r \times Q_o^n \quad 3.54$$

$$h' = n \times r \times Q_o^{n-1} \quad 3.55$$

La ecuación de la segunda ley de Kirchoff, puede escribirse de la siguiente manera:

$$\sum h + \Delta Q_o \sum h' = 0 \quad 3.56$$

Siendo,

$$h = \Delta P^2 = K^{-2} \times L \times Q^2 \quad 3.57$$

$$h' = 2(K^{-2}) \times Q \times L \quad 3.58$$

Y para una red reducida a un sistema equivalente:

$$h = Q^2 \times L \quad 3.59$$

$$h' = 2QL \quad 3.60$$

En donde sustituyendo en la ecuación (3.56), y despejando resulta:

$$\Delta Q_o \sum Q \times L = -\sum \frac{Q^2 L}{2} \quad 3.61$$

Renouard considera que $\Delta Q_o = X_i$, y lo aplica a mallas colindantes, de donde:

$$X_i \sum Q_i \times L_i - X_j \sum Q_j \times L_j = -\sum \frac{Q^2 L}{2} \quad 3.62$$

Donde X_i , es la corrección al flujo (ΔQ_o), aplicado a una malla i , y X_j , es la corrección al flujo aplicado a una malla colindante j . Este procedimiento lleva al establecimiento de un sistema de tantas ecuaciones como mallas existan en la red, cuya solución se obtiene de una sola vez, las correcciones aplicables a cada una de las mallas.

4. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED DOMICILIARIA DE GAS PARA EL MUNICIPIO DE CHINACOTA (NORTE DE SANTANDER).^{iv}

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

4.1.1. Ubicación.

El territorio municipal se encuentra ubicado en el valle que forma al bifurcarse poco antes de Pamplona, la Cordillera Oriental, a 7° 37' Latitud Norte y 72° 36' Longitud Oeste, del Meridiano de Greenwich.

4.1.2. Región Y Límites.

El Municipio de Chinácota pertenece a la subregión sur-oriental del departamento norte de Santander.

Limita por el norte, con los municipios de Bochalema y Los Patios; por el oriente, con los municipios de Ragonvalia y Herrán; por el sur, con los municipios de Toledo y Pamplonita; y, por el occidente, con Bochalema y Pamplonita.

4.1.3. Extensión Y Pisos Térmicos

El Municipio tiene una extensión territorial de 166.50 km² y una altitud promedio de 1.175 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra en los pisos térmicos de templado a frío, con temperaturas que oscilan entre los 12°C y los 22°C.

4.1.4. Estructura Productiva.

4.1.4.1. Sector Agropecuario.

El 88% de las veredas destinan una parte de sus suelos al cultivo del café, el cual ocupa el segundo renglón en la actividad agrícola, con el 26.63% de área sembrada. El primer lugar del uso del suelo es para la siembra de pastos con destino al sector pecuario. Es importante resaltar que el plátano tiene el 8.47%, la caña el 5.38%, las hortalizas el 1.08%, el maíz el 0.49%, el tomate el

0.78%, la zanahoria el 0.18%, la cebolla el 0.20%; otros cultivos, como la yuca y los frutales ocupan el 3.95% del área agrícola.

La actividad pecuaria está representada por la cría de bovinos para engorde y producción de leche, con el 96% de las veredas dedicadas a esta actividad; la cría de equinos para la carga; el levante de porcinos para cría y producción de carne; los caprinos para la producción de leche y carne; la piscicultura, con cría de trucha, mojarra y carpa roja para producción de carne y la apicultura para la producción de miel.

4.1.4.2. Sector Minero.

El sector minero del Municipio está representado por la explotación del carbón a escala de mediana minería en el sector de la veredas de la Donjuana y Orozco, donde se localizan los mantos de carbón de la la formación de Los Cuervos, con cuatro mantos de carbón identificados de base a lecho, como M10, M20 (la pequeña), M30 (la grande) y M40 (Veta 4) y la formación carbonera, con dos mantos conocidos como M110 y M120.

De las 65.796.000 toneladas de reservas básicas, el 60.84% (40.027.000 ton.) corresponden a volúmenes calculados con mayor grado de certeza geológica (medidas más indicadas), mientras que el 39.16% (25.769.000 ton.) corresponden a volúmenes calculados con menor grado de certeza geológica (inferidos). El total de las reservas básicas son aptas para uso térmico según los resultados de los análisis físico-químicos.

El sector se subdivide en tres bloques carboníferos: Maturín, Maturín Sur y Buenos Aires.

4.1.4.3. Sector Comercio, Transporte Y Otros.

La actividad empresarial del Municipio, con base en los listados de Registro de Industria y Comercio de la Secretaría de Hacienda Municipal, se desarrolla en 154 establecimientos.

En el sector primario se ubican actividades tales como agricultura, pecuaria, selvicultura, pesca y minería, de las cuales no se tiene referencia en el registro de industria y comercio. El sector secundario se ubica en el sector de la industria manufacturera, los servicios de agua, electrificación y la actividad de la construcción. En el sector terciario se reporta el comercio, restaurantes, hoteles, transporte, almacenamiento, comunicaciones, intermediarios financieros, servicios comunales, sociales y personales.

Como se puede analizar, el sector terciario representa el 96.48% de la actividad económica del Municipio, y dentro de la actividad comercial la de mayor incidencia es la venta de víveres y cárnicos, que representa el 56%.

El transporte está representado por la movilización de pasajeros y se presentan los servicios intermunicipales y veredales.

4.1.4.4. Sector Turístico.

El Municipio se ha constituido en un centro turístico de cabañas de descanso para los habitantes del área metropolitana de Cúcuta, que buscan clima y paisaje para su recreación.

La oferta turística está representada en, aproximadamente, 200 cabañas construidas y un potencial de visitantes, los fines de semana (4 sábados y 4 domingos por mes), de 11.093 vehículos-mes, con un número aproximado de 4 personas por vehículo para un total de 44.372 turistas (equivalente a 5.547 turistas por fin de semana). Igualmente, cuenta con los atractivos turísticos del Páramo Mejué y la riqueza histórica de la Hacienda Iscalá, con una bella casa colonial que perteneció al Presidente de Colombia, General Ramón González Valencia; la casa colonial donde se firmó el pacto de paz de la guerra de Los Mil Días, la parroquia San Juan Bautista, la Plaza de Toros y otra casonas coloniales, ubicadas en el entorno urbano del Municipio.

Los visitantes encuentran, para su servicio, el Hotel Islavita, con 18 habitaciones, bar, restaurante y zona recreativa; Hotel La Casona: 40 habitaciones; Hotel El Bosque: 25 habitaciones; Hotel Mónaco: 18 habitaciones; Hotel Dorado: 15 habitaciones.

4.1.5. Infraestructura De Apoyo

4.1.5.1. Red Vial.

La red vial de interconexión municipal está compuesta por el tramo La Nueva Donjuana-Chinácota, con una longitud de 11 km, pavimentada en asfalto y en regular estado de mantenimiento; la vía Chinácota-Toledo, con una longitud de 48 km, pavimentada en un 35% en carpeta asfáltica, en regular estado de mantenimiento; la vía Chinácota-Ragonvalia, de 32 km de tierra. Estas son vías de clasificación secundaria con manejo de operación y mantenimiento departamental. La vía primaria Cúcuta-Pamplona pasa por La Nueva Donjuana y es el punto de intersección con la red

secundaria, que permite la comunicación en 34 km de recorrido con Cúcuta y 26 km con la ciudad de Pamplona.

La red vial interveredal con el área urbana presenta una cobertura del 100%, en vías en mal estado, en una extensión de 100.03 kilómetros

4.1.5.2. Servicios Veredales.

En las veredas existe un 76% de equipamiento del sistema de acueducto, un 68% de saneamiento básico o letrinaje, un 100% de sistema de red eléctrica, un 100% de vías de acceso, un 28% de telefonía rural, un 92% de escuelas, un 72% de campos deportivos y un 16% de puestos de salud.

El 76% de las veredas tiene un sistema de acueducto sin tratamiento, a excepción de las veredas de Iscalá Centro, Sur y Norte, Menzulí, Pantanos y Urengue Blonay. La red instalada se estima en 82 km en PVC, con una cobertura promedio de 30.2%

El 60% de las veredas maneja la disposición de excretas con pozos sépticos y letrinas. De las 680 viviendas rurales, 509 tienen solución de disposición de excretas, es decir, una cobertura del 74.92%, aproximadamente.

El 100% de las veredas tiene servicio de energía eléctrica, con una cobertura del 89%, es decir, de las 680 viviendas rurales, 605 reciben el servicio. La empresa tiene una capacidad instalada de 290 km de red eléctrica y 148 transformadores en el sector rural.

Existe un déficit de 150 viviendas y se presenta una relación de 1.13 familias por vivienda. Se determina, igualmente, que por vivienda se distribuye una población de 4.97 habitantes y 4.41 integrantes por familia: El 48.64% de las familias tiene la propiedad de las viviendas.

4.1.5.3. Servicios Públicos Domiciliarios.

4.1.5.3.1. Acueducto.

El acueducto, de sistema por gravedad, está compuesto por una captación de 90 lps sobre la quebrada Iscalá, una red de conducción de 3 km, desarenadores de 60 lps, una planta de tratamiento convencional de 60 lps, un tanque de distribución de 550.000 lps y la red de distribución de aproximadamente 15 km en tubería HF, PVC, AC, y se presta el servicio a 913

usuarios, para una cobertura del 85.81%, con una cobertura de medición de 18.84%, es decir, 201 usuarios.

4.1.5.3.2. Alcantarillado

El alcantarillado corresponde a un sistema con delicados problemas de conexiones erradas, que generan problemas de rebosamiento y trabajo a presión en épocas de lluvias de las redes. La red tiene, aproximadamente, 20 km en tubería de press, con 6 y 8 pulgadas de diámetro, La cobertura del servicio es del 77.84%, es decir, 829 usuarios.

4.1.5.3.3. Servicio De Aseo

EMCHINAC presta el servicio de aseo y tiene una cobertura del 80.09%, 852 usuarios. Para la disposición de los residuos sólidos, la empresa celebró un contrato con la Motilona de Aseo. La disposición se hace en el relleno sanitario La Guaimarala, de la ciudad de Cúcuta, a 60 km del municipio de Chinacota.

4.1.5.3.4. Energía Eléctrica

El servicio se recibe de Centrales Eléctricas de Norte de Santander -CENS, con una cobertura del 95%, en la cabecera municipal, es decir, para 1.011 usuarios, de las 1.065 viviendas. La cobertura de la medición es del 89.97%, 958 usuarios, y se han instalado 43.5 km de redes y 35 transformadores.

4.1.5.3.5. Telecomunicaciones

Telecom cubre el servicio de telefonía en un 57.36% en la cabecera municipal y 0.99% en el sector rural. Presta, igualmente, el servicio de atención inmediata -SAIS- en las veredas de Palocolorado con 6 líneas, Iscalá Centro, con 6 líneas, Álamos, con 1 línea y Pantanos, con 1 línea.

4.1.5.3.6. Servicios De Salud

El Municipio cuenta con un hospital de primer nivel que cubre servicios de consulta externa, hospitalización, urgencias, cirugía ambulatoria, rayos x, odontología, enfermería, farmacia y laboratorio. Además cuenta con tres puestos de salud en las veredas El Diamante, La Donjuana e Iscalá Centro.

El Hospital San Juan de Dios cuenta con 41 camas, lo cual muestra una relación de 4.56 camas por cada 1.000 habitantes. El municipio de Chinácota cuenta con 9.458 personas sisbenizadas, de las cuales el 53.12% pertenece al sector rural y el 46.88% al sector urbano.

4.1.5.3.7. Educación

El Municipio integra la Zona Educativa No. 9, con Herrán, Ragonvalia, Toledo, Labateca, Durania y Bochalema, municipios que a su vez integran la Asociación de Municipios de Ricaurte.

La educación está organizada por un núcleo de desarrollo educativo al cual están adscritos 32 establecimientos: 4 colegios, 1 hogar juvenil campesino y 27 escuelas.

4.1.5.3.8. Recreación Y Deporte

La cabecera municipal cuenta con un coliseo cubierto, un estadio de fútbol, un coliseo de tejo y 12 canchas polifuncionales.

En el sector rural, se cuenta con un coliseo cubierto, La Donjuana y 19 canchas múltiples en las demás veredas.

4.2. PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO.

Para llevar a cabo el diseño de la red domiciliaria del municipio de Chinacota, se tuvo en cuenta los aspectos necesarios para realizar un diseño óptimo. El procedimiento general abarco los siguientes puntos:

4.2.1. Recopilación De La Información.

Se realizó un recorrido completo del municipio, obteniendo de forma precisa la siguiente información:

- Viviendas, lotes y urbanizaciones por construir.
- Se registró el material de las calzadas y andenes, buscando así optimizar el trazado y posterior construcción de la red (presupuesto de obra).
- Usuarios especiales como fábricas, industrias, hoteles, panaderías y restaurantes entre otros, con sus respectivos consumos energéticos horarios.

4.2.2. Trazado De La Tubería Troncal Y De Los Anillos De Distribución.

Una vez tabulada la información antes obtenida, se procede a realizar el trazado de tubería sobre el plano del casco urbano del municipio, teniendo en cuenta:

- Zonas verdes, lotes, terrenos baldíos, colegios, escuelas, parques, etc.
- Las vías principales y secundarias, pasajes comerciales, peatonales, etc.
- Características del terreno tales como tierra, asfalto, concreto, empedrado.
- Presencia de ríos, quebradas, puentes, etc.
- Estética, armonía y principios de diseño.

Después de analizar y estudiar toda la información obtenida en el recorrido por el municipio, se obtuvo la mejor distribución de los tramos de tubería de la troncal y de los anillos.

4.2.3. Procesamiento De La Información.

Con la información registrada, se procedió a la aplicación de los principios técnicos de diseño, construcción y operación de redes de distribución domiciliaria de gas combustible. Posteriormente se realizó un estudio de las variables requeridas por el software de diseño (presión, temperatura, gravedad específica del gas, eficiencia de flujo), para lo cual se hizo un estudio de las características geofísicas del municipio, como altura, temperatura registrada (máxima y mínima).

4.2.4. Cálculo Y Obtención De Resultados.

Una vez escogida la ecuación de flujo, el método de solución a utilizar e introducidos los demás datos al software, se obtienen resultados óptimos de presión en cada uno de los puntos de entrega (nodos), los caudales y los diámetros de tubería por tramo.

4.3. CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO.

El diseño de líneas de servicio para la conducción de combustibles gaseosos contempla los siguientes aspectos:

4.3.1. Tipo De Gas A Suministrar.

Para el desarrollo del proyecto se ha estimado transportar por medio de la red domiciliaria, **Gas Natural Comprimido**, el cuál será distribuido desde una estación de entrega o city gate que se encontrará ubicada en el municipio, a donde llegarán las baterías que traerán el gas a distribuir.

4.3.2. Presión Mínima En La Red.

La presión mínima en la red es de 20 psia, con esto se garantizará que los reguladores y artefactos o gasodomésticos de la vivienda funcionen adecuadamente.

4.3.3. Presión Máxima En La Red.

La presión máxima en redes de polietileno es de 60 psia para el gas natural o gas natural comprimido y 30 psia par el GLP. Estas presiones garantizan la no condensación del gas transportado, si este fenómeno ocurre ocasionaría daños en la tubería, medidores y reguladores.

4.3.4. Temperatura Mínima De Flujo.

La temperatura mínima de flujo considerada en el sistema, para las condiciones de diseño es la mínima temperatura reportada en el municipio de Chinacota, la cual es (12 °C), la cuál no implica ninguna consecuencia crítica, debido a que el gas natural comprimido se condensa a temperaturas menores de 0 °C.

4.3.5. Pérdidas De Presión.

El flujo de fluidos en estado gaseoso esta influenciado inexorablemente por pérdidas de presión que de una u otra manera deben ser cuantificadas por efecto en el rendimiento de flujo en el sistema.

Generalmente las ecuaciones de flujo incluyen una serie de factores, como medio de evaluación de las pérdidas generadas por la fricción del fluido con las paredes de la tubería. Las pérdidas por fricción están relacionadas directamente por la rugosidad absoluta, que para el caso de tuberías de polietileno es aproximadamente igual a 0.000005.

4.4. FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE

El software de diseño de redes de gas, esta desarrollado en ambiente Windows, lo que permite que su manejo sea sencillo. A continuación se explican las variables de entrada y la forma como fueron calculadas.

4.4.1 Gravedad Específica del Gas

Se define como la relación entre el peso molecular de un gas cualquiera y el peso molecular del aire, ambos a condiciones estándar (60 °F, 14.7 psi). Para el GLP se utilizo una gravedad específica de 1.8, y para Gas Natural 0.61.

4.4.2 Temperatura base

Dato de entrada al software, que corresponde a las condiciones base, referencia o estándar (60°F).

4.4.3 Presión base

Dato de entrada al software, que corresponde a las condiciones base, referencia o estándar (14.73 psi).

4.4.4 Eficiencia de flujo

Es un factor que permite establecer las limitaciones del sistema por variables que no incluye la ecuación, tales como material de la tubería y estado de las mismas. Dicho factor tiene un valor máximo de 1. La eficiencia de flujo esta relacionada con las pérdidas por fricción, las cuales de acuerdo a su relación con la rugosidad son despreciables. Para el diseño de la red de gas domiciliaria del municipio de Chinacota se escogió una eficiencia de 0.98.

4.4.5 Ecuación de flujo utilizada

El software de diseño utilizado permite la selección de una ecuación de flujo, entre un grupo de ecuaciones. Para el diseño en referencia hemos escogido la ecuación de Weymouth para gas a alta presión.

4.4.6. Caudal Utilizado En El Diseño.

Para determinar el caudal de consumo por vivienda, se ha desarrollado el siguiente procedimiento:

1. Se establece el consumo energético de los diferentes gasodomésticos (BTU/h).
2. Se establece un porcentaje de uso de los diferentes gasodomésticos de acuerdo al número total de viviendas, en donde se tienen en cuenta las condiciones ambientales y socioeconómicas del municipio.
3. Se aplica el factor de demanda de acuerdo al número de viviendas (según estudios del Departamento de Ingeniería de Petróleo y Gas, Universidad de Calgary, Canadá).
4. Se determina el consumo energético promedio por vivienda (BTU/h).
5. Se determina el volumen de GN consumido por vivienda (MMPCD), para ser utilizado en el software

A continuación la tabla 10 muestra el desarrollo del procedimiento para calcular el consumo de Gas por vivienda, para más de 1000 viviendas:

Tabla 10. Consumo por vivienda.

Gasodoméstico	Caudal	Uso	Factor demanda	Subtotal
	<i>BTU/h</i>	<i>%</i>	<i>>1000 viviendas (%)</i>	
<i>2 Quemadores</i>	<i>12000</i>	<i>40</i>	<i>15</i>	<i>720</i>
<i>3 Quemadores</i>	<i>18000</i>	<i>50</i>	<i>15</i>	<i>1350</i>
<i>4 Quemadores + H</i>	<i>40300</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>604.5</i>
<i>Calentador de 13 L</i>	<i>103000</i>	<i>10</i>	<i>30</i>	<i>3090</i>
<i>Total</i>				<i>5764.5</i>
<i>Caudal calculado</i>	<i>5764.5 BTU/h</i>			
<i>Factor de seguridad</i>	<i>20%</i>			
<i>Subtotal corregido</i>	<i>6917.4 BTU/h</i>			
<i>Total corregido</i>	<i>7000 BTU/h</i>			

Por medio de una conversión de unidades se lleva el consumo de BTU/h a MMPCD, para lo cual tenemos en cuenta las siguientes propiedades:

- Poder calorífico del GN: 1000 BTU/PCS

Se obtiene un consumo residencial de 2.8×10^{-5} MMPCD al mes de gas natural, tomando 4 horas de consumo al día, lo cual hace un aproximado de 25 m³ mensuales.

4.5. DISEÑO DE LA RED DE GAS DOMICILIARIA PARA EL MUNICIPIO DE CHINACOTA.

Para el diseño de la red de gas se utilizó tubería de 2 y 1 pulgadas para la troncal y de ¾ de pulgada para los anillos. De acuerdo a los parámetros de diseño en este documento, y con base en la normatividad vigente, se utilizó el Sistema Integrado de Gas – SIG, para obtener los resultados de cálculo.

Los parámetros utilizados en el software se muestran en la siguiente figura:

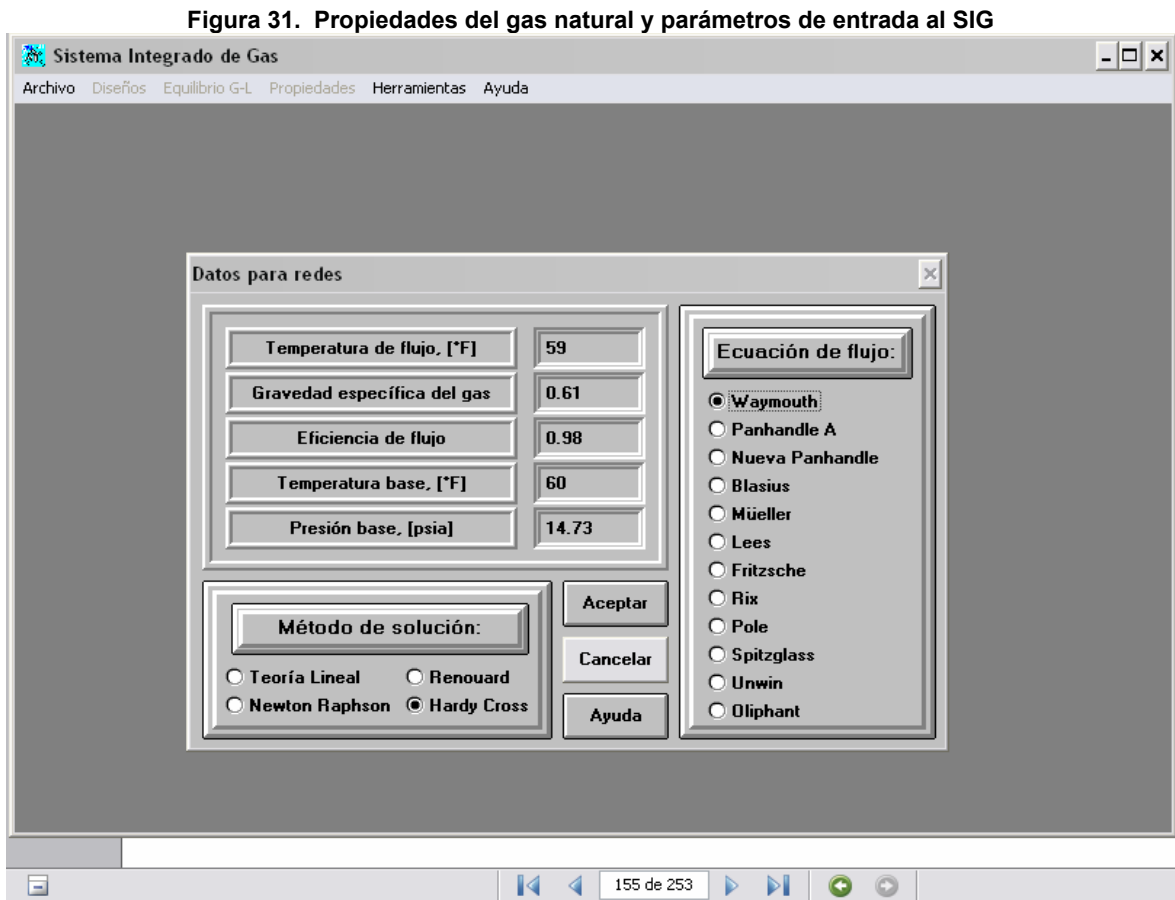
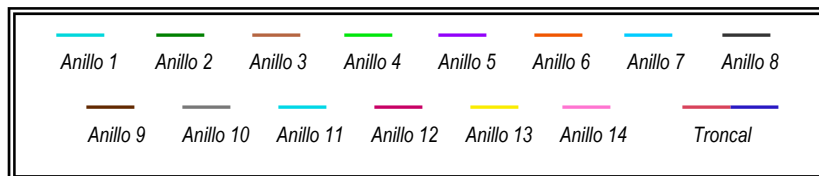
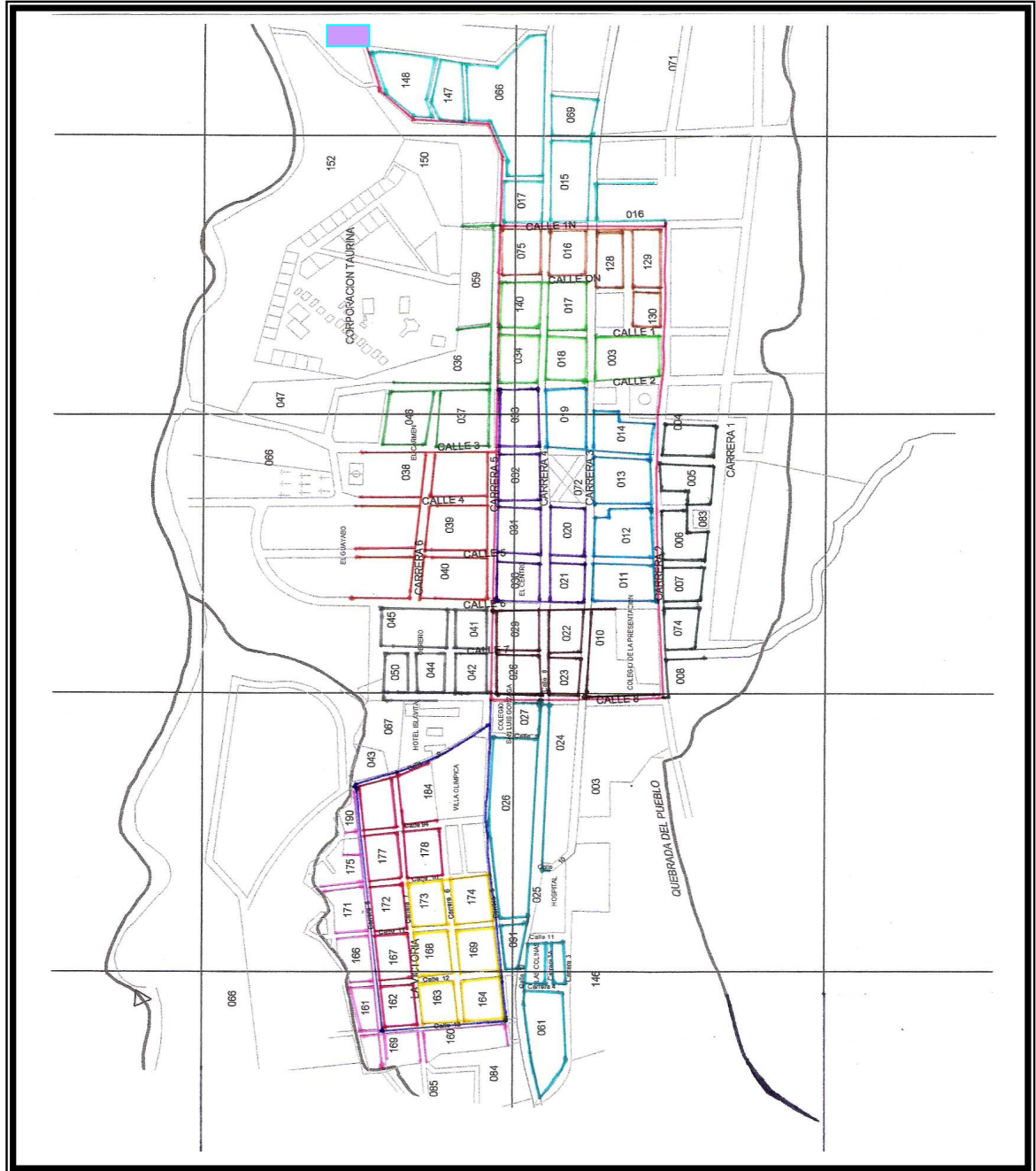


Figura 32. Mapa Municipal de Chinácota.



Las graficas y tablas de la troncal y los anillos del diseño realizado para el suministro de gas natural comprimido en el municipio de Chinácota (Norte de Santander), se encuentran en el anexo de este documento.

4.6. COSTO DE LA RED DE GAS.

4.6.1. Troncal Y Anillos.

Tomando el Anexo 1 y Anexo 2 de la resolución creg 011 de 2003, donde se establecen las unidades Constructivas que se deben tener en cuenta para la realización de redes de gas domiciliaria y los costos unitarios para las mismas tenemos:

Tabla 11. Unidades Constructivas, Elementos Técnicos Y Constructivas

TUBERIA DE POLIETILENO EN CALZADA CONCRETO	UC	TPE1/2CO	TPE3/4CO	TPE1CO	TPE2CO
	Unidad	1/2 "	3/4 "	1 "	2 "
A. SUMINISTROS					
TUBERIA X" PE IPS	ML	1030	1030	1030	1030
TAPON X" PE IPS	UN	1	1	1	1
TEE X" PE IPS	UN	9	4	4	
UNION X" PE IPS	UN	7	7	7	
POLIVALVULA X" IPS	UN		1	1	1
REDUCCION X" x X" PE IPS	UN		4	4	2
CODO X" PE IPS	UN				2
SILLETA X" x X" PE IPS	UN				2
SILLETA X" x X" PE IPS	UN				2
Cinta de señalización	ML	1010	1010	1010	1010
B. OBRA CIVIL					
ANCHO (m)		0.3	0.3	0.3	0.3
PROFUNDIDAD (m)		0.61	0.62	0.63	0.65
ROTURA Y REPOSICION DE CONCRETO SIMPLE (e=0.10 mts)	MB	24	24	24	24
ROTURA Y REPOSICION DE CONCRETO 3000 PSI (e=0.20 mts)	MB				
EXCAVACION EN TIERRA O RECEBO, TAPE, COMPACTACION Y LIMPIEZA	MB	118.74	121.08	123.42	128.1
SUMINISTRO DE RECEBO	MB	62.4	62.4	62.4	62.4
INSTALACION DE TUBERIA DE POLIETILENO	ML	1000	1000	1000	1000
EXCAVACION EN ROCA, TAPE, COMPACTACION Y LIMPIEZA	MB	3.66	3.72	3.78	3.9
PERFORACION NEUMATICA EN CONCRETO (HASTA 2")	ML	200	200	200	200
PERFORACION NEUMATICA EN 3" , 4" Y 6"	ML				
CONSTRUCCION DE CAJAS PARA POLIVALVULAS EN MAMPOSTERIA	UN				
SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJAS PREFABRICADAS PARA POLIVALVULAS	UN		1	1	1
PRUEBA NEUMATICA Y GASIFICACION PARA REDES DE DISTRIBUCION	ML	1000	1000	1000	1000
SEÑALIZACION CON FLAQUETAS	UN	30	30	30	30

Fuente: CREG

Tabla 12. Costos Unitarios Para Las UC De Tubería En Polietileno

UNIDAD CONSTRUCTIVA	DESCRIPCION	COL \$ de DIC/2001
TPE3/4CO	CANALIZACION TUBERIA DE 3/4 " EN CONCRETO	22,539,266
TPE1CO	CANALIZACION TUBERIA DE 1 " EN CONCRETO	23,942,834
TPE1-1/4CO	CANALIZACION TUBERIA DE 1-1/4 " EN CONCRETO	25,754,434
TPE1-1/2CO	CANALIZACION TUBERIA DE 1-1/2 " EN CONCRETO	26,694,302
TPE2CO	CANALIZACION TUBERIA DE 2 " EN CONCRETO	29,846,670

Fuente: Creg

Los valores que aparecen en la tabla 12, como se puede observar, fueron establecidos en diciembre de 2001, para tenerlos en cuenta en la ejecución de la red se deben traer los valores antes mencionados a diciembre de 2006, mediante el acumulado IPC establecido por el DANE.

Los precios de las unidades constructivas para diciembre de 2006 son:

UNIDAD CONSTRUCTIVA	DESCRIPCIÓN	COL \$ DIC/2006
<i>TPE ¾ CO</i>	<i>CANALIZACIÓN TUBERÍA DE ¾ " EN CONCRETO</i>	<i>30.579.242</i>
<i>TPE 1 CO</i>	<i>CANALIZACIÓN TUBERÍA DE 1 " EN CONCRETO</i>	<i>32.483.476</i>
<i>TPE 2 CO</i>	<i>CANALIZACIÓN TUBERÍA DE 2 " EN CONCRETO</i>	<i>40.493.268</i>

El costo de la canalización de la troncal y los anillos es:

MATERIALES				
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor unitario \$</i>	<i>Valor parcial \$</i>
<i>Canalización tubería de ¾" en concreto</i>	<i>M</i>	<i>25.835</i>	<i>30.579,242</i>	<i>790.014.717</i>
<i>Canalización tubería de 1" en concreto</i>	<i>M</i>	<i>1.592</i>	<i>32.483,476</i>	<i>51.713.694</i>
<i>Canalización tubería de 2" en concreto</i>	<i>M</i>	<i>3.314</i>	<i>40.493,268</i>	<i>134.194.690</i>
			TOTAL	975.923.101

4.6.2. Acometida Y Medidor.

Basado en el artículo 147.1 de la resolución creg 057 de 1996 donde:

- A_t = es el cargo promedio por acometida y es igual a \$ 100.000 a precios de diciembre 31 de 1996, actualizado anualmente por la variación del índice de precios al consumidor calculada por el DANE, acumulada al 31 de diciembre del año inmediatamente anterior al inicio de la prestación del servicio.
- M_t = es el cargo del medidor, en caso de que el usuario lo compre al distribuidor, y es igual a \$40.000 a precios de diciembre 31 de 1996, actualizado anualmente por la variación del índice de precios al consumidor calculada por el DANE, acumulada al 31 de diciembre del año inmediatamente anterior al inicio de la prestación del servicio.

Actualizando los datos con el IPC calculado por el DANE para diciembre de 2006, los precios para la obra son:

DESCRIPCIÓN	VALOR / \$
<i>Medidor (M_t)</i>	<i>92.500</i>
<i>Acometida (A_t)</i>	<i>231.300</i>
<i>Subtotal:</i>	<i>323.800</i>
<i>Total:</i>	<i>344.847.000</i>

4.6.3. Instalación Interna.

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR PARCIAL \$
Tubería galvanizada de ½ "	M	19.170	9.320	178.664.400
Unión galvanizada de ½ "	Unidad	1.065	3.650	3.887.250
Tee galvanizada de ½ "	Unidad	1.065	1.850	1.970.250
Codo galvanizado de ½ "	Unidad	8.520	1.405	11.970.600
Niple galvanizado de ½ "	Unidad	1.065	1.200	1.278.000
Válvula de paso de ½ "	Unidad	1.065	10.250	10.916.250
Manguera 0.80 m x ½ "	Unidad	2.130	8.130	17.316.900
Certificado de conformidad	Unidad	1.065	28.780	30.650.700
Gastop 36 cc	cc	213	12.300	2.619.900
			Subtotal:	259.274.250

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR PARCIAL \$
Jornal de obrero	M	19.170	2.750	52.717.500
Reposición con materiales	M	19.170	1.750	33.547.500
			Subtotal:	86.265.000

COSTO TOTAL	
CONCEPTO	VALOR / \$
MATERIALES	259.274.250
MANO DE OBRA	86.265.000
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD	103.661.775
TOTAL	449.201.025

4.6.4. Costo Total De La Red.

El costo total de la red incluye la acometida y la instalación interna a 1.065 viviendas en el municipio de Chinacota (Norte de Santander), lo cual corresponde a la cantidad de usuarios iniciales al sistema.

DESCRIPCIÓN	VALOR / \$
Troncal y anillos	975.923.101
Acometida y medidor	344.847.000
Instalación interna	449.201.025
Total	1.769.981.126

Como en la resolución Creg 057 de 1996, dice que al usuario solo se le cobra la conexión que corresponde al valor de la acometida y del medidor; y la instalación interna, los hogares del municipio de Chinácota (Norte de Santander) deben cancelar un valor de: \$ **745.585**, para recibir en sus casa el servicio de gas natural comprimido por red.

4.7. TARIFAS.

Con base en lo estipulado en el artículo 34 de la resolución Creg 011 de 2003, tenemos las siguientes formulas tarifarias para el servicio de gas natural comprimido en redes de gas domiciliarias.

Cargo variable:
$$Mv_{jm} = \frac{G_m + T_m + TV_m}{1 - p} + Dv_{jm} + P_m$$

Cargo fijo:
$$Mf_{jm} = Df_{jm} + C_m$$

Donde:

j = rango j de consumo

m = Mes de prestación del servicio

G_m = Costo promedio máximo unitario en $\$/m^3$ para compras de gas natural destinado a Usuarios Regulados, aplicable en el mes m .

T_m = Costo promedio máximo unitario en $\$/m^3$ para el transporte de gas en el Sistema Nacional de Transporte destinado a Usuarios Regulados, aplicable en el mes m .

- p = Porcentaje reconocido de pérdidas de gas en el Sistema Nacional de Transporte y en el Sistema de Distribución equivalente a 3.5%, desagregado en un 1% para el Sistema Nacional de Transporte y un 2.5% para el Sistema de Distribución.
- TV_m = Costo máximo unitario en $\$/m^3$ para el transporte de gas natural comprimido en vehículos de carga de acuerdo con la metodología definida por la CREG en resolución independiente.
- P_m = Costo de compresión del gas natural expresado en $\$/m^3$, establecido en resolución independiente por la CREG.
- Dv_{jm} = Componente variable del cargo de distribución en $\$/m^3$ permitido al Distribuidor por uso de la red aplicable en el mes m correspondiente al rango j de consumo. No incluye la conexión.
- Df_{jm} = Componente fijo del cargo de distribución, expresado en $\$/factura$, aplicable en el mes m correspondiente al rango j de consumo. El componente fijo para los usuarios del primer rango de consumo de la canasta de tarifas será igual a cero.
- C_m = Cargo máximo de Comercialización expresado en pesos por factura aplicable en el mes m de facturación.

Costo Abril de 2007

Componentes	Costo / \$
--------------------	-------------------

Pm:	121
Gm + Tm:	221
Dvjm:	260
Tvm:	243
P:	0
Dfm:	1549
Cm:	331

Mvjm:	\$845 / M³
Mfm:	\$1.880 / FACTURA

Haciendo un comparativo del costo, en la utilización de gas natural comprimido por red y la utilización de GLP por cilindros, tenemos:

GLP			GNC		AHORRO
DESCRIPCION	GALONES	VALOR / \$	EQUIVALENTE EN m ³	VALOR / \$	%
Cilindro 30 lb.	5.813	20.400	15.114	14.650	28.2
Cilindro 80 lb.	15.169	45.400	39.439	35.200	22.5
Cilindro 100 lb.	18.962	57.900	49.301	43.540	24.8

1 galón de GLP = 2.6 m³ de GNC

Como podemos observar, en la utilización de GNC por redes de tuberías, se obtiene un ahorro que varía entre el 22.5% y el 28.2%, con respecto al costo respectivo de cada uno de los cilindros que se venden en el municipio.

Los habitantes de Chinácota (Norte de Santander), tienen un consumo mensual promedio de 1 cilindro de GLP de 30 libras cada 20 días, lo cual hace un promedio mensual de 45 lb. de GLP, por lo tanto el ahorro sería:

GLP			GNC		AHORRO
DESCRIPCION	GALONES	VALOR PROMEDIO / \$	EQUIVALENTE EN m ³	VALOR / \$	%
<i>Cilindro 45 lb.</i>	<i>8.533</i>	<i>30.600</i>	<i>22.186</i>	<i>20.630</i>	<i>32.6</i>

1 galón de GLP = 2.6 m³ de GNC

Por lo tanto, los habitantes del municipio, vera reflejado en sus gastos mensuales, un ahorro aproximado del 32.6%, en la utilización de GNC con respecto al GLP que se usa en la actualidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Una de las etapas más importantes del diseño, lo constituye el recorrido realizado al municipio de Chinácota (Norte de Santander), con el propósito de recopilar información por manzanas, del número exacto de viviendas, lotes, restaurantes, panaderías y fabricas; teniendo en cuenta el consumo de combustible, ya sea gas propano u otro medio de energía que cada uno de estos sitios realiza mensualmente.
2. Aun cuando las encuestas arrojan resultados favorables para la implementación del servicio público de gas natural domiciliario, se requiere de la participación de las entidades gubernamentales y del sector privado de forma tal que se flexibilice el proceso de compra del servicio, sea a través de aportes (Alcaldía Municipal, Departamento, Gobierno Nacional, Fondo Cuota de Fomento) que pueden ser manejados como subsidios a los usuarios para el derecho de conexión o instalación interna; o por parte de la empresa privada al ofrecer a la comunidad diversas formas de pago que le faciliten a la misma el acceso al servicio.
3. Es importante resaltar los beneficios que representa para la población en general, la construcción de la red de distribución de gas combustible domiciliario. Beneficios que tienen que ver con el desarrollo de la región, la economía en el servicio de gas, la generación de empleos temporales y fijos, la demanda de insumos, bienes y servicios por parte del proyecto, comodidad y disponibilidad del servicio los 365 días del año, mayor seguridad en el uso de gas combustible, todo lo cual redundando en un mejoramiento de la calidad de vida de la población.
4. Involucrar a la comunidad en cada una de las actividades desarrolladas por la empresa constructora y operadora del proyecto (reuniones informativas, técnicas, ambientales, simulacros etc.), es importante para asegurar el funcionamiento correcto y seguro de la red, a la vez que se optimizan las actuaciones durante la presencia de una emergencia.
5. El proyecto de gasificación genera un mejoramiento en la infraestructura de servicios en el municipio, contribuyendo así al desarrollo y progreso del mismo, en la medida que se implementa una tecnología más limpia y económica que las utilizadas actualmente.

6. El factor ambiental no se verá afectado por la ejecución de este proyecto, ya que una vez construida cada una de las redes y las fases, los escombros de los huecos, se reutilizan mediante el tapado de los mismos y en caso de que sobren, serán llevados al relleno del municipio por la empresa ejecutora de la obra.

7. Es importante mantener una interventoría idónea constante en el municipio durante el desarrollo de las obras tanto técnica como ambiental, encargada de la verificación del cumplimiento y seguimiento de los diferentes parámetros normativos y ambientales desarrollados y estipulados por la legislación vigente (Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporaciones Autónomas Regionales, NTC ICONTEC, Superservicios, Superintendencia de Industria y Comercio).

BIBLIOGRAFIA

BALLESTEROS LOZANO, Jorge Enrique. Diseño De Redes Domiciliarias De Gas Para El Municipio De Surata Y Su Factibilidad Económica. Universidad Industrial de Santander. 1998.

CORREA, Diego Fernando y Nivia Reyes, Jhon Jairo. Factibilidad Técnico Económico Para El Diseño De Redes Domiciliarias De Gas Propano Para El Municipio De Guayata. Universidad Industrial de Santander. 2002.

FLOREZ, Henry Mateus. Proyecto de Masificación del Gas Natural Domiciliario para Algunos Municipios del Sur de Santander Entre Ellos: Barbosa, Bolívar, Chipata Y Sucre. Universidad Industrial de Santander. 2004.

HERNANDEZ TREJOS, Edelberto, Curso de Diseño de Gasoductos y Redes. Universidad Industrial de Santander. 1995.

• ARTICULOS TECNICOS

Guía de Diseño de Redes de Gas. Gas Natural EPM. 2006.

Instalación de Gas En Baja Presión. Pro cobre. 2006.

Alan Dixon. Gas Pipeline Design and Distribution Network. 1998.

REVINCA. Curso de Soldadura para Tuberías de Polietileno.2005

• LEYES Y RESOLUCIONES

Ley 142 de 1994. Ley de Servicios Públicos.

Resolución 80505 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Por la cual se dicta el Reglamento Técnico al cual debe someterse el Almacenamiento, Manejo, Comercialización Mayorista y Distribución de GLP.

Resolución CREG 057 de 1996. "Por la cual se establece el Marco Regulatorio para el Servicio Público de Gas Combustible por Red"

Resolución CREG 0670 de 1995. “Por la cual se establece el Código de Distribución de Gas Combustible por Red.”

Resolución CREG 011 de 2003. “Por la cual se establecen las fórmulas generales para la prestación del servicio público domiciliario de distribución de gas combustible por redes de tubería.”

Resolución CREG 048 de 2004. “Por la cual se establecen los valores de la compresión y transporte de GNC”.

- **PAGINAS WEB**

www.chinacota.com

www.creg.gov.co

www.upme.gov.co

www.dane.gov.co

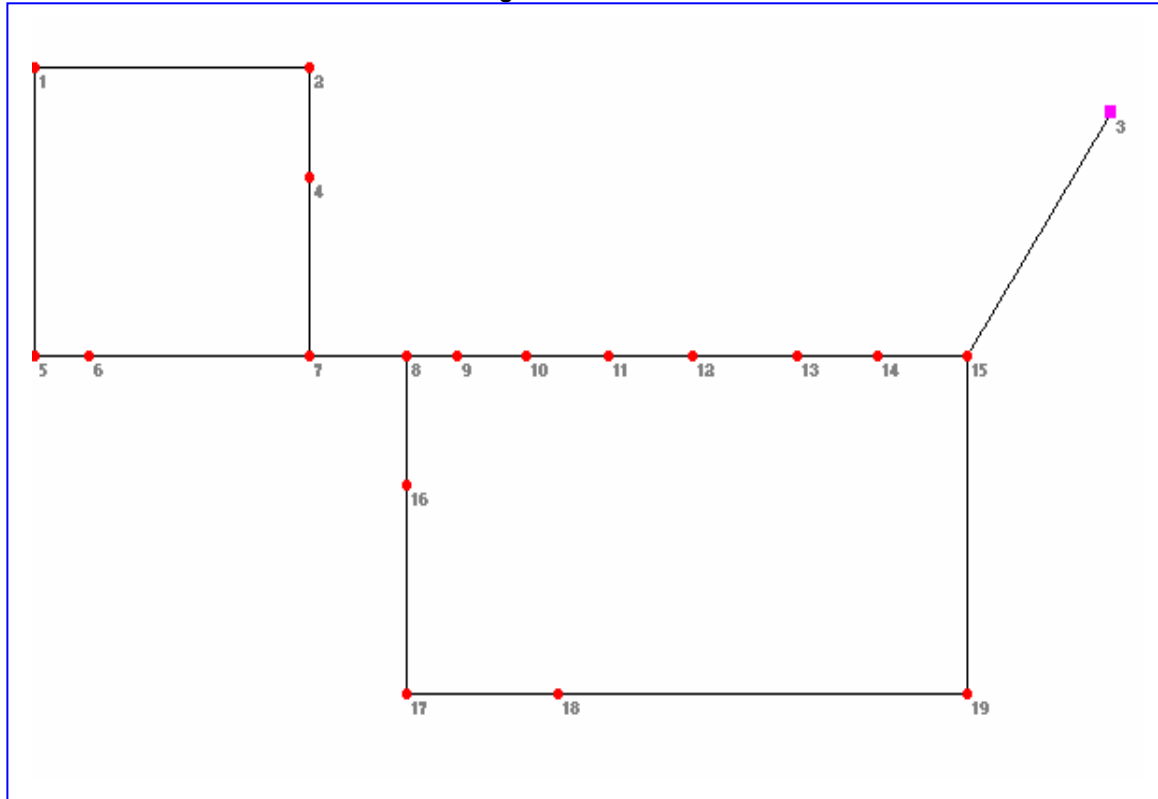
ANEXO.

**GRAFICA Y TABLAS DEL DISEÑO DE LA TRONCAL Y ANILLOS DE LA RED DE GAS
DOMICILIARIO DE GAS EN EL MUNICIPIO DE CHINACOTA**

1. GRAFICA Y CALCULOS DE LA TRONCAL

1.1. TRONCAL

Figura 1. Troncal.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

1.1.1. Cálculos De La Troncal.

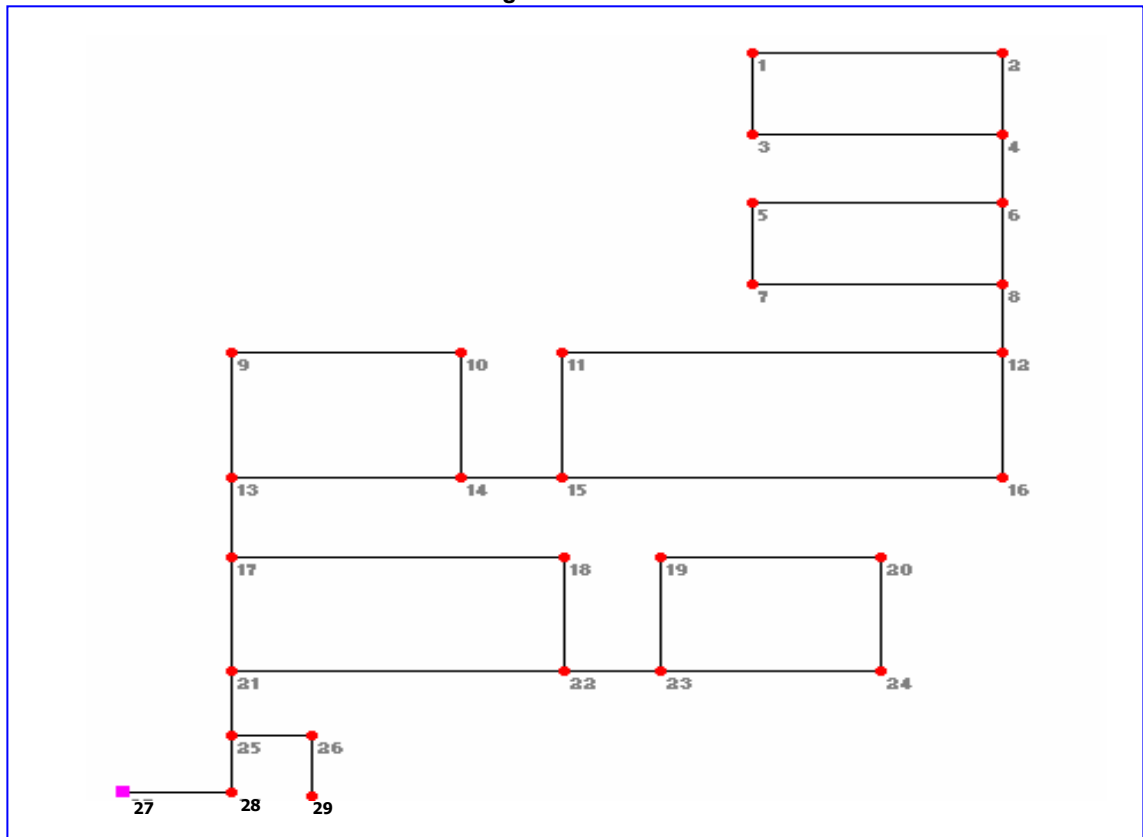
TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
1-2	0,269300	433,400	1,08	-0,000722
2-4	0,051780	83,330	1,08	-0,000722
4-7	0,139800	224,990	1,08	-0,002738
6-7	0,181200	291,610	1,08	-0,002498
5-6	0,165700	266,670	1,08	-0,000510
1-5	0,155300	249,930	1,08	-0,000510
7-8	0,025890	41,670	1,08	-0,005236
8-16	0,062140	100,000	1,94	-0,001238
16-17	0,150200	241,720	1,94	-0,003842
17-18	0,113900	183,300	1,94	-0,005690
18-19	0,429800	691,700	1,94	-0,008070
15-19	0,196800	316,720	1,94	0,010454
14-15	0,051708	83,330	1,94	-0,016318
13-14	0,009321	15,001	1,94	-0,014610
12-13	0,113900	183,300	1,94	-0,012594
11-12	0,067310	108,320	1,94	-0,010074
10-11	0,191600	308,350	1,94	-0,007694
9-10	0,093200	149,990	1,94	-0,005790
8-9	0,009321	15,001	1,94	-0,003998
3-15	0,56960	916,680	1,94	0,029936
TOTAL	0,98897	1591,593	Tubería de 1"	
	2,0588	3313,317	Tubería de 2"	

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	44	0,001232	59,791
2	0	0	59,792
3	<i>NODO FUENTE (1065)</i>	0,029820	60,000
4	72	0,002016	59,793
5	0	0	59,792
6	71	0,001988	59,792
7	0	0	59,801
8	0	0	59,806
9	64	0,001792	59,806
10	68	0,001904	59,807
11	85	0,002380	59,811
12	90	0,002520	59,814
13	72	0,002016	59,820
14	61	0,001708	59,821
15	113	0,003164	59,825
16	93	0,002604	59,806
17	66	0,001848	59,807
18	85	0,002380	59,808
19	81	0,002268	59,818

2. GRAFICA Y TABLAS DE LOS ANILLOS

2.1. ANILLO 1.

Figura 2. Anillo 1



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

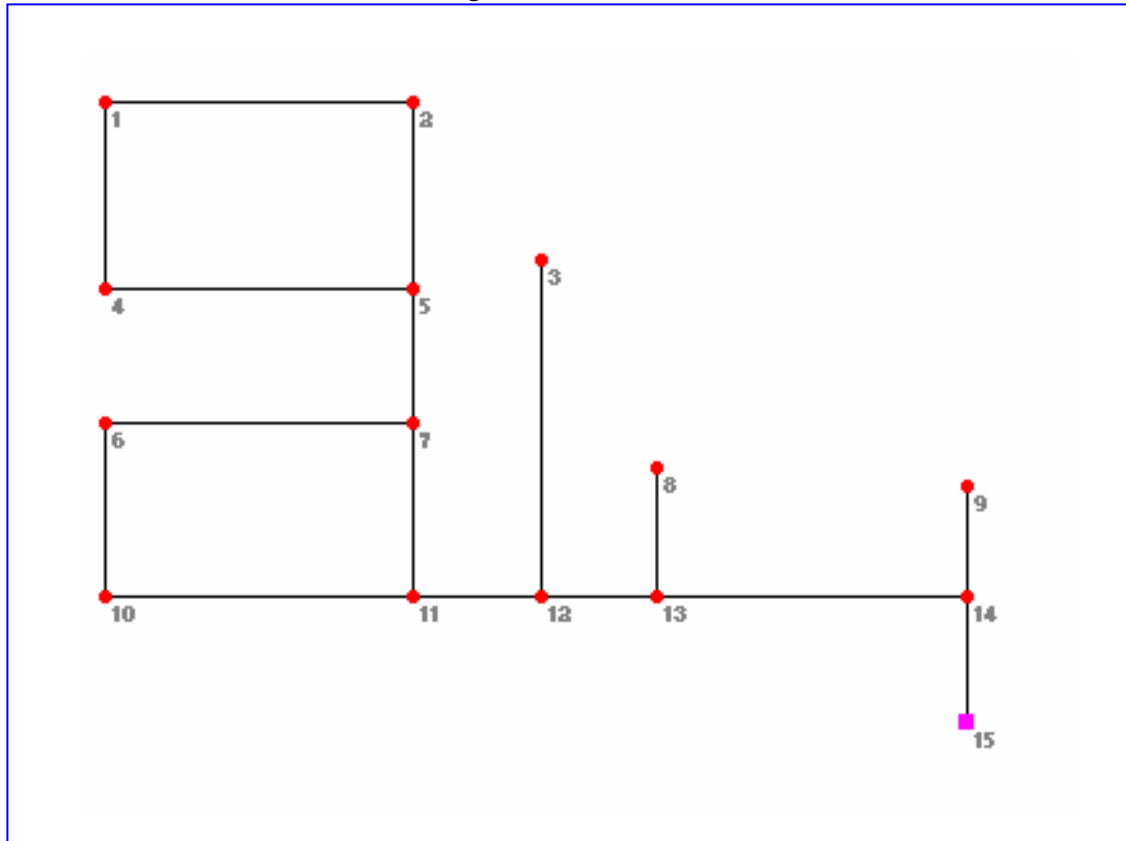
2.1.1. Cálculos De Anillo 1.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
1-2	0,093210	150,007	0,86	-0,000054
1-3	0,020710	33,330	0,86	-0,000002
3-4	0,062140	100,005	0,86	-0,000142
2-4	0,081810	131,660	0,86	-0,000110
4-6	0,007770	12,505	0,86	-0,000308
5-6	0,062140	100,005	0,86	0,000033
5-7	0,031070	50,002	0,86	-0,000089
7-8	0,062140	100,005	0,86	-0,000173
6-8	0,020710	33,330	0,86	-0,000331
8-12	0,005180	8,336	0,86	-0,000532
11-12	0,088030	141,671	0,86	0,000398
11-15	0,046600	74,995	0,86	-0,000482
15-16	0,160520	258,332	0,86	0,000358
12-16	0,108740	175,000	0,86	-0,000190
14-15	0,005180	8,336	0,86	0,000896
10-14	0,046600	74,995	0,86	0,000289
9-10	0,046600	74,995	0,86	0,000373
9-13	0,046600	74,995	0,86	-0,000485
13-14	0,044010	70,827	0,86	0,000719
13-17	0,008800	14,162	0,86	-0,001288
17-18	0,088030	141,671	0,86	-0,000303
18-22	0,046600	74,995	0,86	-0,000387
21-22	0,088030	141,671	0,86	0,000779
17-21	0,046600	74,995	0,86	-0,001209
21-25	0,009321	15,001	0,86	-0,002072
25-28	0,082850	133,334	0,86	-0,002184
25-26	0,036250	58,339	0,86	0,000056
26-29	0,047120	75,832	0,86	0,000028
22-23	0,005180	8,336	0,86	0,000224
23-24	0,03884	62,507	0,86	-0,000093
20-24	0,051780	83,332	0,86	0,000149
19-20	0,04142	66,659	0,86	0,000205
19-23	0,046600	74,995	0,86	-0,000261
27-28	0,009321	15,001	0,86	0,002268
TOTAL	1,686502	2714,162		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPD)	PRESIÓN (psia)
1	2	0,000056	59,801
2	2	0,000056	59,801
3	5	0,000140	59,801
4	2	0,000056	59,801
5	2	0,000056	59,801
6	2	0,000056	59,801
7	3	0,000084	59,801
8	1	0,000028	59,801
9	4	0,000112	59,803
10	3	0,000084	59,802
11	3	0,000084	59,802
12	2	0,000056	59,802
13	3	0,000084	59,803
14	4	0,000112	59,802
15	2	0,000056	59,802
16	6	0,000168	59,802
17	8	0,000224	59,803
18	3	0,000084	59,803
19	2	0,000056	59,804
20	2	0,000056	59,804
21	3	0,000084	59,805
22	6	0,000168	59,804
23	2	0,000056	59,804
24	2	0,000056	59,804
25	2	0,000056	59,806
26	1	0,000028	59,806
27	NODO FUENTE (81)	0,002268	59,818
28	3	0,000084	59,817
29	1	0,000028	59,806

2.2. ANILLO 2.

Figura 3. Anillo 2.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

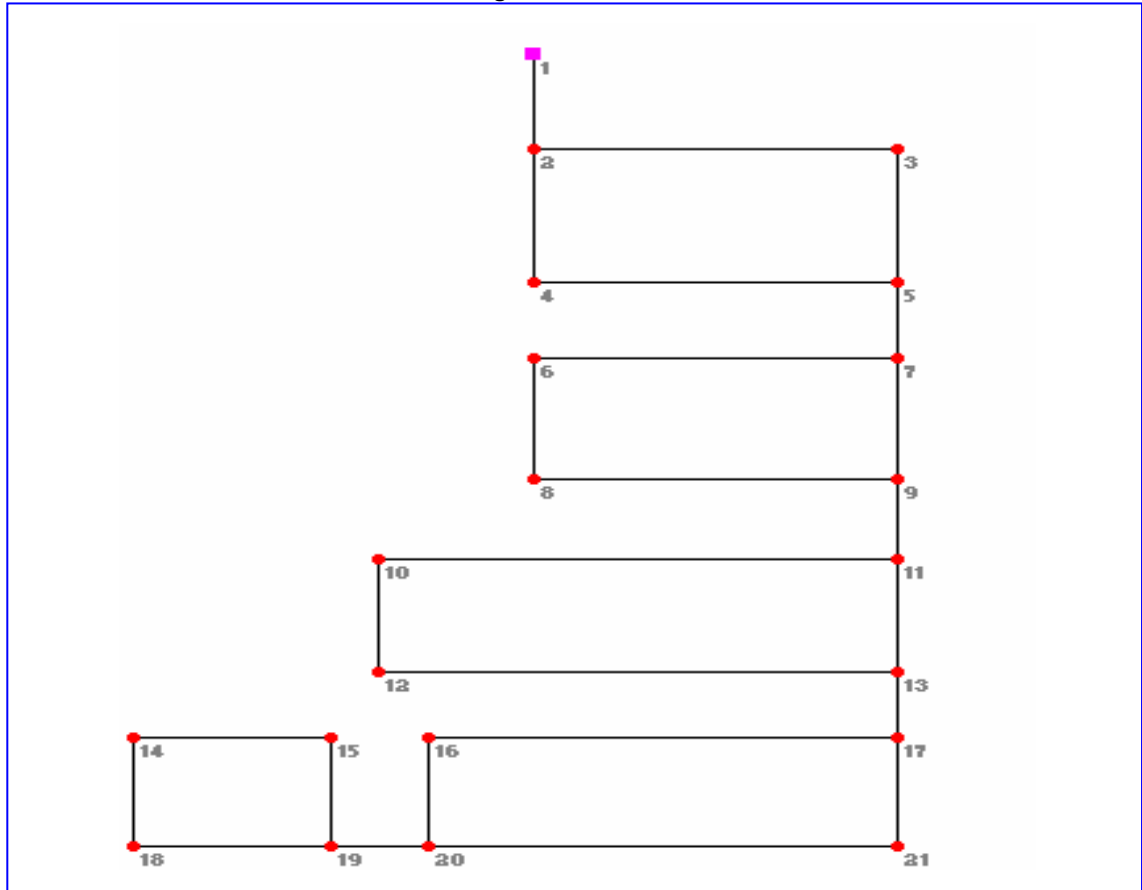
2.2.1. Cálculos De Anillo 2.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
1-2	0,057990	93,326	0,86	-0,000072
2-5	0,051780	83,332	0,86	-0,000184
4-5	0,061100	98,331	0,86	-0,000180
1-4	0,051780	83,332	0,86	-0,000040
5-7	0,005180	8,336	0,86	-0,000448
6-7	0,066280	106,667	0,86	0,000126
6-10	0,062140	100,005	0,86	-0,000238
10-11	0,064700	104,125	0,86	-0,000350
7-11	0,059550	95,836	0,86	-0,000462
11-12	0,007780	12,521	0,86	-0,000896
3-12	0,119100	191,673	0,86	-0,000196
12-13	0,005180	8,336	0,86	-0,001232
8-13	0,051780	83,332	0,86	-0,001680
13-14	0,108700	174,936	0,86	-0,003108
9-14	0,031070	50,002	0,86	-0,000056
14-15	0,009321	15,001	0,86	-0,003164
TOTAL	0,813431	1309,090		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	4	0,000112	59,794
2	4	0,000112	59,794
3	7	0,000196	59,794
4	5	0,000140	59,794
5	3	0,000084	59,794
6	4	0,000112	59,794
7	5	0,000140	59,794
8	60	0,001680	59,791
9	2	0,000056	59,822
10	4	0,000112	59,794
11	3	0,000084	59,794
12	5	0,000140	59,795
13	7	0,000196	59,795
14	0	0	59,822
15	NODO FUENTE (113)	0,003164	59,825

2.3. ANILLO 3.

Figura 4. Anillo 3.



- Temperatura de flujo* : 59 °F
- Gravedad específica* : 0.61
- Eficiencia de flujo* : 0.98
- Temperatura base* : 60 °F
- Presión base* : 14.73 psia
- Ecuación de flujo* : Weymouth
- Método de solución* : Hardy Cross.

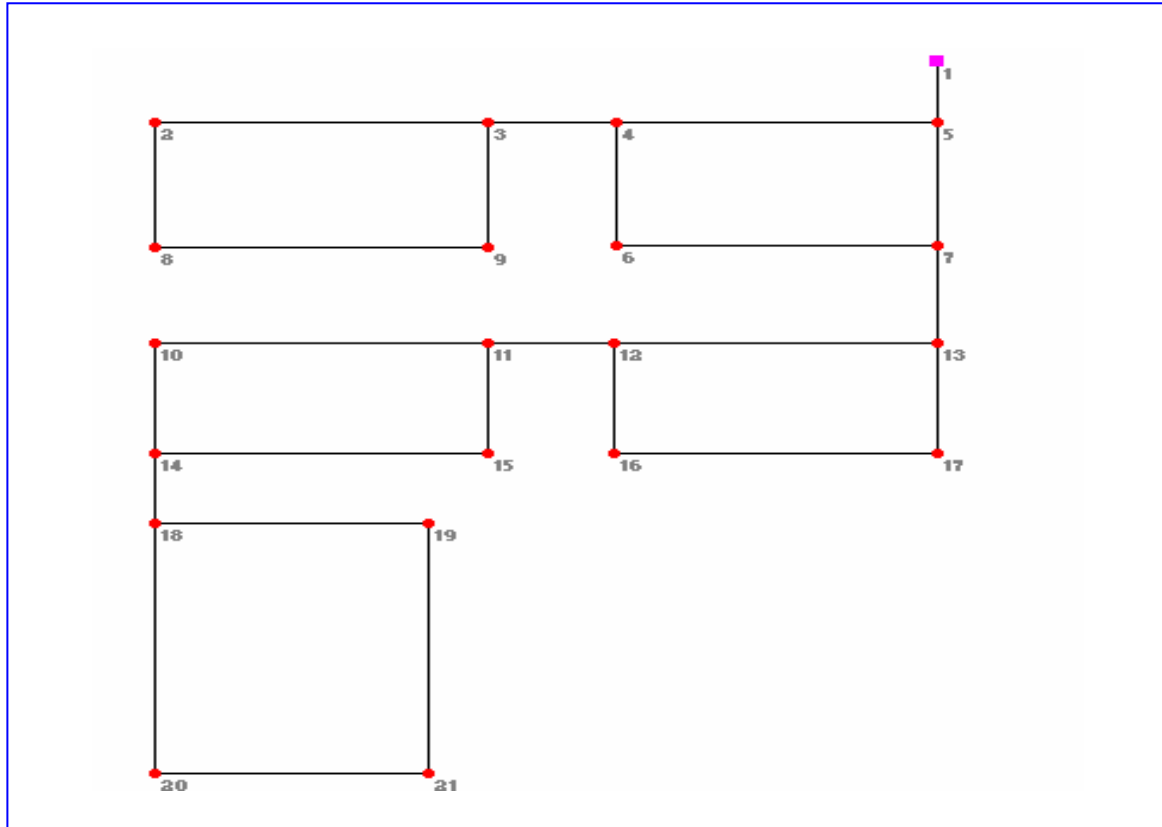
2.3.1. Cálculos De Anillo 3.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
1-2	0,000777	1,250	0,86	0,001708
2-3	0,051780	83,332	0,86	0,000800
3-5	0,046600	74,995	0,86	0,000744
4-5	0,049710	80,000	0,86	0,000740
2-4	0,046600	74,995	0,86	0,000824
5-7	0,009321	15,001	0,86	0,001428
6-7	0,051780	83,332	0,86	-0,000516
6-8	0,046600	74,995	0,86	0,000432
8-9	0,049710	80,000	0,86	0,000320
7-9	0,046600	74,995	0,86	0,000800
9-11	0,009321	15,001	0,86	0,001036
10-11	0,062660	100,841	0,86	-0,000339
10-12	0,031590	50,839	0,86	0,000283
12-13	0,064730	104,173	0,86	0,000199
11-13	0,03159	50,839	0,86	0,000557
13-17	0,009321	15,001	0,86	0,000700
16-17	0,064730	104,173	0,86	-0,000350
16-20	0,031070	50,002	0,86	0,000266
20-21	0,067320	108,341	0,86	-0,000154
17-21	0,031070	50,002	0,86	0,000210
19-20	0,005180	8,336	0,86	-0,000308
18-19	0,036250	58,339	0,86	-0,000064
14-18	0,031070	50,002	0,86	0,000044
14-15	0,036250	58,339	0,86	-0,000100
15-19	0,031070	50,002	0,86	-0,000184
TOTAL	0,942700	1517,128		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	NODO FUENTE (61)	0,001708	59,821
2	3	0,000084	59,821
3	2	0,000056	59,820
4	3	0,000084	59,820
5	2	0,000056	59,819
6	3	0,000084	59,819
7	4	0,000112	59,819
8	4	0,000112	59,818
9	3	0,000084	59,818
10	2	0,000056	59,818
11	5	0,000140	59,818
12	3	0,000084	59,818
13	2	0,000056	59,818
14	2	0,000056	59,817
15	3	0,000084	59,817
16	3	0,000084	59,818
17	5	0,000140	59,818
18	4	0,000112	59,817
19	2	0,000056	59,817
20	4	0,000112	59,817
21	2	0,000056	59,818

2.4. ANILLO 4.

Figura 5. Anillo 4.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

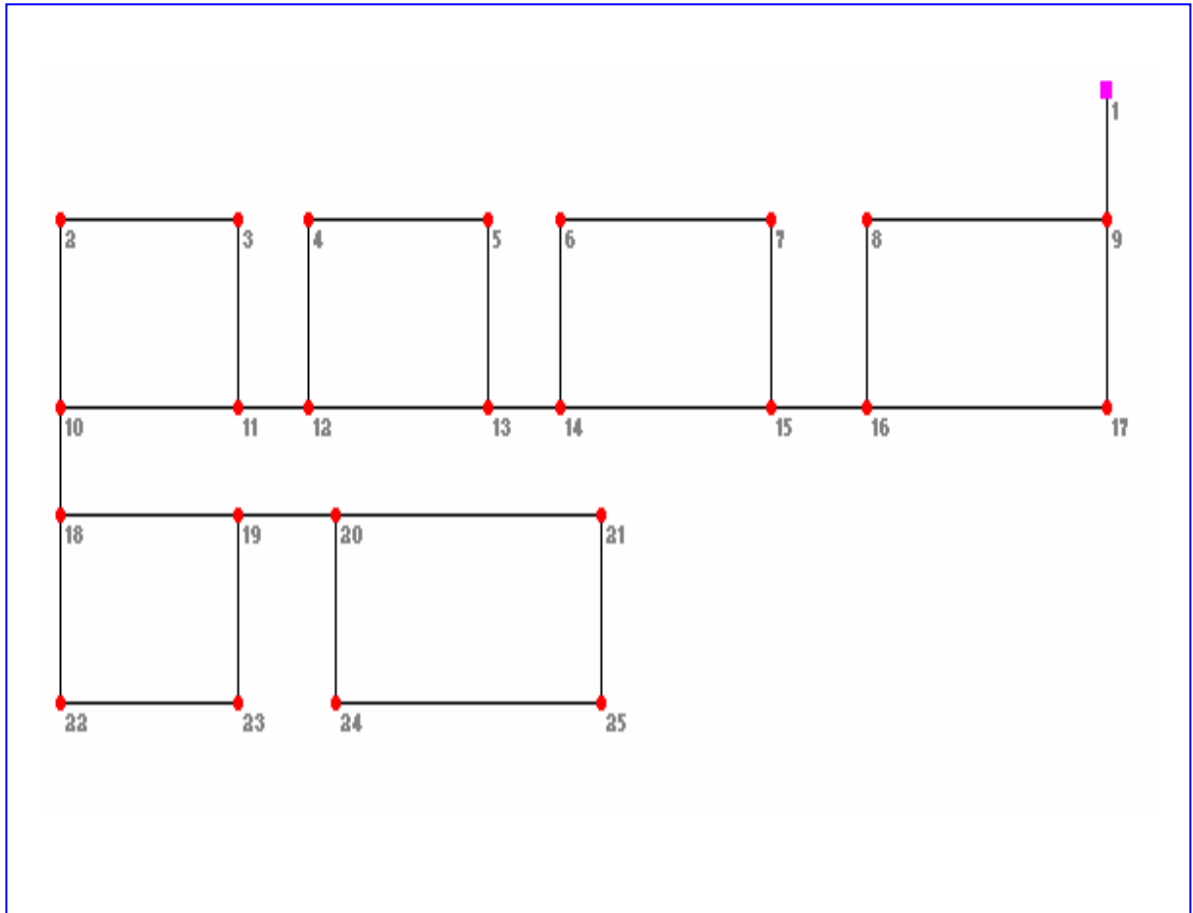
2.4.1. Cálculos De Anillo 4.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
1-5	0,000777	1,250	0,86	0,002016
4-5	0,051780	83,332	0,86	-0,000841
4-6	0,046600	74,995	0,86	0,000421
6-7	0,051780	83,332	0,86	0,000309
5-7	0,046600	74,995	0,86	0,001035
3-4	0,009321	15,001	0,86	-0,000364
2-3	0,051780	83,332	0,86	-0,000195
2-8	0,046600	74,995	0,86	0,000111
8-9	0,051780	83,332	0,86	0,000027
3-9	0,046600	74,995	0,86	0,000057
7-13	0,009321	15,001	0,86	0,001260
12-13	0,051780	83,332	0,86	-0,000666
12-16	0,046600	74,995	0,86	-0,000314
16-17	0,051780	83,332	0,86	-0,000398
13-17	0,046600	74,995	0,86	0,000482
11-12	0,009321	15,001	0,86	-0,000896
10-11	0,051780	83,332	0,86	-0,000351
10-14	0,046600	74,995	0,86	0,000239
14-15	0,051780	83,332	0,86	-0,000349
11-15	0,046600	74,995	0,86	0,000461
14-18	0,009321	15,001	0,86	0,000504
18-19	0,046600	74,995	0,86	0,000220
19-21	0,077670	124,998	0,86	0,000108
20-21	0,044010	70,827	0,86	0,000032
18-20	0,077670	124,998	0,86	0,000116
TOTAL	1,071051	1723,689		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	NODO FUENTE (72)	0,002016	59,820
2	3	0,000084	59,819
3	4	0,000112	59,819
4	2	0,000056	59,819
5	5	0,000140	59,820
6	4	0,000112	59,819
7	3	0,000084	59,819
8	3	0,000084	59,819
9	3	0,000084	59,819
10	4	0,000112	59,817
11	3	0,000084	59,817
12	3	0,000084	59,818
13	4	0,000112	59,818
14	3	0,000084	59,817
15	4	0,000112	59,817
16	3	0,000084	59,818
17	3	0,000084	59,818
18	6	0,000168	59,817
19	4	0,000112	59,817
20	3	0,000084	59,817
21	5	0,000140	59,817

2.5. ANILLO 5.

Figura 6. Anillo 5.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

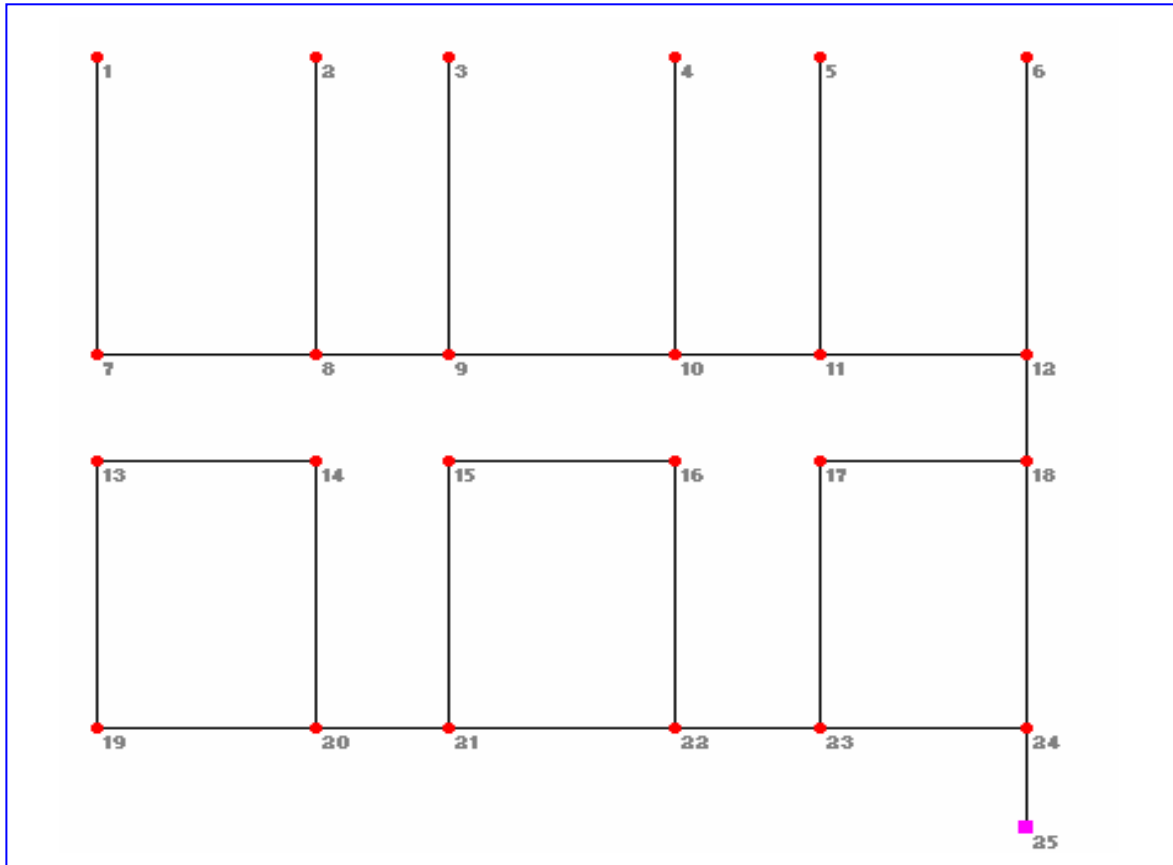
2.5.1. Cálculos De Anillo 5.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
8-9	0,062140	100,005	0,86	-0,001136
8-16	0,051780	83,332	0,86	0,001024
16-17	0,062140	100,005	0,86	-0,001020
9-17	0,051780	83,332	0,86	0,001160
1-9	0,000518	0,834	0,86	0,002520
15-16	0,007767	12,500	0,86	-0,001848
14-15	0,051780	83,332	0,86	-0,001145
6-14	0,051780	83,332	0,86	0,000367
6-7	0,051780	83,332	0,86	-0,000451
7-15	0,051780	83,332	0,86	-0,000591
13-14	0,007767	12,500	0,86	-0,001428
12-13	0,051780	83,332	0,86	-0,000828
4-12	0,051780	83,332	0,86	0,000264
4-5	0,051780	83,332	0,86	-0,000376
5-13	0,051780	83,332	0,86	-0,000516
11-12	0,007767	12,500	0,86	-0,000980
10-11	0,041940	67,496	0,86	-0,000546
2-10	0,051780	83,332	0,86	0,000182
2-3	0,041940	67,496	0,86	-0,000266
3-11	0,051780	83,332	0,86	-0,000350
10-18	0,009321	15,001	0,86	0,000616
18-19	0,041940	67,496	0,86	0,000281
19-23	0,041940	67,496	0,86	-0,000139
22-23	0,041940	67,496	0,86	0,000195
18-22	0,041940	67,496	0,86	0,000279
19-20	0,007767	12,500	0,86	0,000336
20-21	0,051780	83,332	0,86	0,000041
21-25	0,041940	67,496	0,86	-0,000043
24-25	0,051780	83,332	0,86	0,000127
20-24	0,041940	67,496	0,86	0,000211
TOTAL	1,225627	1972,455		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	NODO FUENTE (90)	0,002520	59,814
2	3	0,000084	59,806
3	3	0,000084	59,806
4	4	0,000112	59,807
5	5	0,000140	59,807
6	3	0,000084	59,808
7	5	0,000140	59,808
8	4	0,000112	59,812
9	8	0,000224	59,814
10	4	0,000112	59,806
11	3	0,000084	59,806
12	4	0,000112	59,807
13	3	0,000084	59,807
14	3	0,000084	59,808
15	4	0,000112	59,810
16	7	0,000196	59,810
17	5	0,000140	59,812
18	2	0,000056	59,806
19	3	0,000084	59,806
20	3	0,000084	59,806
21	3	0,000084	59,806
22	3	0,000084	59,806
23	2	0,000056	59,806
24	3	0,000084	59,806
25	3	0,000084	59,806

2.6. ANILLO 6.

Figura 7. Anillo6.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

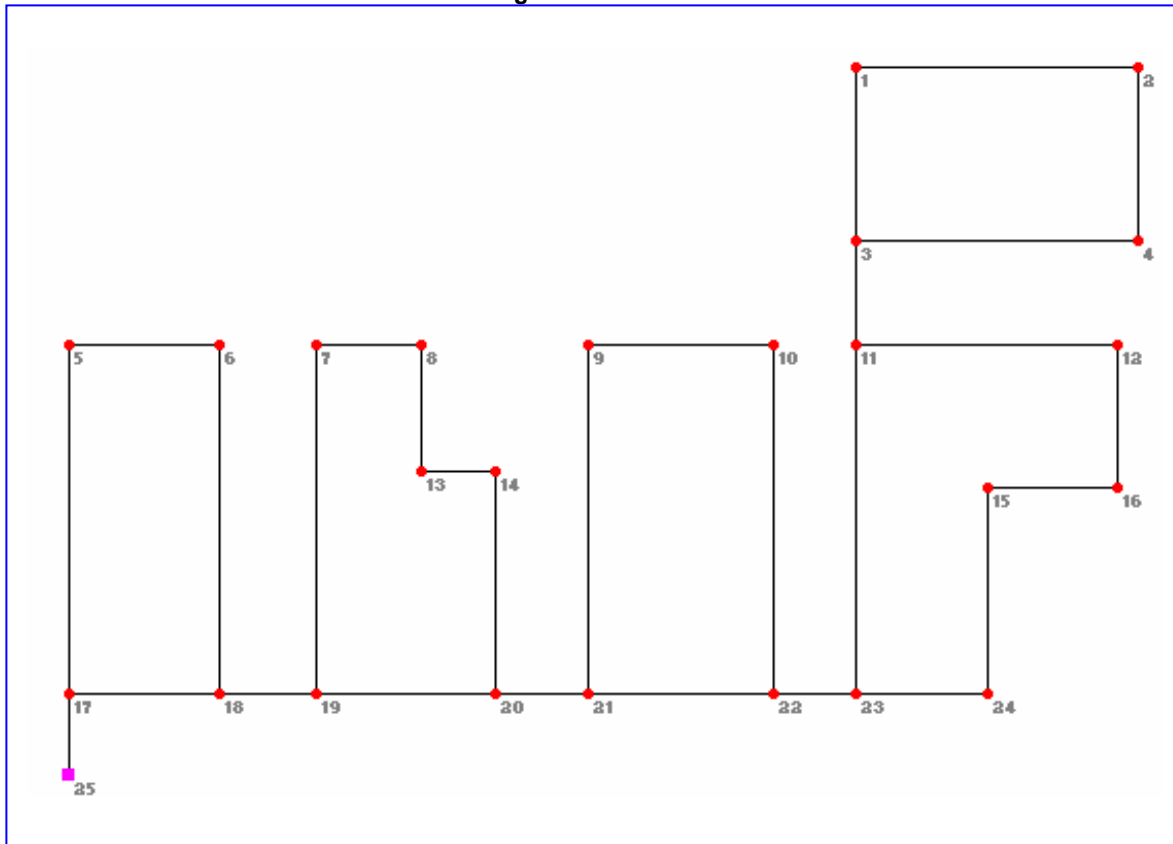
2.6.1. Cálculos De Anillo 6.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
23-24	0,049190	79,164	0,86	-0,001206
17-23	0,069910	112,509	0,86	0,000026
17-18	0,051780	83,332	0,86	-0,000166
18-24	0,062140	100,005	0,86	-0,001062
24-25	0,009321	15,001	0,86	-0,002380
22-23	0,007767	12,500	0,86	-0,001148
21-22	0,049190	79,164	0,86	-0,000582
15-21	0,077670	124,998	0,86	0,000090
15-16	0,051780	83,332	0,86	-0,000286
16-22	0,069910	112,509	0,86	-0,000398
20-21	0,007767	12,500	0,86	-0,000560
19-20	0,044010	70,827	0,86	-0,000154
13-19	0,082850	133,334	0,86	-0,000042
13-14	0,046600	74,995	0,86	-0,000154
14-20	0,077670	124,998	0,86	-0,000238
12-18	0,007767	12,500	0,86	-0,000812
11-12	0,049190	79,164	0,86	-0,000672
5-11	0,067320	108,341	0,86	-0,000140
6-12	0,077670	124,998	0,86	-0,000140
10-11	0,007767	12,500	0,86	-0,000420
9-10	0,049190	79,164	0,86	-0,000336
3-9	0,067320	108,341	0,86	-0,000084
4-10	0,067320	108,341	0,86	-0,000084
8-9	0,007767	12,500	0,86	-0,000196
7-8	0,046600	74,995	0,86	-0,000140
1-7	0,067320	108,341	0,86	-0,000084
2-8	0,067320	108,341	0,86	-0,000056
TOTAL	1,340106	2156,692		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	3	0,000084	59,807
2	2	0,000056	59,807
3	3	0,000084	59,807
4	3	0,000084	59,807
5	5	0,000140	59,807
6	5	0,000140	59,807
7	2	0,000056	59,807
8	0	0	59,807
9	2	0,000056	59,807
10	0	0	59,807
11	4	0,000112	59,807
12	0	0	59,807
13	7	0,000196	59,807
14	3	0,000084	59,807
15	7	0,000196	59,807
16	4	0,000112	59,807
17	5	0,000140	59,808
18	3	0,000084	59,808
19	4	0,000112	59,807
20	6	0,000168	59,807
21	4	0,000112	59,807
22	6	0,000168	59,807
23	3	0,000084	59,808
24	4	0,000112	59,809
25	NODO FUENTE (85)	0,002380	59,811

2.7. ANILLO 7.

Figura 8. Anillo 7.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

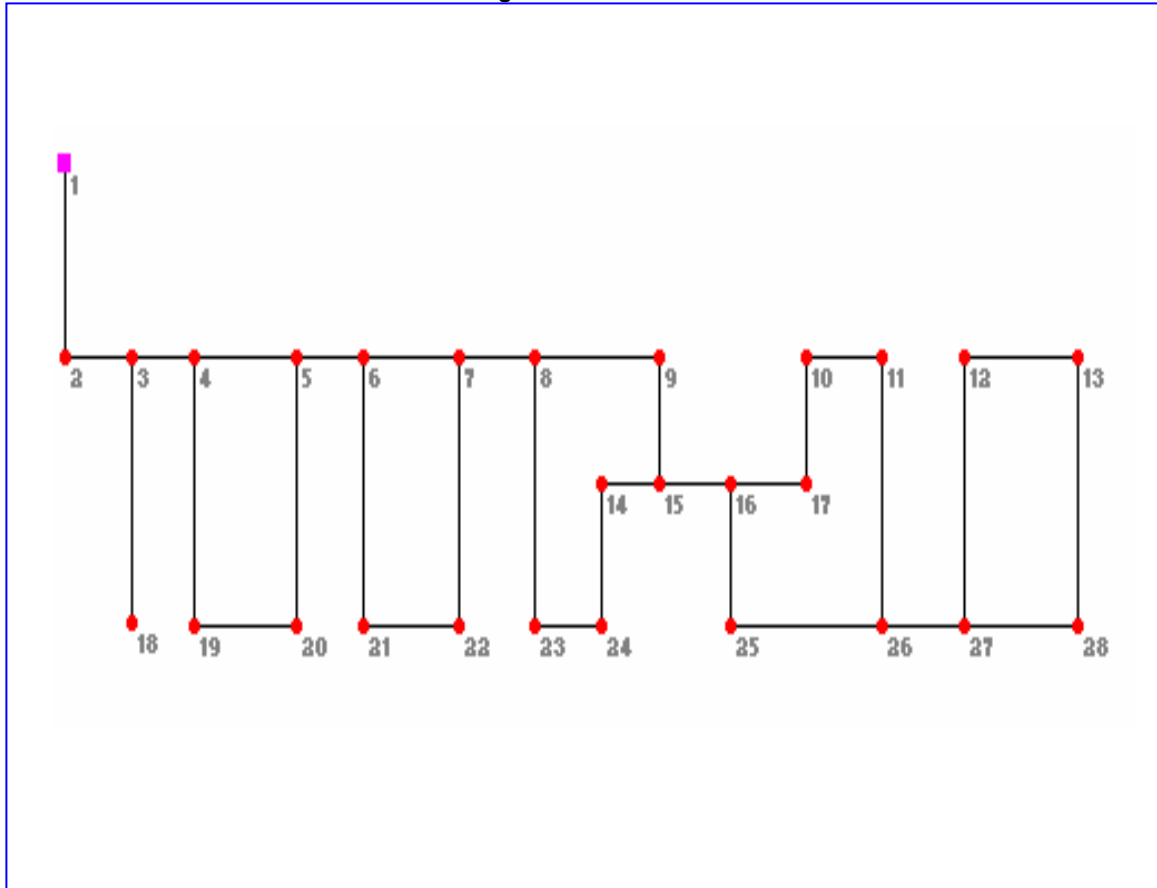
2.7.1 Cálculos De Anillo 7.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
17-18	0,038840	62,507	0,86	0,001411
6-18	0,072490	116,661	0,86	0,000577
5-6	0,041430	66,675	0,86	0,000717
5-17	0,077670	124,998	0,86	-0,000801
17-25	0,000518	0,834	0,86	-0,002380
18-19	0,007767	12,500	0,86	0,001904
19-20	0,054370	87,500	0,86	0,001018
7-19	0,072490	116,661	0,86	-0,000746
14-20	0,051780	83,332	0,86	0,000550
13-14	0,009321	15,001	0,86	0,000606
8-13	0,015530	24,993	0,86	0,000606
7-8	0,044010	70,827	0,86	0,000634
20-21	0,004660	7,500	0,86	0,001484
21-22	0,051780	83,332	0,86	0,000710
10-22	0,067320	108,341	0,86	0,000382
9-10	0,051780	83,332	0,86	0,000522
9-21	0,071980	115,841	0,86	-0,000634
22-23	0,007767	12,500	0,86	0,001008
11-23	0,072490	116,661	0,86	-0,000269
11-12	0,044020	70,843	0,86	-0,000347
12-16	0,028480	45,834	0,86	-0,000375
15-16	0,011390	18,330	0,86	0,000375
15-24	0,046600	74,995	0,86	-0,000487
23-24	0,033660	54,171	0,86	0,000571
3-11	0,007767	12,500	0,86	-0,000504
3-4	0,069900	112,493	0,86	0,000394
2-4	0,050750	81,674	0,86	-0,000254
1-2	0,064730	104,173	0,86	-0,000142
1-3	0,046600	74,995	0,86	-0,000026
TOTAL	1,21789	1960,004		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	6	0,000168	59,802
2	4	0,000112	59,802
3	3	0,000084	59,802
4	5	0,000140	59,802
5	3	0,000084	59,807
6	5	0,000140	59,806
7	4	0,000112	59,804
8	1	0,000028	59,804
9	4	0,000112	59,803
10	5	0,000140	59,803
11	4	0,000112	59,802
12	1	0,000028	59,802
13	0	0	59,804
14	2	0,000056	59,804
15	4	0,000112	59,803
16	0	0	59,803
17	6	0,000168	59,808
18	3	0,000084	59,806
19	5	0,000140	59,805
20	3	0,000084	59,804
21	5	0,000140	59,803
22	3	0,000084	59,803
23	6	0,000168	59,802
24	3	0,000084	59,803
25	NODO FUENTE (85)	0,002380	59,808

2.8. ANILLO 8.

Figura 9. Anillo 8.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

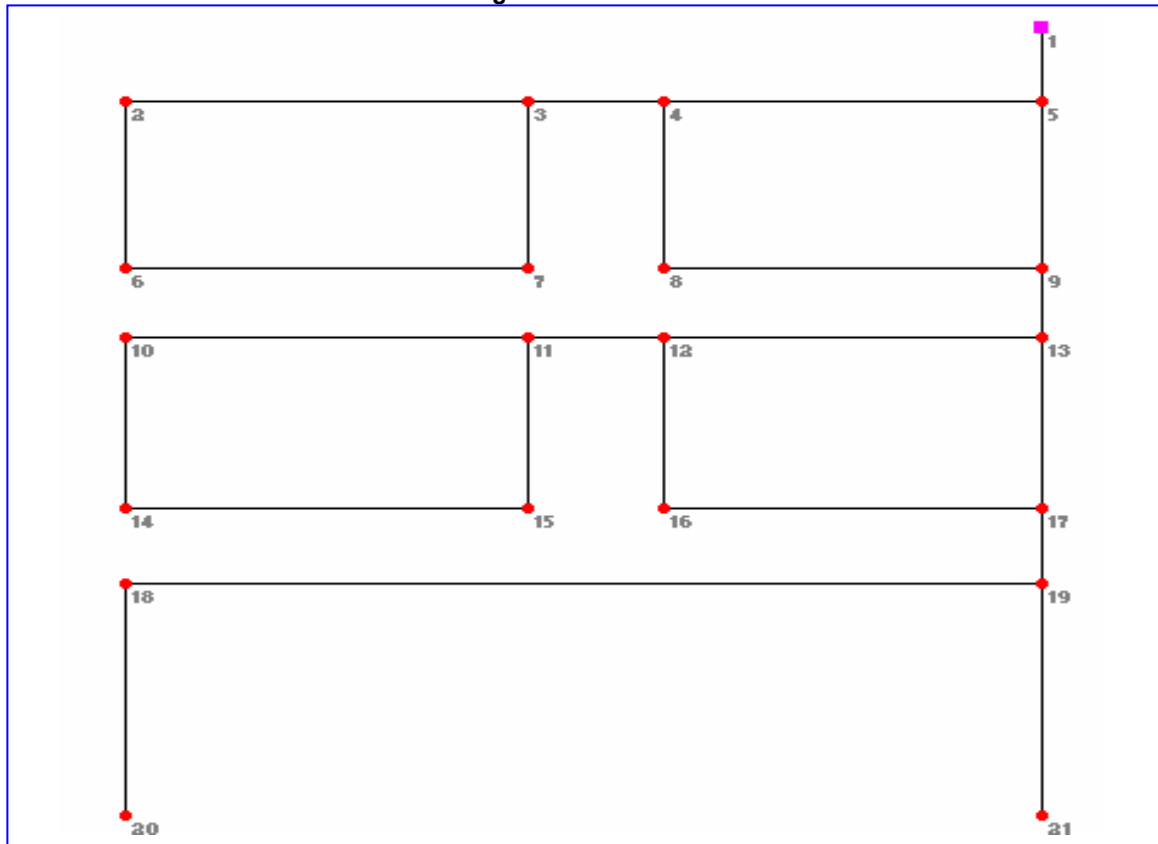
2.8.1. Cálculos De Anillo 8.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
1-2	0,009321	15,001	0,86	0,001848
2-3	0,046600	74,995	0,86	0,001764
3-18	0,046600	74,995	0,86	0,000084
3-4	0,009321	15,001	0,86	0,001680
4-5	0,046600	74,995	0,86	0,000955
5-20	0,041430	66,675	0,86	-0,000501
19-20	0,046600	74,995	0,86	0,000585
4-19	0,036250	58,339	0,86	0,000669
5-6	0,007767	12,500	0,86	0,001372
6-7	0,036250	58,339	0,86	0,000789
7-22	0,046600	74,995	0,86	-0,000331
21-22	0,036250	58,339	0,86	0,000443
6-21	0,041430	66,675	0,86	0,000499
7-8	0,007767	12,500	0,86	0,001036
8-9	0,054370	87,500	0,86	0,000504
9-15	0,031070	50,002	0,86	0,000336
14-15	0,020710	33,330	0,86	0,000364
14-24	0,02071	33,330	0,86	-0,000364
23-24	0,033660	54,171	0,86	0,000364
8-23	0,046600	74,995	0,86	0,000420
15-16	0,007767	12,500	0,86	0,000644
16-17	0,012950	20,841	0,86	0,000226
10-17	0,031070	50,002	0,86	-0,000226
10-11	0,031070	50,002	0,86	0,000226
11-26	0,062140	100,005	0,86	0,000170
25-26	0,044010	70,827	0,86	0,000278
16-25	0,025890	41,666	0,86	0,000362
26-27	0,007767	12,500	0,86	0,000364
27-28	0,036250	58,339	0,86	0,000161
13-28	0,062140	100,005	0,86	-0,000105
12-13	0,036250	58,339	0,86	0,000007
12-27	0,062140	100,005	0,86	-0,000091
TOTAL	1,08535	1746,702		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	NODO FUENTE (66)	0,001848	59,807
2	3	0,000084	59,8076
3	0	0	59,802
4	2	0,000056	59,801
5	3	0,000084	59,800
6	3	0,000084	59,800
7	3	0,000084	59,799
8	4	0,000112	59,799
9	6	0,000168	59,799
10	0	0	59,799
11	2	0,000056	59,799
12	3	0,000084	59,798
13	4	0,000112	59,798
14	0	0	59,799
15	2	0,000056	59,799
16	2	0,000056	59,799
17	0	0	59,799
18	3	0,000084	59,802
19	3	0,000084	59,801
20	3	0,000084	59,801
21	2	0,000056	59,800
22	4	0,000112	59,800
23	2	0,000056	59,799
24	0	0	59,799
25	3	0,000084	59,799
26	3	0,000084	59,798
27	4	0,000112	59,798
28	2	0,000056	59,798

2.9. ANILLO 9.

Figura 10. Anillo 9.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

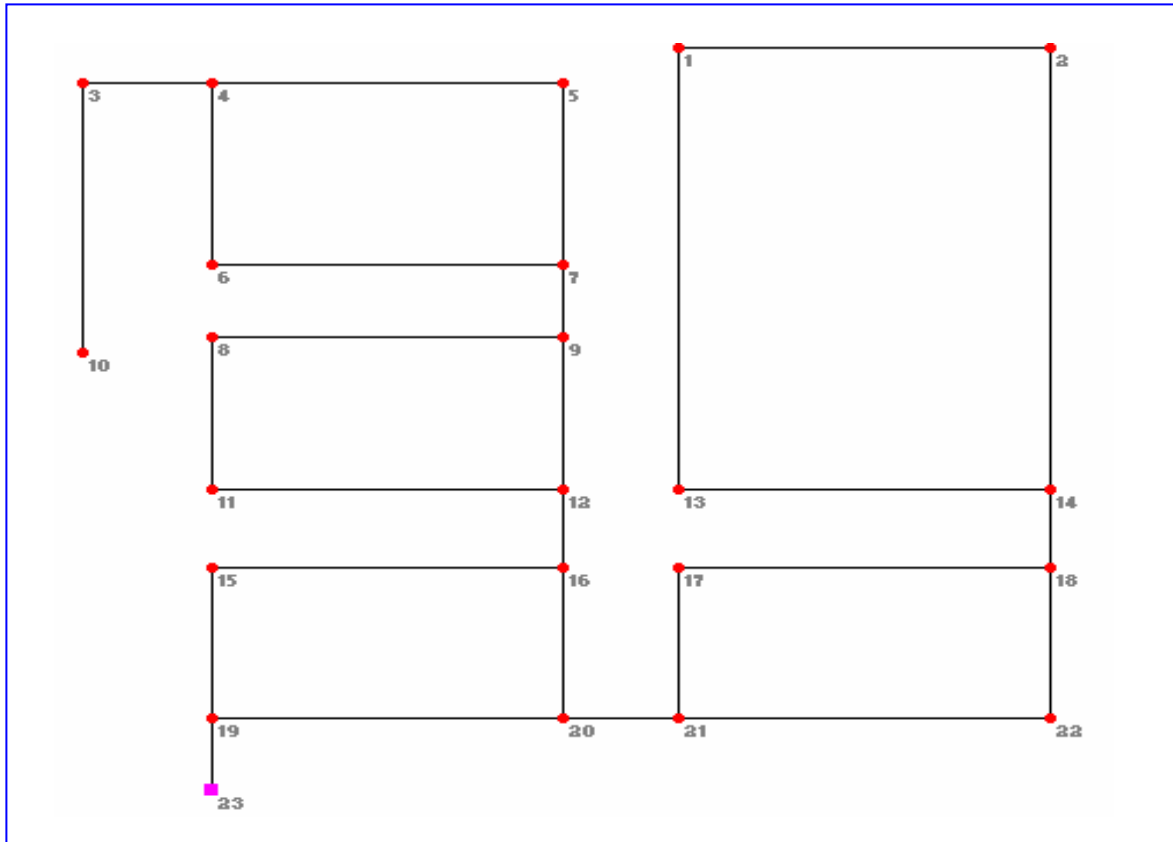
2.9.1. Cálculos De Anillo 9.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
1-5	0,000777	1,250	0,86	0,0001904
4-5	0,046600	74,995	0,86	-0,000878
4-8	0,054370	87,500	0,86	0,000374
8-9	0,046600	74,995	0,86	0,000262
5-9	0,054370	87,500	0,86	0,000914
3-4	0,005178	8,333	0,86	-0,000392
2-3	0,041430	66,675	0,86	-0,000267
2-6	0,054370	87,500	0,86	0,000155
6-7	0,041430	66,675	0,86	0,000043
3-7	0,054370	87,500	0,86	0,000041
9-13	0,007767	12,500	0,86	0,001036
12-13	0,049190	79,164	0,86	-0,000485
12-16	0,041430	66,675	0,86	0,000149
16-17	0,049190	79,164	0,86	0,000065
13-17	0,041430	66,675	0,86	0,000439
11-12	0,005178	8,333	0,86	-0,000280
10-11	0,041430	66,675	0,86	-0,000189
10-14	0,041430	66,675	0,86	0,000105
14-15	0,036250	58,339	0,86	0,000049
11-15	0,041430	66,675	0,86	0,000035
17-19	0,007767	12,500	0,86	0,000448
18-19	0,093210	150,007	0,86	-0,000196
18-20	0,093210	150,007	0,86	0,000196
19-21	0,046600	74,995	0,86	0,000028
TOTAL	0,995007	1601,309		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	NODO FUENTE (68)	0,001904	59,807
2	4	0,000112	59,806
3	3	0,000084	59,806
4	4	0,000112	59,806
5	4	0,000112	59,807
6	4	0,000112	59,806
7	3	0,000084	59,806
8	4	0,000112	59,806
9	5	0,000140	59,806
10	3	0,000084	59,805
11	2	0,000056	59,805
12	2	0,000056	59,805
13	4	0,000112	59,805
14	2	0,000056	59,805
15	3	0,000084	59,805
16	3	0,000084	59,805
17	2	0,000056	59,805
18	0	0	59,805
19	8	0,000224	59,805
20	7	0,000196	59,805
21	1	0,000028	59,805

2.10. ANILLO 10.

Figura 11. Anillo 10.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

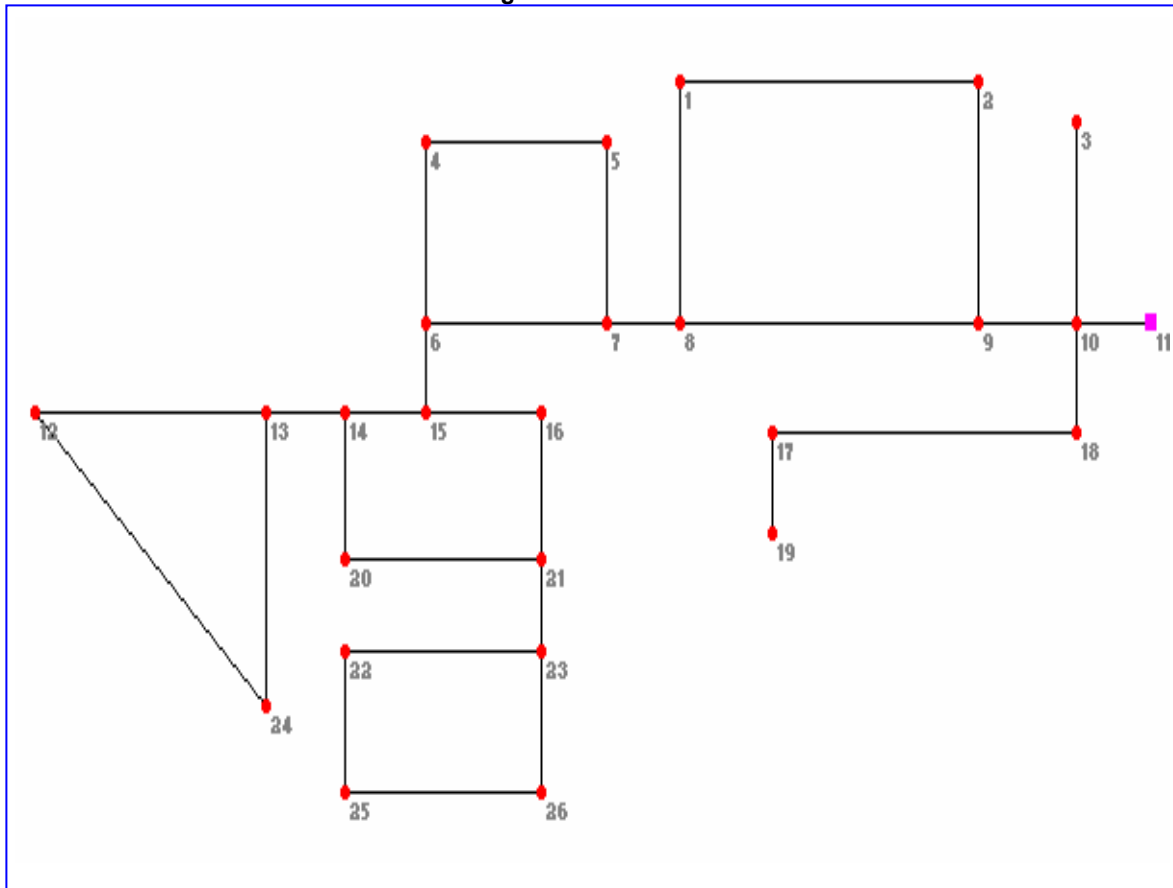
2.10.1. Cálculos De Anillo 10.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
19-23	0,009321	15,001	0,86	-0,001792
19-20	0,044010	70,827	0,86	0,000970
16-20	0,038840	62,507	0,86	-0,000074
15-16	0,044010	70,827	0,86	0,000654
15-19	0,038840	62,507	0,86	-0,000766
20-21	0,004660	7,500	0,86	0,000840
21-22	0,044010	70,827	0,86	0,000427
18-22	0,038840	62,507	0,86	-0,000371
17-18	0,044010	70,827	0,86	0,000273
17-21	0,038840	62,507	0,86	-0,000329
14-18	0,007767	12,500	0,86	-0,000560
13-14	0,044010	70,827	0,86	-0,000160
1-13	0,078700	126,655	0,86	-0,000048
1-2	0,044010	70,827	0,86	-0,000120
2-14	0,078700	126,655	0,86	-0,000204
12-16	0,007767	12,500	0,86	-0,000644
11-12	0,044010	70,827	0,86	-0,000161
8-11	0,036250	58,339	0,86	-0,000077
8-9	0,044010	70,827	0,86	0,000021
9-12	0,036250	58,339	0,86	-0,000427
7-9	0,007767	12,500	0,86	-0,000392
6-7	0,044010	70,827	0,86	-0,000134
4-6	0,030550	49,165	0,86	-0,000050
4-5	0,044010	70,827	0,86	-0,000118
5-7	0,030550	49,165	0,86	-0,000202
3-4	0,007767	12,500	0,86	-0,000112
3-10	0,051780	83,332	0,86	0,000112
TOTAL	0,983289	1582,450		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	6	0,000168	59,804
2	3	0,000084	59,804
3	0	0	59,804
4	2	0,000056	59,804
5	3	0,000084	59,804
6	3	0,000084	59,804
7	2	0,000056	59,804
8	2	0,000056	59,804
9	2	0,000056	59,804
10	4	0,000112	59,804
11	3	0,000084	59,804
12	2	0,000056	59,804
13	4	0,000112	59,804
14	7	0,000196	59,804
15	4	0,000112	59,805
16	3	0,000084	59,804
17	2	0,000056	59,804
18	3	0,000084	59,804
19	2	0,000056	59,805
20	2	0,000056	59,804
21	3	0,000084	59,804
22	2	0,000056	59,804
23	NODO FUENTE (64)	0,001792	59,806

2.11. ANILLO 11.

Figura 12. Anillo 11.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

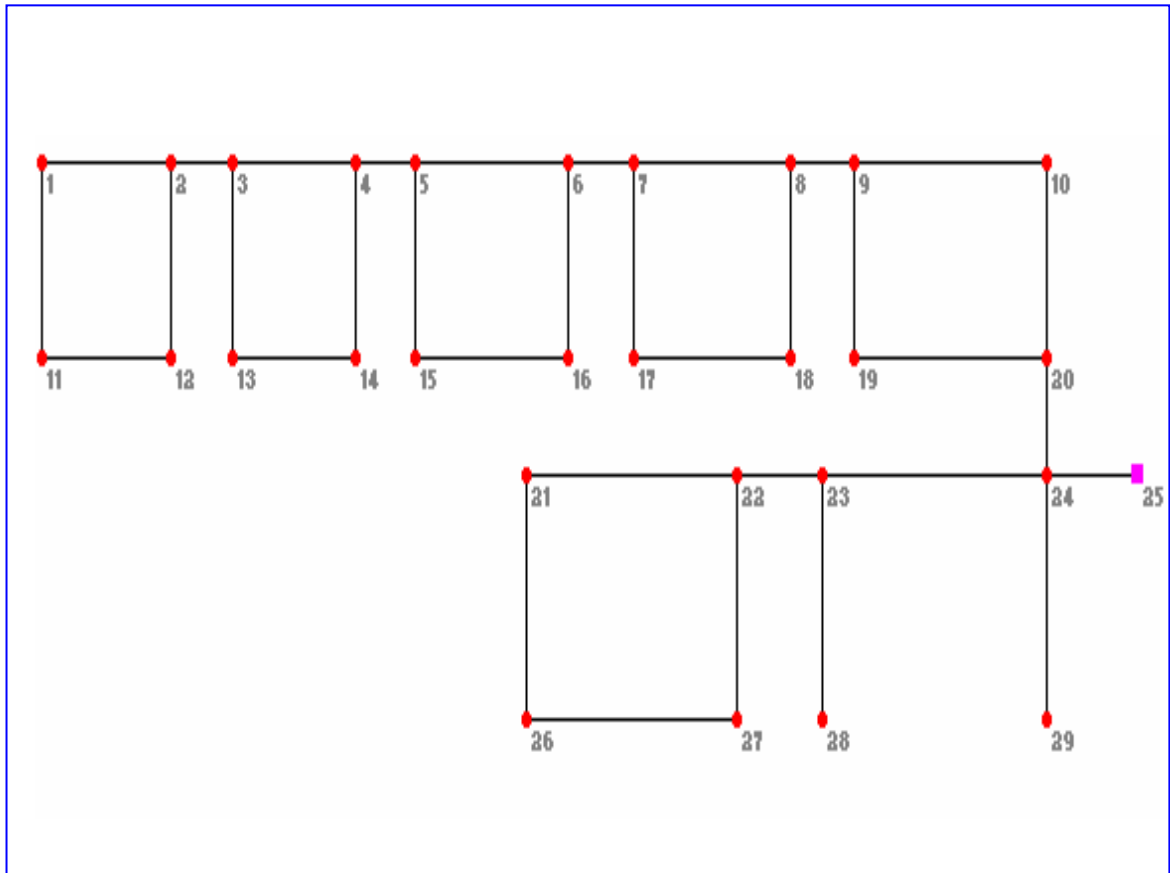
2.11.1. Cálculos De Anillo 11.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
10-11	0,009321	15,001	0,86	-0,002604
10-18	0,009321	15,001	0,86	0,000308
17-18	0,186411	299,999	0,86	-0,000308
17-19	0,009321	15,001	0,86	0,000028
3-10	0,041430	66,675	0,86	-0,000056
9-10	0,037280	59,996	0,86	-0,002184
8-9	0,196770	316,671	0,86	-0,000958
1-8	0,031070	50,002	0,86	0,000638
1-2	0,201950	325,007	0,86	-0,000694
2-9	0,054370	87,500	0,86	-0,001142
7-8	0,006214	10,000	0,86	-0,001176
6-7	0,046600	74,995	0,86	-0,000619
4-6	0,015530	24,993	0,86	0,000389
4-5	0,046600	74,995	0,86	-0,000417
5-7	0,028480	45,834	0,86	-0,000501
6-15	0,006214	10,000	0,86	0,000924
15-16	0,025890	41,666	0,86	0,000245
16-21	0,020710	33,330	0,86	0,000217
20-21	0,042460	68,333	0,86	0,000035
14-20	0,025890	41,666	0,86	0,000063
14-15	0,015540	25,009	0,86	-0,000623
21-23	0,005178	8,333	0,86	0,000168
22-23	0,042980	69,170	0,86	-0,000065
22-25	0,012950	20,841	0,86	0,000009
25-26	0,042980	69,170	0,86	-0,000019
23-26	0,012950	20,841	0,86	0,000075
13-14	0,007767	12,500	0,86	-0,000532
12-13	0,124270	199,993	0,86	-0,000161
12-24	0,129450	208,330	0,86	-0,000119
13-24	0,046600	74,995	0,86	0,000203
TOTAL	1,482497	2385,848		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	2	0,000056	59,795
2	16	0,000448	59,798
3	2	0,000056	59,804
4	1	0,000028	59,794
5	3	0,000084	59,795
6	3	0,000084	59,794
7	2	0,000056	59,795
8	15	0,000420	59,795
9	3	0,000084	59,800
10	2	0,000056	59,804
11	<i>NODO FUENTE (93)</i>	0,002604	59,806
12	10	0,000280	59,794
13	6	0,000168	59,794
14	1	0,000028	59,794
15	2	0,000056	59,794
16	1	0,000028	59,794
17	10	0,000280	59,804
18	0	0	59,804
19	1	0,000028	59,804
20	1	0,000028	59,794
21	3	0,000084	59,794
22	2	0,000056	59,794
23	1	0,000028	59,794
24	3	0,000084	59,794
25	1	0,000028	59,794
26	2	0,000056	59,794

2.12. ANILLO 12.

Figura 13. Anillo 12.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

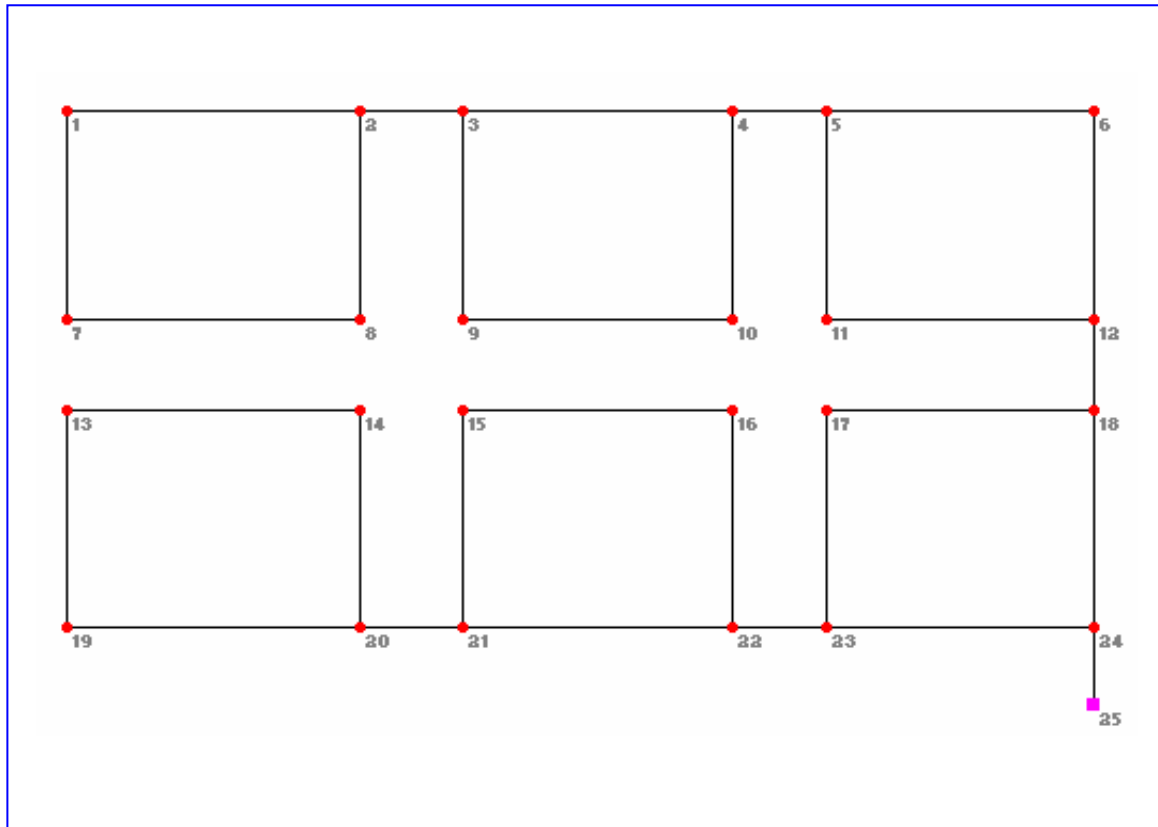
2.12.1. Cálculos De Anillo 12.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
24-25	0,000777	1,250	0,86	-0,002016
23-24	0,051780	83,332	0,86	-0,000364
23-28	0,041430	66,675	0,86	0,000056
24-29	0,036250	58,339	0,86	0,000056
22-23	0,005178	8,333	0,86	-0,000308
21-22	0,051780	83,332	0,86	-0,000109
21-26	0,041430	66,675	0,86	0,000053
26-27	0,051780	83,332	0,86	-0,000059
22-27	0,041430	66,675	0,86	0,000115
20-24	0,005178	8,333	0,86	-0,001512
19-20	0,051780	83,332	0,86	-0,000717
9-19	0,036250	58,339	0,86	-0,000633
9-10	0,046600	74,995	0,86	-0,000655
10-20	0,038840	62,507	0,86	-0,000739
8-9	0,005178	8,333	0,86	-0,001232
7-8	0,049190	79,164	0,86	-0,000670
7-17	0,036250	58,339	0,86	-0,000310
17-18	0,049190	79,164	0,86	-0,000422
8-18	0,036250	58,339	0,86	0,000478
6-7	0,005178	8,333	0,86	-0,000924
5-6	0,046600	74,995	0,86	-0,000446
5-15	0,036250	58,339	0,86	-0,000226
15-16	0,046600	74,995	0,86	-0,000310
6-16	0,036250	58,339	0,86	0,000366
4-5	0,005178	8,333	0,86	-0,000616
3-4	0,046600	74,995	0,86	-0,000257
3-13	0,036250	58,339	0,86	-0,000107
13-14	0,046600	74,995	0,86	-0,000219
4-14	0,036250	58,339	0,86	0,000275
2-3	0,005178	8,333	0,86	-0,000308
1-2	0,046600	74,995	0,86	-0,000049
1-11	0,036250	58,339	0,86	-0,000007
11-12	0,046600	74,995	0,86	-0,000119
2-12	0,036250	58,339	0,86	0,000175
TOTAL	1,189175	1913,792		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	2	0,000056	59,790
2	3	0,000084	59,790
3	2	0,000056	59,790
4	3	0,000084	59,790
5	2	0,000056	59,790
6	4	0,000112	59,791
7	2	0,000056	59,791
8	3	0,000084	59,791
9	2	0,000056	59,792
10	3	0,000084	59,792
11	4	0,000112	59,790
12	2	0,000056	59,790
13	4	0,000112	59,790
14	2	0,000056	59,790
15	3	0,000084	59,790
16	2	0,000056	59,791
17	4	0,000112	59,791
18	2	0,000056	59,791
19	3	0,000084	59,792
20	2	0,000056	59,793
21	2	0,000056	59,793
22	3	0,000084	59,793
23	0	0	59,793
24	3	0,000084	59,793
25	<i>NODO FUENTE (72)</i>	0,002016	59,793
26	4	0,000112	59,793
27	2	0,000056	59,793
28	2	0,000056	59,793
29	2	0,000056	59,793

2.13. ANILLO 13.

Figura 14. Anillo 13.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

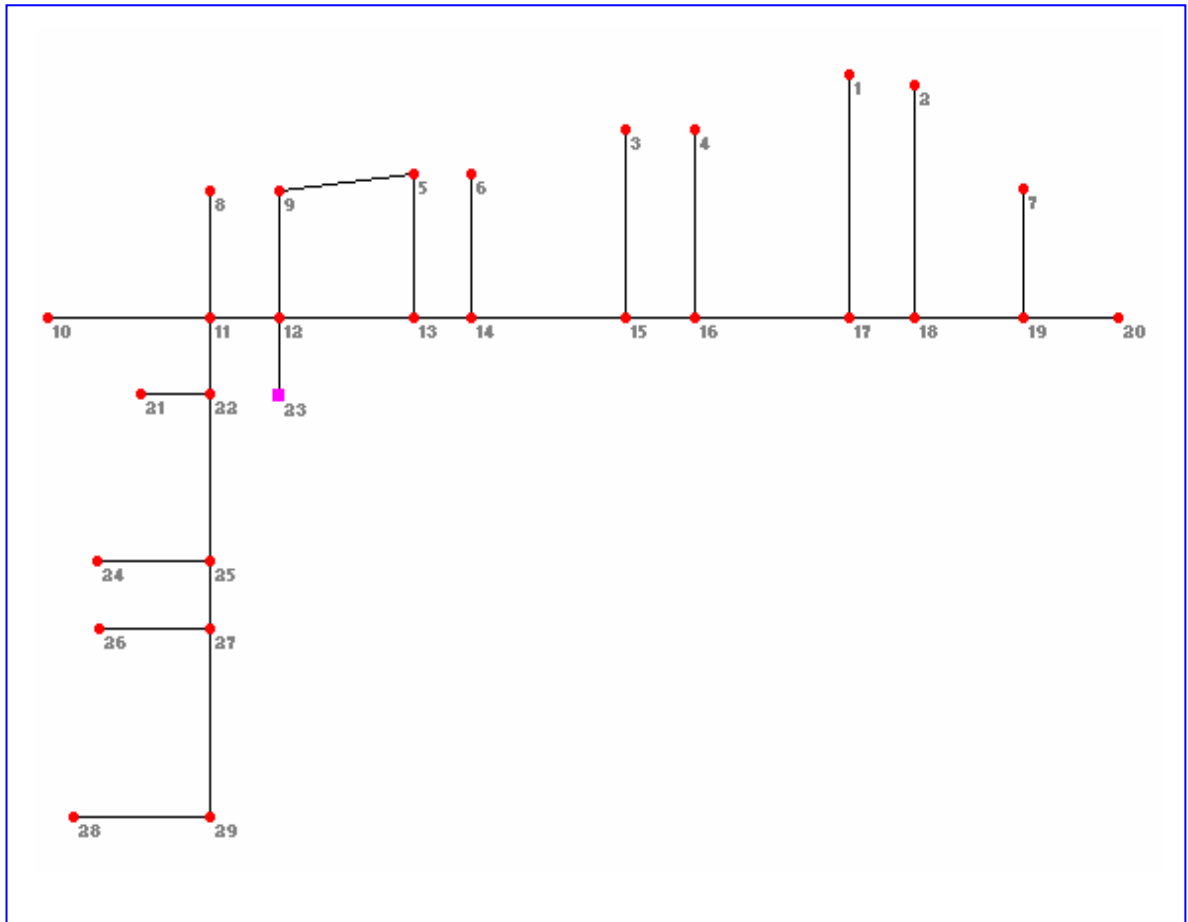
2.13.1. Cálculos De Anillo 13.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
24-25	0,000777	1,250	0,86	-0,001988
23-24	0,051780	83,332	0,86	-0,000899
17-23	0,046600	74,995	0,86	-0,000199
17-18	0,051780	83,332	0,86	0,000115
18-24	0,046600	74,995	0,86	-0,000977
22-23	0,005178	8,333	0,86	-0,000616
21-22	0,047640	76,669	0,86	-0,000342
15-21	0,046600	74,995	0,86	0,000078
15-16	0,047640	76,669	0,86	-0,000134
16-22	0,046600	74,995	0,86	-0,000218
20-21	0,005178	8,333	0,86	-0,000308
19-20	0,046600	74,995	0,86	-0,000092
13-19	0,046600	74,995	0,86	-0,000036
13-14	0,046600	74,995	0,86	-0,000048
14-20	0,046600	74,995	0,86	-0,000160
12-18	0,005178	8,333	0,86	-0,000952
11-12	0,051780	83,332	0,86	-0,000426
5-11	0,041430	66,675	0,86	-0,000314
5-6	0,051780	83,332	0,86	-0,000386
6-12	0,041430	66,675	0,86	-0,000442
4-5	0,005178	8,333	0,86	-0,000588
3-4	0,047640	76,669	0,86	-0,000298
3-9	0,041430	66,675	0,86	-0,000038
9-10	0,047640	76,669	0,86	-0,000122
4-10	0,041430	66,675	0,86	0,000178
2-3	0,005178	8,333	0,86	-0,000280
1-2	0,046600	74,995	0,86	-0,000094
1-7	0,041430	66,675	0,86	0,000038
7-8	0,046600	74,995	0,86	-0,000046
2-8	0,041430	66,675	0,86	0,000102
TOTAL	1,138927	1832,925		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	2	0,000056	59,789
2	3	0,000084	59,789
3	2	0,000056	59,789
4	4	0,000112	59,789
5	4	0,000112	59,789
6	2	0,000056	59,789
7	3	0,000084	59,789
8	2	0,000056	59,789
9	3	0,000084	59,789
10	2	0,000056	59,789
11	4	0,000112	59,789
12	3	0,000084	59,790
13	3	0,000084	59,790
14	4	0,000112	59,791
15	2	0,000056	59,791
16	3	0,000084	59,791
17	3	0,000084	59,791
18	5	0,000140	59,791
19	2	0,000056	59,791
20	2	0,000056	59,791
21	4	0,000112	59,791
22	2	0,000056	59,791
23	3	0,000084	59,791
24	4	0,000112	59,792
25	<i>NODO FUENTE (71)</i>	0,001988	59,792

2.14. ANILLO 14.

Figura 15. Anillo 14.



Temperatura de flujo : 59 °F
Gravedad específica : 0.61
Eficiencia de flujo : 0.98
Temperatura base : 60 °F
Presión base : 14.73 psia
Ecuación de flujo : Weymouth
Método de solución : Hardy Cross.

2.14.1. Cálculos De Anillo 14.

TRAMO	LONGITUD (Millas)	LONGITUD (Metros)	DIÁMETRO (Pulgadas)	CAUDAL (MMPCD)
12-23	0,005178	8,333	0,86	-0,001232
12-13	0,046600	74,995	0,86	0,000426
5-13	0,031070	50,002	0,86	0,000246
13-14	0,005178	8,333	0,86	0,000672
6-14	0,025890	41,666	0,86	-0,000056
14-15	0,046600	74,995	0,86	0,000560
15-16	0,005178	8,333	0,86	0,000476
16-17	0,051780	83,332	0,86	0,000308
17-18	0,005178	8,333	0,86	0,000224
3-15	0,036250	58,339	0,86	-0,000084
4-16	0,036250	58,339	0,86	-0,000084
1-17	0,046600	74,995	0,86	-0,000084
2-18	0,046600	74,995	0,86	-0,000084
9-12	0,020710	33,330	0,86	-0,000330
11-12	0,005178	8,333	0,86	-0,000392
10-11	0,031070	50,002	0,86	-0,000028
8-11	0,020710	33,330	0,86	-0,000028
11-22	0,005178	8,333	0,86	0,000336
22-25	0,041430	66,675	0,86	0,000252
25-27	0,005178	8,333	0,86	0,000224
26-27	0,031070	50,002	0,86	-0,000028
24-25	0,031070	50,002	0,86	-0,000028
21-22	0,015530	24,993	0,86	-0,000028
27-29	0,098380	158,327	0,86	0,000028
28-29	0,02071	33,330	0,86	-0,000028
18-19	0,056960	91,668	0,86	0,000084
19-20	0,046600	74,995	0,86	0,000056
7-19	0,015530	24,993	0,86	-0,000028
5-9	0,047640	76,669	0,86	-0,000302
TOTAL	0,881296	1418,308		

NODO	NÚMERO DE VIVIENDAS	ENTREGA (MMPCD)	PRESIÓN (psia)
1	3	0,000084	59,790
2	3	0,000084	59,790
3	3	0,000084	59,790
4	3	0,000084	59,790
5	2	0,000056	59,791
6	2	0,000056	59,791
7	1	0,000028	59,790
8	1	0,000028	59,791
9	1	0,000028	59,791
10	1	0,000028	59,791
11	0	0	59,791
12	3	0,000084	59,791
13	0	0	59,791
14	2	0,000056	59,791
15	0	0	59,790
16	3	0,000084	59,790
17	0	0	59,790
18	2	0,000056	59,790
19	0	0	59,790
20	2	0,000056	59,790
21	1	0,000028	59,791
22	2	0,000056	59,791
23	NODO FUENTE (44)	0,001232	59,791
24	1	0,000028	59,791
25	0	0	59,791
26	1	0,000028	59,791
27	6	0,000168	59,791
28	1	0,000028	59,791
29	0	0	59,791

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ⁱ FLOREZ, Henry Mateus. Proyecto De Masificación Del Gas Natural Domiciliario Para Algunos Municipios Del Sur De Santander Entre Ellos: Barbosa, Bolívar, Chipata Y Sucre. Universidad Industrial de Santander. 2004.

ⁱⁱ REVINCA. “Curso De Soldadura Para Tuberías De Polietileno”.2005

ⁱⁱⁱ HERNANDEZ TREJOS, Edelberto, Curso De Diseño De Gasoductos Y Redes. Universidad Industrial de Santander. 1995.

^{iv} www.chinacota.com