

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA EL  
SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO PARA USO VEHICULAR Y  
DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SOCORRO, SANTANDER.**

**CARLOS ALBERTO MORA MURALLAS  
NEIDY LORENA GUTIERREZ MORALES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2014**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA  
EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO PARA USO VEHICULAR Y  
DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SOCORRO, SANTANDER.**

**CARLOS ALBERTO MORA MURALLAS  
NEIDY LORENA GUTIERREZ MORALES**

**Director  
JULIO CESAR PÉREZ ANGULO  
Ingeniero de Petróleos, Msc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2014**

## *Dedicatoria*

*A Jehová Dios rey grande poderoso y misericordioso, ya que una vez más me demuestra su infinita misericordia cumpliéndome un anhelo de mi corazón, por darme ciencia, inteligencia y sabiduría para poder culminar esta etapa de mi vida.*

*A mi querida y linda madre Nelsy porque es mi ejemplo a seguir, por su tenacidad, fuerza y su empeño, por hacer las cosas de manera correcta y transmitirme la necesidad de ser alguien en la vida sin importar las adversidades que se fueran presentando.*

*A mi amado padre Edgar por ser mi bastón y apoyo incondicional, por repetirme que cada momento familiar no compartido valía la pena para cumplir este, nuestro sueño.*

*A mi hermosa hermanita Melissa por ser el motor mi vida, por ser la persona por la cual yo me esfuerzo en ser cada día mejor para darle un buen ejemplo, ya que de toda mi familia, a ella es a la que más gratitud le tengo por apoyarme a pesar de lo que repercutía mi ausencia en su vida.*

*A mis abuelas Carmen Emilia e Isidra porque mientras estuvieron vivas fueron razones fuertes para seguir luchando por este título, porque a pesar de que con la edad se borra la memoria a corto plazo y a veces no se reconocen a los seres queridos siempre me nombraban como la hija que estaba en los santanderes luchando por un sueño.*

*A mi tía Julia porque a pesar de que no le gusta la tecnología y no estamos en constante contacto, sé que siempre he estado en sus oraciones.*

*A toda mi familia Morales García por ser esas personas alentadoras ya que cada vez que me veían en vacaciones me decían lo orgullosos que se sentían por mí.*

*A todos mis amigos por ser como son y permitir la creación de uno de los lazos más fuertes que puede tener un ser humano ' 'la amistad' '*

*A todos ellos les digo que mis triunfos son sus triunfos,*

*Lorena.*

## *Dedicatoria*

*A Dios todo poderoso, por acompañarme en todos los instantes de mi vida sin importar las adversidades, por la alegría tan grande que inunda el seno de nuestra familia.*

*A mi querida madre, por sus oraciones, enseñanzas y consejos, por haberme dedicado sus mejores años compartiendo mis alegrías y dificultades.*

*A mi señor padre, por brindarme su incondicional apoyo en todos los momentos de mi vida, por haber sido mentor, amigo y ejemplo a seguir desde los primeros años de mi vida.*

*A mi tío José Antonio Esparza, por su constante apoyo durante todos estos años de carrera en esta prestigiosa universidad.*

*A mis amigos Alexis Vera y John Hernández por su gran apoyo y compañía durante los momentos más difíciles.*

*A mis amigos, compañeros y familiares quienes de una u otra manera han contribuido a que este sueño sea una realidad.*

*Carlos Alberto.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Julio Cesar Pérez Angulo, a los diferentes administradores de las estaciones de servicio ubicadas en Lebrija y en Villavicencio.

Al Municipio de Socorro por su colaboración en las actividades realizadas con el fin de obtener los datos estadísticos para el estudio de mercado.

A familiares y amigos por su apoyo y colaboración.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>20</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL GAS NATURAL</b>	<b>21</b>
<b>1.1 FORMACIÓN DEL GAS NATURAL.</b>	<b>21</b>
1.1.1 Clasificación del gas natural.	22
1.1.2 Usos Del Gas Natural.	23
1.1.3 Clasificación y características de los gases.	24
1.1.4 Condiciones de calidad del gas natural en Colombia.	25
1.1.5 Proceso de Odoración.	26
1.1.6 Intercambiabilidad de los gases.	27
1.1.7 Puntos de condensación.	28
<b>1.2 RED DE GASODUCTOS EN COLOMBIA.</b>	<b>28</b>
<b>2. NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE PARA EL USO DEL GNC.</b>	<b>32</b>
<b>2.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS.</b>	<b>32</b>
<b>2.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.</b>	<b>35</b>
2.2.1 Matriz de identificación de Impactos.	35
<b>2.3 PLAN DE CONTINGENCIA.</b>	<b>36</b>
2.3.1 Plan de contingencias para el municipio de Socorro.	36
2.3.2 Plan estratégico	36
2.3.3 Plan Operativo.	39
<b>2.4 PLAN DE CONTINGENCIA DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO.</b>	<b>39</b>
2.4.1 Plan estratégico.	39
2.4.2 Amenazas.	39
2.4.3 Riesgos.	40
2.4.4 Plan de manejo o de respuesta.	40
2.4.5 Brigada de ejecución.	41
2.4.6 Escape de gas.	41

2.4.7	Equipo utilizado	41
3.	GENERALIDADES DEL MUNICIPIO SOCORRO, SANTANDER.	43
3.1	LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN GEOGRÁFICA.	43
3.2	ASPECTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.	45
3.2.1	Acueducto.	45
3.2.2	Energía Eléctrica.	45
3.2.3	Combustible para Cocina.	46
3.2.4	Estaciones De Servicio.	46
3.4.1	Vivienda.	46
4.	ESTUDIO DE MERCADO.	47
4.1	PROYECCIONES DEMOGRÁFICAS.	47
4.1.1	Proyección de Población y Viviendas a 20 Años.	47
4.2	ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO DE LA POBLACIÓN.	50
4.2.1	Diseño de la Encuesta.	50
4.2.2	Resultado Sector Residencial.	51
4.2.3	Resultado Sector Comercial.	56
4.3	CÁLCULO DE LA DEMANDA DE GAS	61
4.3.1	Calculo Progresivo de Usuarios Vinculados y Proyección de la Demanda de Gas a 20 Años.	62
4.4	ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO DE LA POBLACIÓN FRENTE AL MERCADO DE GNCV.	63
4.4.1	Características del vehículo.	64
5.	ARGUMENTOS MATEMÁTICOS DE DISEÑO.	66
5.1	SOPORTE MATEMÁTICO	66
5.2	MÉTODOS DE SOLUCIÓN PARA EL CÁLCULO DE REDES DE GAS.	67
5.2.1	Método de Hardy Cross.	68
6.	DISEÑO.	74
6.1	TRANSPORTE DEL ENERGÉTICO.	75
6.2	REDES DE DISTRIBUCIÓN.	76
6.2.1	Procedimiento General De Diseño De Las Redes De Distribución.	76

6.2.2	Condiciones del terreno para la cartografía del Proyecto.	76
6.3	DEFINICIÓN DE VARIABLES.	77
6.4	CONSUMO DE ENERGÍA POR VIVIENDA.	79
6.5	TRAZADO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.	79
6.5.1	Plano del Municipio	79
6.5.2	Previsiones Técnicas para Satisfacer Necesidades Futuras.	80
6.5.3	Trazado de las Troncales	80
6.5.5	Redes de distribución.	81
6.6	ESTUDIO ECONÓMICO.	85
6.6.1	Costos para el suministro de gas natural por redes.	86
7.	ESTACION DE SERVICIO GNCV	91
7.1	TIPOS DE COMBUSTIBLE.	91
7.2	TIPO DE LLENADO.	91
7.2.1	De llenado rápido.	91
7.2.2	Estación de llenado lento.	92
7.2.3	De llenado rápido y lento (mixtas o combinadas)	92
7.3	COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIO DE GNCV.	93
7.3.1	Unidad de compresión.	93
7.3.1.1	Sistema de medición del gas	94
7.3.1.2	Sistema de filtrado.	94
7.3.1.3	Pulmón de succión.	94
7.3.1.4	Booster-compresor.	95
7.4	UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DE GNCV.	95
7.4.1	Cilindros de abastecimiento.	96
7.4.2	Batería de almacenamiento.	96
7.4.3	Almacenamiento por cascada.	96
7.4.4	Dispositivos de alivio de presión.	97
7.4.5	Dispositivo de relevo de presión.	98
7.4.6	Manómetros.	98
7.4.7	Líneas de combustible.	99

<b>7.5 UNIDAD DE SUMINISTRO O DISTRIBUCIÓN DE GNCV.</b>	<b>99</b>
7.5.1 Surtidor para GNCV.	100
<b>7.6 UNIDAD ELÉCTRICA Y DE CONTROL.</b>	<b>100</b>
<b>7.7 MERCADO POTENCIAL.</b>	<b>100</b>
7.7.1 Estudio de la viabilidad del servicio	101
7.7.1.1 Características del vehículo.	101
7.7.1.2 Procedencia del vehículo.	102
7.7.1.3 Intereses en la adquisición del servicio.	102
7.7.1.4 Consideración de la calidad del servicio.	103
7.7.1.5 Consideración del valor del servicio.	103
7.7.1.6 Duración del combustible.	104
<b>7.8 POTENCIAL DE CONSUMO DE GAS NATURAL.</b>	<b>105</b>
7.8.1 Mercado potencial	105
7.8.2 Potencial de vehículos a ser convertidos a GNCV	107
7.8.3 Consumo promedio.	107
7.8.4 Consumo promedio diario	108
Tabla 35. Consumo promedio total.	108
7.8.5 Análisis financiero del proyecto	108
7.8.5.1 Costo de la inversión.	108
7.8.5.2 Costos de operación, administración y mantenimiento.	110
<b>7.9 EXPECTATIVAS SOBRE EL CONSUMO.</b>	<b>111</b>
7.9.1 Ingresos	112
7.9.2 TIR y Tiempo de pago del proyecto.	113
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>114</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b>	<b>116</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>119</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composición del gas natural.....	21
Tabla 2. Usos del gas natural. ....	23
Tabla 3. Combustibles que el gas natural puede sustituir.....	24
Tabla 4. Condiciones de transporte de gas natural.....	25
Tabla 5. Volúmenes de gas transportado. ....	30
Tabla 6. Normas técnicas Colombianas para uso de gas combustible en redes domiciliarias. ....	32
Tabla 7. Normas técnicas colombianas para gas combustible para uso vehicular. ....	34
Tabla 8. Orden de las campañas de información.....	37
Tabla 9. Brigada de ejecución. ....	41
Tabla 10. Equipo utilizado ante una emergencia. ....	42
Tabla 11. Proyecciones de Población y de Viviendas.....	48
Tabla 12. Característica de la Vivienda. ....	52
Tabla 13. Costo Promedio de los Energéticos.....	53
Tabla 14. Costo promedio consumo comercial.....	58
Tabla 15. Consumo promedio mensual. ....	61
Tabla 16. Estratificación municipio de Socorro. ....	62
Tabla 17. Guía para la selección de la mejor ecuación. ....	73
Tabla 18. Distancia entre municipios. ....	75
Tabla 19. Presiones de Operación.....	77
Tabla 20. Factor de Demanda o Simultaneidad.....	78
Tabla 21. Conversión de Consumo a Unidades de Energía. ....	79
Tabla 22. Consumo diario. ....	81
Tabla 23. Caudal por nodo para la Red Troncal. ....	82
Tabla 24. Longitud Tubería Troncal por Tramos.....	83
Tabla 25. Cantidad Tendido Tubería de Polietileno por Diámetro. ....	86

Tabla 26.	Inversiones de la implementación del sistema de gas natural por redes. ....	87
Tabla 27.	Presupuesto Instalaciones Domiciliarias.....	88
Tabla 28.	Costo Total Del Proyecto.....	89
Tabla 29.	Cantidad de automotores en el Socorro. ....	101
Tabla 30.	Días de consumo y costo mensual. ....	104
Tabla 31.	Mercado potencial 1.....	107
Tabla 32.	Mercado potencial 2.....	107
Tabla 33.	Consumo promedio.....	107
Tabla 34.	Costo de activos fijos. ....	108
Tabla 35.	Costo de operación.....	110
Tabla 36.	Administración. ....	110
Tabla 37.	Costo de manutención. ....	111
Tabla 38.	Consumo proyectado.....	112
Tabla 39.	Utilidad del proyecto. ....	113

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Empresas transportadoras de gas en Colombia. ....	29
Figura 2. Cadena del gas natural en Colombia. ....	30
Figura 3. Control de escape de gas. ....	41
Figura 4. Mapa del Socorro, Santander.....	44
Figura 5. Vías de acceso al Municipio de Socorro, Santander. ....	44
Figura 6. Proyección de la demanda de gas natural por redes de 20 años.....	63
Figura 7. Esquema de la red trocal. ....	85
Figura 8. Partes de una estación de servicio.....	93
Figura 9. Unidad de almacenamiento.....	95
Figura 10. Demanda proyectada. ....	111
Figura 11. Ingresos recibidos. ....	112

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Característica de la vivienda según la tenencia y el tipo.....	52
Gráfica 2. Consumo de energéticos en la zona.....	53
Gráfica 3. Consideración del Valor del Servicio. ....	55
Gráfica 4. Consideración de la calidad del Servicio. ....	55
Gráfica 5. Interés en la adquisición del servicio. ....	56
Gráfica 6. Tipo de Establecimientos Encuestados. ....	57
Gráfica 4. Energéticos Utilizados .....	57
Gráfica 8. Tipo de Gasodoméstico Utilizado. ....	59
Gráfica 9. Consideración de los Energéticos.....	59
Gráfica 10. Calidad del servicio Energético.....	60
Gráfica 11. Interés por emplear el Servicio de Gas Natural por Redes.....	60
Gráfica 12. Características del vehículo.....	64
Gráfica 13. Interés de adquisición.....	65
Gráfica 14. Tipo de servicio.....	102
Gráfica 15. Procedencia del vehículo.....	102
Gráfica 16. Interés en la adquisición del servicio. ....	103
Gráfica 17. Consideración de la calidad del servicio.....	103
Gráfica 18. Consideración del valor del servicio.....	104

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Diseño de los anillos de la red domiciliaria de gas natural .....	119
Anexo B. Normatividad vigente para establecer la documentacion del plan de manejo ambiental.....	139

## RESUMEN

**TITULO:** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA, ECONOMICA Y AMBIENTAL PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO PARA USO VEHICULAR Y DOMICILIARIO EN EL MUNICIPIO DE SOCORRO, SANTANDER\*.

**AUTORES:** Mora Murallas. Carlos Alberto,  
Morales Gutiérrez, Neidy Lorena\*\*.

**PALABRAS CLAVES:** Redes de gas, estación de servicio de gas.

### DESCRIPCIÓN:

En Colombia se ha venido fomentando el uso del gas natural, debido a las ventajas que este presenta en comparación a otras fuentes de energía. No obstante, la construcción de un gasoducto no siempre es viable en regiones donde las poblaciones son relativamente pequeñas y las distancias son considerables.

Este proyecto hace un estudio acerca de la viabilidad técnica, económica y ambiental para la construcción de un gasoducto virtual el cual pueda suplir la demanda de gas que requiere el municipio de Socorro brindándoles a los habitantes de dicha región un gran número de beneficios los cuales serán mencionados en este trabajo.

Para la realización de este proyecto se realizaron una serie de encuestas a algunos habitantes de este municipio y así conocer su opinión acerca de la implementación de una estación de servicio de gas natural y el montaje de las redes de distribución de gas natural para uso domiciliario, todo esto con base en las normas actuales que requieren este tipo de proyectos.

Analiza las diferentes opciones para buscar el punto más apropiado de donde se podría llevar el gas natural de manera comprimida en caso de optar por la implementación de este proyecto, además de analizar las futuras demandas y ofertas de gas disponible para esta clase de proyectos con base en los actuales estudios por parte de la ANH.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director. Ing. Julio Cesar Pérez Angulo.

## ABSTRACT

**TITLE:** STUDY ON THE TECHNICAL, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF THE SUPPLY OF COMPRESSED NATURAL GAS FOR VEHICULAR AND DOMICILIARY USE IN THE SOCORRO TOWN, SANTANDER \*.

**AUTHORS:** Mora Murallas. Carlos Alberto  
Morales Gutiérrez, Neidy Lorena\*\*.

**KEY WORDS:** Gas networks, gas service station.

### DESCRIPTION:

In Colombia, the use of gas has been fostered due to the advantages that it provides in comparison with other sources of energy. However, the construction of gas ducts is not always feasible in those regions in comparison with small population and considerable distances.

This project conducts a study on the technical, economic and environmental feasibility of the virtual gas duct construction that could supply the gas necessities in the Socorro town. Thus, providing the inhabitants of this region with a number of benefits that will be mentioned in this study.

In order to carry out this project we applied a series of questionnaires to people who live in this town to know their point of view about Implementing natural gas station assembly and about the nature of domiciliary gas distribution, all of this is based on the rules that this kind of projects require.

This analyze the different options in order to look for an appropriate point where the natural gas can be compressed in the case that we decided to implement this project ,besides of analyzing the futures demands and offers the available gas for this kind of projects are based on studies currently done by the ANH

---

\* Degree work

\*\* Physicochemical Faculty. School of Petroleum Engineering. Manager. Mr. Julio cesar Angulo Pérez

## INTRODUCCIÓN

El mundo ha sufrido cambios muy relevantes en pocos años, una de las razones más importantes se debe al papel tan importante que juega la matriz energética en la sociedad contemporánea, sin embargo muchos de estos han generado una serie de daños difíciles de mitigar, es por esa razón que actualmente se buscan energías mucho más limpias, seguras y económicas, para todo esto el gas natural ha resultado ser una de las mejores soluciones; El gas natural no solo juega un papel importante en la cocción de alimentos, también es empleado para sistemas de calefacción de agua, calentadores de ambiente, secadora de ropa para uso vehicular entre otros.

Una de la razones por lo cual se propició este cambio según las estadísticas a nivel nacional acerca de los energéticos, se llega a la conclusión de que la energía eléctrica para uso doméstico es cinco veces más costoso que el gas natural y tres veces más que el gas licuado del petróleo

Años atrás el gas natural era irrelevante y muchas veces simplemente era desechado, no obstante hoy el panorama es muy diferente ya que este energético puede suplir a una gran cantidad de combustibles en la mayoría de industrias.

No obstante la realidad de llevar gas natural a diferentes regiones de nuestro país, está sujeta a un monto económico significativo, debido a que si la demanda no es suficientemente alta para diseñar un gasoducto real podría ser muy favorable la implementación de un gasoducto virtual no antes sin un estudio detallado que permita saber la viabilidad técnica, económica y ambiental como se pretende presentar a continuación.

## 1. GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

El gas natural es un combustible que se encuentra en la naturaleza en reservas subterráneas en rocas porosas, consiste en una mezcla de hidrocarburos, principalmente metano y otros más pesados, constituye la tercera fuente de energía después del petróleo y el carbón. A continuación se mencionaran los componentes más habituales que componen esta fuente energética.

**Tabla 1. Composición del gas natural.**

HIDROCARBURO	COMPOSICIÓN	RANGO (%)
Metano	$CH_4$	90 - 95
Etano	$C_2H_6$	2-6
Dióxido de carbono	$CO_2$	0 - 2
Propano	$C_3H_8$	0 - 2
Nitrógeno	$N_2$	0 - 1

### 1.1 FORMACIÓN DEL GAS NATURAL.

El gas natural se formó hace millones de años cuando una serie de organismos descompuestos como animales y plantas, quedaron sepultados bajo lodo y arena, en lo más profundo de antiguos lagos y océanos. En la medida que se acumulaba lodo, arena y sedimento, se fueron formando capas de roca a gran profundidad. La presión causada por el peso sobre capas más el calor de la tierra, transformaron lentamente el material orgánico en petróleo crudo y en gas natural. El gas natural se acumula en bolsas entre la porosidad de las rocas subterráneas, pero en ocasiones, el gas natural se queda atrapado debajo de la tierra por rocas solidas que evitan que el gas fluya, formándose lo que se conoce como yacimiento.

**1.1.1 Clasificación del gas natural.** El gas natural se puede clasificar según su origen, acidez, riqueza y su contenido de líquido, cada uno de estas a su vez contiene parámetros que identifican el tipo de gas.



- **Gas asociado.** Se encuentra en formaciones geológicas consolidadas o no, asociado al petróleo de formación, o bien en la parte superior del yacimiento.
- **Gas no asociado o libre.** Es aquel que se mantiene en estado gaseoso durante su vida productiva y no depende de una fase líquida.
- **Gas agrio.** Es aquel que contiene cantidades apreciables de sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ) y por lo tanto es muy corrosivo, es decir presenta concentraciones de sulfuro de hidrogeno mayores de 4ppm.
- **Gas dulce.** Este es un gas que contiene cantidades de Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ), menores a 4 ppm en base a volumen y menos de 3% en base molar de dióxido de carbono ( $CO_2$ ).
- **Gas rico.** Es un gas natural con alto contenido de compuestos pesados en forma gaseosa (C3+) y por lo tanto alto poder calorífico.
- **Gas pobre.** Es un gas natural con alto contenido de metano (C1), por encima del 85% y por lo tanto bajo poder calorífico, por lo tanto no se obtiene cantidades apreciables de hidrocarburo líquido.

- **Gas seco.** Contiene cantidades de agua menores a siete libras de agua por cada millón de pies cúbicos (7lb de  $H_2O$  /MMSCF).
- **Gas húmedo.** Es un gas natural que contiene compuestos pesados en forma de neblina (líquido) o cantidades apreciables de vapor de agua, es decir mayores a 7 libras de agua por cada millón de pies cúbicos (7lb de  $H_2O$  /MMSCF).

**1.1.2 Usos Del Gas Natural.** El gas natural presenta una gran variedad de usos como se mencionan a continuación, ya que su uso propicia ventajas ambientales, económicas, eficientes entre otros.

**Tabla 2. Usos del gas natural.**

SECTOR	APLICACIONES
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de vapor</li> <li>• Secado</li> <li>• Cocción de productos cerámicos</li> <li>• Fundición de metales</li> <li>• Tratamientos térmicos</li> <li>• Temple y recocido de metales</li> <li>• Generación eléctrica</li> <li>• Producción de petroquímicos</li> <li>• Sistema de calefacción</li> <li>• Hornos de fusión</li> </ul>
Comercio y servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calefacción de fusión</li> <li>• Aire acondicionado</li> <li>• Cocción/preparación de alimentos</li> <li>• Agua caliente</li> </ul>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cogeneración eléctrica</li> <li>• Centrales térmicas.</li> </ul>
Residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocina</li> <li>• Calefacción</li> <li>• Agua caliente</li> <li>• Aire acondicionado</li> </ul>
Transporte de pasajeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxis</li> <li>• Buses</li> </ul>

Fuente: Disponible en internet [en línea]: [www.innery.cl](http://www.innery.cl)

**1.1.3 Clasificación y características de los gases.** Además de los usos industriales, el gas natural también puede suplir a gran variedad de combustibles de manera parcial o total. En la siguiente tabla se identificara el sector y la energía a la cual puede suplir.

**Tabla 3. Combustibles que el gas natural puede sustituir.**

SECTOR	ENERGÍA Y/O COMBUSTIBLE QUE PUEDE SUSTITUIR
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón</li> <li>• Electricidad</li> <li>• DHM</li> <li>• Diésel</li> <li>• Fuel oil</li> <li>• Gas licuado</li> <li>• Gasolina</li> <li>• Kerosene</li> <li>• Leña</li> </ul>
Generación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón</li> <li>• Fuel oil</li> </ul>
Comercio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón</li> <li>• Electricidad</li> <li>• Fuel Oil</li> <li>• Gas de ciudad</li> <li>• Gas licuado</li> <li>• Kerosene</li> </ul>
Residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electricidad</li> <li>• Gas de ciudad</li> <li>• Gas licuado</li> <li>• Kerosene</li> <li>• Leña</li> </ul>
Transporte de pasajeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasolina</li> <li>• Petróleo Diésel</li> </ul>

Fuente: Disponible en internet [en línea] : [www.innery.cl](http://www.innery.cl)

Con base en la Norma UNE 60.002, los gases combustibles se clasificaran en las siguientes familias

- **Familia primera.** En esta se encuentran el gas manufacturado (gas ciudad), el aire propanado o butanado de bajo índice de Wobbe y el aire metanado.

- **Familia segunda.** Está conformada por el gas natural y el aire propanado o butanado de alto índice de Wobbe.
- **Familia tercera.** Los gases butano comercial y propano comercial.

**1.1.4 Condiciones de calidad del gas natural en Colombia.** Es importante conocer las condiciones de calidad del gas natural antes de su transporte y consumo para así poder lograr una adecuada operación por parte de los diferentes equipos. Salvo acuerdo entre las partes, el productor-comercializador y el Remitente están en la obligación de entregar gas natural a la presión de operación del gasoducto en el punto de entrada hasta 1200 Psia, de acuerdo con los requerimientos del transportador. EL agente que entrega el gas no será responsable por una disminución en la presión de entrega debida a un evento atribuible al transportador o a otro agente usuario del sistema de transporte correspondiente. Si el gas natural entregado por el agente no se ajusta a alguna de las especificaciones establecidas en este RUT, el transportador podrá rehusar aceptar el gas en el punto de entrada.

**Tabla 4. Condiciones de transporte de gas natural.**

ESPECIFICACIONES	INTERNACIONAL	SISTEMA INGLES
Máximo poder calorífico bruto (GHV), (nota1).	42.8 MJ/m <sup>3</sup>	1.150 BTU/ft <sup>3</sup>
Mínimo poder calorífico bruto (GHV), (nota1).	35.4 MJ/m <sup>3</sup>	950 BTU/ft <sup>3</sup>
Contenido líquido (nota2).	Libre de líquidos	Libre de líquidos
Contenido total de H <sub>2</sub> S máximo.	6 mg/m <sup>3</sup>	0.25 grano/100PCS
Contenido total de azufre máximo.	23 mg/m <sup>3</sup>	1.0 grano/100PCS
Contenido CO <sub>2</sub> , máximo en % en volumen.	2%	2%
Contenido de N <sub>2</sub> , máximo en % volumen.	3	3
Contenido de inertes máximo en % volumen, (nota 3).	5%	5%
Contenido de oxígeno máximo en % volumen.	0.1%	0.1%
Contenido de agua máximo.	97 mg/m <sup>3</sup>	6.0 Lb/MPCS
Temperatura de entrega máximo.	49 °C	120°F
Temperatura de entrega mínimo.	4.5 °C	40 °F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión (Nota 4).	1.6 mg/m <sup>3</sup>	0.7 grano/1000 pc

Datos tomados de Ecopetrol S.A.

**Nota 1:** Todos los datos referidos a metro cúbico o pie cúbico de gas se referencian a condiciones estándar.

**Nota 2:** El Gas Natural deberá entregarse con una calidad tal que no forme líquido, a las condiciones críticas de operación del Sistema de Transporte.

La característica para medir la calidad será el “Cricondentherm” el cual será fijado para cada caso en particular dependiendo del uso y de las zonas donde sea utilizado el gas.

**Nota 3:** Se considera como contenido de inertes la suma de los contenidos de CO<sub>2</sub>, nitrógeno y oxígeno.

**Nota 4:** El máximo tamaño de las partículas debe ser 15 micrones.

**1.1.5 Proceso de Odoración.** Proceso mediante el cual, por razones de seguridad, se odoriza el gas natural inyectándole pequeñas cantidades de compuestos orgánicos de azufre, típicamente a razón de 30 ppm. La presencia de algunos gases combustibles es detectable por su olor característico, otros en cambio son prácticamente inodoros, este es el caso del gas natural, por lo que para poder detectar cualquier posible fuga se le añade en la fase de tratamiento y antes de su emisión a través de la red de tuberías, un compuesto químico que aun en pequeñas cantidades le dota de un olor penetrante y característico, desapareciendo el mismo cuando se produce la combustión del gas. Para el gas natural se utiliza el THT (tetrahidrotiofeno), y para los GLP el etilmercaptano.

El odorante debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El odorante no debe ser venenoso para personas o animales ni perjudicial para la propia tubería.
- Los productos de la combustión del odorante no deben ser tóxicos ni perjudiciales para los materiales con los cuales van a entrar en contacto.
- Toda empresa de distribución debe realizar muestreos periódicos del gas combustibles para garantizar la apropiada concentración del odorante y llevar los respectivos registros.

- La solubilidad del odorante en el agua no debe ser mayor a 2,5 partes por cada 100 per peso.
- La dosificación debe ser controlada de tal manera que su concentración en el gas permanezca constante.

**1.1.6 Intercambiabilidad de los gases.** La intercambiabilidad de gases trata sobre las posibilidades de sustitución de un gas por otro en un mismo aparato o, más generalmente, en el conjunto de un parque de aparatos, conservando las condiciones correctas de funcionamiento.

Se dice que dos gases son intercambiables cuando, en los aparatos de un parque considerando, distribuidos bajo la misma presión, en la misma red, alimentando los mismos quemadores y sin cambios de regulación, producen equivalentes resultados de combustión, y permiten mantener a la vez:

- La misma potencia calorífica.
- La estabilidad de la llama: Esto es ausencia de desprendimiento de llama en todos los quemadores y además, ausencia de retroceso de llama en los quemadores de pre-mezcla.
- La calidad de combustión manteniendo la misma por debajo de los umbrales máximos de emisiones (relación CO/CO<sub>2</sub>), ausencia de formación de hollín, etc.

Los estudios de los problemas de intercambiabilidad han conducido a agrupar a los gases de características próximas en familias, siendo los gases de cada familia intercambiables entre sí. El método más utilizado para definir la intercambiabilidad es el método de Delbourg, que emplea dos parámetros: índice de Woobe y potencial de combustión.

El índice de Woobe se define como el cociente del poder calorífico de un gas y la raíz cuadrada de la densidad relativa del gas con respecto al aire. Según se utilice el PCS o el PCI se hablara de índice de Wobbe superior ( $W_s$ ) o índice de Wobbe inferior ( $W_i$ ). El más utilizado es el primero.

$$W_s = \frac{PCS}{\sqrt{2}}$$

1-1

Al intercambiar dos gases entre sí alimentándolos a la misma presión, la condición para que no varíe el gasto calorífico del quemador es que el valor del índice Wobbe sea el mismo en ambos gases. Se dice por tanto que dos gases son intercambiables cuando tienen el mismo índice de Wobbe.

**1.1.7 Puntos de condensación.** La inminente presencia de agua en los hidrocarburos conlleva a un sin número de problemas en las diferentes operaciones llevadas a cabo, pero quizás una de las mayores dificultades están ligadas a la formación de hidratos, ya que estos podrían disminuir la eficiencia de flujo o peor aún obstruir la tubería.

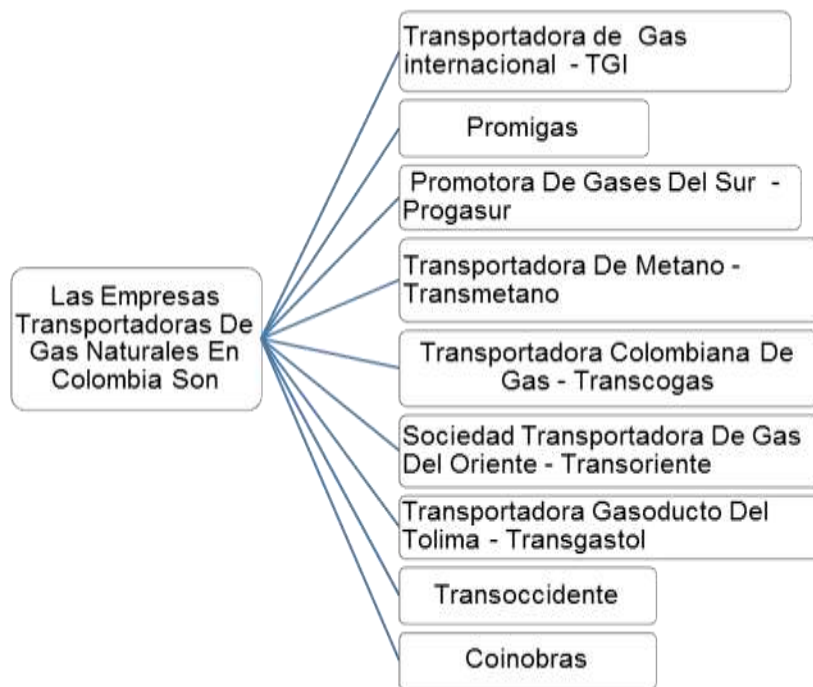
Se podría definir el punto de condensación como la temperatura a la cual el líquido se condensa del gas a una presión determinada, dicho punto se expresa en grados centígrados a la presión de flujo, dicho esto consideramos el punto de condensación del agua como la temperatura a la cual esta se condensa el gas, y para el caso de los hidrocarburos es el punto al cual estos se condensan.

## **1.2 RED DE GASODUCTOS EN COLOMBIA.**

En Colombia hay varios campos de producción de gas natural, las cuencas de la Guajira y de los Llanos Orientales son las de mayor producción, en el primer

trimestre de 2013 contribuyeron con alrededor del 50% y del 33% de la producción nacional respectivamente. El gas natural se transporta desde las zonas de producción hasta las zonas de consumo por medio del Sistema Nacional de Transporte (SNT). Según el decreto 1493 de 2003 del ministerio de minas y energía, el SNT es el conjunto de gasoductos localizados en el territorio nacional, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, que vinculan los centros de producción de gas del país con las puertas de ciudad, sistemas de distribución, usuarios no regulados, interconexiones internacionales o sistemas de almacenamiento.

**Figura 1. Empresas transportadoras de gas en Colombia.**



Datos tomados de Ecopetrol S.A.

El sistema de transporte del interior del país se desarrolló como eje fundamental del plan de masificación de gas, en la siguiente tabla se presenta las características de la infraestructura del transporte y participación en el volumen transportado.

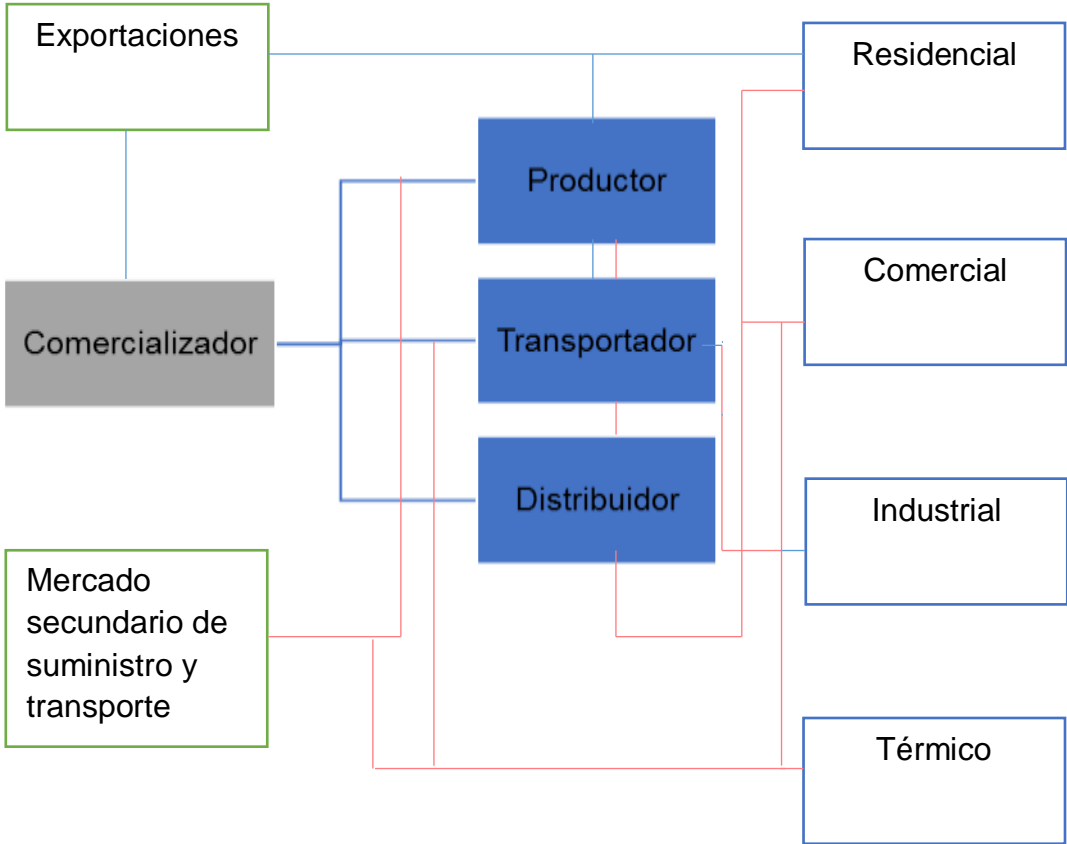
**Tabla 5. Volúmenes de gas transportado.**

GASODUCTO	LONGITUD (Km)	CAPACIDAD MPCD	VOLUMEN TRANSPORTADO 2005 MPCD
Promigas	575	480	319.6
Ecogas	2451	300	270.8
Transcogas	60	100	62.57
Transcoccidente	340	75	26.7
Transmetano	145	75	25.5
Transoriente	158	47	12
Gasoducto del Tolima	46	5	1.8
Prograsur	62	5	1.3

Fuente: La cadena del Gas Natural en Colombia, modificado por el autor.

El gas natural después de ser extraído, se debe separar inicialmente ya que este no se encuentra solo en los yacimientos, por el contrario se encuentra acompañado de petróleo y agua, posteriormente se filtra (proceso que retira los sólidos en suspensión que posea este), se endulza, endulza, deshidrata y se comprime. Una vez realizado lo anterior, el gas debe ser transportado a los distribuidores a través de los gasoductos procedimiento realizado por la empresa transportadora. Se hace necesario otros procedimientos para el uso del gas natural, estos son: un re-filtrado (se le retira todos los sólidos en suspensión que posea), luego se mide, posteriormente se odoriza, se regula, y por último se comprime para su transporte. Las actividades de transporte y distribución poseen características de monopolios naturales, dados los costos hundidos en los que se incurre para la construcción de un gasoducto y/o la construcción de redes. En la actualidad la cadena de valor que tiene el gas en Colombia incluye una serie de agentes económicos que desarrollan distintos roles hasta llegar al consumidor final. A continuación se ilustra lo anterior.

**Figura 2. Cadena del gas natural en Colombia.**



Fuente: Datos tomado del documento CREG- 2011.

## 2. NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE PARA EL USO DEL GNC.

Uno de los objetivos de este proyecto es ilustrar la reglamentación necesaria para la implementación del mismo, es importante resaltar que el gas natural para redes domiciliarias no implica una licencia ambiental debido a que hace parte de un servicio básico doméstico, lo que si requiere es de un plan de manejo ambiental. A continuación se identificaran a los entes de control que fundamentan las leyes para la implementación y uso del gas natural domiciliario.

### 2.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS.

Tienen por objetivo principal crear herramientas que faciliten la gestión documental en las empresas, las diferentes resoluciones dictadas por el gobierno nacional, más utilizadas y que deben tenerse en cuenta para el diseño de una red de distribución de gas domiciliario son las siguientes:

**Tabla 6. Normas técnicas Colombianas para uso de gas combustible en redes domiciliarias.**

<b>NORMAS Y/O RESOLUCIONES</b>	<b>TITULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
NTC 2505	Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales (Tercera actualización )	En esta se establece los requisitos que se deben cumplir en el diseño y construcción de instalaciones para suministro de gas destinadas a usos residenciales y comerciales.
NTC 3728	Líneas de transporte y redes de distribución de gas.	Esta busca establecer los parámetros que deben cumplir las líneas de transporte y distribución de gas, teniendo en cuenta el diseño, materiales, construcción, verificación y pruebas.

NORMAS Y/O RESOLUCIONES	TITULO	DESCRIPCIÓN
NTC 1746	Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión (cuarta actualización).	En esta norma se cubre los requisitos y métodos de ensayo para el material, dimensiones y tolerancias, resistencia a la rotura por presión hidrostática, resistencia química, y resistencia al impacto de tubos y accesorios plásticos destinados a la aplicación en redes de transporte y distribución de gas para uso bajo tierra o en revestimiento de redes ya existentes.
NTC 3838	Gasoductos. Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.	En esta se establece las presiones de operación permisibles en los sistemas que se utilicen para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles, en aplicaciones de uso residencial, comercial e industrial bajo condiciones normales de servicio.
NTC 3949	Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.	Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir las estaciones de regulación de presión abastecidas de líneas de transporte y líneas primarias de redes de distribución de gas combustible en estado gaseoso, en cuanto al diseño, construcción, ensayo, operación y mantenimiento.
Modificación Resolución CREG 067 de 1995	Código de distribución de gas combustible por redes.	Regulación en el manejo de la medición de gas combustible por redes de tuberías y metodología para el cálculo de pérdidas que se presentan en el sistema de distribución de gas combustible por redes.
Resolución 057 de 1996	Marco regulatorio para el servicio público de gas combustible por red y para sus actividades complementarias.	Presenta las disposiciones sobre el servicio público de gas combustible por redes de tubería y sus actividades complementarias, incluyendo producción, transporte, comercialización y distribución.

Fuente: Recopilación de los catálogos NTC- sectores noviembre 2013.

En el caso de emplear el gas natural como combustible, las normas a las cuales se deben recurrir para implementar este servicio están descritas en la siguiente tala.

**Tabla 7. Normas técnicas colombianas para gas combustible para uso vehicular.**

<b>NORMAS Y/O RESOLUCIONES</b>	<b>TITULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Resolución 180928 de 2006	Expide el reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio que suministran GNCV.	Previene riesgos que puedan afectar la seguridad, la vida, la salud y el medio ambiente en estaciones de servicio que suministran GNCV
NTC 4820	Estaciones de servicio para vehículos que utilizan GNC como combustible.	Establece los requisitos mínimos de construcción, instalación, seguridad, operación y mantenimiento que deben cumplir las estaciones de servicio de compresión, almacenamiento y despacho de GNCV, tanto en sistemas de llenado rápido como en sistemas de llenado lento.
NTC 4823	Sistemas de llenado de gas natural comprimido vehicular.	Establece las características mecánicas y eléctricas de los sistemas nuevos para llenado de GNCV.
NTC 1461	Higiene y Seguridad. Colores y señales de seguridad.	Establece los colores y señales de seguridad utilizados para la prevención de accidentes y riesgos contra la salud y situaciones de emergencia.
NTC 4820	Estaciones de servicio para los vehículos que utilizan GNC como combustible.	Se enfoca en los requisitos mínimos de construcción, instalación, seguridad, operación y mantenimiento así como los sistemas de llenado rápido y lento.

<b>NORMAS Y/O RESOLUCIONES</b>	<b>TITULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
NTC 3847	Cilindros de alta presión para almacenamientos de GN utilizado como combustible para vehículos automotores.	Se enfoca en los requisitos para el manejo de cilindros para gases livianos, recargables previstos para el almacenamiento de combustible de GNC a alta presión en vehículos automotores, además contemplan cilindros de acero, aluminio o material no metálico.
NTC 4827	Requisitos de instalación, operación y mantenimiento de compresores para estaciones de servicio de GNC.	Esta norma se aplica a los compresores para GN que han sido diseñados para estar disponibles como equipo de trabajo continuo a plena carga.
Decreto 1609 de 2002	Reglamenta el manejo de transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.	

Fuente: Recopilación de los catálogos NTC- sectores noviembre 2013.

## 2.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.

El Plan de Manejo Ambiental está orientado a mitigar, minimizar, prevenir y compensar los impactos negativos generados durante y después de la construcción de la obra.

**2.2.1 Matriz de identificación de Impactos.** En el Cuadro se presenta las actividades durante la operación y construcción de las redes de distribución de Gas Natural, con sus respectivos efectos e impactos ambientales.

## **2.3 PLAN DE CONTINGENCIA.**

Herramienta y requisito indispensable para la implementación de cualquier proyecto que afecte a la comunidad y al medio ambiente en su paisaje.

**2.3.1 Plan de contingencias para el municipio de Socorro.** Describe las acciones que deben ser tomadas por una organización para proteger de las amenazas originadas por la implementación de las redes y/o la estación de servicio en el municipio de Socorro.

**2.3.2 Plan estratégico.** Este concentra su desarrollo en la parte preventiva y de preparación para una emergencia. En el caso del municipio de Socorro se deberá tener unas charlas educativas, las cuales se realizaran por sectores, mediante la agrupación de barrios de la manera más conveniente según su ubicación.

**Tabla 8. Orden de las campañas de información.**

<b>No DE GRUPO</b>	<b>No DEL BARRIO</b>	<b>NOMBRE DEL BARRIO</b>
1	16	San Rafael
	15	Las Colinas
	22	La Floresta
	10	El Bosque
2	1	16 De Marzo
	9	Bicentenario 5ta Etapa
	11	Urb. Los Pinos
	12	Urb. Villa Paula
3	14	Universitario
	13	Bicentenario
	21	Nueva Feria
4	2	La Presentación
	17	Chiquinquirá
	18	Acacias
	19	Comuneros
5	36	Fátima
	3	Sta. Inés – Agua Blanca
	25	Urb. Villa Luz
	26	Urb. La Rosita
6	4	Convento Casabaranda
	24	Urb. Casa Loma
	5	José A. Morales
	6	Santa Bárbara
7	7	La Jaboncilla
	8	Monasterio
	39	San Victorino
	20	Naranjito
8	37	Antonia Santos
	28	Manuela Beltrán
	38	Urb. Álamos
	27	Diamante
9	35	Urb. Cristales
	30	Urb. Esmeralda
	34	José A. Galán
	33	Urb. Bella Vista
10	29	Primero De Mayo
	31	Urb. Pueblito Viejo
	32	Urb. Villa Madrigal

En estas charlas se abarcara el concepto de amenaza, además se identificarán los tipos de amenazas internas y externas que se pueda presentar en el sistema de distribución durante la utilización del servicio de gas natural en los dos escenarios. Las amenazas internas están representadas por las condiciones físicas, químicas o naturales del sistema que puedan afectar al medio que lo rodea; En la elaboración del diseño de preveo que las redes y la estación de servicio no afectaran el suelo de protección ambiental. Las amenazas externas son aquellas del medio que puedan afectar al sistema de distribución, por tal razón se analizó que las redes y la estación no pasaran cerca a la falla que pasa por el municipio en su parte izquierda (por la vía socorro- Bucaramanga).

Si hubiera un escape de gas se presentaría los siguientes eventos no deseados siendo este el evento iniciante seguido por la dispersión del mismo en forma de nube, después la explosión y dependiendo de los agentes que lo pueden rodear se presentaría un chorro de fuego y/o llamarada.

Las principales causas de escapes de gas son por:

- Daños debido a terceros: El socorro cuenta con el batallón de artillería, lo cual evitaría atentados por parte de grupos terroristas.
- Errores de operación: se deberá contratar personal del municipio capacitado para evitar errores de operación, es de vital importancia que el personal empleado tenga el conocimiento y los cursos requeridos para poder estar frente a la operación.
- Defectos de construcción: el personal contratado para la construcción de la infraestructura deberá ser calificado.
- Corrosión: se aplicara los procesos anticorrosivos necesarios para evitar el deterioro de los equipos.

**2.3.3 Plan Operativo.** Concentra su desarrollo en el conjunto de acciones y decisiones reactivas, que acomete la empresa distribidora para afrontar adecuada y eficazmente una emergencia. La línea de activación se pondrán en marcha cuando se presenta una fuga de gas en el casco urbano tomando precedencia en la identificación del sitio y posteriormente al cierre de la válvula que corresponda al sector, es importante recordar que según el diseño abra una de estas cada 100 casas, de manera alternada con el cuerpo voluntario de bomberos del municipio se evacuara a la población afectada y se acordonara la zona por parte de la policía; De ser necesario se atenderá a los afectados en el hospital regional Manuela Beltrán ya que cuenta con la capacidad de atención para este tipo de eventos.

## **2.4 PLAN DE CONTINGENCIA DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO.**

Se pretende brindar una guía con los requerimientos más relevantes ante una posible amenaza, la cual podría implicar algún tipo de daño de diversa índole ya sea físico, moral, psicológico, material entre otros. Para este caso solo se hará un especial hincapié en el manejo de hidrocarburos gaseosos, puesto se trata de una EDS de GNCV.

**2.4.1 Plan estratégico.** Se basa en soportes de prevención y de solución ante una inminente situación, teniendo en cuenta los posibles riesgos y amenazas.

**2.4.2 Amenazas.** Este evento podría desencadenar en alguna emergencia la cual podría estar vinculada a factores tales como: Fallas operativas, en el sistema, falencias en los motores entre otras, en el caso de una EDS de gas natural comprimido vehicular podrían enfatizarse como:

- Perdidas de gas en el interior de los compresores, así como en los cilindros de almacenamiento y puente de medición y regulación ocasionados por rupturas.

- Fallas en los elementos de control, lo cual implicaría la posterior activación de las válvulas de seguridad, esto provocaría una emanación de gases hacia la atmosfera.
- Ruptura u algún tipo de dificultades en las instalaciones de los vehículos que visitan la estación de servicio.

**2.4.3 Riesgos.** Es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre, entre los mayores riesgos para uso de GNCV tenemos:

- Perdidas del gas debido al venteo.
- Perdidas económicas debido a posibles daños materiales.
- Paralización de la estación de servicio.
- Falta de un apropiado plan de manejo en situaciones riesgosas, implicaría multas, sanciones entre otras.

**2.4.4 Plan de manejo o de respuesta.** Se cuenta con un sistema de alarmas, el cual será activado en la estación de servicio tan pronto como se detecten concentraciones altas de gases hidrocarburos en la atmosfera o algún tipo de incendio, posteriormente se procederá a evacuar las personas y/o automotores, pues en situaciones como esta solo podrán permanecer aquellos que estén capacitados por parte de la estación de servicio, quienes tomarán las medidas pertinentes de acuerdo a la complejidad del problema, como por ejemplo llamar al personal de bomberos, policía, medico entre otros.

En caso de haber algún afectado se procederá a ser llevado al hospital regional Manuela Beltrán el cual cuenta con la capacidad de atención para dichas emergencias. A continuación se presenta una tabla donde se puede evaluar la magnitud de la emergencia y su acción de respuesta.

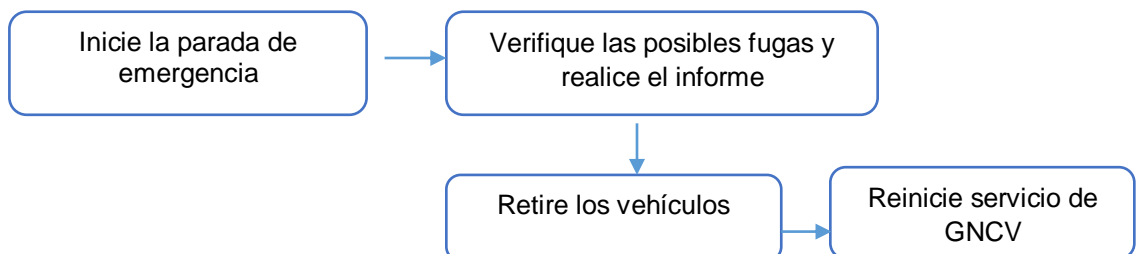
**2.4.5 Brigada de ejecución.** Llevada a cabo por los trabajadores de la EDS que realizan tareas operativas y de atención en surtidores como es el caso de los isleros y la plantilla de oficina los cuales podrán realizar las siguientes funciones.

**Tabla 9. Brigada de ejecución.**

ISLEROS	PLANTILLA DE OFICINA.
Refrigeración de las instalaciones.	Solicitar ayuda al cuerpo de bomberos, defensa civil y centros asistenciales.
Sofocar el fuego.	Informar al dueño del proyecto.
Uso de los extintores.	Colaborar con la evacuación.
Suspender la electricidad de la EDS.	Apoyo a los heridos.

**2.4.6 Escape de gas.** Para el control de escape de gas se debe realizar el siguiente procedimiento el cual tiene la siguiente secuencia.

**Figura 3. Control de escape de gas.**



**2.4.7 Equipo utilizado.** A continuación se presentan los elementos más utilizados a la hora de resolver algún tipo de emergencia.

**Tabla 10. Equipo utilizado ante una emergencia.**

EQUIPO.	FUNCIÓN.
Uniforme aluminizado.	Protección al calor radiante.
Extintores rodantes de 50 kg con agente extintor múltiple ABC	Controlar cualquier tipo de fuego.
Interruptores de energía eléctrica	Interrumpir la electricidad.
Extintores portátiles de 10 kg de polvo químico seco	Controla las llamas.
Conjunto de señales.	Acordonar las zonas.
Palas y picos de material anti-chispa	Evitar la ignición.
Exposímetros	Medir la concentración de gas.
Luces de emergencia.	Visualización.
Mantas ignífugas	Sofocar la llama.
Espuma contra incendio.	Apagar líquidos inflamables.
Detector de humo (3).	Detecta y emite señal de humo.
Alarma (1), sirena (1) y silbatos (3).	Alertar de manera acústica
Linternas antiexplosivas (7).	Visualización.
Mascaras (8).	Evitar inhalación de tóxicos.
Conos de seguridad.	Indicar rutas.
Camillas (2).	Traslado de heridos.
Botiquín de primeros auxilios (2).	Primeros auxilios.

Fuente: Datos tomado de la Guía ambiental para la distribución de gas natural comprimido para uso vehicular-GNCV.

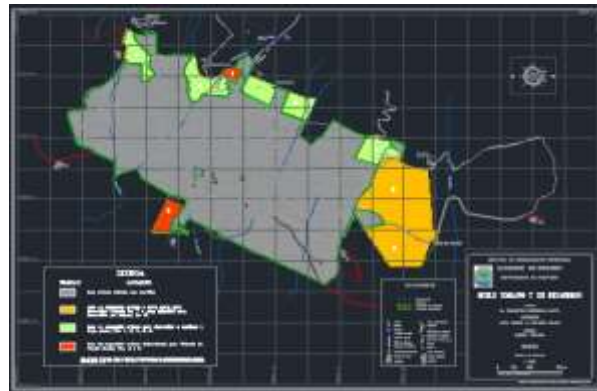
### **3. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO SOCORRO, SANTANDER.**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN GEOGRÁFICA.**

El municipio de Socorro está ubicado a los 6°28'40" de latitud Norte y 72°16'17" de longitud occidental del meridiano de Greenwich. La localidad se extiende sobre un plano inclinado a una altura de 1230 metros, sobre el nivel del mar, su mayor altura alcanza 1700 metros y la mínima 800 metros. El Socorro tiene una superficie de 122.1 <sup>Km<sup>2</sup></sup> tiene una precipitación anual promedio de 1200mm. Este municipio es la capital de la provincia Comunera que está conformada por los municipios de Confines, Contratación, Chima, Galán, Gambita, El Guacamayo, Guadalupe, Guapota, Hato, Oiba, Palmar, Palmas, Santa Helena Del Opón, Simacota Y Suatía.

El Socorro limita por el norte con los municipios de Cabrera y Pinchote, al sur con Confines y Palmas del Socorro, al occidente con Simacota y Palmar, al oriente con el Páramo; no existe ningún conflicto de límites territoriales con los municipios con quienes colinda, ya que cada uno tiene definida su soberanía municipal y su radio de acción dentro del cual interactúan. El municipio cuenta con una extensión de 12.210 hectáreas, siendo 219,5 Ha del sector urbano en 40 barrios y 22 veredas en el sector rural, división consolidada por el desarrollo histórico y socioeconómico del municipio.

**Figura 4. Mapa del Socorro, Santander.**



Fuente: Datos tomados del Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De Socorro.

**Figura 5. Vías de acceso al Municipio de Socorro, Santander.**



Fuente: Google Maps. Disponible en internet: <http://co.lasdistancias.com/distancia-de-el-socorro-a-santana>

La gran mayoría del área donde se asiente el Socorro corresponde a la climatología que se presenta en bosque premontano de 1200 a 2000msnm y bosque seco tropical en 900 a 1200msnm. Uno de los principales factores que determina el clima del Municipio es su altitud, por estar ubicado en una vertiente cordillerana. Sus tierras se distribuyen en los pisos térmicos cálidos y templados. La máxima temperatura es de 28°C y la mínima de 17°C, con un promedio de 24°C, la pluviosidad se acentúa entre los meses de abril y octubre, mientras que la temporada comprendida entre los meses de enero y marzo es la más seca.

## **3.2 ASPECTOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.**

Los Servicios Sociales Básicos comprende el análisis integral de la población, la infraestructura física, los servicios públicos sociales. Los servicios públicos domiciliarios son aquellos que reciben las personas en sus domicilios y que son indispensables para satisfacer las necesidades básicas de bienestar y salubridad de la población. Estos servicios pueden ser prestados por el estado directa o indirectamente, por la comunidad organizada o por los particulares; la prestación está controlada, regulada y vigilada por el estado (Art. 365 de la Constitución Política Nacional).

EL régimen de servicios públicos se reglamenta a través de la Ley 142 de Junio 02 de 1994, esta se aplica a los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, telefonía pública básica conmutada, la telefonía local móvil en el sector rural y la distribución de gas combustible.

**3.2.1 Acueducto.** En la actualidad el municipio de Socorro cuenta con tres acueductos totalmente independientes. Acueducto Nororiental o de Aguilitas, Acueducto Sur- Oriental o la Honda, Conducción socorro San Gil. La empresa prestadora del servicio es EMSERCO S.A, en la actualidad el servicio de agua potable no se presta las 24 horas del día, no se presenta inconvenientes por presión debido a la topografía ya que se puede trabajar por gravedad sin ningún problema, con respecto a la calidad, se cumple con el decreto 475 de 1998 en su totalidad teniendo en cuenta cantidad y frecuencia en la toma de muestras.

**3.2.2 Energía Electica.** La empresa electrificadora de Santander cuenta con una cobertura del 100% en el sector urbano, estructura y capacidad instalada para atender a las futuras extensiones del perímetro urbano, sin que se haya implementado aun la modernización de redes y transformadores lo cual ha

redundado en la calidad media de la prestación del servicio. En la parte rural no se cuenta con censo total de población pero existe una infraestructura bien definida en todas las veredas para la prestación del servicio.

**3.2.3 Combustible para Cocina.** No se cuenta con el servicio de gas natural, el abastecimiento al público de gas propano se hace a través de cilindros por medio de camionetas de distribución particular, que hacen el reparto diario de gas a las viviendas. El 85% de los predios urbanos cocinas con gas propano y un 15% con electricidad. En el sector rural el 85% cocinan con leña y el 15% con gas propano, lo que incrementa la deforestación.

**3.2.4 Estaciones De Servicio.** Se cuenta con 4 estaciones, localizadas en el casco urbano sobre la vía nacional. Están reglamentados por acuerdo municipal según la prestación del servicio, siendo de tipo A las que desarrollan todas las actividades, y de tipo B las que desarrollan una o más actividades. Sujetos a las normas establecidas, las estaciones no cumplen en su totalidad con la reglamentación impartida. Es de anotar que el acuerdo municipal otorga permisos especiales de funcionamiento a estos entes, para lo cual esta debe ser objeto de revisión por cumplimiento de normas establecidas por la oficina de planeación y la autoridad ambiental.

**3.4.1 Vivienda.** En el municipio de Socorro existe un gran déficit de vivienda, ya que cerca del 40% de la población requiere de intervención de tipo estructural, cubierta y mejoramiento del sistema sanitario y de servicios, debido a que gran parte a la vetustez de las construcciones y su antigüedad; el déficit cuantitativo corresponde al 42,54% de necesidad de incremento en soluciones de vivienda con relación a las existentes. El desarrollo de programas de construcción y/o adjudicación de vivienda de interés social se enmarca dentro de las políticas de ordenamiento territorial incluidas en la Ley 388 de 1997 y su posterior desarrollo legal.

## 4. ESTUDIO DE MERCADO.

### 4.1 PROYECCIONES DEMOGRÁFICAS.

Para el análisis financiero se hace necesario retomar la investigación hecha por el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), acerca de las proyecciones sobre el crecimiento de la población y vivienda en el municipio y posteriormente extenderla 20 años a partir del 2013, fecha en la cual se empezó a realizar el presente proyecto.

**4.1.1 Proyección de Población y Viviendas a 20 Años.** La dinámica permanente de las actividades en el campo económico del país, requieren cada vez de una información más desagregada de las proyecciones de población disponible, el censo realizado por el DANE en el año 2005 fue una base para el desarrollo de los cálculos requeridos porque reflejaba el crecimiento del municipio hasta el 2010 posteriormente se realizó a la proyección hasta el año 2032, requerimiento para calcular la tarifa indicativa del servicio de gas combustible por redes, según lo establecido por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG en la resolución 011 de 2003. La proyección poblacional que usamos se realizó aplicando una tasa variable debida a que en el EOT se registra hasta el 2020 con poco crecimiento entre los años 2006 – 2020, en los años 2021-2032 el crecimiento es casi constante y esto es debido a que las personas migran hacia el casco urbano del municipio. Al igual se calculó el número de viviendas por año a partir del 2013; se aplicó el índice de 3.71 habitantes por vivienda, resultado de la razón entre el número de habitantes y el número de viviendas reportadas por el DANE para el municipio de Socorro.

Para establecer el número de beneficiarios al año 2013 del casco urbano, se realizó una integración de información entre el listado de usuarios de las Secretaría de Servicios Públicos Domiciliarios del Socorro, los resultados de

número de habitantes y viviendas arrojados por el censo del DANE 2005 y el conteo registrado en las encuestas.

**Tabla 11. Proyecciones de Población y de Viviendas.**

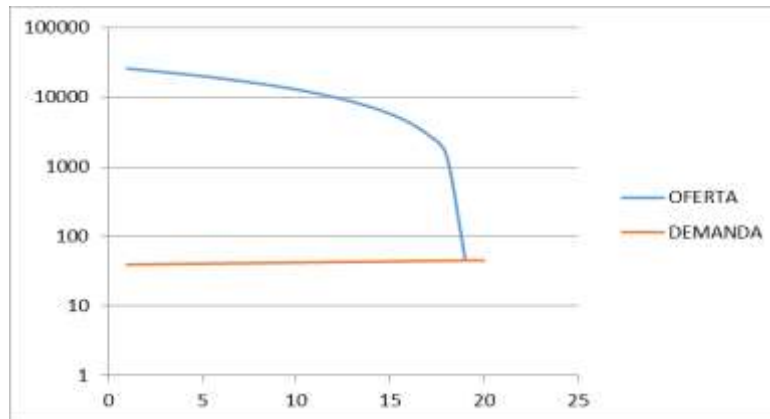
AÑO	NO. HABITANTES	DENSIDAD: NO. HABITANTES/ NO. VIVIENDAS	NO. VIVIENDAS
1	24767	3.75	6602
2	24950	3.75	6651
3	25125	3.75	6697
4	25295	3.75	6743
5	25451	3.75	6784
6	25610	3.75	6827
7	25757	3.75	6866
8	25889	3.75	6901
9	26093	3.75	6960
10	26298	3.75	7019
11	26505	3.75	7870
12	26713	3.75	7138
13	26923	3.75	7199
14	27135	3.75	7260
15	27348	3.75	7322
16	27563	3.75	7384
17	27563	3.75	7447
18	27563	3.75	7510
19	27563	3.75	7574
20	27563	3.75	7587

Fuente: Censo DANE 2005, Secretaria De Planeación Del Socorro Santander.

A medida que la población va creciendo de manera proporcional el consumo tendrá la misma tendencia, por eso es de vital importancia analizar la demanda del mismo y la oferta ofrecida por el transportador para identificar el tiempo en el que pueda haber un posible desabastecimiento de gas natural, bajo las condiciones establecidas actualmente por la Agencia Nacional de Hidrocarburos y la unidad de planeación minero energética el país cuenta con 5,4 TPC de reservas de gas natural de las cuales 1,85 las proporciona el campo Cusiana, el cual es la opción para abastecer por medio de TGI la demanda del casco urbano del municipio, es importante mencionar que la demanda residencial a nivel nacional frente a otros

sectores es del 1,47%. Según la estadística proporcionada por la UPME a partir del año 2011 el campo Cusiana produce 270 MMSCFD.

### Oferta Y Demanda De Gas Natural



Para poder obtener la curva de oferta se analizaron y cotejaron los datos estadísticos de la ANH y la UPME en donde se tuvo en cuenta el % que le corresponde al sector residencial y la declinación en sus reservas anuales; La curva de demanda pertenece al casco urbano del municipio en el cual se tuvo en cuenta el consumo promedio y el incremento de las viviendas durante el tipo de vida del proyecto. Para el año 19 se presenta el cruce entre las curvas lo cual representa un desabastecimiento, actualmente el gobierno tiene como plan de contingencia implementar varias opciones, la primera es la de incorporar plantas de regasificación sobre todo en la costa ya que su demanda que es de alrededor del 33% a nivel nacional amerita este proceso, la segunda es importar el gas de Venezuela y como último escenario son los yacimientos no convencionales.

## 4.2 ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO DE LA POBLACIÓN.

Es un proceso que tiene como objeto recabar y cotejar información socioeconómica, familiar y laboral para determinar el interés de la población en el servicio de gas a suministrar y la capacidad de pago del servicio. La adquisición del servicio depende de la evaluación y cuantificación de las fuentes energéticas utilizadas por los mismos.

El área de influencia de este estudio, comprende el casco urbano del Municipio de Socorro, ubicado en el Departamento de Santander. El método de recolección de la información fue la encuesta ya que este permite establecer la relación entre las características de la población y el fácil acceso a los datos conforme a las necesidades para el desarrollo del proyecto.

**4.2.1 Diseño de la Encuesta.** El tamaño de la muestra se calculó con un error estándar relativo esperado del 10%, un nivel de confiabilidad del 90%, y se realizó una focalización municipal por vivienda, generando así, una cobertura casi total de las viviendas del casco urbano.

Para obtener datos confiables se hizo necesario recurrir a el concepto de precisión deseada el cual se expresa en términos del error estándar o error de muestreo, este es el indicador que refleja la magnitud de la variación estándar al azar propio de las muestras probabilísticas; a nivel de investigación se consideran como aceptables los errores por debajo del 10%.

$$n = \frac{\sigma^2 Npq}{e^2(N-1) + \sigma^2 pq} \quad 4-1$$

$\sigma$  = Nivel de confianza = 95% = 1.96

N = total de viviendas = 7587

p = Probabilidad a favor = 92% = 0.92

q = Probabilidad en contra = 8% = 0.8.

e = Error de estimación (precisión en los resultados) = 0.001

p + q = 1

Al sustituir las variables en la ecuación, se tiene que el tamaño de la muestra es de 8703. El número de encuestas elaboradas fue de 38 para el casco urbano del Municipio Socorro. Los objetivos planteados en la encuesta se direccionaron de la siguiente manera:

- Demanda potencial de gas combustible.
- Consumo por vivienda de los sustitutos.
- Precios de los energéticos sustitutos.
- Interés de compra del servicio.

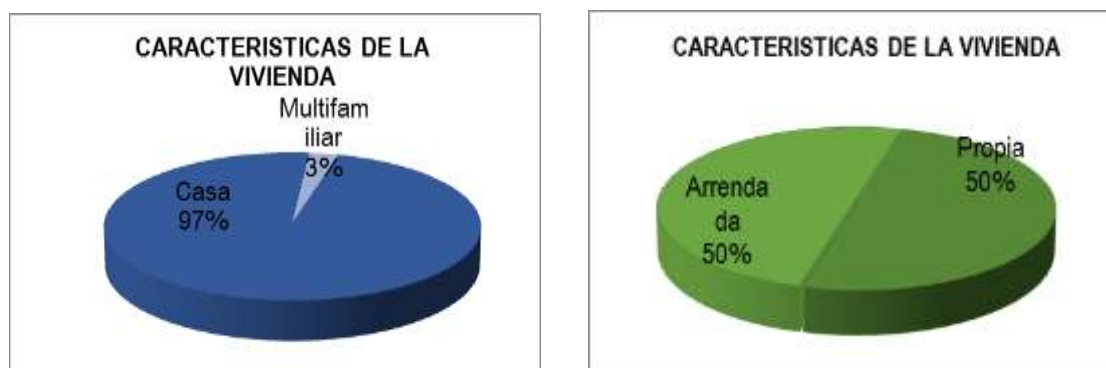
#### **4.2.2 Resultado Sector Residencial.**

**Características de la Vivienda.** Se clasificaron las viviendas de acuerdo con los parámetros de tenencia o propiedad y el tipo de unidad estructural. En el cuadro 3.2 se muestran los resultados obtenidos y estos resultados se esquematizan para mayor entendimiento en la gráfica 1 y 2 para las 35 viviendas encuestadas.

**Tabla 12. Característica de la Vivienda.**

TENENCIA DE VIVIENDA			TIPO DE VIVIENDA		
Descripción	Cantidad	Porcentaje	Descripción	Cantidad	Porcentaje
Propia	19	50%	Casa	37	97%
Arrendada	19	50%	Apartamento	0	0%
Invasión	0	0%	Multifamiliar	1	3%
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100%</b>	<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100%</b>

**Gráfica 1. Característica de la vivienda según la tenencia y el tipo.**



En la gráfica 1 representa el tipo de inmueble que predomina, este es la casa con un porcentaje del 97% y el 3% restante están en calidad de multifamiliar. La encuesta también arrojó que el 50% de la población socorrana es dueña del inmueble y el otro 50% vive en arriendo.

**Análisis de Consumo Energético Actual.** De acuerdo con los datos arrojados por la encuesta se analizó y cuantifico las fuentes energéticas utilizadas para la cocción de alimentos. Se identificó que los energéticos empleados para la cocción de alimentos fueron el gas licuado del petróleo (GLP) el cual es adquirido en pimpinas, a continuación se presentaran los resultados tabulados de los cuales se puede concluir:

- El único energético utilizado en el casco urbano es el gas propano en cilindros que van desde las 33 hasta las 100 [Lbs].
- En general, la población manifiesta su preocupación por el elevado costo del servicio de gas propano en cilindros, ya que dicho valor asciende a un valor de **\$40.000** mensual en promedio de 33 [Lbs] al mes.

**Gráfica 2. Consumo de energéticos en la zona.**



Este energético predomina en el municipio porque es el único que se comercializa en toda la región comunera y Guanentina.

**Tabla 13. Costo Promedio de los Energéticos.**

ID	GAS			
	Un. LBS	Vr. Unid.	Duración (días)	Vr. Un/mes
1	33	40.000	90	13.333
2	40	50.000	60	25.000
3	33	40.000	60	20.000
4	33	40.000	60	20.000
5	33	40.000	30	40.000
6	40	50.000	45	33.333
7	33	40.000	30	40.000
8	33	40.000	90	13.333
9	33	40.000	90	13.333

ID	Un LBS	Vr Unid.	Duración (días)	Vr. Un/mes
10	33	40.000	30	40.000
11	100	110.000	90	36.667
12	33	40.000	60	20.000
13	33	40.000	30	40.000
14	33	40.000	20	60.000
15	40	115.000	90	38.333
16	33	40.000	30	40.000
17	33	40.000	30	40.000
18	40	55.000	60	27.500
19	33	40.000	45	26.667
20	33	40.000	20	60.000
21	33	40.000	120	10.000
22	33	40.000	20	60.000
23	100	115.000	60	57.500
24	40	40.000	15	80.000
25	33	40.000	30	40.000
26	33	40.000	30	40.000
27	33	40.000	20	60.000
28	33	40.000	24	50.000
29	40	40.000	60	20.000
30	33	40.000	30	40.000
31	33	40.000	20	60.000
32	33	40.000	30	40.000
33	40	55.000	45	36.667
34	33	40.000	90	13.333
35	33	40.000	30	40.000
36	40	55.000	90	18.333
37	33	40.000	30	40.000
38	33	40.000	30	40.000
TOTALES	38		1.834	1.393.333
PROMEDIO/MES			48,3	36.667

Se debe resaltar que el costo en promedio por mes de Gas Licuado del Petróleo es de \$36.667 representado un costo elevado siendo uno de los servicios públicos más económicos a nivel Nacional, por tal razón la respuesta generada por la comunidad ante el costo del servicio energético actualmente fue:

**Gráfica 3. Consideración del Valor del Servicio.**

VALOR DEL SERVICIO		
Preferencia	Cantidad	% Distribución
Económico	7	18%
Normal	7	18%
Caro	19	50%
Muy caro	5	13%
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100%</b>



Adicional se evaluó la calidad del servicio, estos fueron los resultados:

**Gráfica 4. Consideración de la calidad del Servicio.**

CALIDAD DEL SERVICIO		
Preferencia	Cantidad	% Distribución
Malo	3	8%
Regular	9	24%
Bueno	24	63%
Muy Bueno	2	5%
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100%</b>



Como se puede apreciar la calidad del energético satisface al 63% de la muestra, el 24% lo encuentra en un estado regular y un 8% se refiere a este como un servicio malo. El Interés de Compra del Servicio de Gas combustible por Red. Finalmente mediante las encuestas se determina el interés de los usuarios por adquirir el servicio de Gas Natural por redes. Los resultados fueron los siguientes:

## 5. Interés en la adquisición del servicio.

INTERES DE ADQUISICION		
Preferencia	Cant.	%
SI	35	92%
NO	3	8%
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>100%</b>



Las características que forman parte de la prestación del Gas Natural por redes como energético para la cocción de alimentos representa beneficios de tipo económico y de calidad (como lo es la disponibilidad, seguridad y comodidad) para la comunidad, generando aceptación del servicio por parte de la misma.

### 4.2.3 Resultado Sector Comercial.

**Tipo de Establecimiento.** El sector comercial en cuanto al consumo de gas, está representada en su totalidad por restaurantes y panaderías, principalmente ubicados al lado de la vía principal Bogotá- Bucaramanga, y el restante en el centro del casco urbano del municipio. Los siguientes establecimientos no se tuvieron en cuenta porque no requieren gas como combustible para prestar sus servicios, estos son: misceláneas, graneros, famas, droguerías, carpinterías, tiendas, entre otros.

**Gráfica 6. Tipo de Establecimientos Encuestados.**

TIPO DE ESTABLECIMIENTO		
Descripción	Cant.	%
Panadería	4	20%
Restaurante	13	65%
Otro	0	0%
Cafetería	3	15%
Negocio Informal	0	0%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



**Fuente Energética Utilizada y Costo.** La encuesta comercial arrojó que el 80% de la muestra cocina con Gas propano en cilindros, esto es debido a que el producto que venden es casero, en cambio el 20% restante aparte de que emplea el mismo, adicionalmente cocinan con leña, esto es porque el producto que venden es típico de la región (platillos especiales). A continuación se muestra los resultados arrojados por los establecimientos comerciales.

**Gráfica 7. Energéticos Utilizados**

Combustible	Cantidad de establecimientos	% distribución
Gas propano en cilindros	16	80%
Gas propano en cilindros y Leña	4	20%
Electricidad	0	0%
Leña	0	0%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



En el siguiente Cuadro se plasma el costo promedio que están pagando los establecimientos comerciales para tener el servicio de gas propano en cilindro solo y cuando es acompañado por leña (este último se encuentra en los cuadros que están al lado de la tabla). El valor promedio por el uso de GLP en cilindros es de **\$166.532** y los establecimientos que usan leña tienen un costo adicional de **\$19.625** dando como un total de **\$186.157** como valor promedio mensual.

**Tabla 14. Costo promedio consumo comercial.**

ID	GAS PROPANO			
	Un.	Vr. Unid.	Duración (días)	Vr. Un/mes
1	100	115.000	15	230.000
2	40	50.000	240	6.250
3	100	115.000	30	115.000
4	33	40.000	30	40.000
5	100	115.000	30	115.000
6	100	115.000	30	115.000
7	100	115.000	30	115.000
8	100	115.000	30	115.000
9	100	115.000	30	115.000
10	100	115.000	20	172.500
11	100	115.000	8	431.250
12	100	115.000	15	230.000
13	40	50.000	20	75.000
14	33	40.000	4	300.000
15	100	115.000	30	115.000
16	100	115.000	30	115.000
17	100	115.000	15	230.000
18	40	50.000	15	100.000
19	40	50.000	6	250.000
20	100	115.000	10	345.000
<b>TOTALES</b>	<b>20</b>		<b>638</b>	<b>3.330.638</b>
<b>Promedio</b>			<b>32</b>	<b>166.532</b>

**Sistemas que funcionan a Gas.** En los establecimientos comerciales encuestados, predomina el uso de estufas industriales de dos, tres y cuatro puestos, los datos tabulados son los siguientes:

**Gráfica 8. Tipo de Gasodoméstico Utilizado.**

Tipo	Cantidad(Días)	%
Estufa 4 quemadores	5	25%
Estufa Ind 2 quem	3	15%
Estufa Ind. 3 quem	4	20%
Horno 4 bandejas	4	20%
Horno 8 bandejas	0	0%
Asadero	1	5%
Horno 6 bandejas	3	15%
Greca	0	0%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



**Opinión sobre el Costo del energético actual.** En el siguiente cuadro se presenta el resultado del como los usuarios consideran el costo del servicio actual de suministro de energético en el sector comercial.

**Gráfica 9. Consideración de los Energéticos.**

Descripción	Cant.	%
Económico	0	0%
Normal	6	30%
Caro	6	30%
Muy caro	8	40%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



Gran parte del sector comercial tiene una buena opinión acerca de la calidad del energético con un 60% de aceptación y solo un 20% considera la calidad del servicio mala, el 20% restante lo considera regular.

**Gráfica 10. Calidad del servicio Energético.**

Descripción	CANT.	%
Malo	4	20%
Regular	4	20%
Bueno	12	60%
Muy bueno	0	0%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



Finalmente se determinó el interés de los comerciantes del Municipio por obtener el servicio de Gas Natural por redes; se presentó una aceptación favorable del 80% y tan solo un parte negativo del 20%, este último pertenece a los negocios que venden productos típicamente hechos a leña. Los resultados tabulados y graficados son:

**Gráfica 11. Interés por emplear el Servicio de Gas Natural por Redes.**

INTERES DE ADQUISICION		
Preferencia	Cant.	%
SI	16	80%
NO	4	20%
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



### 4.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE GAS

La demanda residencial y comercial de gas natural por redes se encuentra registrado en la siguiente tabla:

<b>PROMEDIOS DE CONSUMO - BASES DE CALCULO</b>		
Valor del Cilindro GLP de 40 libras*	50.000	\$/40 lb
Fuente de GLP: Barrancabermeja	8,53	Galones de GLP
Contenido Teórico de Gas Natural por cilindro de 40 lbs	21,3	m3 GN/cilindro de 40 lb
<b>DEMANDA RESIDENCIAL DE GLP EN CILINDROS MUNICIPIO DE SOCORRO</b>		
Costo promedio por usuario mes Gas GLP EN CILINDROS*	36.667	\$/mes
Costo promedio por usuario mes ELECTRICIDAD*	-	\$/mes
Costo promedio por usuario mes LEÑA*	-	\$/mes
Costo promedio por usuario mes CARBON*		\$/mes
<b>Total Mes por usuario</b>	<b>36.667</b>	<b>\$/mes</b>
Consumo de energía equivalente en cilindros de 40 lbs	<b>0,73</b>	cilindros 40lb/me
<b>DEMANDA RESIDENCIAL DE GLP EN CILINDROS MUNICIPIO DE SOCORRO</b>		
Rendimiento de los cilindros de GLP	<b>0,90</b>	porcentaje
Consumo promedio real de GLP/usuario	<b>0,66</b>	cilindros 40 lbs/mes
Consumo de energía equivalente de GLP en M3	<b>5,63</b>	m3/mes
<b>Consumo equivalente de Gas Natural en M3</b>	<b>14,08</b>	m3/mes
<b>CONSUMO PROMEDIO RESIDENCIAL DE GAS NATURAL EN M3</b>	<b>14,08</b>	<b>m3/mes</b>
<b>VALOR PROMEDIO MENSUAL DE PROPANO EN CILINDROS (\$/MES)</b>	<b>36.667</b>	<b>\$/mes</b>

**Tabla 15. Consumo promedio mensual.**

<b>DEMANDA COMERCIAL DE GAS MUNICIPIO DE SOCORRO</b>		
Costo promedio por usuario mes Gas GLP EN CILINDROS*	146.667	\$/mes
Costo promedio por usuario mes ELECTRICIDAD*		\$/mes
Costo promedio por usuario mes LEÑA*		\$/mes
Costo promedio por usuario mes CARBON*		\$/mes
Total Mes por usuario	<b>146.667</b>	\$/mes
Consumo de energía equivalente en cilindros de 40 lbs	<b>2,93</b>	cilindros 40 lbs/mes
Rendimiento de los cilindros de GLP	<b>0,90</b>	porcentaje
Consumo promedio real de GLP/usuario	<b>2,64</b>	cilindros de 40 lbs/mes
Consumo de energía equivalente de <b>GLP</b> en M3	<b>22,53</b>	m3/mes
<b>Consumo equivalente de Gas Natural en M3</b>	<b>56,32</b>	<b>m3/mes</b>

**4.3.1 Calculo Progresivo de Usuarios Vinculados y Proyección de la Demanda de Gas a 20 Años.** Para calcular el número de usuarios progresivos hasta el año 20, se tuvo en cuenta el porcentaje de penetración de las conexiones y la tasa anual de crecimiento de los usuarios del 1,0%. La proyección de la demanda se obtuvo con base al consumo promedio mensual por tipo de usuario, a la clasificación de usuarios según la estratificación del municipio y a los usuarios vinculados anualmente. A continuación se presenta la estratificación socio económica del municipio de Socorro.

**Tabla 16. Estratificación municipio de Socorro.**

<b>Estratificación Municipio De Socorro</b>						
Tipo De Clientes	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Residencial	Comercial	Total
Usuarios Potenciales	1211	4540	1816	7.567	20	7.587
Total	1.211	4.540	1.816	7.567	20	7.587
% Equivalente	16%	60%	23,9%	100%	0,3%	

**Figura 6. Proyección de la demanda de gas natural por redes de 20 años.**

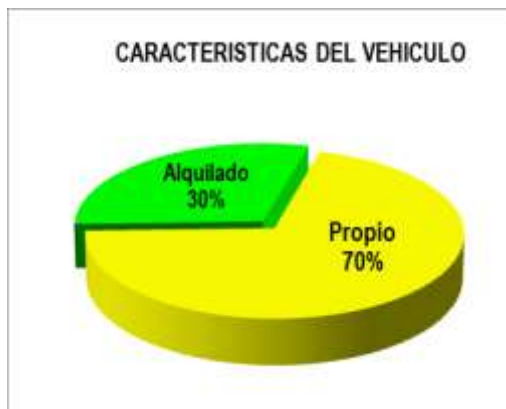
Año	No viviendas	vin. progresiva																			Conex. Us por año	Con. Us Aco.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			20
1	6602	6602																				6602	6602
2	6651		49																			49	6651
3	6700			49																		49	6700
4	6750				50																	50	6750
5	6800					50																50	6800
6	6851						51															51	6851
7	6901							50														50	6901
8	6953								52													52	6953
9	7004									51												51	7004
10	7056										52											52	7056
11	7109											53										53	7109
12	7161												52									52	7161
13	7214													53								53	7214
14	7268														54							54	7268
15	7322															54						54	7322
16	7376																54					54	7376
17	7431																	55				55	7431
18	7486																		55			55	7486
19	7542																			56		56	7542
20	7587																				45	45	7587
Total	7587	6602	49	49,4	49,7	50,1	51	50	52	51	52	53	52	53	54	54	54	55	55	56	45	7587	

El negocio del Gas Natural Vehicular (GNV) se inicia en Colombia en 1986 como una alternativa para masificar el consumo de gas natural en el país y ofrece los beneficios del producto al sector automotriz. Debido a las diferentes tarifas de los mercados aumenta y disminuye la competitividad de GNCV, por tal razón para conocer la viabilidad de este proyecto con el combustible mencionado, se hace necesario evaluarle a la población indicadores como los costos que le genera el combustible que emplea actualmente. Por tal razón se realizaron encuestas de manera aleatoria para saber el consumo y costo que genera la gasolina en el municipio y posteriormente evaluar el grado de aceptación que el gas natural comprimido vehicular tendría si se implementara. El mercado objetivo del GNCV es el del sector publico debido a que utilizan sus vehículos como fuente de ingreso, como por ejemplo taxistas y transportadores; Es importante resaltar que en el municipio de Socorro los carros que son de tipo particular son los vehículos que representan el transporte informal entre veredas como lo son los jeeps, camionetas, en fin, todo tipo de vehículo que resista caminos denominados trochas.

**4.4.1 Características del vehículo.** La tendencia que presento la comunidad frente a la clasificación de los vehículos de acuerdo a parámetros como a la procedencia propia y el tipo de unidad. En el siguiente cuadro se representan los resultados obtenidos y se esquematizan para mayor entendimiento. Un 70% de la población encuestada es dueña de su vehículo y solo el 30% lo alquila, este último porcentaje en su mayoría es la representación del gremio taxista.

**Gráfica 12. Características del vehículo.**

TENENCIA			TIPO		
Descripción	Cantidad	Porcentaje	Descripción	Cantidad	Porcentaje
Propio	19	70%	Particular	17	63%
Alquilado	8	30%	Servicio Publico	10	37%
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100%</b>	<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100%</b>



**Información sobre el combustible.** El municipio de Socorro solo cuenta con gasolina y diésel como combustible, a continuación se presentaran los resultados acerca del costo y la duración que estos energéticos generan.

**Información sobre el valor y calidad del combustible.** Según la población encuestada el 59% consideran la gasolina como un combustible muy caro, el 30% caro y tan solo un 4% como económico.

**Gráfico13. Valor del Combustible.**

VALOR DEL COMBUSTIBLE		
Preferencia	Cantidad	% Distribución
Económico	1	4%
Normal	2	7%
Caro	8	30%
Muy caro	16	59%
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100%</b>



**Información sobre la calidad del combustible.** En cuanto a la calidad del servicio el 56% manifestó estar conforme con el uso de la gasolina y solo un 11% estuvo en desacuerdo.

**Gráfico 14. Calidad del Combustible.**

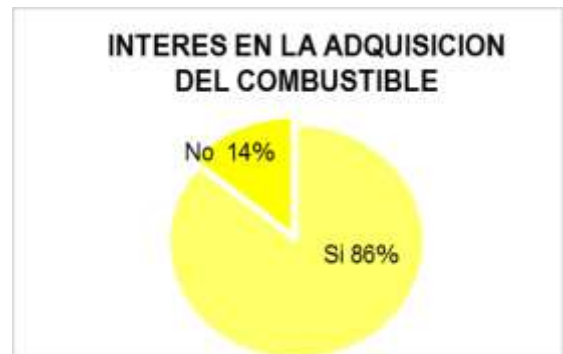
CALIDAD DEL COMBUSTIBLE		
Preferencia	Cantidad	% Distribución
Malo	3	11%
Regular	5	19%
Bueno	15	56%
Muy Bueno	4	15%
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100%</b>



**Información acerca del interés por la adquisición.** Los resultados sobre la aceptación del gas natural para uso vehicular fueron los siguientes.

**Gráfica 13. Interés de adquisición.**

INTERES DE ADQUISICION		
Preferencia	Cant.	%
SI	22	86%
NO	5	14%
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>100%</b>



## 5. MODELOS DE CÁLCULO.

Es de vital importancia la adecuada selección del modelo que mejor se ajuste a las condiciones de flujo, para lo cual es necesario conocer detalles sobre el tipo de tubería, caudales, presiones de operación entre otras. Para nuestro caso se empleó el método de solución de Método de Hardy Cross y el factor de fricción se calculó con base en la ecuación de Müller debido a que es la que mejor predice el comportamiento en tuberías plásticas con bajos diámetros.

### 5.1 SOPORTE MATEMÁTICO.

Jonson y Berward propusieron una ecuación de flujo la cual es de uso muy común, dicha ecuación fue basada en un balance de energía el cual contempla (la energía a la entrada es igual a la energía de la salida, más las pérdidas de energía).

Desde que esta relación fue presentada, ha sido extensamente probada y muchas personas han propuesto modificaciones y diferentes técnicas de aplicación que han mejorado su exactitud y utilidad.

$$Q = C * \frac{T_b}{P_b} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) * d^5}{\gamma * T_f * L * Z_p}} * \sqrt{\frac{1}{f}}$$

5-1

Dónde:

$Q_h$ : Tasa de flujo, pies cúbicos por hora a  $P_b$  y  $T_b$ .

$T_b$ : Temperatura base (R) normalmente a 520 R.

$P_b$ : Presión base, psia.

$P_1$ : Presión de entrada al sistema considerado, psia.

$P_2$ : Presión de salida del sistema, psia.

$\gamma$ : Gravedad específica del gas (aire=1).

$T_f$ : Temperatura promedio del gas en el sistema en condiciones de flujo (R).

$L$ : Longitud de la tubería, millas.

$f$ : Coeficiente de fricción.

Dónde el valor de  $(1/f)^{1/2}$  se denomina factor de transmisión, además para esta ecuación el factor Z se aplica como un simple promedio de ( $Z_p$ ).

Para la mayoría de ecuaciones de flujo que actualmente se utilizan están basadas en la ecuación 3.1, variando únicamente la forma de calcular el coeficiente de fricción, siendo importante para algunos autores la dependencia del diámetro interno y la rugosidad de la tubería, en cambio otros intérpretes están basados en el número de Reynolds.

Müller<sup>2</sup> En base al número de Reynolds:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = (3,35)R_e^{0,130}$$

5-2

Weymouth<sup>3</sup> En base al diámetro interno:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = \sqrt{\frac{354}{1 + \frac{3,6}{d} + (0,03) d}}$$

5-3

## 5.2 MÉTODOS DE SOLUCIÓN PARA EL CÁLCULO DE REDES DE GAS.

El cálculo de la caída de presión para una sola tubería requiere solamente de la aplicación de la ecuación de flujo. Sin embargo, en un sistema de distribución la mayor parte de las tuberías están interconectadas, formando una red. Como consecuencia de la interconexión entre diferentes tramos, el gas puede fluir desde la fuente hasta los nodos de consumo, por diferentes vías y a diferentes tasas de

flujo. Por eso, cuando se habla de resolver una red, se requiere especificar el cálculo del caudal en cada tramo y la presión en cada nodo.

Existen diversos tipos de inconvenientes que pueden exigir el análisis riguroso de una red:

- a. Desarrollo de planes para reforzar una red existente para la distribución de gas.
- b. Determinación del efecto de nuevas tasas de flujo agregada a un sistema de distribución en operación.
- c. Estudio del efecto de válvulas y reguladores de presión en tuberías existentes.
- d. Tendido y cálculo de diámetros de ductos para una nueva distribución.

La compleja red que forma un sistema de distribución origina por si sola un maravilloso problema de análisis de flujo. El gas puede introducirse al conjunto de varios puntos: estaciones de compresión a la entrada de una ciudad; planta de almacenamiento para satisfacer la demanda pico o desde las facilidades de almacenamiento de la instalación.

**5.2.1 Método de Hardy Cross.** El fundamento matemático de la mayoría de métodos de cálculo utilizados en las redes de gas tienen su base en la teoría de Hardy Cross que, a su vez, proviene de una aplicación directa de las leyes de Kirchhoff, las cuales establecen lo siguiente:

- a. En todo nodo, la sumatoria algebraica de los flujos que entran y salen es igual cero.
- b. En todo circuito cerrado o red, la suma total de las pérdidas de carga es igual a cero.

La pérdida total de carga ( $h$ ) para una cierta longitud de tubería ( $L$ ) y una pérdida unitaria de carga ( $\alpha$ ) es igual a:

$$h = \alpha * L * Q^n \quad 5-4$$

Donde la resistencia de la tubería (r) es:

$$r = \alpha * L \quad 5-5$$

Y, por lo tanto:

$$h = r * Q^n \quad 5-6$$

Dependiendo de la ecuación que seleccione, el exponente n varía entre 1,75 y 2. En el caso específico de Weymouth, n=2,0.

El procedimiento para cerrar redes de gas se basa en el cálculo de un ajuste ( $\Delta Q_0$ ) para el caudal de flujo ( $Q_0$ ) previamente asignado de tal manera que la nueva tasa de flujo, en el tramo referido, será:

$$Q_n = Q_0 + \Delta Q_0 \quad 5-7$$

Dónde:

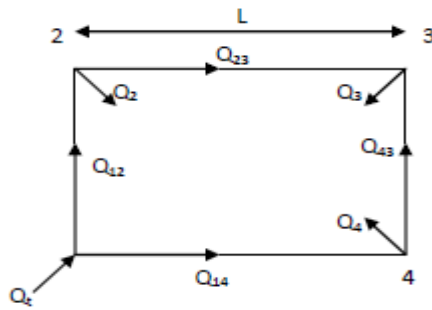
$Q$  : Caudal corregido

$\Delta Q_0$ : Es la corrección y

$Q_0$ : Es el caudal asignado al tramo

Suponiendo que se introduce en la red una tasa de flujo ( $Q_t$ ), destinada a irrigar el sistema y descargar por los nodos 2,3 y 4 de modo que:

$$Q_t = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad 5-8$$



Se escoge una distribución inicial del gas en el sistema  $Q_{12}$ ,  $Q_{23}$ ,  $Q_{34}$ , y  $Q_{14}$  y, con base en esto, se calcula el factor de corrección del caudal ( $\Delta Q_0$ ).

En todo nodo se debe cumplir la primera ley de Kirchhoff:

$$Q_T = Q_{12} + Q_{14} \quad 5-9$$

$$Q_{14} = Q_4 + Q_{43} \quad 5-10$$

$$Q_{12} = Q_2 + Q_{23} \quad 5-11$$

$$Q_3 = Q_{23} + Q_{43} \quad 5-12$$

La nueva tasa de flujo en cada tramo será el caudal anterior, más el valor algebraico que resulte de la corrección ( $Q_t + \Delta Q_0$ ), como aparece a continuación:

$$Q_n = Q_0 + \Delta Q_0 \quad 5-13$$

$$Q'_{12} = Q_{12} + \Delta Q_0 \quad 5-14$$

$$Q'_{23} = Q_{23} + \Delta Q_0 \quad 5-15$$

Las leyes de Kirchhoff seguirán siendo válidas en cada uno de los nodos de la red.

La pérdida de carga total con el caudal corregido será igual a:

$$h = r * \left( Q_0^n + \frac{n * Q_0^{n-1}}{1!} \Delta Q_0 + \dots + \Delta Q_0^n \right) \quad 5-16$$

Y dado que  $\Delta Q_0$  es un valor pequeño, el tercer término y los demás podrán despreciarse y el valor de h se expresara de la forma:

$$h = r(Q_0^n + n * \Delta Q_0 * Q_0^{n-1}) \quad 5-17$$

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

$$h = r * Q_0^n + n * \Delta Q_0 * r * Q_0^{n-1} \quad 5-18$$

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

$$0 = \sum_{i=1}^n r * Q_0^n + n * r * \sum_{i=1}^n Q_0^{n-1} * \Delta Q_0 \quad 5-19$$

$$\Delta Q_0 = - \frac{\sum_{i=1}^n r * Q_0^n}{n * \sum_{i=1}^n r * Q_0^{n-1}} \quad 5-20$$

**5.2.3 Solución de Redes por Ensayo y Error.** Por algunos años, el único método usado en la solución de redes fue el sistema de ensayo y error. Probablemente no había dos personas que emplearan exactamente el mismo procedimiento, sin embargo, se seguían los siguientes pasos:

a) Asignar las tasas de flujo en todas las secciones de la tubería, lo cual debe satisfacer en cada nodo la primera ley de Kirchoff. En grandes redes, el procedimiento consiste en estudiar la zona irrigada por la fuente y trabajar desde el perímetro de cada área de invasión de una determinada fuente, hacia esta.

b) Sumar pérdidas de presión en cada malla, a lo largo de las secciones continuas de tubería que unen dos fuentes, los valores de estas sumas se verifican luego con la segunda ley de Kirchoff.

c) Modificar las tasas de flujo asignadas en el paso a) tratando de lograr c).  
Repetir b, c y d.

Se continúan las modificaciones en las tasas de flujo, hasta que las pérdidas de presión satisfagan la segunda ley de Kirchoff dentro de una tolerancia aceptable. Este procedimiento de ensayo y error es muy tedioso y los errores son difíciles de evitar. Todavía se usa en soluciones manuales de problemas de flujo.

Un analista experimentado difícilmente puede resolver una red por ensayo y error, pero trabaja el problema solamente hasta obtener suficientes detalles y establecer el diámetro de tubería adecuado para una determinada carga. Se empieza balanceando las cargas entre las fuentes hasta satisfacer aproximadamente la segunda ley de Kirchoff. Luego se investigan los tramos de tubería que tienen mayores pérdidas de presión y se corrigen, tratando de satisfacer la segunda ley de Kirchoff en estas áreas.

Tabla 17. **Guía para la selección de la mejor ecuación.**

<b>METODO</b>	<b>WEYMOUTH</b>	<b>MODELAMIENTO</b>
Buena	Para tuberías menores de 12".	EXX
Buena	Para: 2"> D > 16".	M. Martínez.
Buena	Flujo completamente turbulento, altas presiones y D < 20".	IGT
Conservadora	Flujo completamente turbulento, mediana a alta presión y D < 20".	IGT
<b>METODO</b>	<b>PANHANDLE.</b>	<b>MODELAMIENTO</b>
Recomendable	Para tuberías mayores de 12".	EXXON
Buena	Para: $4 \cdot 10^6 < Re < 40 \cdot 10^6, D > 16"$	M. Martínez.
Buena	Para altas temperaturas, flujo parcialmente turbulento, $Re > 300.000$ .	IGT
Relativamente Buena	Para distribución, para presiones medianas y altas, $D > 16"$ .	IGT
<b>METODO</b>	<b>REDES DE DISTRIBUCIÓN A BAJAS PRESIONES.</b>	<b>MODELAMIENTO</b>
OLIPHANT	Recomendada para $P < 35$ lpcm.	EXXON
SPITGLASS	Recomendada para $D < 12"$ .	IGT
POLE	Recomendada para $D < 4"$ .	IGT
MUELLER	Muy buena para derivaciones de servicio, diámetros pequeños, tuberías de cobre, aluminio o plásticas. Normalmente se usa con $D < 2"$ y presiones de 1" de gua.	AGA

## 6. DISEÑO DE LA RED DOMICILIARIA.

**Infraestructura requerida para la distribución de gas natural comprimido.** El sistema de distribución de gas natural está compuesto por tuberías destinadas al abastecimiento domiciliario. Este sistema está comprendido entre la estación receptora conocida como city gate y la salida del registro representada por la válvula de corte en la acometida de los usuarios del sistema, incluido las estaciones de regulación, las válvulas y los accesorios.

El sistema ya mencionado comprende:

- **Estación city gate.** Es el punto de entrega del transporte de gas natural seco y el inicio de la red de distribución, que incluye los equipos de filtrado y regulación de presión y medición ya que el gas que circula por los gasoductos de la vía nacional no tiene ningún tratamiento; Debido a la carencia de olor que presenta el gas natural y para facilitar su percepción en caso de fugas, se inyecta mercaptano, producto químico, que se aplica en pequeñas concentraciones con la finalidad de darle al gas un olor característico fácilmente identificable al olfato. Esta estación tiene como función recibir el gas entregado por la empresa transportadora y controla su presión hasta niveles que corresponden al servicio de la red de distribución.
- **Unidad compresora.** Para aumentar la presión desde 250 psig hasta 3600 psig se requiere de una unidad compresora que tiene el conjunto motor – compresor cuya función es aumentar en tres etapas la presión de 250psig aproximadamente en la línea de distribución, hasta 3600 psig requeridos para su almacenamiento; el compresor es considerado la parte más importante de la estación de distribución de gas natural comprimido, ya que es la pieza fundamental y de mayor costo. Aun cuando el motor puede ser de gas o eléctrico, por factibilidad de manejo y presión se toma el motor eléctrico. El

tanque de compensador sirve para suministrar en forma estable el gas que va a ser comprimido y lograr una operación continua. El filtro de entrada sirve para eliminar sólidos e impurezas que traiga el gas, del buen funcionamiento de este depende el comportamiento apropiado del elemento un tanque compensador de presión, filtro de entrada, sistema de enfriamiento, sistema recolector de condensados, tablero eléctrico, sistema de seguridad de gases y alarmas.

## 6.1 TRANSPORTE DEL ENERGÉTICO.

Para el municipio de Socorro, el Gas Natural Comprimido se transportara mediante el gasoducto virtual, para esto se debe tener en cuenta la distancia más cercana entre el municipio y el gasoducto; Existe dos opciones, la primera es conectarse desde el gasoducto que pasa por Gibraltar y que tiene el punto terminal en Piedecuesta y la segunda opción es el de Cusiana- porvenir – la belleza con el punto terminal en santana Boyacá. La mejor opción será la que menos distancia tenga.

**Tabla 18. Distancia entre municipios.**

No.	Tramo	Longitud Km
1	Piedecuesta - socorro	108
2	Santana - socorro	63

El transporte consiste en llevar módulos de almacenamiento cargados desde la estación compresora, hasta la población objetivo para su posterior descompresión y distribución por red.

## **6.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN.**

La norma colombiana NTC-2505 especifica el procedimiento y las pautas que se debe tener en cuenta para diseñar redes domiciliarias. El objetivo fundamental del diseño es el de certificar que todos los usuarios cuenten con el suministro adecuado de gas combustible aun en las horas de mayor consumo o también llamadas horas pico.

**6.2.1 Procedimiento General De Diseño De Las Redes De Distribución.** Las redes de distribución (troncales y anillos de distribución) se instalaran en tubería de polietileno de media densidad (PE-80) cuyo diámetro provisto entre 2" y ¾" de pulgada y operaran a una presión máxima de 60 [psig] según lo establecido en la norma. Las redes serán trazadas sobre calzadas y andenes en buen estado y hechas de concreto, desde donde se conectaran mediante acometidas a los usuarios.

**6.2.2 Condiciones del terreno para la cartografía del Proyecto.** El objetivo de esta fase fue de obtener los mapas y planos del municipio en forma impresa y de tipo digital (planos en AutoCAD) para identificar las zonas de protección ambiental, la zona de alto riesgo y amenaza, el estado de las vías, la distribución de las viviendas por barrio; la información fue necesaria para realizar el diseño del trazado de la red de distribución.

\* NTC 3838: "Se podrán emplear presiones hasta de 1.400 [mbar] (20.3 [psig]) en sistemas de tuberías localizados en el interior de edificaciones, atendiendo los requisitos señalados en el numeral 3.1, literal i de la NTC2505".

Se utilizaron como fuentes de información las suministradas, entre otras por las siguientes instituciones: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Municipio (EOT).

### 6.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES.

Para poder realizar la corrida en el Software Integrado De Gas (SIG), se hizo necesario el concepto de las siguientes variables:

- **Presión Máxima y Mínima de las Redes.** La máxima y mínima presión de operación del sistema depende del elemento a transportar por la misma, y el tipo de tubería a utilizar. Para el caso particular de Socorro, el diseño contempló como combustible el Gas Natral y el tipo de tubería es de polietileno de media densidad – PE80.

**Tabla 19. Presiones de Operación.**

GAS COMBUSTIBLE	PRESIÓN MÁXIMA	PRESIÓN MÍNIMA
Gas Natural	60 [psig]	15 [psig]

- **Temperatura y Base de Flujo.** La temperatura considerada en los cálculos de flujo de gas, tenida en cuenta en el diseño de la red de distribución para el municipio es de 24°C o 75.2°F. La temperatura base corresponde a las condiciones base, referencia o estándar de temperatura, es decir, 15.5°C o 60°F.
- **Gravedad Específica del Gas.** Se define como la relación entre el peso molecular de un gas cualquiera y el peso molecular del aire, ambos en

condiciones estándar 60°F, 14.7 Psia. Para el caso de estudio se tomó una gravedad específica de 0,735.

- **Presión Base.** Corresponde a la condición base, referencia o estándar de presión, es decir, 14.7 [Psia].
- **Velocidad del Gas.** La velocidad del gas afecta la capacidad del sistema, la cual puede variar con la presión y el volumen de gas transportado. Un sistema de distribución de Gas Natural no puede presentar una velocidad mayor a 120 [ft/S]. EL exceso debe evitarse, pues puede producir lo siguiente:
- **Eficiencia de Flujo.** Es un factor que permite establecer las limitaciones del sistema que no incluye la ecuación, tales como material de la tubería y estado de las mismas. Dicho factor depende de la rugosidad interna de la tubería para una tubería de polietileno de media densidad cuyo estado sea nueva el factor utilizado es de 0.98.
- **Factor de Demanda.** Para un grupo de usuarios, se define como la relación entre la máxima demanda simultánea de gas del grupo y el total de la carga conectada. Este factor de demanda es diferente para cada gasodomésticos, entendiéndose como gasodomésticos todo artefacto que funcione con gas como combustible. Se hace menor a medida que aumenta el número de usuarios.

**Tabla 20. Factor de Demanda o Simultaneidad.**

Nv	Fd	Nv	Fd	Nv	Fd	Nv	Fd	Nv	Fd	Nv	Fd
1	1	11	0,64	21	0,55	31	0,51	41	0,5	60	0,45
2	0,8	12	0,63	22	0,54	32	0,51	42	0,4	70	0,43
3	0,78	13	0,62	23	0,54	33	0,5	43	0,4	80	0,42
4	0,76	14	0,61	24	0,53	34	0,5	44	0,4	90	0,41
5	0,74	15	0,6	25	0,53	35	0,5	45	0,4	100	0,4
6	0,72	16	0,59	26	0,53	36	0,49	46	0,4	200	0,38
7	0,7	17	0,58	27	0,52	37	0,49	47	0,4	300	0,36
8	0,68	18	0,57	28	0,52	38	0,49	48	0,3	400	0,33
9	0,66	19	0,56	29	0,52	39	0,48	49	0,3	500	0,3
10	0,65	20	0,55	30	0,51	40	0,48	50	0,3	>1000	0,26

Fuente: Empresas Públicas de Medellín, modificado por el autor.

## 6.4 CONSUMO DE ENERGÍA POR VIVIENDA.

EL caudal de consumo por vivienda, se calculó de acuerdo al estudio de mercado llevando a cabo el siguiente procedimiento:

1. Se estableció el consumo mensual de GLP en cilindros por vivienda, el cual corresponde a 5,63 [m<sup>3</sup>/mes].
2. Se convirtió el consumo de [m<sup>3</sup>/mes] a [m<sup>3</sup>/hora].
3. Se multiplicó este consumo por el poder calorífico del Gas Natural en [BTU/m<sup>3</sup>] para obtener el consumo en [BTU/hora] [BTU/m<sup>3</sup>].

Tabla 21. **Conversión de Consumo a Unidades de Energía.**

CANTIDAD	UNIDAD
14,08	Consumo [m <sup>3</sup> /mes]
0.469	Consumo [m <sup>3</sup> /día]
0.134	Consumo [m <sup>3</sup> /hora]
4.735	Consumo [BTU/hora]

EL consumo por unidad de vivienda se tomó en promedio de 8.433 [BTU/hora].

## 6.5 TRAZADO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.

**6.5.1 Plano del Municipio.** Se identificó la forma del casco urbano del municipio, las vías urbanas vehiculares y peatonales (pendiente del terreno, ancho y alto de andenes y vías, pasos elevados, pasos especiales, etc.). Se tomó en cuenta:

- Determinación del número de viviendas por manzana.

- Reconocimiento de la red hidrográfica del municipio, estableciendo los puntos críticos o cruces de la línea de distribución sobre pasos elevados (áreas sensibles o de tratamiento especial) y cuerpos de agua (como cañadas, quebradas y ríos).
- Revisión del trazado preliminar de los anillos periféricos, las poliválvulas y válvulas de seccionamiento.
- Revisión del trazado preliminar de la troncal para determinar su longitud real y el impacto que ocasiona sobre el medio.

**6.5.2 Previsiones Técnicas para Satisfacer Necesidades Futuras.** Se estableció el factor de crecimiento poblacional, el cual se fijó en un 1.0% anual, para un horizonte o vida útil del proyecto de 20años, a partir del año 2013.

**6.5.3 Trazado de las Troncales.** Una vez tabulada la información antes obtenida, se procedió a realizar el trazado definitivo de la tubería sobre el plano del casco urbano del municipio, teniendo en cuenta:

- Zonas verdes, lotes, terrenos baldíos, colegios, escuelas, iglesias, parques, etc.
- Las vías principales y secundarias, pasajes comerciales, peatonales, etc.
- Características del terreno tales como tierra, asfalto, concreto, empedrado, etc.
- Topografía del terreno.
- Presencia de reservas forestales y construcciones catalogadas como patrimonio histórico y cultural.
- Garantizar el suministro de gas por cualquier ruta posible, en caso de que alguna sección de la red quede interrumpida por algún motivo.

**6.5.4. Trazado de los Anillos.** Como los anillos están encargados de proporcionar gas a los usuarios directamente, deben circundar completamente cada manzana. Un criterio común para el trazado es que cada nodo debe abastecer como máximo

a 500 viviendas, como factor de seguridad es importante no saturar al nodo con estas. Según la experiencia de varias empresas líderes en esta industria recomiendan que los anillos de distribución se diseñen en tubería de polietileno de media densidad de ¾” de diámetro ya que por experiencia, la unificación de un diámetro de tubería, facilita entre otros, las siguientes actividades.

- La construcción de la red de gas.
- Un mayor control de los inventarios de tubería.
- Facilidad al momento de adelantar reparaciones, control de fugas y atención de emergencias.
- Que exista una unión perfecta entre tramos y un fácil manejo al momento de presentarse daños.

**Tabla 22. Consumo diario.**

No	GAS NATURAL	CANTIDAD	UNIDAD
1	Consumo Diario	50.697.286	BTU/Día
2	DEMANDA MAXIMA HORARIA DMH	5.497.637	BTU/hr

**6.5.5 Redes de distribución.** Las redes de distribución se conectan a la estación descompresora ubicada en la zona industrial del municipio como lo indica la norma, para llevar el suministro de Gas Natural a los usuarios. A través de esta se dará suministro al total de los usuarios del municipio, para determinar el caudal por nodo se tuvo en cuenta la suma de las viviendas actuales ubicadas en el municipio, el consumo equivalente comercial y el crecimiento proyectado a 20 años. El caudal por nodo se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 23. Caudal por nodo para la Red Troncal.**

Nodo	Presión, (psi)
1	20,724
2	20,724
3	20,728
4	20,749
5	22,317
6	20,694
7	20,443
8	21,138
9	21,022
10	21,692
11	20,454
12	19,439
13	19,417
14	20,137
15	20,161
16	20,161
17	20,37
18	20,177
19	19,496
20	19,94
21	19,418
22	21,267
23	21,37
24	19,437
25	20,003
26	19,955
27	20,805
28	20,406
29	19,418
30	19,418
31	19,453
32	19,519
33	19,524
34	19,564
35	19,663
36	19,803
37	19,918
38	20,19
39	20,617
40	19,723
41	19,739
42	19,723
43	19,728
44	22,884
45 Fte	60

Con base a las distancias reales mediadas de los mapas ``redes de acueductos``, ``estado actual de las vías`` y ``sistema vial y de transporte`` del casco urbano del municipio se obtienen las longitudes de tubería, las cuales se registran en el cuadro siguiente cuadro.

**Tabla 24. Longitud Tubería Troncal por Tramos**

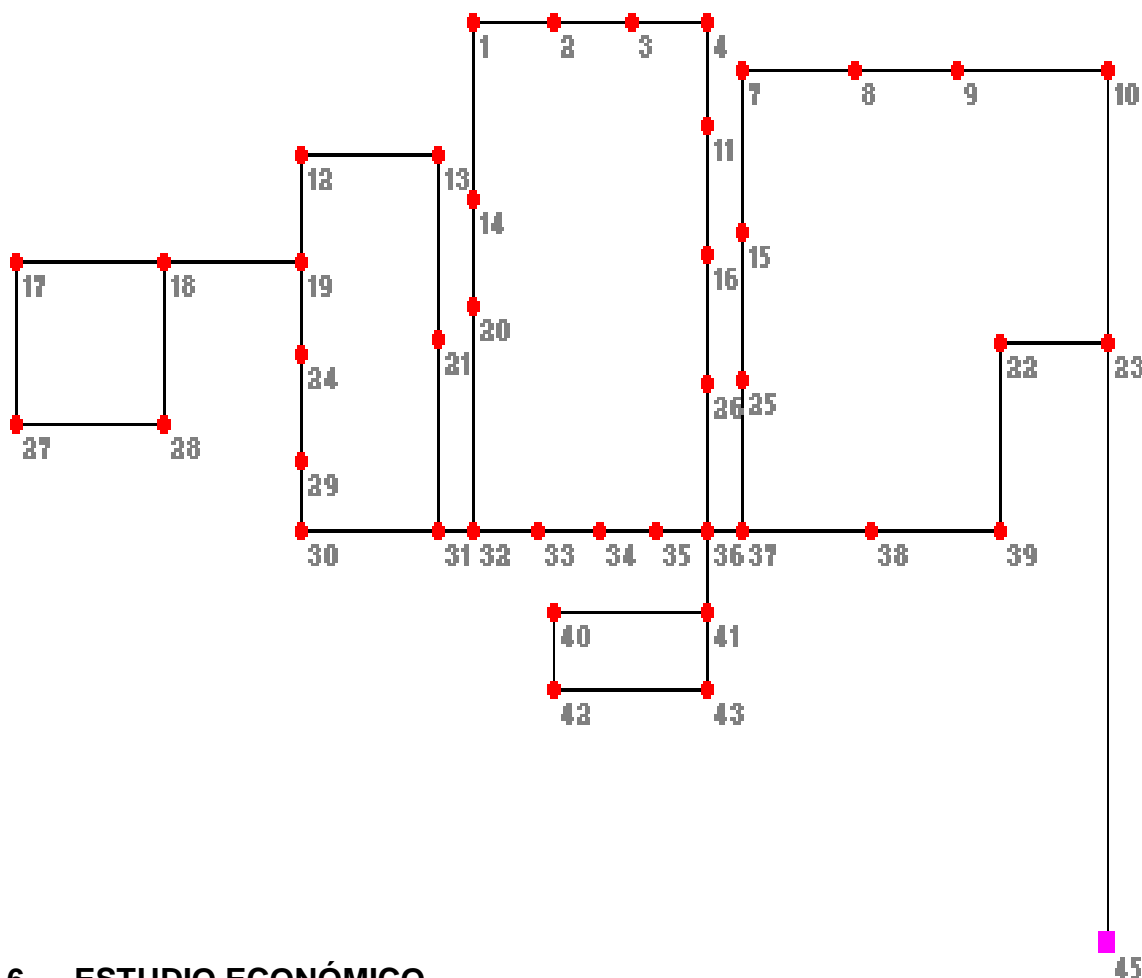
TRAMO	CAUDAL, (MMPC/DÍA)
23--45	-0,121045
22--23	-0,044329
22--39	0,036614
38--39	-0,030518
37--38	-0,024422
25--37	0,017281
15--25	0,022756
7--15	0,028231
7--8	-0,029396
8--9	-0,035492
9--10	-0,040392
10--23	0,04092
36--37	-0,033489
26--36	0,010851
16--26	0,01557
11--16	0,020289
4--11	0,023889
3--4	0,007551
2--3	0,012779
1--2	0,016937
1--14	0,030239
14--20	0,021248
35--36	-0,022378
34--35	-0,017049
33--34	-0,008751
32--33	-0,000453
20--32	0,01709
31--32	-0,013385
21--31	-0,00405
13--21	0,003187
12--13	0,010424
12--19	-0,017661
19--24	0,019613
24--29	0,012376
29--30	0,005139
30--31	-0,002098
18--19	0,044511
18--28	-0,026839

TRAMO	CAUDAL (MMPCD)
27--28	0,030997
17--27	-0,033038
17--18	0,02183
36--41	0,016632
36--41	0,016632
40--41	-0,005277
40--42	0,001119
42--43	-0,003039
41--43	0,007197
6--7	0,007049
6--17	Unión
27--44	Unión
44--45	Unión
10--23	-0,071816
4--5	-0,025329
5--10	Unión
1--1	-0,056167

Como el municipio cuenta con una densidad de población significativa, el diseño que más se ajusto fue estilo mallas ya que este garantiza el suministro los usuarios, además, es importante nombrar que según los datos del Esquema de Ordenamiento Territorial el municipio tiende a expandirse hacia el oriente y hacia el sur, por tal motivo se dejaron mallas hacia esas dirección con el fin de abastecer a futuros usuarios. La red trocal se diseñó en tubería de polietileno de diámetro de 2" pulgada.

El valor de presión más bajo en el sistema es de 19,905psig. La presión mínima de entrada a los reguladores es de 10 psig, luego el diseño cumple con las especificaciones de máxima caída de presión. Es usual encontrar que a pesar de que los reguladores soportan como mínimo 10psig se manejan presiones un poco más alta, esto se debe a una especie de factor de seguridad por si se llegara a presentar un aumento en el consumo inesperado.

Figura 7. Esquema de la red trocal.



## 6.6 ESTUDIO ECONÓMICO.

El objetivo es el de estimar los costos básicos de la construcción del sistema de Gas Natural por redes para el casco urbano de Socorro, estimando una cobertura del 100%. Para la identificación y valoración de los costos del proyecto, se adoptan las unidades constructivas establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) como componentes típicos de dichos sistemas.

**6.6.1 Costos para el suministro de gas natural por redes.** Las Unidades Constructivas o de Obra se encuentran referenciadas al año 2001, lo cual hace necesaria la actualización de acuerdo a los índices de precios al productor-IPP y al consumidor - IPC.

- **Cantidades de obra - Construcción Redes De Distribución.**

**Red de Distribución.** Suministro de Tubería y Accesorios. En la tabla 33, se relacionan las cantidades totales de tubería necesarias para la construcción de las redes en el municipio de Socorro, teniendo en cuenta la red troncal y los anillos.

**Tabla 25. Cantidad Tendido Tubería de Polietileno por Diámetro.**

<b>Diámetro TPE</b>	<b>Metros</b>	<b>Kilómetros</b>	<b>Porcentaje</b>
3/4" IPS	25621,3	25,6	66%
2" IPS	12938	12,9	34%
<b>TOTAL</b>	<b>38.560</b>	<b>38,6</b>	<b>100%</b>

A la hora de realizarse el diseño se preveo que este pasara por las vías de tercer y segundo orden, no solamente porque son las más convenientes a interrumpir sino también por su material y estado.

**Costo Del Proyecto.** El costo total del proyecto comprende el costo de las redes de distribución, los sistemas de compresión y descompresión.

**Tabla 26. Costo Red de Distribución.**

UNIDAD CONSTRUCTIVA	DESCRIPCIÓN	Valor por Km. COL \$ de DIC/2013	Unidad	Cantidad	Valor por Km. COL \$ de DIC/2013
TPE3/4CO	canalización tubería de 3/4" en concreto	40.063.926	ml	25.621	1.026.490.669
TPE2CO	canalización tubería de 2 1/4" en concreto	53.052.961	ml	12.938	686.413
				<b>25.634</b>	<b>\$ 1.712.903.672</b>
<b>TOTAL REDES DE DISTRIBUCION: \$ 1.712.903.672</b>					

**Costo de los Sistemas y Suministro de Gas Natural.** En este ítem se presentan los costos totales de la implementación de las estaciones que comprenden el transporte y distribución del gas natural.

**Tabla 26. Inversiones de la implementación del sistema de gas natural por redes.**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Lote	glo	1	70.000.000	70.000.000
2	Adecuación del lote	glo	1	11.000.000	11.000.000
3	Obra civil	glo	1	70.049.359	70.049.358
4	Estación compresora + instalación + montaje	glo	1	400.000.000	400.000.000
5	Estación descompresora	glo	1	90.000.000	250.000.000
6	Módulos	glo	8	180.000.000	1.440.000.000
7	Camión	glo	1	400.000.000	400.000.000
8	City gate	glo	1	250.000.000	250.000.000
<b>TOTAL INVERSIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO</b>					<b>2.891.049.358</b>
<b>AIU</b>				<b>10%</b>	<b>289.104.936</b>
<b>TOTAL COSTO</b>					<b>3.180.154.294</b>

**Instalaciones Domiciliarias.** En la siguiente tabla se ilustra el presupuesto de las instalaciones domiciliarias residenciales del proyecto.

Tabla 27. **Presupuesto Instalaciones Domiciliarias.**

Descripción	Valor por unidad col \$ de dic/2013	Cantidad	Total inversión col\$ de dic/2013
Usuarios residenciales			9.534.420.000
derechos de conexión residenciales (acometida + medidor)	501.060	7.567	3.791.020
red interna	758.940	7.567	5.742.898.980
valor total	1.260.000		
Descripción	Valor por unidad col \$ de dic/2013	Cantidad	Total inversión col\$ de dic/2013
usuarios residenciales			
derechos de conexión comerciales (acometida + medidor)	1.002.120	20	20.0420400
red interna	1.517880	20	30.357.600
valor total	1.260.000		
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			<b>9.584.820.000</b>

**Inversiones Administración, Operación y Mantenimiento.** Son inversiones realizadas por la empresa – ESP prestadora del servicio público para garantizar la continuidad con calidad y economía de la prestación del servicio de Gas Natural por redes. Para efectos del estudio, se ha considerado que el costo del primer año de administración, operación y mantenimiento equivalga al 3% del costo de la inversión. Se determinó que el costos de AOM para este proyecto oscila entre los \$ 92.469.691 anuales.

Tabla 28. **Costo Total Del Proyecto.**

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>			
<b>Ítem</b>	<b>FASES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
1	Infraestructura de Distribución	Red de Distribución Gas Natural por redes	1.712.903.672
2		Sistema de almacenamiento y regulación	4.490.055.661
3		TOTAL	6.202.959.333
4	Instalaciones Domiciliarias	Derechos de Conexión	3.812.565.540
5		Red Interna	5.774.774.460
6		TOTAL	9.587.340.000
SUBTOTAL			15.790.299.333
7	Interventoría	Interventoría Técnica	604.984.589
8		Interventoría Administrativa y Financiera	241.993.836
9		TOTAL	846.978.425
10	Operación	Activos Administración, Operación y Mantenimiento	92.469.691
TOTAL PROYECTO			10.573.643.324

**Costos AOM.** Para efectos del estudio, se ha considerado que el costo del primer año de Administración, Operación y Mantenimiento (AOM) equivale al 3% del costo de la Inversión (\$ 281.134.596) de las redes de Distribución, \$ 426.058.591 del sistema de almacenamiento y regulación y \$ 89.084.481 de activos de Administración, Operación y Mantenimiento). Es decir, para el primer año el costo de AOM sería aproximadamente de \$ 23.888.330. Para efecto de los cálculos de viabilidad se aplica un aumento en los costos de AOM del 1.5% con respecto al del año inmediatamente anterior.

**Tasa Interna de Retorno del Proyecto.** Para poder determinar la viabilidad del proyecto se tuvieron en cuenta el tiempo del mismo, el número de viviendas actuales y las proyectadas, el consumo por día de gas para así poder sacar el de cada año, el precio al cual se vendería el gas (alrededor de los 1086) y todos los gastos que genera el proyecto durante los 20 años planteados. Se llegó a la conclusión de que el la tasa interna de retorno es del 3% y el valor presente neto es de \$4247.280.525.

Es importante mencionar que dentro de los ingresos se adiciono el subsidio dado por el gobierno el cual es de \$300.000.000 dato obtenido del sistema único de información el cual ampara a los usuarios de estrato 1 y 2. Las tarifas para los usuarios quedaron de la siguiente manera:

El costo real de la factura: \$39.377 – Aplicando el subsidio proporcionado por el estado queda de la siguiente manera para cada estrato.

- Estrato 1. \$10.090
- Estrato 2. \$18.200
- Estrato 3. \$39.377

Aunque el gobierno no ampare a los demás estratos es importante resaltar que existe un ahorro porque el gas en cilindros que se venden en el municipio es de \$50.000.

## 7. ESTACION DE SERVICIO GNCV

### 7.1 TIPOS DE COMBUSTIBLE.

De acuerdo al tipo de combustible que será distribuido podemos clasificar las estaciones como:

- De destinación exclusiva de GNCV.
- De destinación exclusiva de combustibles líquidos (gasolina, ACPM y otros).
- De destinación mixta de combustibles líquidos y GNCV.

### 7.2 TIPO DE LLENADO.

Así mismo las estaciones de servicio de GNCV pueden ser clasificadas por su tipo de llenado, los cuales pueden ser:

- De llenado rápido
- De llenado lento
- De llenado rápido y lento (mixtas o combinadas)

**7.2.1 De llenado rápido.** Son las más utilizadas en la prestación del servicio de abastecimiento de combustible a los diferentes automotores. El gas es tomado de la red principal domiciliaria, posteriormente es bombeado por el compresor a la batería de almacenamiento a alta presión (250 bares). De la batería de almacenamiento el combustible gaseoso es conducido por una tubería de alta presión a los surtidores, que son los encargados de dosificar y suministrar el combustible a través de la boquilla de llenado a la válvula de ingreso del vehículo (válvula de llenado), esta operación tiene una duración dependiendo del volumen en metros cúbicos de gas que puede almacenar el vehículo. Si la presión cae por debajo de un mínimo, el tablero electrónico activa el funcionamiento del compresor y desvía el gas de la línea de los tanques de almacenamiento, suministrando el

combustible directamente al tanque del vehículo para el abastecimiento de éste; una vez llenado el tanque del vehículo el tablero electrónico desvía el flujo de combustible para abastecer los tanques de la batería de almacenamiento.

**7.2.2 Estación de llenado lento.** En una Estación de llenado lento, el abastecimiento se realiza durante varias horas, frecuentemente por la noche. El gas pasa directamente del compresor al punto de llenado. Cada puesto de llenado está equipado con mangueras, válvulas y un surtidor para dos o cuatro vehículos. El gas pasa del compresor a través del surtidor, a los tanques del vehículo. La operación es muy simple. El conductor mismo puede hacer el llenado de su vehículo.

Este tipo de estaciones son recomendadas para ser utilizadas por las empresas que abastecen su parque automotor en los tiempos muertos.

Las ventajas de una estación de llenado lento son varias:

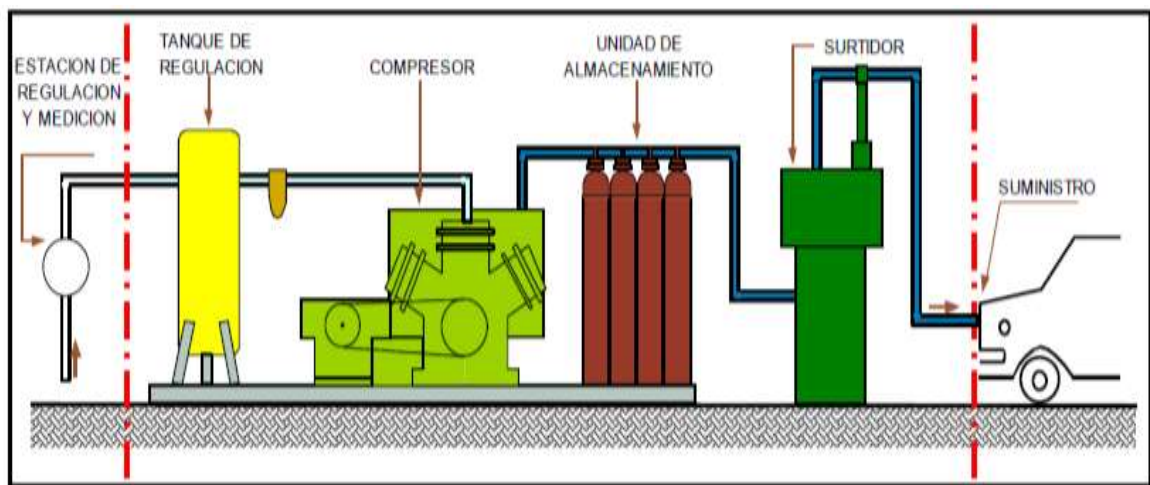
- El compresor puede ser más pequeño. Se pueden llenar por ejemplo, 20 vehículos en un periodo de 12 horas con una máquina más pequeña que la utilizada para llenar 20 carros en una hora
- Los costos de electricidad son menores. Cuando se hace el llenado lento, el compresor inicia el llenado trabajando a baja presión para ir aumentando hasta llegar a la presión deseada en el tanque, digamos 207 bares.
- No se requiere almacenamiento de gas en la estación. El gas va directamente del gasoducto al tanque del vehículo, hay menores costos de inversión y de operación

**7.2.3 De llenado rápido y lento (mixtas o combinadas).** En las estaciones de llenado combinadas o mixtas es posible aplicar indistintamente los dos tipos de llenado anteriormente descritos. De esta manera pueden cargarse a un menor costo vehículos estacionados durante la noche, o en su defecto, también puede llenarse en forma rápida.

### 7.3 COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIO DE GNCV.

En figura 12 se representa la configuración de una estación de servicio que brinda gas natral comprimido.

**Figura 8. Partes de una estación de servicio.**



Fuente: Guía de gas natural

Los componentes básicos de una estación de servicio de GNCV son:

- Unidad de compresión.
- Unidad de almacenamiento.
- Unidad de suministro o distribución.
- Unidad de control.
- 

**7.3.1 Unidad de compresión.** Es la encargada de tomar el gas de la red principal domiciliaria a una presión de 17 bares y someterlo al proceso de compresión, elevando la presión a 250 bares, para posteriormente almacenarlo y de esta manera proporcionar un llenado rápido a los tanques de los vehículos

como también dando una mayor cantidad de combustible, logrando aumentar la autonomía del vehículo.

La unidad de compresión está conformada por:

- Sistema de medición del gas.
- Sistema de filtrado.
- Pulmón de succión.
- Compresor para GNCV.

**7.3.1.1 Sistema de medición del gas.** Este sistema es instalado por la empresa distribuidora de gas natural para determinar el cobro, dependiendo del consumo de gas de la estación. Consta de: filtro, medidor, válvula cheque, válvula automática y/o manual de corte. Este sistema de medición está ubicado entre la red del gas y la entrada a la unidad de compresión en un sitio de fácil acceso y maniobra, cumpliendo con las normas ICONTEC.

**7.3.1.2 Sistema de filtrado.** Es un sistema de protección para el compresor, debido a que en éste se manejan pequeñas tolerancias y las impurezas pueden ocasionar graves daños. El filtro es un elemento del tipo seco que se instala en la entrada del compresor y su objetivo es retener el 99% de las impurezas del gas cuyo tamaño es igual o superior a los 5 micrones según norma NTC-4827 inciso F.

**7.3.1.3 Pulmón de succión.** Este elemento es fundamental porque amortigua los cambios de flujo, principalmente en dos situaciones de la operación:

- En el inicio de la operación, es el encargado de mantener una reserva de gas que facilita la succión del compresor en el momento del arranque del- equipo, evitando de esta manera que se genere una caída de presión en la línea de succión.

- La segunda razón de este elemento es evitar el venteo del gas cuando el equipo se detiene.

**7.3.1.4 Booster-compresor.** Con una alta eficiencia volumétrica, el compresor-Booster comprime hasta alcanzar la presión deseada, este sistema es ideal y económico. Requerido para elevar la presión de carga a los vehículos. El compresor será modular, por lo tanto tendrá incorporado todos los sistemas de seguridad contra explosiones, paradas de emergencia y otros.

#### **7.4 UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DE GNCV.**

En las estaciones de servicio de GNCV para llenado rápido, es indispensable la unidad de almacenamiento del gas (ver Figura 5.4), y de esta manera abastecer rápidamente el combustible a los vehículos. La construcción de esta unidad debe de cumplir con las normas establecidas por el fabricante y la NTC-4820:2000.

**Figura 9. Unidad de almacenamiento.**



Fuente: Guía de gas natural.

En las estaciones de servicio de GNCV para llenado rápido, es indispensable la unidad de almacenamiento del gas (ver Figura 5.4), y de esta manera abastecer rápidamente el combustible a los vehículos. La construcción de esta unidad debe de cumplir con las normas establecidas por el fabricante y la NTC-4820:2000.

La unidad de almacenamiento está conformada por los siguientes elementos:

**7.4.1 Cilindros de abastecimiento.** Los recipientes para almacenamiento de gas natural comprimido, son de forma cilíndrica, fabricados en materiales especiales con el fin de hacerlos más livianos. No se admite que tengan costuras y sólo deben tener un orificio de entrada el cual a su vez es el mismo orificio de salida; precisamente para evitar puntos de posible falla. Un cilindro, antes de ser utilizado, es radiografiado completamente para detectar posibles fallas en su estructura. Si las tiene, simplemente el cilindro no debe salir al mercado.

**7.4.2 Batería de almacenamiento.** Son cilindros de acero dispuestos de manera horizontal o vertical cuya función es almacenar el gas a alta presión que entrega el compresor y que posteriormente pasa al surtidor. Generalmente los cilindros están dispuestos en grupos o bancos de 10 o 20 unidades, firmemente asegurados a un soporte en una estructura metálica, dicha disposición se conoce como cascada de almacenamiento. Las capacidades de cada uno de los cilindros empleados en las cascadas varían según los requerimientos de suministro de la estación, pero los más usuales son los de 100 a 125 litros.

**7.4.3 Almacenamiento por cascada.** El almacenamiento de gas se diseña para que los vehículos se llenen en el menor tiempo posible y a la vez evitar los arranques y paradas frecuentes de los compresores de gas. El almacenamiento está compuesto por bancos de cilindros que trabajan a diferentes presiones (cascada) o con un banco a presión única, dependiendo de los requerimientos. Para un almacenamiento tipo cascada, este se distribuye en 3 bancos llamados de baja, de media y de alta. Además un tanque de recuperación. El llenado del vehículo se comienza por el banco de baja, si se hace necesario, el dispensador automáticamente cambia al banco de media, y posteriormente, si hace falta, termina de cargar del banco de alta.

De esta manera la presión en los tres bancos va cayendo en forma individual hasta que el banco de alta presión alcanza una presión mínima (200 bares generalmente), que es el punto de ajuste para arrancar el primer compresor.

Si la capacidad de despacho del surtidor es menor que la capacidad de compresión, la presión en los tres bancos se irá aumentando uno por uno hasta alcanzar un valor máximo para el compresor (250 bares).

Si la capacidad de despacho del surtidor es mayor que la entregada por el compresor, la presión del almacenamiento caerá por debajo del punto de ajuste y se arrancará el segundo compresor.

En este último caso los compresores operarán juntos hasta que se llenen los bancos de almacenamiento. El segundo compresor se apagará un poco antes de que lo haga el primero. De esta forma se tendrá una operación estable durante el llenado con un mínimo de arranques y paradas de los compresores, y se puede prestar un servicio a los usuarios en un tiempo similar al que se toma surtir el vehículo con gasolina o diésel.

Cuando el compresor está formado por una sola unidad que trabaja en forma secuencial; los elementos (pistones tipo radial), se distribuyen las presiones de baja para 8 cilindros, luego media con 8 cilindros, y final la de alta con 16 cilindros; llamadas cascadas.

**7.4.4 Dispositivos de alivio de presión.** Los dispositivos de alivio de presión de un sistema de GNCV, son aquellos que relevan a la atmósfera la presión cuando ésta supera la presión de disparo. Cada cilindro debe equiparse con uno o más dispositivos de alivio de presión los cuales deben cumplir el estándar C GAS-1.1 o la Norma Técnica Colombiana correspondiente (NTC-4820 y NTC-4823). Los dispositivos de alivio de presión deben instalarse de tal manera que la temperatura

a la cual sean sometidos, sea representativa de la temperatura a la cual opera el cilindro.

Cualquier ajuste-necesario en un dispositivo de alivio de presión debe ser realizado por el fabricante u otra compañía que disponga del personal competente y en instalaciones adecuadas para la reparación, ajuste y prueba de tales dispositivos. La Entidad que haga tales ajustes debe anexar una etiqueta con la presión de disparo para la cual fue ajustado el dispositivo, su capacidad y la fecha. Las válvulas de alivio de presión que protegen los cilindros de GNCV deben ser reparadas, ajustadas y probadas de acuerdo con el Código de Envases a Presión y Calderas de ASME, o la Norma Técnica Colombiana (NTC-4827).

**7.4.5 Dispositivo de relevo de presión.** El objetivo de este dispositivo es el de mantener una presión constante en la línea al SL este elemento al descargar presión debe cumplir los siguientes requisitos:

- Ventear al exterior a través de un tubo flexible y cuyo diámetro no debe ser menor diámetro nominal del orificio del dispositivo de relevo de presión. Este tubo de sujetado cada 30 centímetros cuando el tubo exceda de 60 centímetros y siempre estar asegurado en el extremo.
- La salida del venteo no debe ser afectada por desechos provenientes del exterior la operación, tales como tierra, lodo, nieve (hielo), etc.

**7.4.6 Manómetros.** Los manómetros son instrumentos para medir la presión. De acuerdo estándares, los manómetros deben ser aptos para leer al menos 1,2 veces la presión de del sistema. Esto significa, a manera de ejemplo, que si la presión de descarga de un compresor es de 250 bares (3600 libras por pulgada cuadrada), el manómetro que se instale par; dicha presión debe tener una escala para medir hasta 300 bares (4320 libras por cuadrada). Todos los manómetros o

indicadores de presión utilizados en la unidad de almacenamiento deben de cumplir con la norma NTC-4820 y NTC-4830-8.

**7.4.7 Líneas de combustible.** En la unidad de almacenamiento encontramos: tubería, accesorios y empaquetaduras, los deben de ser compatibles con el combustible bajo las condiciones de servicio. La tubería, los accesorios y otros componentes de la tubería deben tener la capacidad soportar una prueba hidrostática de por lo menos cuatro veces la presión nominal de ser sin presentar fallas estructurales y cumplir con la norma NTC-4820

Los componentes que conduzcan combustible deben etiquetarse o marcarse con:

- El nombre o símbolo del fabricante.
- La designación del modelo.
- La presión de régimen de servicio.
- La dirección del flujo del combustible, donde sea necesario, para una correcta instalación.
- La capacidad o clasificación eléctrica, según sea aplicable.

## **7.5 UNIDAD DE SUMINISTRO O DISTRIBUCIÓN DE GNCV.**

En la estación de servicio es la encargada de proporcionar el combustible a los vehículos. Esta unidad está separada de la unidad de compresión y almacenamiento, en un sitio dentro de la estación de servicio como la isla o bahía de surtidores, la cual debe construirse en hormigón o mampostería, con una superficie para el apoyo del surtidor que tenga unas dimensiones como mínimo iguales a la base del surtidor, y los surtidores deben de estar protegidos por unas bandas de contención de altura no menor de un metro del piso como también, deben de respetarse unas distancias mínimas con las otras áreas locativas de 5 metros, además cumplir con la norma NTC-4820.

**7.5.1 Surtidor para GNCV.** Los surtidores para GNCV son los elementos utilizados para el abastecimiento, medición, control y registro del GNCV. Estos surtidores deben de cumplir con la norma ISO 15403 ó la NTC-4823. Los surtidores se diferencian unos de otros en las líneas de alimentación de GNCV que pueden ser de una, dos o tres vías. En la medida que tenga más líneas de alimentación, mayor será su capacidad de carga. También puede tener una o dos mangueras y uno o dos visores o tableros de lectura.

## **7.6 UNIDAD ELÉCTRICA Y DE CONTROL.**

La unidad eléctrica y de control es la encargada de administrar la corriente eléctrica y operar la estación de servicio mediante unos sofisticados controles eléctricos y electrónicos que permiten a la estación operar en condiciones óptimas.

- La unidad eléctrica y de control está compuesta por:
- La subestación eléctrica y Cuarto de control eléctrico

## **7.7 MERCADO POTENCIAL.**

Actualmente no se cuenta con alguna EDS que pueda suplir las necesidades de gas natural para uso vehicular, no obstante si algún habitante del municipio de Socorro quisiera adquirir dicho combustible debería viajar hasta el municipio de San Gil o Barbosa los cuales se encuentran a 23 Km y 93 Km respectivamente. A continuación se presentan los diferentes tipos de automotores que actualmente están registrados en el municipio del Socorro de acuerdo a un reporte brindado por la secretaria de tránsito y transporte del municipio.

**Tabla 29. Cantidad de automotores en el Socorro.**

Tipo de vehículo.	Cantidad.
Automóvil (particulares).	1110
Camioneta.	1042
Campero.	1194
Microbús.	42
Buseta.	33
Bus.	50
Camión.	475
Volqueta.	103
Tractomula.	26
Taxis.	657
Ambulancia.	3
Montacarga.	7
Motocarro.	3
Total	4745

Fuente: Datos tomados del distrito de la Secretaría de tránsito y transporte del municipio de Socorro.

**7.7.1 Estudio de la viabilidad del servicio.** Busca saber el grado de aceptación del gas natural como combustible para uso vehicular como alternativa sobre la gasolina, además de esto se busca tener información sobre otros aspectos relevantes como el rendimiento del combustible, opiniones acerca del precio, tipo de vehículos, jornadas de trabajo entre otras, las cuales son indispensables para la viabilidad del proyecto. Se llevaron a cabo una serie de encuestas de manera aleatoria entre los habitantes del municipio del Socorro tanto de servicio público y particular. A continuación se presentan los resultados de las 27 encuestas llevadas a cabo en el municipio.

**7.7.1.1 Características del vehículo.** Del total de conductores encuestados en el municipio, se recibió información tanto del servicio público como del particular para poder conocer mejor los intereses de los usuarios y así poder identificar nuestro mercado potencial.

**Gráfica 14. Tipo de servicio.**



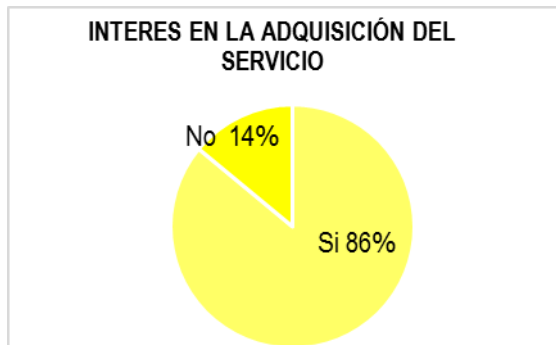
**7.7.1.2 Procedencia del vehículo.** Se presenta una alta procedencia de conductores quienes a su vez son los propietarios de su propio automotor, lo cual resultaría favorable a la hora de realizar la inversión en los vehículos.

**Gráfica 15. Procedencia del vehículo.**



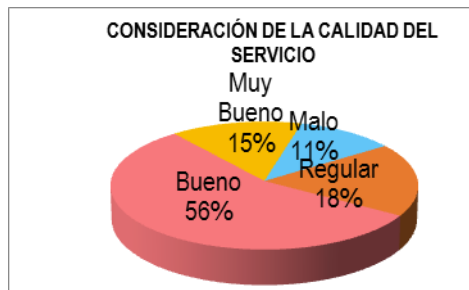
**7.7.1.3 Intereses en la adquisición del servicio.** Se muestra un gran interés por parte de los conductores del municipio del Socorro en la utilización de gas natural vehicular en lugar de gasolina, no obstante los encuestados que manifiestan estar a favor de la implementación de gas natural vehicular aseguran que no han realizado su inversión debido a que actualmente en el municipio solo se cuenta con estaciones de servicio de gasolina y diésel.

**Gráfica 16. Interés en la adquisición del servicio.**



**7.7.1.4 Consideración de la calidad del servicio.** Los conductores del municipio de Socorro no están del todo satisfechos con el uso de gasolina, entre las principales razones manifestadas por los usuarios podemos resaltar: Las altas emisiones de agentes contaminantes hacia el medio, impurezas en la gasolina tales como sólidos y agua, además consideran que el servicio es muy costoso.

**Gráfica 17. Consideración de la calidad del servicio.**



**7.7.1.5 Consideración del valor del servicio.** Es quizás la mayor razón para que los conductores del municipio del Socorro consideren implementar gas natural como sustituto de la gasolina, ya que consideran que el costo actual de la gasolina los está afectando drásticamente, además de las constantes alzas que se presentan.

**Gráfica 18. Consideración del valor del servicio.**



**7.7.1.6 Duración del combustible.** La mayor demanda de gasolina es proveniente para los taxistas, ya que en su mayoría el llenar el tanque en su totalidad solo requiere de 2 o tres días, siendo este gremio el que mayor gasta dinero en la compra de gasolina tal que se muestra a continuación:

**Tabla 30. Días de consumo y costo mensual.**

Tipo de vehículo	Rendimiento full de gasolina (días)	\$ Galón gasolina	Costo mensual
Taxi	2	8.210	1.150.000
Taxi	2	8.210	1.180.000
Taxi	2	8.210	1.125.000
Taxi	2	8.210	1.350.000
Taxi	2	8.210	1.250.000
Taxi	2	8.210	1.150.000
Taxi	2	8.210	1.130.000
Taxi	2	8.210	1.150.000
Taxi	2	8.210	1.150.000
Camioneta	4	8.210	780.000
Campero	5	8.210	500.000
Camioneta	7	8.210	410.000
Vehículo particular	6	8.210	490.000
Campero	9	8.210	370.000
Vehículo particular	5	8.210	480.000
Campero	6	8.210	490.000

Tipo De Vehículo	Rendimiento Full (Día)	\$ Galón Gasolina	Costo Mensual
Camioneta	4	8.210	810.000
Vehículo particular	7	8.210	410.000
Campero	4	8.210	630.000
Camioneta	5	8.210	610.000
Vehículo particular	3	8.210	750.000
Camioneta	4	8.210	735.000
Campero	5	8.210	450.000
Vehículo particular	6	8.210	750.000
Vehículo particular	9	8.210	370.000
Campero	3	8.210	890.000
Camioneta	4	8.210	650.000

Con base en las encuestas realizadas podemos identificar el interés de los habitantes del municipio en el uso del gas natural, donde principalmente los vehículos de servicio público presentan el mayor interés hacia el servicio, además este servicio presenta los tipos de vehículos que recuperarían la inversión inicial en un tiempo menor debido a los largos recorridos que realizan a diario en comparación a los automotores de servicio particular.

## 7.8 POTENCIAL DE CONSUMO DE GAS NATURAL.

Para saber el potencial de consumo es necesario analizar el mercado e identificar los posibles usuarios potenciales, en su mayoría esto depende del tipo de vehículo.

**7.8.1 Mercado potencial.** Los automotores de servicio público son los que recorren mayores distancias, no obstante algunas busetas cuentan con el servicio de diésel, por lo tanto solo se hará especial hincapié en los taxis, ya que estos podrán recuperar la inversión en un tiempo mucho más corto, muy probablemente en un periodo menor de un año como se muestra a continuación:

Recorrido diario promedio: 160 Km/Gal

Costo de consumo de gasolina: \$39537

Costo usando GNCV: \$21929  
Ahorro diario: \$ 17608  
Ahorro mensual (30 días): \$ 528240  
Costo aproximado de la inversión: \$ 2810000  
Costo de la inversión: \$ 3632000  
Precio de la gasolina: \$ 8210/Galón  
Precio del GNCV: \$ 1310/m3  
Periodo de pago: 7 meses

Con base en datos estadísticos relacionados con la adquisición del gas natural vehicular por parte de los conductores tanto de servicio público y particular, como el interés por parte de los propietarios en realizar la inversión podemos, además de la asesoría brindada por estaciones de servicio tales como: Estación de servicio San Pablo (Km 4 Vía Autopista Lebrija-Bucaramanga), estación de servicio TransLebrija (Calle 12 No. 17-116 Barrio María Paz Lebrija-Santander), estación de servicio el Carmen (Avenida los caneyes), estación de servicio San Pedro (Km 7 vía Piedecuesta), además de la asesoría de la empresa Gas móvil (carrera 21 número 46-50, Bucaramanga) podemos definir nuestro mercado objetivo el cual corresponde al gremio de los taxistas, por otra parte tanto las estaciones de servicio así como Gas móvil, gracias a su experiencia nos han sugerido que de acuerdo a la ubicación del municipio del socorro y teniendo en cuenta las distancias a los municipios de San Gil y Barbosa se podría alcanzar un porcentaje de conversión de un 65% por parte del gremio taxista el cual corresponde a nuestro mercado potencial.

**Tabla 31. Mercado potencial 1.**

<b>Mercado potencial.</b>	
Servicio público (taxis)	65%
Servicio particular	35%

**7.8.2 Potencial de vehículos a ser convertidos a GNCV.** Con base en el mercado potencial esperado y conociendo el número de automotores en el municipio podemos definir:

**Tabla 32. Mercado potencial 2.**

<b>Potencial de vehículos a ser convertidos a GNCV.</b>	
Taxis	384
Servicio particular	1167

**7.8.3 Consumo promedio.** A la hora de instalar un tanque existen varias opciones, pero quizás las más comunes son los de 40 y 50 litros de gas natural, por ejemplo en el caso de los tanques de 50 litros equivalen a 12,5 metros cúbicos de gas natural, estos 12,5 metros cúbicos a su vez equivalen a 3,6 galones de gasolina.

**Tabla 33. Consumo promedio.**

<b>TIPO DE VEHÍCULO.</b>	<b>GAL/DÍA (GASOLINA).</b>	<b>M3/DÍA (GNCV)</b>	<b>M3/MES (GNCV).</b>
Taxis.	4,82	16,74	502,2
Camperos, camionetas y vehículos particulares.	2,39	8,30	249

**7.8.4 Consumo promedio diario.** Con base en el consumo promedio diario en el caso de taxis quienes representan el mercado potencial existente podemos definir la demanda diaria de gas natural vehicular.

**Tabla 35. Consumo promedio total.**

<b>CONSUMO PROMEDIO DIARIO M3/DÍA.</b>		
Taqueos	M3 (vehículo)	M3/día
384	16,74	6428

**7.8.5 Análisis financiero del proyecto.** A continuación se presenta un análisis con base en los diferentes costos que implica el montaje de una estación de servicio de gas natural para uso vehicular.

**7.8.5.1 Costo de la inversión.** Se presenta el costo de los activos fijos necesarios imprescindibles para el montaje de la estación de servicio.

**Tabla 34. Costo de activos fijos.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Terreno en la zona industrial.	2.100 m2	350.000	735.000.000
* Parte eléctrica (planta de emergencia, subestación, iluminación).	1	350.000.000	350.000.000

** Equipos sistema Booster – Compresor, 2 surtidores de dos mangueras cada uno.	1	490.000.000	490.000.000
*** Labores civiles (edificación y placa de concreto).	-	230.000.000	230.000.000
**** Cilindros de almacenamiento. (12192x2438x1400mm).	18	80.000.000	1.440.000.000
*****Otros (Permisos, licencias, planos e imprevistos).	-	40.000.000	40.000.000
***** Tracto mula y tráiler.	1	390.000.000	390.000.000
***** Accesorios (tuberías de acero, uniones, acoples etc.).	-	160.000.000	160.000.000
Costo de la inversión:		\$ 3.835.000.000	

A continuación se presenta una referencia sobre el precio de los costos iniciales:

\* Parte eléctrica cotizada en Gas móvil (Carrera 21 número 46-50, Bucaramanga), estación de servicio San Pablo (Km 4 vía autopista Lebrija-Bucaramanga).

\*\* Booster-Compresor tiene un costo de unos \$350.000.000, cada surtidor tiene un precio de \$70.000.000, cotización hecha en Gas móvil (Carrera 21 número 46-50, Bucaramanga).

\*\*\* Labores civiles sugeridas y referenciadas por la estación de servicio TransLebrija (calle 12 números 17-116 Barrio María paz Lebrija, Santander).

\*\*\*\* Cilindros de almacenamiento de (12192x2438x1400mm), número de modelo: Cngpz25-4000-610.

\*\*\*\*\* Permisos, licencias, planos e imprevistos, este monto fue sugerido por la estaciones de servicio TransLebrija (calle 12 números 17-116 Barrio María paz Lebrija, Santander) y San Pablo (Km 4 vía autopista Lebrija-Bucaramanga).

\*\*\*\*\* Se cotizo un camión de 6 ejes de referencia International Eagle 9400i.

\*\*\*\*\* Los posibles accesorios fueron sugeridos y referenciados por la empresa Gas móvil (Carrera 21 número 46-50, Bucaramanga).

**7.8.5.2 Costos de operación, administración y manutención.** Serán los costos que se van a presentar una vez la estación entre en funcionamiento, tendremos en cuenta una inflación del 3,8% anual la cual corresponde al promedio en los últimos cinco años, en lo concerniente al precio del gas natural se tendrá presente un aumento del 3,5% anual, el cual corresponde a un valor promedio en los últimos tres años.

**Tabla 35. Costo de operación.**

COSTO DE OPERACIÓN (MES)		%
Compra de gas	x	-
Servicio de isleros	15.666.499	-
Gastos del camión	10.500.000	-
Conductor	1.400.000	-
Total	x+27.566.499	100

**Tabla 36. Administración.**

ADMINISTRACIÓN (MES)		%
Personal	3.615.000	15,87
Servicios	16.871.614	74,08
Documentación	482.050	2,116
Impuestos	1.807.673	7,937
Total	22.776.337	100

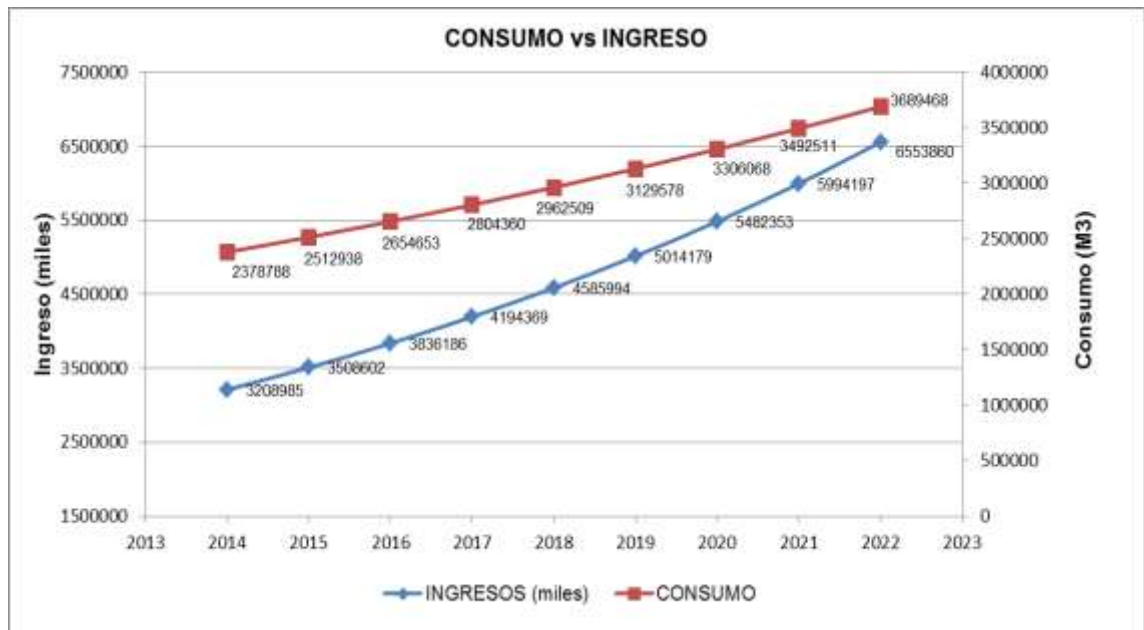
**Tabla 37. Costo de manutención.**

MANUTENCIÓN (MES)		%
Utensilios	965.000	16,68
Asesoría técnica	4.820.461	83,32
Total	5.785.461	100

**7.9 EXPECTATIVAS SOBRE EL CONSUMO.**

Basados en datos estadísticos tales como, nuevos usuarios vinculados a gas natural en la región, simpatía por parte de los usuarios con la implementación así como la información brindada por la estación de servicio San Pablo, se espera obtener un incremento en las ventas de un 0,5% mensual.

**Figura 10. Demanda proyectada.**

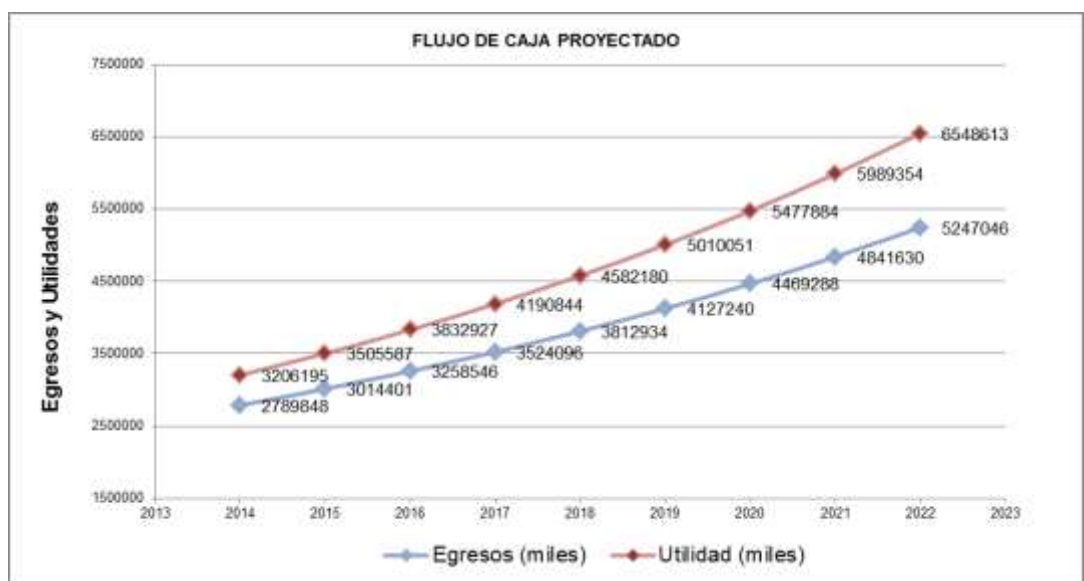


**Tabla 38. Consumo proyectado.**

Año	Consumo (m3)	Año	Consumo (m3)	Año	Consumo (m3)
2014	2.378.788	2017	2.804.360	2020	3.306.068
2015	2.512.938	2018	2.962.509	2021	3.492.511
2016	2.654.653	2019	3.129.578	2022	3689.468

**7.9.1 Ingresos.** Se presenta a continuación un esquema donde refleja al aumento significativo en las ventas, a pesar de tener como base un aumento en las ventas de un 0,5% mensual, así como un aumento en los precios del 3,5% mensual.

**Figura 11. Ingresos recibidos.**



**Tabla 41. Ingresos en las ventas (miles).**

Año	Ingresos (miles)
2014	3208985
2015	3508602
2016	3836186
2017	4194369
2018	4585994
2019	5014179
2020	5482353
2021	5994197
2022	6553860

**7.9.2 TIR y Tiempo de pago del proyecto.** Para el caso de los 9 años proyectados se podría alcanzar un valor de TIR (tasa interna de retorno) del 12% es decir, hace referencia a la rentabilidad que el proyecto suministraría en base a cualquier peso invertido.

**Tabla 39. Utilidad del proyecto.**

Variable	Resultado
TIR	12%
VPN	1.389.001.648
Tiempo de pago	6 años

## 8. CONCLUSIONES

- Los subsidios que el gobierno otorga a este tipo de proyectos se ven reflejados en la disminución de la tarifa, permitiendo al usuario un ahorro significativo en contraste con la distribución de GLP por cilindros. Sin embargo de no contar con dicho recurso la reducción del costo seguiría existiendo pero en proporciones más bajas.
- El diseño para que cumpliera técnica y económicamente tuvo como fundamento seguir lo estipulado en las normas NTC de las cuales se obtuvo una gran noción a la hora de escoger los implementos como, por ejemplo, saber que se debía emplear tubería de mediana densidad capaces de manejar presión bajas debido al uso que se le iba a dar, tubería de polietileno por su practicidad, el de diámetro de 2" pulgadas para la red troncal representada por mallas y de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para los anillos, los cuales son los encargados de llevar el gas hasta la acometida del usuario; estos fueron tomados por recomendación de empresas operadoras y corroborados por el software.
- La implementación de estos tipos de proyectos no requieren de licencia ambiental debido a que el gas natural es considerado un servicio de primera necesidad, por lo tanto, lo que se debe presentar ante los entes de control es un plan de manejo ambiental en el cual se establecerá las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar y compensar los posibles efectos o impactos ambientales; El plan de contingencia para las redes domiciliarias y para la estación de servicio se diseñaron basados en la distribución por barrios del municipio, en donde se tuvo en cuenta el estado de las vías de segundo y tercer orden, la densidad de población y la zona industrial.

- Se espera una mayor utilidad en la EDS conforme pasa el tiempo, debido a la demanda proyectada por parte de los usuarios que prefieren el uso de gas natural como sustituto de la gasolina, dadas las ventajas económicas y ambientales. Sin embargo esto estaría sujeto al buen servicio que debería prestar el taller encargado de las conversiones vehiculares.
- La configuración más apropiada para el diseño de la red domiciliaria para el municipio fue tipo malla, porque mediante esta se garantiza el abastecimiento para la población actual y proyectada, además se tuvo en cuenta la tendencia de expansión que presenta el municipio debido a la presencia de una falla geológica y de varias riachuelos.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio acerca del montaje de la estación de servicio de gas natural en una de las estaciones existentes, las cuales únicamente suministran combustibles líquidos.
- Para poder obtener el aumento proyectado en los usuarios de gas natural comprimido para uso vehicular es importante realizar un convenio con una empresa que realice adecuadamente la conversión de los carros, debido a que en otras zonas la mala prestación de este servicio estanca la iniciativa de la población que no tiene este servicio.
- Las diferentes proyecciones para la determinación del consumo promedio por vivienda, el aumento de la población y lo que esto implica en el estudio económico se realizó con datos del esquema de ordenamiento territorial del año 2005, debido a esto sería beneficioso retomar los cálculos de este con un próximo censo.

## BIBLIOGRAFÍA

ARANGO CHACON, Viviana Marcela y PUENTES MEDINA, Edgard. Evaluación técnica y financiera para la construcción de redes domiciliarias de suministro de GLP para el municipio de la Esperanza, del departamento de Norte de Santander. Trabajo de grado Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2013. 269p.

COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS. Compresión y transporte de gas natural comprimido – GNC -: propuesta regulatoria para consulta. Documento CREG – 048.

LAGOS COLMENARES, Marcela, BAYONA CARDENAS Viviana Marcela. Ingeniería conceptual para el diseño de la red de transporte de gas domiciliario en el corregimiento de Yarima. Trabajo de grado Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2012. 150p.

MARTÍNEZ, Marcías J. Cálculos de tuberías y redes de gas. [En línea] ICONSA (Ingenieros Consultores y Asociados C:A) s.f. [citado: 8 Nov. 2013] Disponible en internet: <http://es.scribd.com/doc/132020592/Calculo-de-Tuberia-y-Redes-de-Gas-Marcias-Martinez>

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIO PUBLICOS DOMICILIARIOS. Informe de evolución de tarifas del servicio de gas combustible por red segundo semestre de 2007.

UYASABA MORENO, Luis Arturo. Estudio de factibilidad técnica y económica para el suministro de gas natural comprimido domiciliario en el municipio de San Gil,

Santander. Trabajo de grado Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2011. 155p.

ZAMUDIO BACCA, José Alberto. Estudio técnico y económico para la construcción de una estación de gas natural comprimido vehicular en el Norte del departamento de Casanare. Monografía de Investigación Especialización en Ingeniería del Gas, Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, 2008. 63p.

## ANEXOS

### ANEXO A. DISEÑO DE LOS ANILLOS DE LA RED DOMICILIARIA DE GAS NATURAL

**Figura 1. NODO 1.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

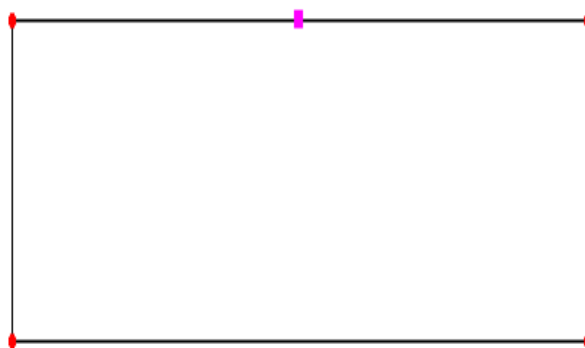
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 20,724psig

Ecuación utilizada = Müller



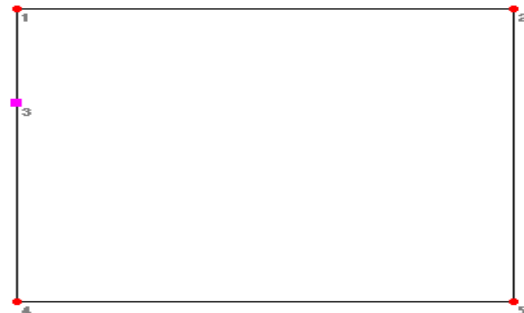
Tramo	Caudal, (MMpc/día)
2--3	0,003528
3--5	0,001762
4--5	0,000004
1--4	0,00177
1--2	-0,003536

Nodo	Presión, (psi)
1	19,375
2	20,724
3	19,373
4	19,185
5	19,185

Fuente: autor

**Figura 2. Nodo 2.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 20,724 psig  
 Ecuación utilizada = Müller

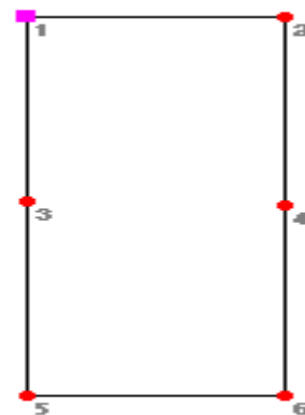


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--3	-0,003811	1	20,148
1--2	0,002045	2	19,523
2--5	0,000279	3	20,724
4—5	0,001487	4	19,845
3—4	0,003253	5	19,513

Fuente: autor

**Figura 3. Nodo 3.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 20,728 psig  
 Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1—3	0,003909	1	20,728
3—5	0,002313	2	18,855
5—6	0,000717	3	18,723
4—6	0,000879	4	18,002
2—4	0,002475	5	17,952
1—2	0,004071	6	17,891

Fuente: autor

**Figura 4. Nodo 4.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

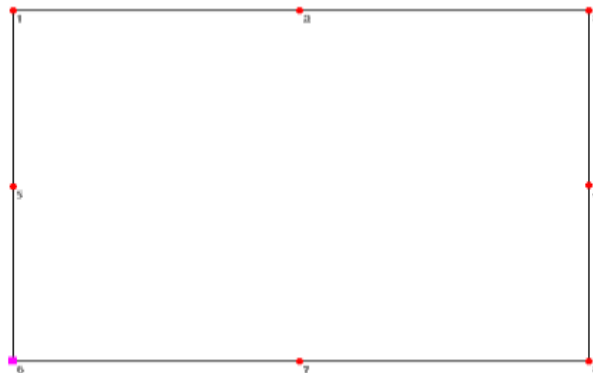
Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia



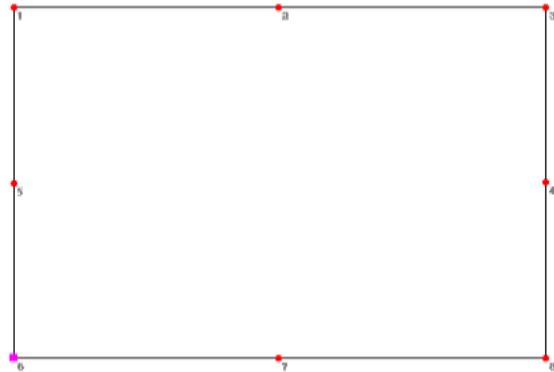
Presión fuente = 20,749 psig  
 Ecuación utilizada = Müller

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--6	-0,004513	1	16,806
1--2	0,003263	2	15,808
2--3	0,002013	3	15,414
3--4	0,000763	4	15,355
4--5	-0,000487	5	15,378
5--9	-0,001737	6	20,749
8--9	0,002987	7	18,199
7--8	0,004237	8	16,506
6--7	0,005487	9	15,664

Fuente: autor

**Figura 5. Nodo 5.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad específica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 22,317 psig  
 Ecuación utilizada = Müller

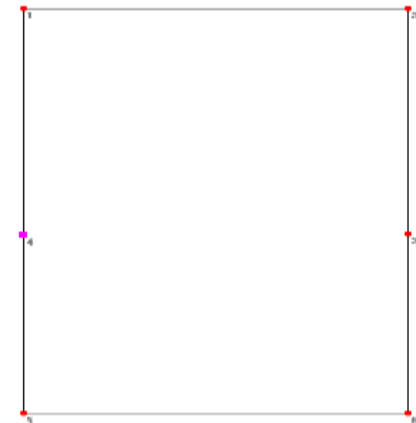


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
6--7	0,004637	1	20,022
7--8	0,003243	2	19,564
4--8	-0,001849	3	19,489
3--4	-0,000455	4	19,501
2--3	0,000939	5	20,837
5--6	-0,005121	6	22,317
1--5	-0,003727	7	20,591
1--2	0,002333	8	19,707

Fuente: autor

**Figura 6. Nodo 6.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 20,694 psig  
 Ecuación utilizada = Müller

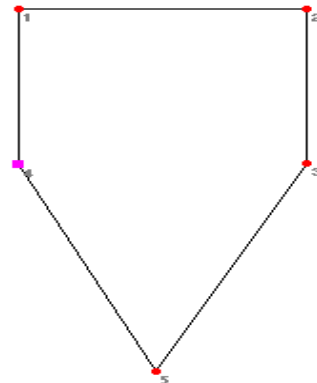


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--4	-0,003916	1	20,151
1--2	0,00232	2	19,895
2--3	0,000724	3	19,876
3--6	-0,000872	4	20,694
5--6	0,002468	5	20,188
4--5	0,004064	6	19,898

Fuente: autor

**Figura 7. Nodo 7.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 20,443 psig  
 Ecuación utilizada = Müller

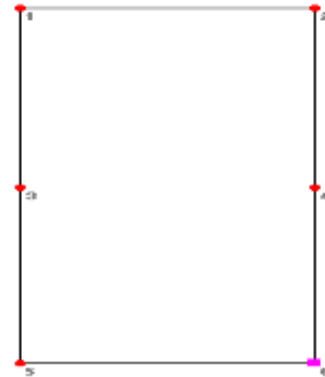


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,001914	1	20,217
2--3	0,000148	2	20,139
3--5	-0,001618	3	20,139
4--5	0,003384	4	20,443
1--4	-0,00368	5	20,164

Fuente: autor

**Figura 8. Nodo 8.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 21,138 psig  
 Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,000777	1	18,526
2--4	-0,002373	2	18,598
4--6	-0,003969	3	18,61
5--6	-0,004011	4	19,291
3--5	-0,002415	5	19,32
1--3	-0,000819	6	21,138

Fuente: autor

**Figura 9. Nodo 9.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 21,022 psig  
 Ecuación utilizada= Müller

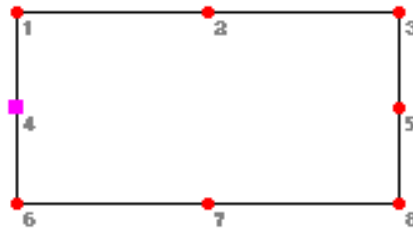


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,001639	1	20,102
2--3	0,000769	2	19,79
3--5	-0,000101	3	19,719
5--8	-0,000971	4	20,458
7--8	0,001841	5	19,72
6--7	0,002711	6	21,022
4--6	-0,003379	7	20,182
1--4	-0,002509	8	19,768

Fuente: autor

**Figura 10. Nodo 10.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 21,692 psig  
 Ecuación utilizada = Müeller

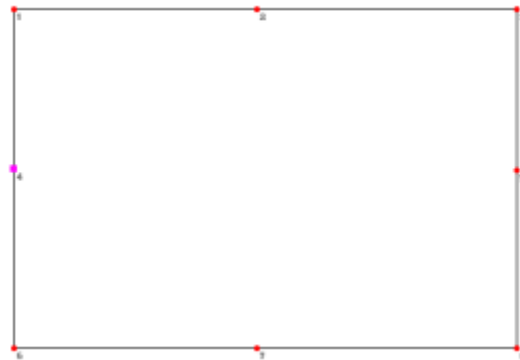


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,002175	1	21,188
2--3	0,001305	2	20,686
3--5	0,000435	3	20,504
5--8	-0,000435	4	21,692
7--8	0,001305	5	20,494
6--7	0,002175	6	21,188
4--6	0,003045	7	20,686
1--4	-0,003045	8	20,504

Fuente: autor

**Figura 11. Nodo 11.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 20,454psig  
 Ecuación utilizada = Müeller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,004568	1	19,149
2--3	0,00276	2	18,096
3--5	0,000952	3	17,676
5--8	-0,000856	4	20,454
7--8	0,002664	5	17,645
6--7	0,004472	6	19,033
4--6	0,00628	7	18,064
1--4	-0,006376	8	17,672

Fuente: autor

**Figura 12. Nodo 12.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

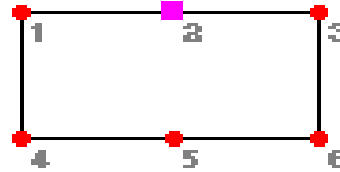
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 19,439psig

Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,005234	1	17,784
2--3	0,005281	2	19,439
3--6	0,003178	3	17,838
5--6	-0,001075	4	17,204
4--5	0,001028	5	17,138
1--4	0,003131	6	17,207

Fuente: autor

**Figura 13. Nodo 13.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

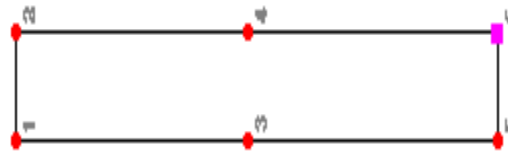
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 19,417psig

Ecuación utilizada = Müller

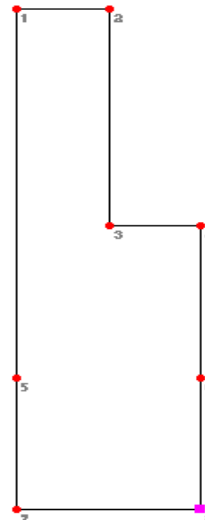


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
2--4	-0,001309	1	18,428
4--6	-0,002426	2	18,43
5--6	-0,003159	3	18,535
3--5	-0,002042	4	18,646
1--3	-0,000925	5	19,085
1--2	-0,000192	6	19,417

Fuente: autor

**Figura 14. Nodo 14.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 20,137psig  
 Ecuación utilizada = Müller

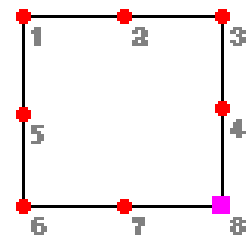


Tramo	Caudal, (MMpc/dia)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,000543	1	17,876
2--3	-0,000514	2	17,863
3--4	-0,001571	3	17,898
4--6	-0,002628	4	18,506
6--8	-0,003685	5	18,439
7--8	-0,003714	6	19,12
1--5	-0,0016	7	18,918
5--7	-0,002657	8	20,137

Fuente: autor

**Figura 15. Nodo 15.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad especifica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98



Tramo	Caudal, (MMpc/dia)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,000925	1	19,852
2--3	-0,002733	2	19,856
3--4	-0,004541	3	19,89
4--8	-0,006349	4	19,979
7--8	-0,006307	5	19,856
6--7	-0,004499	6	19,887

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 20,161psig

Ecuación utilizada = Müller

5--6	-0,002691	7	19,981
1--5	-0,000883	8	20.161

Fuente: autor

### Figura 16. Nodo 16.

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

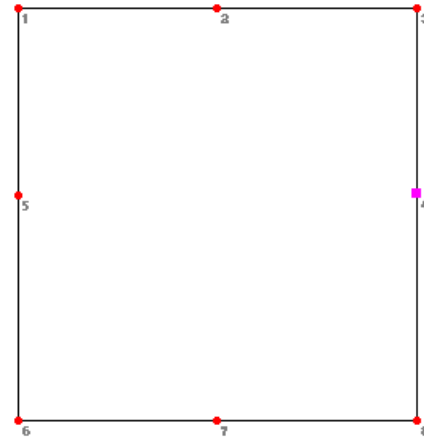
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 20,161psig

Ecuación utilizada = Müller



Fuente: autor

### Figura 17. Nodo 17.

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

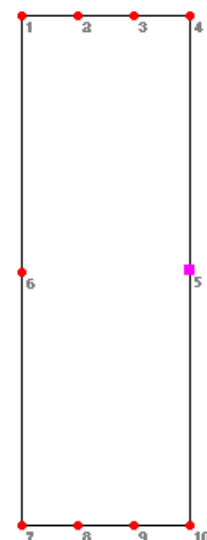
Diámetro tubería = 3/4 “

Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,001355	1	20,103
2--3	-0,002225	2	20,11
3--4	-0,003095	3	20,129
4--8	0,002995	4	20,161
7--8	-0,002125	5	20,103
6--7	-0,001255	6	20,103
5--6	-0,000385	7	20,109
1--5	0,000485	8	20,125



Presión fuente = 20,37psig  
 Ecuación utilizada = Müeller

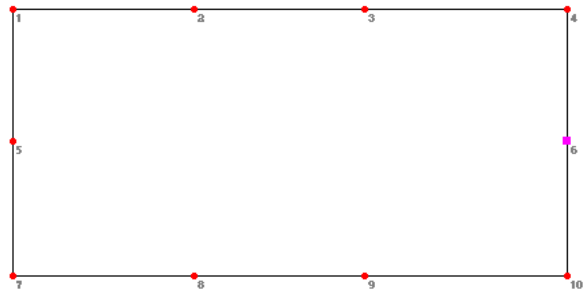
Fuente: autor

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,001328	1	19,649
2--3	-0,002213	2	19,663
3--4	-0,003098	3	19,703
4--5	-0,003983	4	19,781
5--10	0,003982	5	20,37
9--0	-0,003097	6	19,641
8--9	-0,002212	7	19,648
7--8	-0,001327	8	19,663
6--7	-0,000442	9	19,703
1--6	0,000443	10	19,782

**Figura 18. Nodo 18.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad específica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente = 20,177psig  
 Ecuación utilizada = Müeller

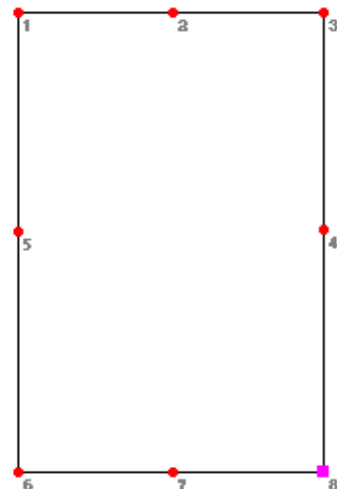
Fuente: autor



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,001332	1	17,899
2--3	-0,002217	2	18,044
3--4	-0,003102	3	18,419
4--6	-0,003987	4	19,279
6--10	0,003978	5	17,887
9--10	-0,003093	6	20,177
8--9	-0,002208	7	17,899
7--8	-0,001323	8	18,042
5--7	-0,000438	9	18,414
1--5	0,000447	10	19,265

**Figura 19. Nodo 19.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad específica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia



Presión fuente = 19,496psig

Ecuación utilizada = Müller

Fuente: autor

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,000304	1	18,078
2--3	-0,001385	2	18,082
3--4	-0,002466	3	18,171
4--8	-0,003547	4	18,588
7--8	-0,00402	5	18,118
6--7	-0,002939	6	18,371
5--6	-0,001858	7	18,774
1--5	-0,000777	8	219,496

**Figura 20. Nodo20.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

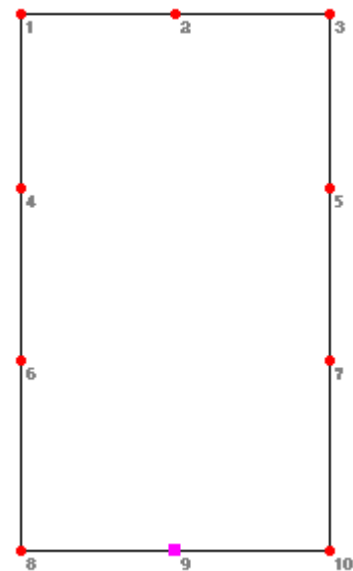
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 19,94psig

Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,000447	1	18,337
2--3	-0,000447	2	18,328
3--5	-0,001341	3	18,337
5--7	-0,002235	4	18,43
7--10	-0,003129	5	18,43
9--10	0,004023	6	18,684
8--9	-0,004023	7	18,684
6--8	-0,003129	8	19,226
4--6	-0,002235	9	19,94
1--4	-0,001341	10	19,226

Fuente: autor

**Figura 21. Nodo 21.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

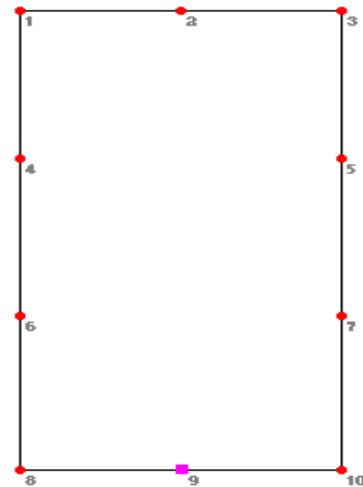
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 19,418psig

Ecuación utilizada = Müller



Fuente: autor

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,000064	1	19,383
2--3	-0,000066	2	19,383
3--5	-0,000196	3	19,383
5--7	-0,000326	4	19,385
7--10	-0,000455	5	19,385
9--10	0,000585	6	19,391
8--9	-0,000583	7	19,391
6--8	-0,000453	8	19,403
4--6	-0,000323	9	19,418
1--4	-0,000194	10	19,403

**Figura 22. Nodo 22.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

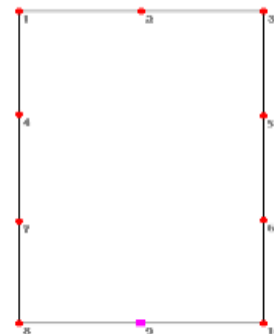
Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,000065	1	21,236
2--3	-0,000065	2	21,236
3--5	-0,000195	3	21,236
5--6	-0,000324	4	20,698
6--10	-0,000454	5	20,698
9--10	-0,000584	6	21,243
8--9	-0,000584	7	21,243
7--8	-0,000454	8	21,252

Presión fuente = 21,267psig

Ecuación utilizada = Müller

4--7	-0,000325	9	21,267
1--4	-0,000195	10	21,252

Fuente: autor

**Figura 23. Nodo 23.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

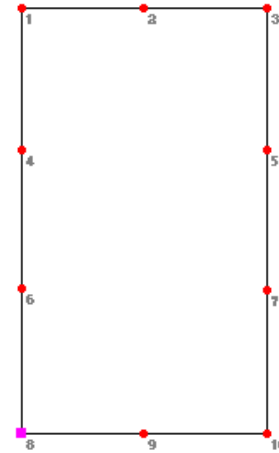
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 21,37psig

Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,001828	1	18,357
2--3	0,00053	2	18,212
3--5	-0,000768	3	18,2
5--7	-0,002066	4	18,847
7--10	-0,003364	5	17,69
9--10	0,004662	6	19,785
8--9	0,00596	7	18,443
6--8	-0,005722	8	21,37
4--6	-0,004424	9	19,929
1--4	-0,003126	10	19,015

Fuente: autor

**Figura 24. Nodo 24.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

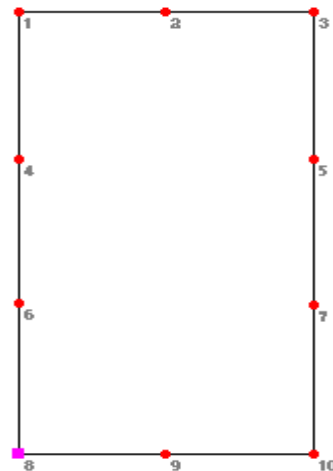
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente = 21,37psig

Ecuación utilizada = Müller



Fuente: autor

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,004042	1	18,357
2--3	0,003148	2	18,212
3--4	0,002254	3	18,2
4--6	0,00136	4	18,847
6--10	0,000466	5	17,69
9--10	0,000428	6	19,785
8--9	0,001322	7	18,443
7--8	0,002216	8	21,37
5--7	0,00311	9	19,929
1--5	0,004004	10	19,015

**Figura 25. Nodo 25.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

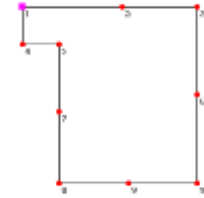
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente 20,003psig

Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
2--3	0,002736	1	20,003
3--6	0,001842	2	19,302
6--10	0,000948	3	18,998
9--10	-0,000054	4	19,615
8--9	0,00084	5	19,19
7--8	0,001734	6	18,836
5--7	0,002628	7	18,837
4--5	0,003522	8	18,819
1--4	0,004416	9	18,792
1--2	0,00363	10	18,792

Fuente: autor

**Figura 26. Nodo 26.**

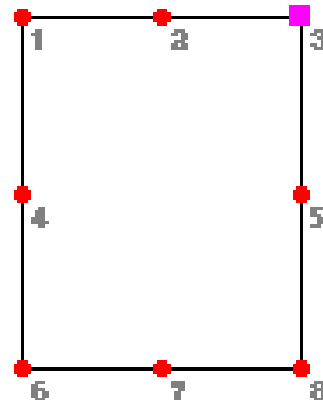
Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F



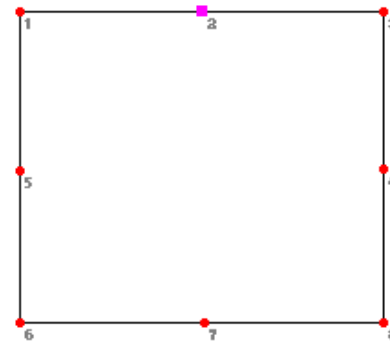
Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente 19,955psig  
 Ecuación utilizada = Müller

Fuente: autor

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--5	-0,005848	1	18,792
1--2	0,00455	2	18,118
2--3	0,003252	3	19,955
3--4	0,001954	4	17,634
4--6	0,000656	5	17,761
6--10	-0,000642	6	17,619
9--10	0,00194	7	18,782
8--9	0,003238	8	18,112
7--8	0,004536	9	17,759
5--7	0,005834	10	17,634

**Figura 27. Nodo 27.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad específica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente 20,805psig  
 Ecuación utilizada = Müller



Fuente: autor

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1—2	-0,0042	1	20,309
2—3	0,004207	2	20,805
3—4	0,003006	3	20,312
4—8	0,001805	4	220,091
7—8	-0,000604	5	20,089
6—7	0,000597	6	20,013
5—6	0,001798	7	20,002
1—5	0,002999	8	20,013

**Figura 28. Nodo 28.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

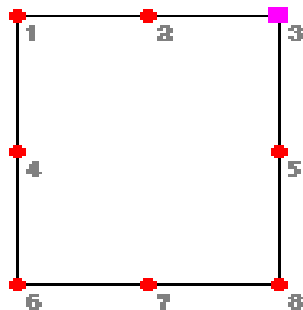
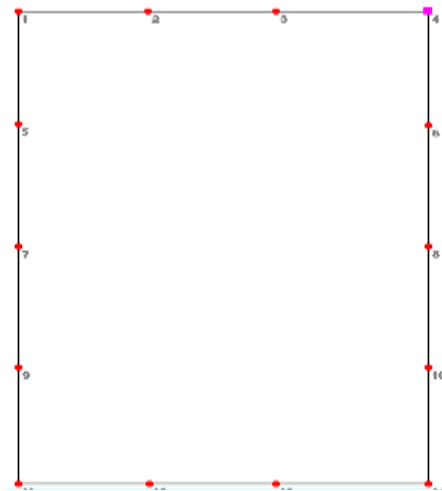
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente 20,406 psig

Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,003132	1	18
2--3	-0,003819	2	18,497
3--4	-0,004506	3	19,251
4--6	0,004425	4	20,406
6--8	0,003738	5	17,657
8--10	0,003051	6	19,338
10--14	0,002364	7	17,463
13--14	-0,001677	8	18,506
12--13	-0,00099	9	17,392
11--12	-0,000303	10	17,94
9--11	0,000384	11	17,383
7--9	0,001071	12	17,388
5--7	0,001758	13	17,437
1--5	0,002445	14	17,609

Fuente: autor

**Figura 29. Nodo 29.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

Eficiencia de flujo= 0,98

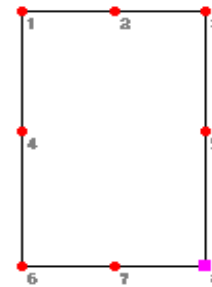
Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente 19,418psig  
 Ecuación utilizada = Müller

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,003132	1	18,75
2--3	-0,003819	2	18,98
3--5	-0,004506	3	19,418
5--8	0,004425	4	18,637
7--8	0,003738	5	118,93
6--7	0,003051	6	18,621
4--6	0,002364	7	18,626
1--4	-0,001677	8	18,691

Fuente: autor

**Figura 30. Nodo 30.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad específica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia  
 Presión fuente 19,418psig  
 Ecuación utilizada = Müller

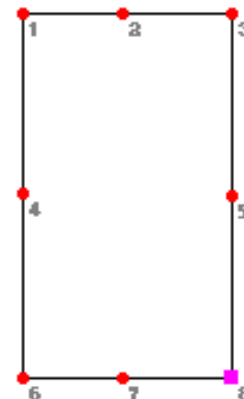


Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	-0,000302	1	18,577
2--3	-0,001402	2	18,579
3--5	-0,002502	3	18,63
5--8	-0,003602	4	18,601
7--8	-0,004098	5	18,876
6--7	-0,002998	6	18,753
4--6	-0,001898	7	18,99
1--4	-0,000798	8	19,418

Fuente: autor

**Figura 31. Nodo 31.**

Temperatura de flujo= 75,5° F  
 Gravedad específica= 0,735  
 Diámetro tubería = 3/4 “  
 Eficiencia de flujo= 0,98  
 Temperatura base = 60°F  
 Presión base = 14,7 psia



Presión fuente 19,453psig

Ecuación utilizada = Müller

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
2--3	-0,001895	1	17,709
3--5	-0,003425	2	17,713
5--8	-0,004955	3	18,343
7--8	-0,005755	4	17,772
6--7	-0,004225	5	18,344
4--6	-0,002695	6	18,014
1--4	-0,001165	7	18,562
1--2	-0,000365	8	19,453

Fuente: autor

**Figura 32. Nodo 32.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad específica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

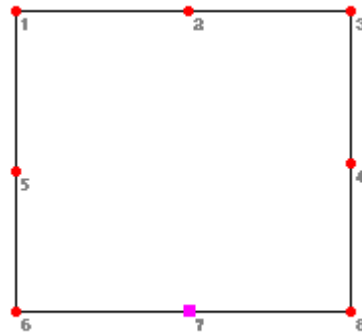
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente 19,519psig

Ecuación utilizada = Müller



Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,000576	1	18,117
2--3	-0,000625	2	18,1
3--4	-0,001826	3	18,119
4--8	-0,003027	4	18,27
7--8	0,004228	5	18,268
6--7	-0,004179	6	18,636
5--6	-0,002978	7	19,519
1--5	-0,001777	8	18,688

Fuente: autor

**Figura 33. Nodo 33.**

Temperatura de flujo= 75,5° F

Gravedad especifica= 0,735

Diámetro tubería = 3/4 “

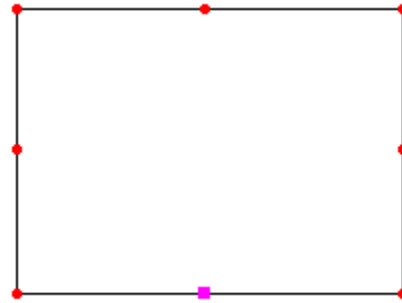
Eficiencia de flujo= 0,98

Temperatura base = 60°F

Presión base = 14,7 psia

Presión fuente 19,524psig

Ecuación utilizada = Müller



Fuente: autor

Tramo	Caudal, (MMpc/día)	Nodo	Presión, (psi)
1--2	0,000621	1	18,012
2--3	-0,00058	2	17,99
3--5	-0,001781	3	18,01
5--8	-0,002982	4	18,152
7--8	0,004183	5	18,144
6--7	-0,004224	6	18,544
4--6	-0,003023	7	19,524
1--4	-0,001822	8	18,511

## **Anexo B. Normatividad vigente para establecer la documentación del plan de manejo ambiental.**

**1. Entes de control.** Como antes se indicó, la Ley 142 de 1994 asignó al Ministerio de Minas y Energía las funciones de planificación del sector gas. A continuación se resumen las principales responsabilidades de cada institución que tienen como función regular el gas en Colombia.

**Tabla 3. Entidades gubernamentales.**

<b>ENTIDAD</b>	<b>FUNCION</b>
Ministerio de Minas y Energía	Señalar requisitos técnicos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos que utilicen las empresas de servicios públicos, cuando sea necesario para garantizar la calidad del servicio.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Encargado la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación.
Corporaciones Autónomas Regionales Ambientales.	Encargadas de otorgar y rechazar las solicitudes de licenciamiento, definiendo el tipo de estudio ambiental a realizar por el solicitante.
Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG.	Regula el ejercicio de las actividades de los sectores de energía y gas combustible para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente.
Unidad de Planeación Minero Energética – UPME.	Imparte aprobación o desaprobación a los planes de gestión de las respectivas empresas del sector.
Súper Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSP.	Vigila y controla el cumplimiento de las Leyes y actos administrativos a que están sujetos quienes prestan servicios públicos.
Superintendencia de Industria y Comercio – SIC.	Es el organismo de carácter técnico destinada a la acreditación, coordinación y supervisión de los aspectos de calidad relacionados con la fabricación de equipos y accesorios utilizados en el sector.

Fuente: El autor.

**2.1. Marco legal.** En Colombia ya es un hecho volver realidad las proyecciones que se hicieron años atrás acerca de una energía que ofrezca a las ciudades mejores estándares ambientales y económicos, la representación de esto se refleja en el plan de masificación del gas natural el cual tiene como objetivo general la diversificación de los usos del gas, no solo en el sector doméstico, comercial e industrial sino también como una opción de combustible en el transporte, buscando fomentar una sustitución de los combustibles tradicionales dado al inminente daño ambiental ocasionados por estos.

Todos los procesos involucrados en llevar a cabo la producción, transporte y la distribución del gas natural, deben estar ceñidos a unas normas y leyes que rigen todos los aspectos relacionados con estos propósitos. En este libro se tratarán las normatividades que proporcionan parámetros para el diseño y construcción de las redes domiciliarias y la estación de servicio, dentro de las mismas se tendrán en cuenta los materiales utilizados en la elaboración de los diferentes equipos y accesorios, así como para la calidad del gas a ser distribuido.

Actualmente existen normas técnicas y resoluciones reguladas por entidades competentes como lo son:

- NTC: Normas Técnicas Colombianas
- ASME: American Society of Mechanical Engineers
- ANSI: American National Standard Institute
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- API: American Petroleum Institute
- MSS: Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
- NFPA: National Fire Protection Association.

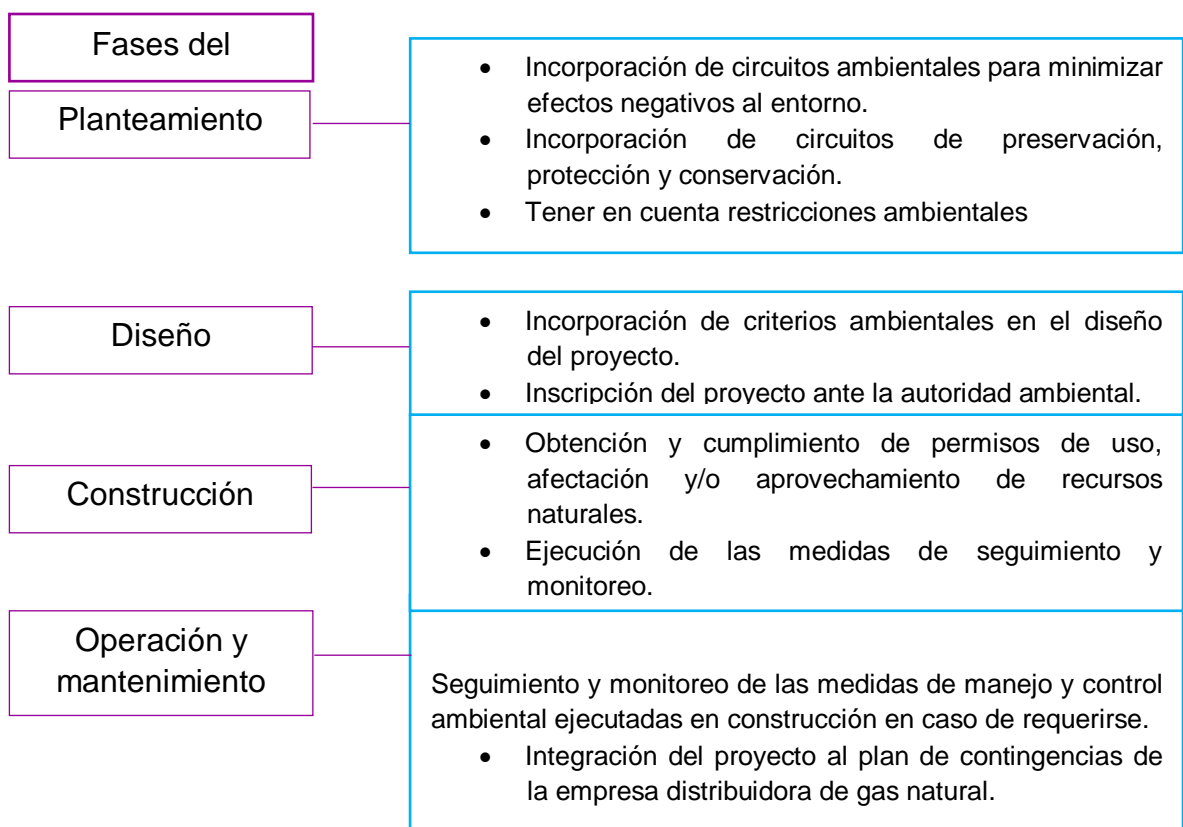
Para la construcción, operación y mantenimiento del sistema de distribución de gas combustible primaran las normas nacionales, Normas Técnicas Colombianas - NTC, y en caso de no existir la NTC correspondiente, se aplican las normas internacionales plenamente reconocidas que regulan y garantizan la segura y correcta operación del sistema. Los diseños se realizarán bajo el soporte de las normas técnicas colombianas y de las resoluciones expedidas por el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio del Medio Ambiente y la Comisión Reguladora de Energía y GAS (CREG).

A continuación referenciamos las principales normas legales y ambientales vigentes, y las normas técnicas nacionales aplicables a proyectos de distribución de gas combustible, pero antes describiré brevemente la ley en la que estas se basan:

Toda norma se desprende de la Ley 142 de 1994 la cual aplica a los servicios públicos domiciliarios; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios referenciados en el artículo 15 de la presente ley y a las actividades complementarias definidas en el capítulo II. En el artículo 14.28 se define como servicio público domiciliario el gas combustible al 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 gasoducto central hasta la instalación de un consumidor final, incluyendo su conexión y medición. También se aplicará esta ley a las actividades complementarias de comercialización desde la producción y transporte de gas por un gasoducto principal, o por otros medios, desde el sitio de generación hasta aquel en donde se conecte a una red secundaria.

Todas las formas de energía tienen un impacto sobre el medio ambiente a través de su ciclo de vida, por tal razón es de vital importancia hacer referencia sobre las implicaciones que tiene el gas natural en el marco regulatorio en Colombia; Este se esquematiza mediante la articulación técnica y ambiental, tiene diferentes fases como lo es el planteamiento, operación y mantenimiento del mismo. Mediante el siguiente esquema se representara la articulación ya mencionada:

**Diagrama 2. Articulación técnica y ambiental.**



Fuente: Autor.

En el caso de la primera fase comprende los diferentes planteamientos que se deben hacer para la creación de un proyecto que incluye la distribución de gas natural, tales como, planteamiento para la operación (a corto, mediano y largo plazo), el mantenimiento (de los componentes del sistema) y el financiero.

En el caso de la segunda fase, el diseño para redes de distribución de gas natural se realiza mediante sistemas abiertos y sistemas cerrados, derivado de esto se debe realizar un trazado de línea, el número de personas beneficiarias por el proyecto, consulta y análisis de la información disponible sobre el municipio, lo que incluye mapas topográficos, geológicos, de proyección poblacional, número de viviendas, especificaciones del tipo de material a utilizar en tuberías y accesorios.

En la tercera fase se encuentra la construcción de un sistema de distribución de gas natural, en el cual se debe fijar las actividades previas a la construcción (tal como la presencia de la empresa ejecutora del proyecto en la zona del mismo), negociación de terrenos para la ejecución de obras civiles (se refiere al proceso de negociación y/u obtención de los permisos de ocupación de terrenos tales en donde se ubicaran las estaciones reguladoras), adecuación de oficinas y centro de acopio, actividades durante la construcción, apertura y conformación del derecho de vía y accesos (usualmente se hace uso de los accesos y vías existentes, dado el caso en que se requiera la adecuación y/o construcción de un acceso nuevo, se procede a realizar actividades como remoción y disposición de material vegetal, apertura de trocha, adecuación del terreno, disposición de material sobrante y obras de drenaje), transporte y tendido de la tubería (polietileno y de acero).

Cabe denotar que un parámetro ambiental fundamental es la adecuación paisajística en la zona de influencia de la obra porque si es alterado este se debe adecuar mediante la ejecución de obras tales como arborización, emperdización y embellecimiento.

Por último la fase final es el mantenimiento del sistema y es importante porque en este se realizan actividades preventivas y correctivas de la red de gas, tanto en acero como en polietileno, las cuales se debe realizar periódicamente para evitar el comportamiento inestable del terreno y garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones.

### 2.1.1. Marco Jurídico De La Gestión Ambiental.

La legislación ambiental aplicable a los proyectos de distribución de gas natural está enmarcada en cuatro grandes bloques normativos, a saber

#### Diagrama 3. Legislación en Colombia.

La constitución política nacional, en un marco legal de carácter supremo y global que recoge gran parte de los enunciados fundamentales sobre el manejo y conservación del medio ambiente

Las leyes del congreso de la República y decretos con fuerza de ley y decretos ley del gobierno nacional, constituyen las normas básicas y políticas a partir de las cuales se desarrolla la reglamentación específica o normatividad.

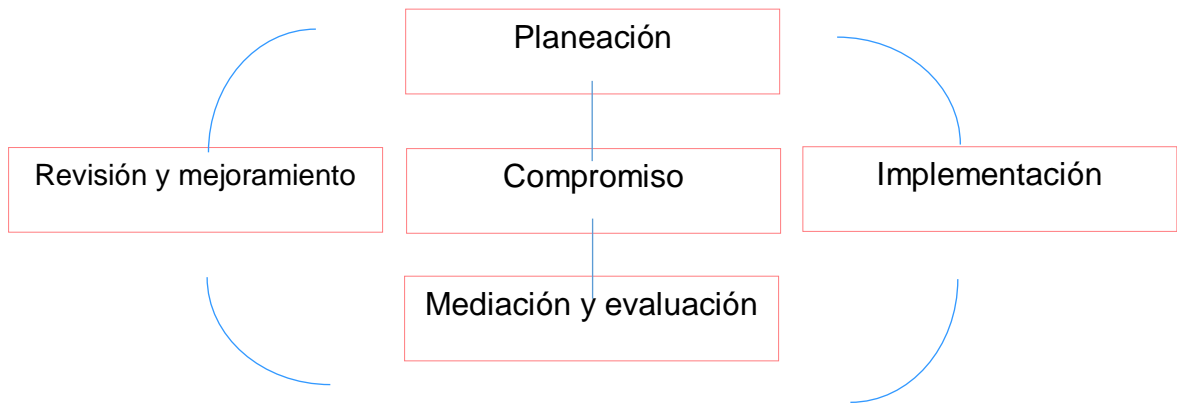
Las regulaciones y requerimientos específicos para los trámites ambientales ante las autoridades competentes.

La normatividad y los acuerdos locales y regionales vigentes.

Fuente: Autor.

**2.1.2. Identificación de Impactos.** Es la metodología de identificación de aspectos e impactos ambientales, se constituye en una herramienta de planificación para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos que han sido previamente identificados con la matriz. En el siguiente diagrama se ilustra en forma simplificada las etapas sucesivas del sistema de gestión ambiental de acuerdo con los principios adoptados:

**Diagrama 4. Etapas del sistema de gestión ambiental.**



Fuente: Autor.

Como se puede observar la palabra “compromiso” debe estar presente en las diferentes etapas del proyecto porque representa la minimización del impacto al entorno y la potencialización de los beneficios sociales y económicos de la población de la zona del proyecto.

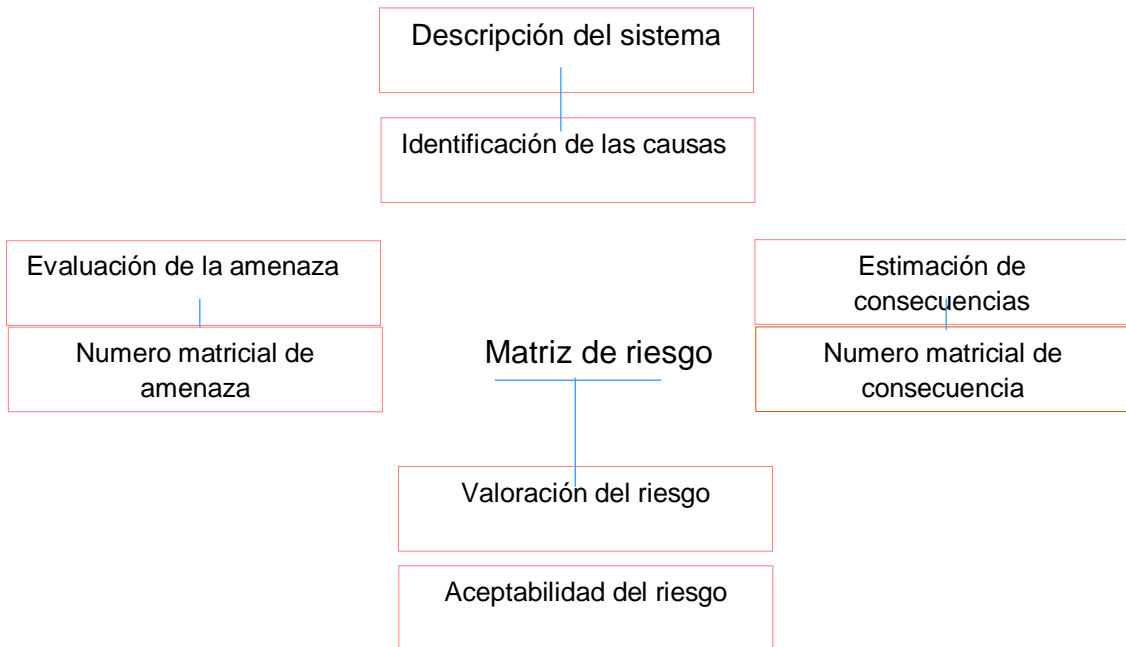
**Tabla 4. Matriz de identificación de Impactos Ambientales.**

ACCIÓN	EFEECTO	IMPACTO
<b>CONSTRUCCIÓN</b>		
Excavación Para Zanjas	Generación de ruidos, gases y polvo	Deterioro de la calidad del aire y ambiente local
	Invasión de vías vehiculares y peatonales	Riesgo y condiciones peligrosas para la circulación vehicular y particular
	Daños a otras redes de servicios públicos	Interrupción de servicios públicos
Disposición De Materiales De Excavación Y Escombros	Arrastre de material particular	Alteración de la calidad del aire y del agua
	Obstaculización de vías vehiculares y peatonales	Riesgo y condiciones peligrosas para el tránsito vehicular y peatonal
Instalación De Tubería	Cierre parcial de vías	Restricción de tráfico vehicular
Relleno De Zanjas Y Adecuación De Vías	Inadecuado relleno y restauración	Condiciones peligrosas para el tránsito vehicular y peatonal

ACCIÓN	EFEECTO	IMPACTO
<b>CONSTRUCCIÓN</b>		
Demanda De Mano De Obra Calificada Y No Calificada	Generación de empleos temporales y fijos	Beneficios económicos mejoran ingresos - calidad de vida. Aumento temporal demanda de insumos, bienes y servicios.
<b>OPERACIÓN</b>		
Suministro De Gas al Municipio de Socorro	Disponibilidad del servicio al 100% de la población del casco urbano	Mejoramiento de la calidad de vida
		Comodidad, disponibilidad continua y seguridad
		Estimula desarrollo comercial e industrial de la región
Demanda de Personal de Oficina y Técnico Calificado	Generación de empleos fijos	Disminución en los índices de empleo del municipio
Accidentes Que Generen Fugas En Redes	Riesgo de explosión e incendio	Posibles alteraciones ambientales
		Daños a la propiedad y riesgo de lesiones personales

Fuente: Proviservicios S.A, modificado por el autor.

**Diagrama 5. Estructura de la matriz de riesgo.**



Fuente: Ecopetrol ICP – modificado por el autor

Para determinar el nivel de daño, se tienen las siguientes categorías:

- Pérdidas o lesiones a personas.
- Perdidas al proceso (instalaciones y equipos)
- Daño al ambiente
- Daño a estructuras (edificaciones, viviendas)

Evaluación del riesgo: es función de la frecuencia de ocurrencia de un evento amenazante y las consecuencias que genera sobre unos elementos vulnerables.

**2.3. Alternativas de Manejo.** A continuación se mostrara la estructura de la ficha que condensa el Plan de Manejo Ambiental para la fase constructiva y operativa de las Redes de Distribución de Gas Natural en el Municipio de Socorro.

**Tabla 5. Matriz de identificación.**

IMPACTO	ACTIVIDADES	TIPO DE MEDIDA	RESPONSABLE
Ocupación temporal del espacio público y afectación del tráfico vehicular y peatonal.	Apertura de la zona de trabajo, transporte y tendido de la tubería, alineación, y prueba para tubería de conducción, excavación de la zanja y disposición de material sobrante, ejecución de cruces especiales, reposición de la zona de trabajo.	Mitigable	Empresa Contratista.
MEDIDA DE MANEJO: 1. Subprograma de manejo del tráfico vehicular y peatonal			
Afectación de los servicios públicos.	Apertura de la zona de trabajo, excavación de la zanja, ejecución de cruces especiales.	Preventiva y/o mitigable	Empresa contratista y Propietario del proyecto.
MEDIDA DE MANEJO: 1. Revisión de los planos y referencia de la infraestructura de servicios públicos existentes dentro de la zona por donde pasará la tubería de gas. Se le solicitará información y se coordinarán las obras con Planeación Municipal. 2. se respetarán las distancias mínimas establecidas a otras redes de servicio público			

y se cumplirá con los parámetros y especificaciones de diseño.			
3. se mantendrá una permanente comunicación entre el contratista, la interventoría y los vecinos de los lugares por donde pase la tubería.			
Riesgo de Accidentalidad	Apertura de la zona de trabajo, transporte y tendido de la tubería, alineación, pega y prueba, excavación de la zanja, tapado de la zanja y disposición de material sobrante, ejecución de cruces especiales, prueba neumática, reposición de la zona de trabajo.	Preventiva	Durante la construcción, la empresa contratista. Durante la operación y mantenimiento de la línea, la empresa de servicios públicos encargada de la operación de la red
MEDIDA DE MANEJO:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programa de información comunitaria.</li> <li>2. Subprograma de tráfico vehicular y/o peatonal.</li> <li>3. Programa de seguridad industrial y salud ocupacional durante la construcción.</li> <li>4. Articulación con el plan de contingencias en operación.</li> </ol>			
Generación de Ruido	Apertura de la zona de trabajo, transporte y tendido de la tubería, alineación, pega y prueba, excavación de la zanja, tapado de la zanja y disposición de material sobrante, ejecución de cruces especiales, reposición de la zona de trabajo, operación y mantenimiento.	Mitigable	La empresa contratista, durante las actividades constructivas y en la operación y mantenimiento del sistema.
MEDIDA DE MANEJO:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para zonas residenciales el uso y operación de equipos para la construcción, se restringirá al periodo diurno.</li> <li>2. En zonas comerciales se podrá trabajar en horario nocturno.</li> <li>3. Los trabajadores expuestos a niveles altos de ruido deberán usar elementos de protección auditiva.</li> </ol>			
Contaminación Atmosférica	Apertura de la zona de trabajo, excavación de la zanja, tapado de la zanja y disposición de material sobrante, ejecución de cruces especiales, reconfiguración de la zona de trabajo.	Mitigable	La empresa contratista. Durante el desarrollo de las actividades constructivas.
MEDIDA DE MANEJO:			

1. Cubrimiento de material almacenado con plásticos para evitar el levantamiento de partículas por acción del viento o su arrastre por la lluvia.
2. Cubrimiento de los vehículos transportadores de escombros con plásticos.

Fuente: Proviservicios S.A., modificado por el autor.

**Tabla 6. Ficha del Plan de Manejo Ambiental.**

IMPACTO	ACTIVIDADES	TIPO DE MEDIDA	RESPONSABLE
Afectación del recurso agua.	Reposición del área de trabajo. Posibles fugas durante la operación de la red.	Mitigable	Empresa contratista durante la ejecución de las obras y la empresa distribuidora encargada de la operación.
<b>MEDIDA DE MANEJO:</b> 1. Considerando lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana 3728, sobre cruces especiales o también conocidos pasos elevados la tubería debe ir encamisada, soportada en estructuras independientes de los puentes peatonales y vehiculares, y ancladas debidamente. 2. Las aguas residuales se arrojarán en el sistema de recolección del municipio			
Contaminación atmosférica	Eventuales fugas de gas durante la operación de la red.	Mitigable	La empresa de servicios públicos encargada de la operación de la red.
<b>MEDIDA DE MANEJO:</b> 1. Procedimientos para detección de fugas, remediación y demás medidas contempladas en el Plan de Contingencia.			
Generación de residuos sólidos	Apertura de la zona de trabajo, transporte y tendido de la tubería, excavación de la zanja, tapado de la zanja y disposición de material sobrante, ejecución de cruces especiales, reposición de la zona de trabajo	Mitigable	La empresa contratista
<b>MEDIDA DE MANEJO:</b> 5. El material almacenado debe ser acordonado, apilado y cubierto, a menos que sea transportado inmediatamente a las escombreras autorizadas por el municipio o la autoridad competente. 6. En el transporte de materiales se seguirán los lineamientos expuestos en las ficha de manejo del impacto contaminación atmosférica. 7. Para la disposición de material sobrante de construcción, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:			

a. Solo se podrá utilizar los sitios autorizados por la autoridad competente b. El contratista deberá cumplir con la resolución 541/94 del Min ambiente. c. Previo al inicio de las obras, debe implementarse un Programa de Información a la Comunidad.			
Afectación de la cobertura vegetal y el paisaje	Adecuación de la Zona de Trabajo, Apertura y Conformación del Derecho de Vía y Accesos, Adecuación de Oficinas y Centros de Acopio, Obras Civiles e Instalación de Accesorios, Mantenimiento.	Mitigable	La empresa contratista de las obras y la Empresa de servicios públicos.
<b>MEDIDA DE MANEJO:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Una vez terminen las labores de adecuación, se hace necesario restablecer todas las zonas verdes afectadas por el proyecto</li> <li>desde el punto de vista visual, la readecuación del terreno a la topografía inicial y el establecimiento de una cubierta vegetal coherente con la vegetación y usos que caracterizan al sector afectado por las obras.</li> </ol>			

Fuente: Proviservicios S.A., modificado por el autor.

**2.3.1. Plan de Monitoreo y Seguimiento.** El objetivo general del programa de seguimiento, evaluación y monitoreo es verificar el cumplimiento de todos los programas y medidas de control ambiental establecidos en el Plan de Manejo Ambiental. Comprobando además de su aplicación, la eficiencia y eficacia de los mismos. Para el respectivo monitoreo y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental, se contará con una interventoría, la cual velará por el estricto cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental.

El Interventor deberá:

- Evaluar el documento técnico denominado Plan de Manejo Ambiental.
- Supervisar todas las actividades de índole ambiental en desarrollo del proyecto, en especial obras de manejo, control y mitigación ambiental.

- Controlar el desarrollo y cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental en la etapa de construcción y/o de funcionamiento.
- Realizar campañas de divulgación del Plan de Manejo y de sensibilización ambiental al personal de la obra y a la comunidad afectada.
- Identificar impactos ambientales no incluidos dentro del Plan de Manejo Ambiental y que puedan presentarse durante la construcción del proyecto estableciendo medidas correctivas.
- Conceptuar sobre el uso de los materiales de zonas de préstamo en caso que el proyecto lo requiera.
- Ordenar la reconstrucción de obras defectuosas, realizadas como elementos de control ambiental.
- Elaborar los informes sobre las visitas practicadas.

**2.4. Estrategias de Control.** La aplicación del Plan de Contingencia parte de la evaluación primaria de la situación de la emergencia, en cabeza del Gerente de la red de distribución. Se basa principalmente en la capacitación del personal, en cuanto a la valoración de la situación de emergencia que le permite tomar una decisión rápida de acuerdo con la situación presentada.

Las estrategias para controlar emergencias buscan cumplir los siguientes objetivos:

- Controlar el evento en la fuente, evitando de esta manera un mayor grado de afectación.
- Evitar interferencias en las actividades humanas, proteger el medio ambiente, y atender eficientemente las quejas y reclamos que implique la emergencia.
- Minimizar los costos ambientales, urbanísticos y financieros de la emergencia.
- Optimizar el uso de los recursos disponibles por los contratistas y la empresa distribuidora (operadora) durante la ocurrencia de una emergencia.

**2.4.1. Estrategias de Prevención.** Las acciones de prevención reducen la probabilidad de ocurrencia de una emergencia. El manejo preventivo incluye:

- Mantenimiento periódico de las redes, accesorios, conexiones, equipos contra incendio, herramientas e implementos relacionados con la ocurrencia o control de una emergencia.
- Instalación de sistemas de seguridad y protección en los sitios considerados de alto riesgo, como por ejemplo áreas cercanas a viviendas.
- Definición de los puntos de encuentro, y sitio para la atención de lesionados en caso de emergencia durante la construcción.
- Conocimiento de puntos de control en el sistema.
- Adquisición de los equipos necesarios para la detección de escapes y para la extinción de incendio, y elaboración de un programa de inspección y mantenimiento que asegure su operatividad durante la emergencia.

**Tabla 7. Equipo necesario para la detección de escapes.**

EQUIPO	FUNCION
Un vehículo disponible	Desplazamientos de emergencia
Radio Portátil y línea directa con la empresa distribuidora (operadora)	Comunicaciones
Herramienta menor - llaves expansivas, corta tubos – prensas etc.	Reparación de averías – mantenimiento correctivo
Lámparas anti - explosión y linternas con pilas	Ejecución de actividades en horario nocturno - iluminación
Extintores multipropósito	Control de incendios
Camillas	Traslado de heridos
Botiquines completos	Primeros auxilios
Detector de fugas	Detección de Fugas
Hachas	Labores varias
Conjunto de señales	Señalización de áreas durante la atención de emergencias

Fuente. Proviservicios. S.A.

Señalización de los lugares que representen peligro, de los lugares restringidos, y de los sitios de almacenamiento de equipos para control de emergencias.

**2.4.2. Estrategias Operativas.** Estos corresponden a procedimientos generales para control de fugas, extinción de incendios y manejo de una explosión y para la evacuación y atención médica.

**2.4.3. Plan Operativo.** Este plan lo constituyen el grupo de acciones y decisiones reactivas, que acomete la empresa distribuidora para afrontar adecuada y eficazmente una emergencia. El plan operativo determina las técnicas aplicables para el control de las emergencias ocasionadas por fugas, incendios o explosiones, derrumbes y amenazas naturales y los procedimientos para cada una de las fases de respuesta establecidas en el plan estratégico.

Los Procedimientos Iniciales abarcan lo siguiente:

- **Reporte de Incidente y Evaluación Preliminar de la Emergencia.** La persona que detecte la emergencia debe reportar el hecho inmediatamente a la Oficina del Contratista de Construcción, durante la construcción, o a la empresa distribuidora (operadora) durante la operación de la red de distribución. La información suministrada durante el reporte del incidente, en cuanto a ubicación y magnitud, servirá para que el operador proceda inmediatamente a suspender la operación en el sector afectado si es necesario y dar aviso a la Sección Operativa.
- **Procedimientos de Notificación y Administración de la Emergencia.** De acuerdo con los resultados de la evaluación preliminar de la emergencia, se determinará la necesidad o no de activar el plan de contingencia. En caso afirmativo, se procederá de inmediato a activarlo en su Nivel 1 de respuesta. Las primeras acciones de activación del plan de contingencia consistirán en poner en práctica los procesos de notificación y administración de la emergencia. El proceso

de notificación define los canales de comunicación por medio de los cuales las personas encargadas de coordinar y dirigir el plan de contingencia, se enteran de la emergencia y ponen en marcha el Plan. Los procedimientos de administración por su parte, consisten en el manejo contable y financiero de la emergencia, mediante la apertura de una cuenta especial en la que se contabilizarán todos los gastos en que se incurra por la atención de la emergencia, la realización de los contactos necesarios con las comunidades localizadas en las áreas afectadas para atender sus quejas y reclamos, y la elaboración de registros de seguimiento de la emergencia.

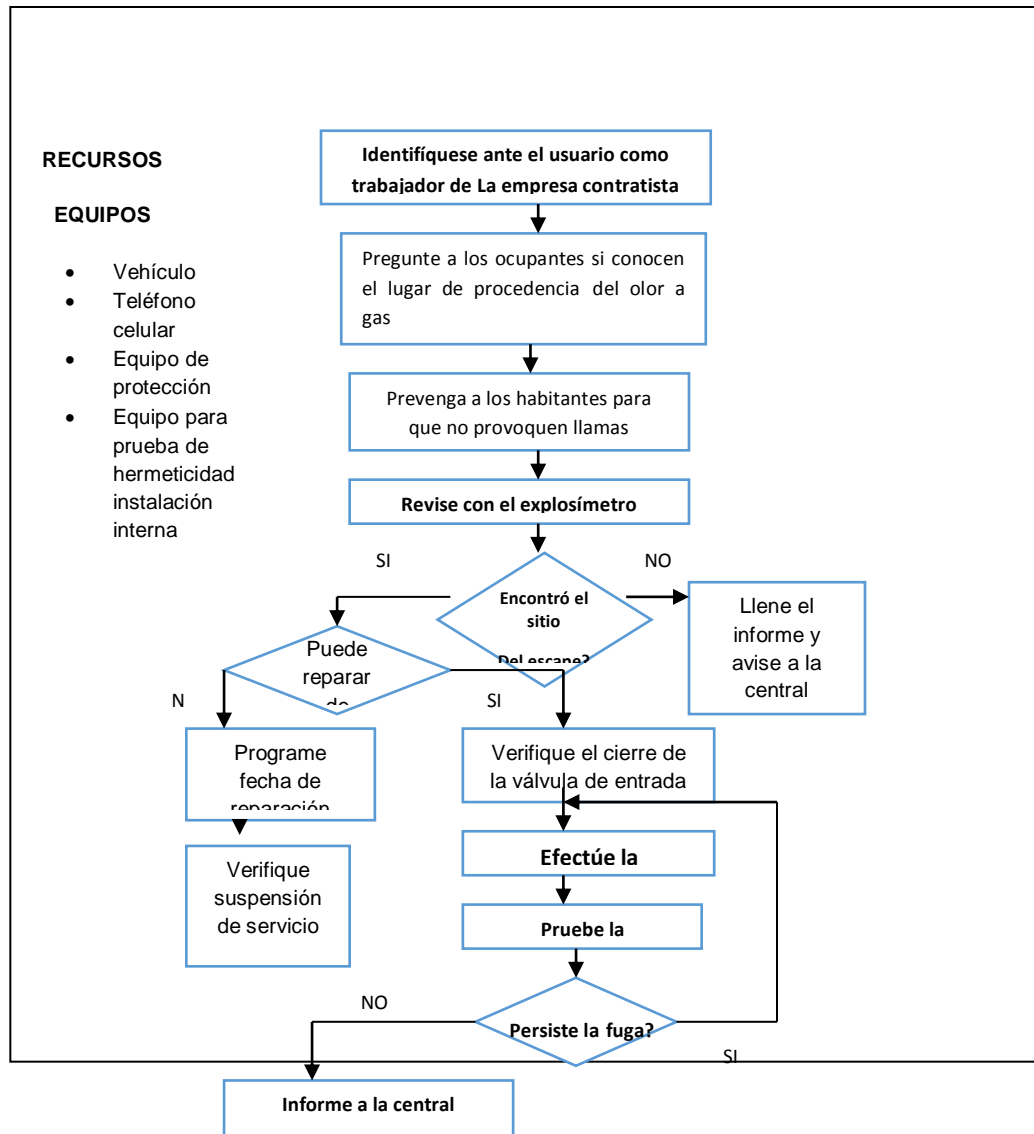
- **Flujos de Notificaciones en Caso de Emergencias.** En todos los casos en que ocurra una emergencia, cuya evaluación preliminar indique que es necesario activar el plan de contingencia, este se activará inmediatamente en el primer nivel de respuesta. Las emergencias que por su magnitud y cubrimiento requieran la activación del plan de contingencia de la empresa contratista y/o operadora, pueden estar dentro de las siguientes situaciones:
  - La evaluación de la emergencia indica que esta puede ser controlada con los recursos disponibles de la empresa contratista y/u operadora.
  - Que la emergencia presente proporciones tales que por su magnitud y cubrimiento supere o amenace con superar la capacidad de respuesta de la empresa contratista y/u operadora, como podría ocurrir en caso de un incendio o una explosión de proporciones tales que hagan insuficientes los recursos locales para la atención de la emergencia. Para la atención de la primera situación de emergencia planteada opera el procedimiento para Nivel 1, que es activado desde el principio de la emergencia. La segunda situación requiere la activación del Nivel 2, mientras que para la atención de la tercera situación se debe notificar al grupo de dirección y coordinación del Comité Regional de Emergencias.

- **Evaluación de la Efectividad del Plan de Contingencia.** Terminada la emergencia, se debe realizar una reunión en el centro de comando en la que participen todas las personas involucradas durante el manejo de la emergencia, con el propósito de comentar los resultados obtenidos con la aplicación del plan de contingencia, y establecer las “lecciones aprendidas”. Con base en el nivel de éxito obtenido en el control de la emergencia y las lecciones aprendidas, se debe realizar una evaluación sobre la efectividad del plan de contingencia y determinar los ajustes requeridos.

Los planes de acción y las actuaciones para los diversos casos de emergencias se establecen en los siguientes procedimientos y normativas:

**2.4.4. Procedimiento Operativo Normalizado En Caso De Escapes De Gas Natural.** El objetivo es detectar fugas en redes internas y aplicar los correctivos necesarios para establecer las condiciones normales de operación.

**Figura 1. Procedimiento en caso de escape de gas en las instalaciones internas.**



Fuente. Guía ambiental para la distribución de gas natural versión 1.

**Tabla 8. Niveles de Administración del PDC.**

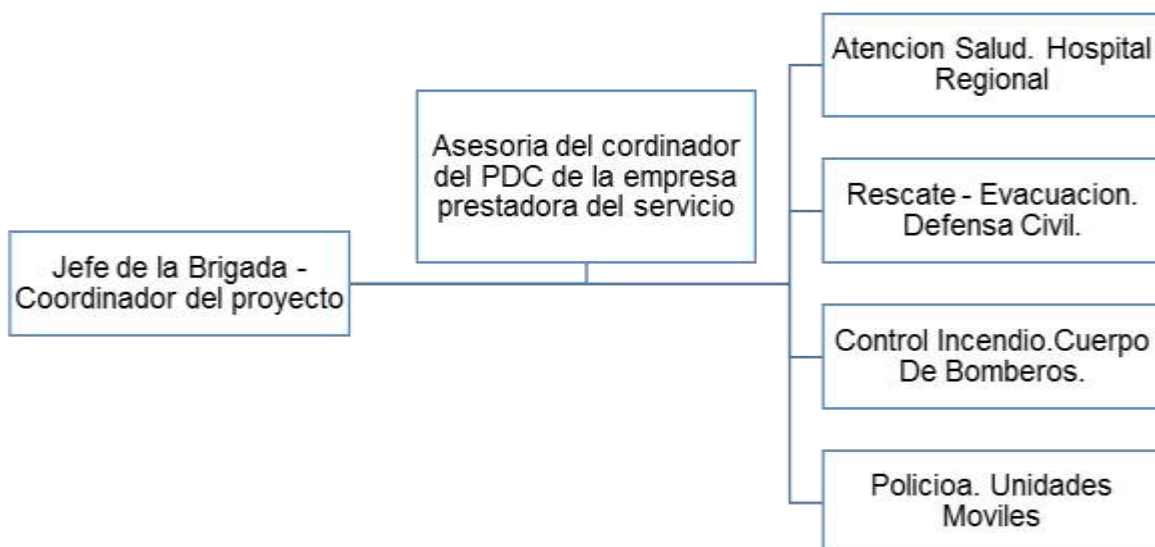
NIVELES DE ADMINISTRACION	DEFINICION	SITUACIONES FRECUENTES	RESPONSABLES
NIVEL 3	Corresponde a aquellas situaciones que se presentan con frecuencia ya sea durante la construcción de la red de distribución o durante la operación de la misma, las cuales no son amenaza para las personas, el medio o la infraestructura	Escape de gas y/o combustibles, en los que no se registran accidentados ni alarma pública.	Coordinador en los municipios
<b>FUNCIONES:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llevar a cabo la acción de respuesta.</li> <li>2. Poner en práctica el PDC</li> <li>3. Mantener el control del desarrollo del plan.</li> <li>4. Tomar las decisiones operativas durante la emergencia.</li> </ol>			
NIVEL 2	Corresponde a aquellas situaciones las cuales involucran afectación media de personal, ya sea de la empresa o terceros, la propiedad o el medio circundante, mediante lesiones, daños a la propiedad o degradación de las condiciones ambientales, que requieran una acción mitigación, reposición o corrección en un plazo específico dado.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si afecta a personas o a propiedades de terceros, con daños de poca consideración.</li> <li>2. Presencia de escapes sin haber causado daños personales ni materiales, pero con riesgo potencial.</li> <li>3. Situaciones que impliquen públicamente a la empresa contratista durante la construcción y a la empresa operadora durante la operación de la red, sin repercusiones importantes para personas y bienes.</li> </ol>	Empresa contratista durante la ejecución de las obras y la empresa distribuidora encargada de la operación
<b>FUNCIONES:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar las decisiones tácticas.</li> <li>2. Coordinar con los organismos locales, que participen en caso de una emergencia.</li> <li>3. Evaluar los resultados después de cada emergencia.</li> </ol>			

NIVEL 1	Involucra situaciones mayores tales como lesiones personales permanentes o muerte, daños mayores a la propiedad y afectación medio ambiental mayor, que involucre acciones de compensación o seguros además de las especificadas en el nivel 2.	1. Si afecta a personas o a propiedades o de terceros con importantes daños materiales.	Empresas contratistas durante la construcción y operación de la red.
<p><b>FUNCIONES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestionar los recursos que demande el mantenimiento del PDC.</li> <li>2. Servir de nexo legal entre los diferentes estamentos gubernamentales a nivel Municipal que participen en caso de una emergencia.</li> </ol>			

Fuente. Guía ambiental para la distribución de gas natural versión 1, modificado por el autor.

- **Emergencias grado 3.** Se les dará respuesta con los recursos de la Dirección.
- **Emergencias grado 2.** Se les dará respuesta con los recursos de La empresa contratista y/o operadora, con el apoyo de los organismos públicos de emergencias, cuando fuera necesario.
- **Emergencias grado 1.** con el apoyo de los organismos públicos de emergencias y de los privados afines, si fuera sobrepasada la capacidad de respuesta de La empresa contratista y/u operadora.

**Diagrama 6. Estructura de mando de la emergencia.**



Fuente: Guía ambiental para la distribución de gas natural, modificada por el autor.

Es importante que la empresa distribuidora del gas natural, los entes involucrados en la atención del desastre y la comunidad estén informados del plan de contingencia y para mayor eficiencia y eficacia es recomendable realizar simulacros cada vez que se cambie o mejore el mismo ya que tiene un periodo de validez de un año.

**Tabla 9. Normas ambientales vigentes para proyectos de distribución de gas combustible por red.**

ASPECTO FUNDAMENTAL	NORMA	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA	ENTIDAD
	Dec. 919 de 1989	Se organiza el sistema de atención de desastres	Planeación Municipal
	Res. 1016 de	Reglamenta la organización y de	Ministerio

<b>ASPECTO FUNDAMENTAL</b>	<b>NORMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA NORMA</b>	<b>ENTIDAD</b>
Prevención De Desastres	1989	desarrollo de un plan de emergencia teniendo en cuenta las tres ramas: preventiva, pasiva o estructural y activa o control de emergencia.	de Trabajo y Seguridad Social
	Dec. 1295 de 1994	Organización, administración del sistema de riesgos profesionales, funcionamiento y contenido de programas de salud ocupacional.	
	Dec. 1281 de 1994	Reglamenta las actividades de alto riesgo	
Generación De Residuos	Ley 09 de 1979	Código sanitario Nacional: Reglamentación para la generación, manejo y disposición de residuos sólidos.	Ministerio de Salud
	Res. 541 de 1994	Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales como concreto y agregados sueltos de construcción.	Ministerio del Medio Ambiente
	Dec. 605 de 1996	Residuos sólidos	Ministerio de Desarrollo
Generación De Ruido	Res. 8321 de 1983	Control de emisiones de ruido previniendo afectación de la salud y bienestar de las personas.	Ministerio de Salud
Usos Del Suelo	Dec. Ley 2811 de 1974	Parte VII: De la tierra y los suelos. Del suelo agrícola y no agrícola.	
	Ley 388 de 1977	Sobre ordenamiento territorial y planes de ordenamiento territorial.	
Cruce Especiales: Cruce Aéreo De Corrientes De Agua	Dec. 1449 de 1977	Sobre franjas protectoras de nacimientos de cuerpos de agua. Zona de aislamientos de corrientes de agua.	Ministerio de Agricultura
Emisiones Atmosféricas	Dec. 02 de 1982	Normas sobre el aire	Ministerio de Salud
	Dec. 948 de 1995 Dec. 1697 de 1997 (modificación parcial del Dec. 948 de 1995)	Sobre la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.	Ministerio del Medio Ambiente
	Ley 306 de 1996	Protección de la capa de ozono	Congreso de la República
	Res. 619 de 1977	Emisiones atmosféricas de fuentes fijas	Ministerio del Medio Ambiente
	Res. 623 de 1998	Reglamenta la calidad del combustible	
	Ley 09 de 1998	Artículo 8: Defensa del espacio público	Planeación

ASPECTO FUNDAMENTAL	NORMA	DESCRIPCIÓN DE LA NORMA	ENTIDAD
Espacio Público	Dec. 1504 de 1998	Reglamentación del espacio público en los planes de ordenamiento territorial.	Municipal
Paisaje	Dec. 1715 de 1978	Protección del paisaje	Ministerio de Agricultura
	Ley 140 de 1994	Descontaminación visual y de integridad del medio ambiente	Congreso de la República
Fauna	Dec. 2811 de 1974	Parte 10 Título I: Protección y conservación de la fauna	
	Dec. 1608 de 1978	Preservación, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre.	
	Ley 84 de 1989	Estatuto Nacional de Protección de los Animales	
Flora Y Bosques	Dec. Ley 2811 de 1974	Parte VIII: De los bosques y aprovechamientos forestales y reforestación.	

Fuente: Recopilación de los catálogos NTC- sectores noviembre 2013.

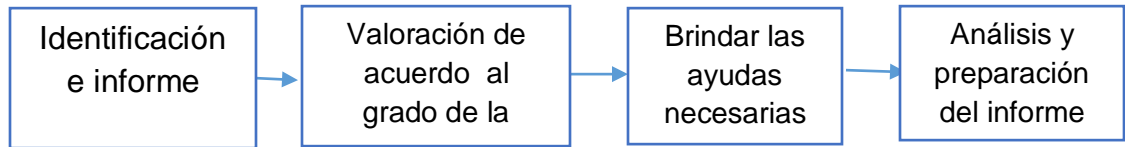
**Tabla 10. Magnitud de la emergencia y su medida correctiva.**

GRADO DE EMERGENCIA.	DESCRIPCIÓN.	RESPUESTA.
Grado 1.	No se registra fuego. No se registran accidentes. No hay alarma pública.	El personal de la estación prestara primeros auxilios, hará un chequeo general de la estación.
Grado 2.	Heridos leves, mínimo daño material. Fuegos, fugas.	Ayuda por personal de la estación, se pedirá dado el caso (bomberos, policía, ambulancia entre otros).
Grado 3.	Muertos o heridos graves. Explosión.	Traslado al hospital, respuesta de personal de la estación y ayuda inmediata de otros entes (bomberos, policía, etc.).

Fuente: Autor.

**2.4.5. Respuesta a las emergencias.** Ante cualquier anomalía se hará la respectiva valoración (tabla 1.8) y su acción de respuesta en el menor tiempo posible. A continuación se presenta el camino a seguir ante la presencia de algún problema.

**Figura 2. Procedimiento de respuesta ante la emergencia.**

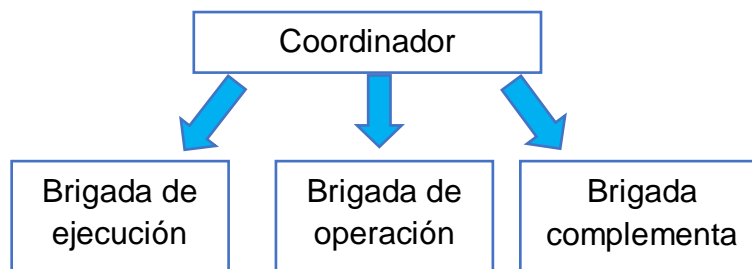


Fuente: Autor

- Identificación e informe: Cualquier trabajador por parte de la estación deberá reportar sobre cualquier situación de riesgo al coordinador del plan de emergencia.
- Valoración de acuerdo al grado de la situación: Con base en la tabla 1.8 se procederá a identificar el grado de emergencia y tomar las medidas necesarias.
- Brindar las ayudas necesarias: Todo personal de la estación esta capacitado para responder ante cualquier emergencia, si es necesario se solicitara la ayuda de expertos.

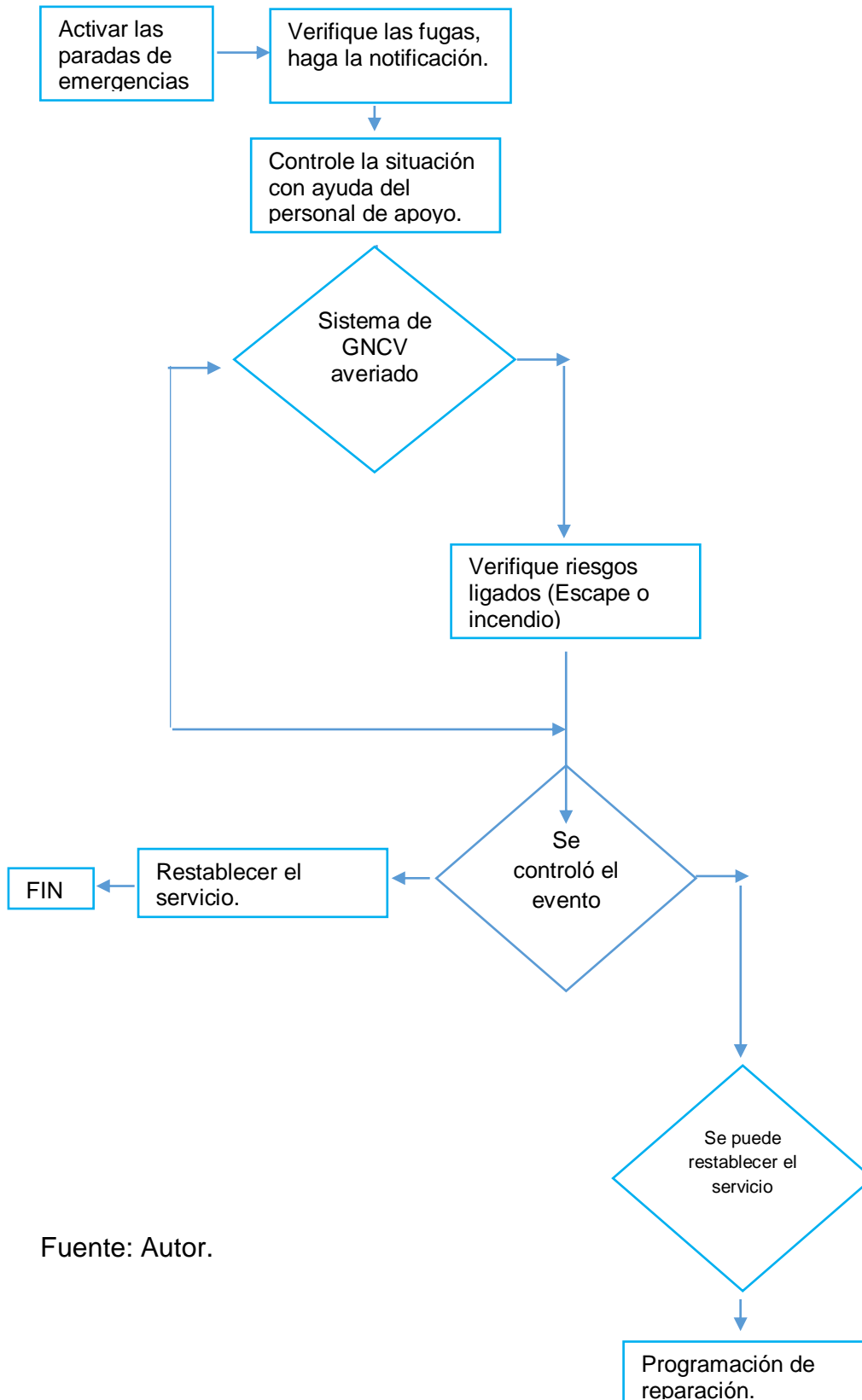
**2.4.6. Responsabilidades del plan de contingencia.** Resalta la jerarquía a la hora de dirigir y coordinar las diferentes actividades llevadas a cabo durante alguna eventualidad.

**Figura 3 Jerarquía.**



Fuente: Autor.

**Diagrama 7. Control de explosión.**



Fuente: Autor.

- **Sistema de comunicación.** Ante cualquier situación de riesgo presentada, la estación generara un informe donde por lo menos se manifieste lo siguiente:

**Tabla 11. Parámetros de reporte en caso de accidente.**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Localización de la estación.	Nombre, dirección, teléfono.
Tipo de accidente.	Fuga, explosión, incendio, etc.
Consecuencias.	Heridos leves, heridos graves, muertos, daños importantes, etc.
Grupo de apoyo.	Policía, bomberos, defensa civil, etc.
Medios de comunicación.	Radio, televisión, etc.
Acciones.	Apoyo externo, acción de las brigadas.

Fuente: Guía ambiental para la distribución de gas natural comprimido para uso vehiculos-GNCV, modificada por autor.