

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO – ECONÓMICA PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MASIFICACIÓN DE GAS  
DOMICILIARIO POR REDES PARA EL MUNICIPIO DE “EL PASO” DEL  
DEPARTAMENTO DEL CESAR**



**PRESENTADO POR:**

**LEIDY TATIANA PORRAS CÁRDENAS  
MARÍA ANGÉLICA MANOSALVA CONTRERAS  
ARISTÓBULO MERCHAN VILLARREAL**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGÉTICOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO – ECONÓMICA PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MASIFICACIÓN DE GAS  
DOMICILIARIO POR REDES PARA EL MUNICIPIO DE “EL PASO” DEL  
DEPARTAMENTO DEL CESAR**



**PRESENTADO POR:  
LEIDY TATIANA PORRAS CÁRDENAS  
MARÍA ANGÉLICA MANOSALVA CONTRERAS  
ARISTÓBULO MERCHAN VILLARREAL**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA  
DE RECURSOS ENERGÉTICOS**

**DIRECTOR  
LUIS EDUARDO JAIMES REATIGA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGÉTICOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	12
1.1 OBJETIVO GENERAL	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	13
3. MARCO DE REFERENCIA	15
3.1 MARCO TEÓRICO	15
3.1.1 Gas Natural.	15
3.1.1.1 Composición del Gas Natural	16
3.1.2 Historia del Gas Natural en Colombia	20
3.1.3 Evolución del Gas Natural en Colombia.	21
3.1.3.1 Desarrollo del Programa	22
3.1.3.2 Red Nacional de Gasoducto	22
3.1.4 Clases de Combustible para uso Domiciliario	25
3.1.4.1 Gas Licuado del Petróleo	25
3.1.4.2 Gas Natural por Gasoducto	26
3.1.4.3 Gas Natural Comprimido (GNC)	27
3.1.5 Usos del Gas Natural	28
3.1.6 Beneficios del Gas Natural	29
3.1.7 Características Comparativas entre el Gas Natural (Gasoducto-Gnc) y el Gas Licuado del Petróleo	30
3.2 MARCO LEGAL	32
3.2.1 Definiciones	33
3.2.1.1 Servicios Públicos	33
3.2.1.2 Servicios Públicos Esenciales	33
3.2.1.3 Servicio Público de Gas Combustible:	34

3.2.2	Posibilidades Normativas de Suministro de Combustibles Domiciliarios	35
3.3	MARCO JURÍDICO AMBIENTAL	39
3.3.1	Gestión Ambiental.	40
3.4	ESTRUCTURA DEL SECTOR DE GAS NATURAL EN COLOMBIA	44
3.4.1	Nueva Estructura de la Industria del Gas Natural	45
3.5	MARCO CONTEXTUAL O SITUACIONAL	46
3.5.1	Descripción General Del Municipio De “El Paso” Del Departamento Del Cesar	46
3.5.1.1	Ubicación Geográfica	46
3.5.1.2	División Política Administrativa	47
3.5.1.3	Dinámica Económica.	48
3.5.1.4	Infraestructura de Servicios Públicos	48
3.5.1.4.1	Servicio de Acueducto	48
3.5.1.4.2	Servicio de Alcantarillado:	49
3.5.1.4.3	Servicio de Aseo	49
3.5.1.4.4	Servicio de Energía Eléctrica	50
3.5.1.4.5	Servicio de Gas	51
3.5.2	Proyecciones Poblacionales y de Demanda de Gas	51
3.5.2.1	Estructura Poblacional	51
3.5.2.2	Distribución de la Población	52
3.5.2.3	Densidad Poblacional.	52
3.5.2.4	Población económicamente activa:	52
3.5.2.5	Población ocupada:	53
3.5.2.6	Proyecciones de vivienda	53
3.5.2.7	Cálculo progresivo de usuarios vinculados	54
3.5.2.8	Proyección de la demanda de Gas Natural a 20 años	55
3.5.3.	Alternativas de Suministro de Gas Natural	56
3.5.3.1.	Gas Guajira.	57
3.5.3.2.	Gas Texican Oil	59
4.	ESTUDIO TÉCNICO	61
4.1	SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE GAS DOMICILIARIO	61

4.1.1. Energéticos Presentes.	61
4.1.2. Costos del Servicio de Gas Domiciliario (GLP).	63
4.2 ETAPAS DEL GAS NATURAL	63
4.3 GAS NATURAL POR GASODUCTO	64
4.4 CONDICIONES GENERALES DE LA ESTACIÓN (CITY GATE)	65
4.4.1 Requerimientos de Diseño y Operación.	65
4.4.2 Descripción Funcional de la Estación	68
4.5 REDES DE DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE	69
4.5.1 Red de Distribución	69
4.5.2. Troncal.	69
4.5.3 Mallas.	69
4.5.4. Anillos.	69
4.5.5. Acometidas Domiciliarias.	70
4.5.6. Instalación Interna.	70
4.5.7. Tuberías.	71
4.5.7.1. Tubería Plástica.	72
4.5.7.2. Tubería Metálica (Rígidas y Flexibles).	72
4.5.7.3 Tubería de Acero	72
4.5.7.4 Tubería de Cobre:	73
4.5.8. Válvulas.	73
4.5.9. Reguladores.	73
4.5.10. Medidores de Desplazamiento Positivo	74
4.5.11. Accesorios.	76
4.6. SINOPSIS DEL PROCESO	76
4.7 ARQUITECTURA DE LA RED	78
4.7.1. Recopilación y Evaluación de la Información Existente	78
4.7.2. Consideraciones Básicas de Diseño.	78
4.7.3. Presión Máxima y Mínima de la Red.	79
4.7.4. Trazado de la Troncal Y Mallas	79
4.8. HUELLA DE CARBONO	84
5. ESTUDIO FINANCIERO	87

5.1. ESTABLECIMIENTO DE LA LINEA BASE	87
5.2. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	88
5.3. UNIDADES CONSTRUCTIVAS	88
5.4. VALOR PARCIAL DEL PROYECTO	88
5.5. COSTO TOTAL DEL PROYECTO	89
5.6. TARIFA INDICATIVA	94
5.7. ESTRUCTURA TARIFARIA	96
5.7.1. Gas Combustible por Redes de Tubería	97
5.7.2. Compra de Gas	99
5.7.3. Transporte de Gas	100
5.7.4. Distribución de Gas.	101
5.7.5. Comercialización de Gas.	102
5.8. COBRO DEL SERVICIO	104
5.9. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES Y/O SITUACIONES QUE PODRIAN AFECTAR EL PROYECTO	109
5.10. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	111
6. CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXOS	127

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composición Típica del Gas Natural en Colombia.....	17
Tabla 2. Composición Típica – Propiedades .....	18
Tabla 3. Especificaciones de calidad del GN en Colombia.....	19
Tabla 4. Usos del Gas Natural .....	28
Tabla 5. Ventajas y Desventajas del GNC y GLP.....	31
Tabla 6. Marco Jurídico Asociado con Proyectos de Distribución de Gas Natural .....	36
Tabla 7. Normas Legales y Ambientales Vigentes.....	41
Tabla 8. Distribución de las Viviendas por Estratos .....	52
Tabla 9. Distribución poblacional El Paso a 2005.....	52
Tabla 10. Proyección de Vivienda.....	54
Tabla 11. Usuarios vinculados al año. ....	55
Tabla 12. Proyección de la demanda de Gas Natural.....	56
Tabla 13. Costo gas por punto de suministro.....	59
Tabla 14. Consumo de GLP promedio para El Paso y corregimiento de La Loma.....	62
Tabla 15. Especificaciones técnicas de la tubería de polietileno .....	72
Tabla 16. Regulador Convencional.....	74
Tabla 17. Medidor .....	74
Tabla 18. Especificaciones técnicas de los medidores de diafragma .....	75
Tabla 19. Presiones de Operación.....	79
Tabla 20. Total Cantidad Tubería Red Troncal - Casco Urbano y Corregimiento Cuatro Vientos - El Paso.....	84
Tabla 21. Total Cantidad Tubería Red Troncal- Corregimiento La Loma .....	84

Tabla 22. Proyección de la cantidad de toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente .....	85
Tabla 23. Cantidad Tendido Tubería de Polietileno por Diámetro para el sistema de redes Municipio El Paso Cabecera Municipal y corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma. ....	89
Tabla 24. Cantidad de obra civil en metros municipio El Paso Cabecera Municipal y Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma .....	90
Tabla 25. Presupuesto de la red de distribución del Casco Urbano del municipio de EL Paso y los Corregimientos La Loma y Cuatro Vientos .....	91
Tabla 26. Estaciones de Regulación de Puerta de Ciudad (ERPC).....	92
Tabla 27. Costo Proyecto Redes Internas .....	93
Tabla 28. Costos Totales Proyecto .....	93
Tabla 29. Aplicación de la Inversión en el Costos Total del Proyecto.....	95
Tabla 30. Aplicación de la Inversión por Entidad Participante .....	95
Tabla 31. Aplicación de la Inversión por Principales Rubros .....	96
Tabla 32. Tarifas del Servicio Público Domiciliario. ....	104
Tabla 33. Cargos Promedio de Distribución y Comercialización, Aprobados por Resolución de la CREG .....	105
Tabla 34. Costos Hundidos Aplicables a los Cobros Tarifarios .....	106
Tabla 35. Costo Estimado del Gas Natural en el Municipio de El Paso (Resol. CREG 011 de 2003) .....	106
Tabla 36. Costos equivalentes Gas Natural y Gas Propano en Cilindros-Cabecera Municipal y los Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma .....	107
Tabla 37. Costos equivalentes Gas Natural y Gas Propano en Cilindros Cabecera Municipal y los Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma .....	107
Tabla 38. Comparativo Costo de Combustibles Domiciliarios .....	108
Tabla 39. Tasa interna de retorno establecida mediante resolución CREG 011 de 2003.....	112
Tabla 40. Resumen Flujo de Caja.....	114



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa Red Nacional de Gasoductos .....	23
Figura 2. Estructura del Sector de Gas Natural en Colombia .....	44
Figura 3. Nueva Estructura de la Industria del Gas Natural en Colombia .....	45
Figura 4. División política del departamento del Cesar .....	47
Figura 5. Consolidado Servicios Públicos municipio de El Paso .....	51
Figura 6. Alternativas de suministro .....	57
Figura 7. Esquema de Suministro de Gas Natural Comprimido (GNC) .....	60
Figura 8. Diagrama de Flujo del Gas Natural .....	64
Figura 9. Infraestructura Gas Natural .....	65
Figura 10. Troncal y anillos .....	70
Figura 11. Acometida Domiciliaria .....	70
Figura 12. Conexión de La red interna, (vista planta) .....	71
Figura 13. Conjunto Centro de Medición Residencial .....	75
Figura 14. Diagrama de Suministro de Gas Natural. ....	77
Figura 15. Plano redes El Paso .....	81
Figura 16. Plano redes La Loma .....	82
Figura 17. Plano redes Cuatro Vientos .....	83
Figura 18. Componentes del servicio de gas natural comprimido (GNC) .....	109

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Grafica 1. Comparativo energéticos comunes .....	108
Grafica 2. Flujo de Caja del proyecto.....	114
Grafica 3. Ingresos Vs Egresos .....	115
Grafica 4. Usuarios conectados por año.....	115
Grafica 5. Demanda mes a mes .....	116

## INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo se hace evidente la escasez, elevados costos e impacto ambiental producto del uso indiscriminado de combustibles fósiles, por tal motivo el hombre ha buscado alternativas para suplir la demanda energética en el mundo, tratando de mitigar estos efectos. Es así como el gas natural toma fuerza en el mercado energético debido a sus características favorables.

El Gobierno Nacional de Colombia, en aras de aprovechar las reservas de gas natural en el país, ha promovido el Plan de Masificación de Gas, como fuente alterna de energía para el transporte, la industria y principalmente para el servicio domiciliario. La puesta en marcha de este proyecto pretende mejorar y ampliar la red nacional de transporte y distribución de gas natural con el fin de aumentar la disponibilidad de este recurso a un mayor porcentaje de la población.

Resultado de la gran extensión de tierra y la accidentada topografía Colombiana, el servicio de gas domiciliario ha tenido un sin número de problemas que le impiden llegar a algunas comunidades, razón por la cual sus habitantes se ven en la obligación de usar energéticos cuya combustión producen una alta carga de CO<sub>2</sub> como el gas propano y la madera seca, lo que causa enfermedades pulmonares obstructivas, además de la tala indiscriminada de los bosques.

Con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio El Paso ubicado en el departamento del Cesar, se plantea un estudio de factibilidad técnico económica de un sistema de masificación de gas domiciliario mediante abastecimiento funcional de gas natural.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo fundamental del proyecto es desarrollar un Plan de Masificación de Gas Domiciliario por Redes para el municipio de El Paso del departamento del Cesar; en el cual se incluya la participación de las administraciones regionales y locales, inversión privada, aplicación a los recursos de cooperación del gobierno nacional y un fuerte componente técnico; logrando que la comunidad objeto de este municipio mejore su nivel de vida al contar con el suministro del gas por redes de tubería para sus residencias y negocios, con el único fin de contribuir a la reducción del índice de necesidades básicas insatisfechas de la población al contar con un energético más económico, eficiente, seguro y menos contaminante que los actualmente utilizados.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Los valores actuales de los combustibles y/o energéticos utilizados comúnmente en el sector residencial y comercial del municipio de El Paso son muy elevados en comparación a otras regiones del país y al promedio nacional. Para ser puntuales, un cilindro de gas propano de 40Lb representa un gasto por mes de \$40.000, la astilla de leña utilizada por los lugareños para la cocción de sus alimentos puede constituir al mes un gasto de \$30.000, mientras que un proyecto de masificación de gas domiciliario, en promedio, podría reducir considerablemente los gastos de los usuarios a un valor de \$18.000 mensuales sin incluir los subsidios o contribuciones efectuados por los estratos 5 y 6 a las estratificaciones 1 y 2 de esta región.

Se debe tener en cuenta que los servicios domiciliarios están directamente relacionados con los Índices de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), pues son aquellos los que cubren la necesidad básica de las comunidades, tales como el abastecimiento de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, telecomunicaciones, aseo y gas domiciliario. Dando solución a los problemas de servicios públicos, de alguna forma se contribuye al mejoramiento de calidad de vida de la comunidad en esta región del país.

Se busca con este proyecto implementar una alternativa energética que permita disminuir los costos en la canasta familiar generados por el uso de los energéticos tradicionales como el GLP y la energía eléctrica, mitigar la presión sobre los bosques naturales e intervenidos del área, evitando el daño ecológico que se produce con la deforestación para la recolección de leña. Adicionalmente se pretende, reducir las afecciones pulmonares ocasionadas en la población por la quema de éstos energéticos y aminorar la huella de carbono producida por dichos

combustibles, pasando de 63,02 kg de CO<sub>2</sub>/GJ en el caso del Propano o 94,53 kg de CO<sub>2</sub>/GJ producidas por la combustión del Carbón a 56,06 kg de CO<sub>2</sub>/GJ que es la cantidad de monóxido de carbono emitida por el gas natural que se desea distribuir en los municipios de estudio. Lo anteriormente expuesto, bajo la premisa de la motivación a la inclusión de capital privado en los negocios que implican la prestación de servicios públicos, el apoyo financiero de los fondos de cooperación establecidos por el gobierno nacional y la aplicación de los principios de eficiencia y suficiencia financiera a las empresas.

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

**3.1.1 Gas Natural.** Se conoce como gas natural a todo aquel que sale de los pozos, ya sea de los perforados específicamente para producir gas o de los pozos que se perforan para extraer petróleo. Cuando el gas ocupa un reservorio por sí mismo es llamado usualmente gas no asociado y el gas producido junto con el petróleo se denomina gas asociado.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos que se encuentran principalmente en estado gaseoso, dicha mezcla se conoce como gas húmedo. El gas natural contiene: metano, etano, propano, butanos, pentanos, y en un grado menor, hexanos, heptanos y octanos.

Cuando el gas es procesado en el campo en plantas de gasolina natural, estas plantas remueven de la corriente de gas una porción importante de propano, prácticamente todo el butano y el pentano e hidrocarburos de más peso. Al separar estos hidrocarburos más pesados, el gas natural seco entra en las tuberías como una mezcla de etano y metano en mayor proporción.

Para llevar el gas natural a los diferentes lugares (residencias, oficinas, colegios, hospitales, hoteles, entre otros) es necesario realizar un proceso que comienza en la forma como se produce, hasta la forma como se vende.

El proceso del gas natural está conformado básicamente por cuatro etapas (producción, transporte, distribución y comercialización).

**3.1.1.1 Composición del Gas Natural:** La composición del gas es un dato básico para determinar otras propiedades de este, tales como la gravedad específica, peso molecular, poder calorífico y viscosidad. Cualquier error generado al calcular una de estas propiedades puede reflejarse en los cálculos de caída de presión. Además la determinación correcta de la composición del gas es fundamental para el cálculo preciso de su poder calorífico, parámetro que le da el valor comercial al gas. La Tabla 1 y 2 detalla algunas de las composiciones del gas natural que se dan el país. El Reglamento Único de Transporte, RUT, establecido por la Resolución CREG 071 de 1999, define los parámetros mínimos de calidad requeridos por la legislación y la normatividad vigente, para el transporte y distribución del gas natural (GN), ver Tabla 3.



**Tabla 1. Composición Típica del Gas Natural en Colombia**

COMPONENTE	FÒRMULA	GUAJIRA	MONTAÑUELO	DINA	CUSSIANA	APIAY	MEZCLA	MORICHAL	GUEPAJE
HIDROGENO	H <sub>2</sub>								
HELIO	He								
MONOXIDO DE CARBONO	CO								
NITROGENO	N <sub>2</sub>	1,589	0,548	0,766	0,35	0,64	0,43	0,44	2,26
OXIDO	O <sub>2</sub>	0,012	0,008	0,029					
SULFURO DE HIDROGENO	H <sub>2</sub> S								
ARGON	Ar								
DIOXIDO DE CARBONO	CO <sub>2</sub>	0,041	2,459	0,017	4,74	2,77	4,23	3,92	0,0693
AIRE									
<b>METANO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>98,005</b>	<b>96,133</b>	<b>87,718</b>	<b>78,86</b>	<b>77,91</b>	<b>78,54</b>	<b>75,59</b>	<b>96,79</b>
ETANO	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,258	0,691	6,202	10,05	14,79	11,34	10,38	0,6
PROPANO	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,052	0,029	2,763	4,25	3,11	3,93	5,37	0,13
ISO-BUTANO	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,016	0,044	0,542	0,66	0,32	0,56	1,14	0,04
N-BUTANO	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,008	0,012	0,91	0,74	0,33	0,63	1,49	0,1
ISO-PENTANO	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,006	0,009	0,318	0,17	0,06	0,15	0,57	0,001
N-PENTANO	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,002	0,004	0,233	0,11	0,04	0,09	0,41	0,02
N-HEXANO	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,004	0,008	0,294	0,050	0,030		0,360	0,009
N-HEPTANO	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,000	0,000	0,000	0,02			0,12	0,01
N-OCTANO	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,006	0,004	0,21					0,005
N-NONANO	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>							0,11	0,003
N-DECANO	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>								

**Tabla 2. Composición Típica – Propiedades**

<b>UNIDAD</b>	<b>GUAJIRA</b>	<b>MONTAÑUELO</b>	<b>DINA</b>	<b>CUSSIANA</b>	<b>APIAY</b>	<b>MEZCLA</b>	<b>MORICHAL</b>	<b>GUEPAJE</b>
<b>BTUPC</b>	996,32	969,06	1161,43	1138	1150	1139	1240	996,3
<b>PPM</b>	ND	0	ND	2	2	3	6	ND
<b>PPM</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>%</b>	0,04	2,46	0,02	4,74	2,77	4,23	3,92	0,07
<b>%</b>	1,59	0,55	0,77	0,35	0,64	0,43	0,44	2,26
<b>%</b>	0,01	0,1	0,33					
<b>LB/MPCS</b>	ND	23	ND	2,9	0,6	2,8	9,3	ND
<b>F</b>	ND	90	ND	102	90	108	92	ND
<b>GRANO/1000PC</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

**Tabla 3. Especificaciones de calidad del GN en Colombia**

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>Sistema Internacional</b>	<b>Sistema Inglés</b>
<b>Máximo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)</b>	42,8 MJ/m <sup>3</sup>	1150 BTU/ft <sup>3</sup>
<b>Mínimo poder calorífico bruto (GHV) (Nota 1)</b>	35,4 MJ/m <sup>3</sup>	950 BTU/ft <sup>3</sup>
<b>Contenido líquido (Nota 2)</b>	Libre de líquidos	Libre de líquidos
<b>Contenido total de H<sub>2</sub>S máximo</b>	6 mg/m <sup>3</sup>	0,25 grano/100PCS
<b>Contenido total de azufre máximo</b>	23 mg/m <sup>3</sup>	1,0 grano/100PCS
<b>Contenido CO<sub>2</sub>, máximo en % volumen</b>	2%	2%
<b>Contenido N<sub>2</sub>, máximo en % volumen</b>	3%	3%
<b>Contenido de inertes máximo en % volumen (Nota 3)</b>	5%	5%
<b>Contenido de oxígeno máximo en % volumen</b>	0,10%	0,10%
<b>Contenido máximo de vapor de agua</b>	97 mg/m <sup>3</sup>	6,0Lb/MPCS
<b>Temperatura de entrega máximo</b>	49°C	120°F
<b>Temperatura de entrega mínimo</b>	7,2°C	45°F
<b>Contenido máximo de polvos y material en suspensión (Nota 4)</b>	1,6 mg/m <sup>3</sup>	0,7 grano/1000 pc

**Fuente:** CREG

**Nota 1:** Todos los datos sobre metro cúbico o pie cúbico de gas están referidos a Condiciones Estándar.

**Nota 2:** Los líquidos pueden ser hidrocarburos, agua y otros contaminantes en estado líquido.

**Nota 3:** Se considera como contenido de inertes, los contenidos de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>.

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

### **3.1.2 Historia del Gas Natural en Colombia**

1. Descubrimiento de gas en la Guajira (1977).
2. Inicio del programa “Gas para el cambio”, que permitió ampliar el consumo de gas en las ciudades, realizar la interconexión nacional y tener nuevos hallazgos (1986).
3. El Gobierno Nacional decide que Ecopetrol debe liderar la interconexión nacional, para lo cual dos años después comienzan las conexiones entre los principales yacimientos y centros de consumo, mediante la construcción de más de 2.000 km de gasoductos que pasan por el Departamento de la Guajira, el centro y suroccidente del país y los Llanos orientales (1993).
4. Creación del fondo de Solidaridad y Redistribución de Ingresos, Con el fin de facilitar el acceso del gas natural a los estratos socioeconómicos más necesitados (1997).
5. Separación de la actividad de transporte de gas de Ecopetrol y conformación de la Empresa Colombiana de Gas (ECOGAS) (1997).
6. Compra de la mayoría accionaria de ECOGAS por la Empresa de Energía de Bogotá (EEB) convirtiéndola en la Transportadora de Gas del Interior (TGI S.A. E.S.P.) (2006).
7. Otorgamiento de concesiones de áreas de distribución exclusiva de gas para extender la cobertura del servicio en los departamentos de Quindío, Caldas, Risaralda, Valle y Tolima (1997-1998).
8. Establecimiento de las “Estrategias para la dinamización y consolidación del gas natural en Colombia” por parte del Gobierno Nacional con el fin de promover el desarrollo de este energético en todo el país y de masificar su uso (2003).
9. Establecimiento de estrategias para masificar el Gas Natural Vehicular y ofrecimiento de condiciones económicas especiales (especialmente descuentos y bonos) por parte del Gobierno Nacional para beneficiar a quienes utilicen este combustible (2004).

10. Ecopetrol, PDVSA (petrolera venezolana) y Chevron suscriben un contrato mediante el cual determina las condiciones para compra y venta de gas natural entre Colombia y Venezuela durante los próximos 20 años (2007).

**3.1.3 Evolución del Gas Natural en Colombia.** Para la planificación de los proyectos de gas natural, en el marco del análisis de planificación energética integrada, se requiere del estudio simultáneo de una gran cantidad de factores presentes en el desarrollo de dicha industria, los cuales podrían dar una idea de la diversidad de circunstancias que permitan una evolución exitosa del sector gas. El mercado nacional de gas natural estuvo limitado por restricciones de oferta y por la falta de una infraestructura adecuada de producción y transporte de éste energético.

Los mercados existentes hasta la actualidad se han desarrollado en torno a los yacimientos descubiertos en tres áreas definidas a saber:

- La Costa Atlántica en donde se encuentran los campos productores más importantes de gas libre: Ballena, Chuchupa, Güepajé y Ayombe, los cuales abastecen el 81,5% del consumo total del país.
- Los Santanderes que cuentan con los campos de gas asociado: Payoa, Provincia, El Centro y Cerrito abasteciendo el 13,3%.
- La zona del Huila y el centro del país suplen el restante 5,2% del consumo total, proveniente de los campos de gas asociado de DINA, San Francisco y Apiay.

El desarrollo del programa de masificación del gas y su penetración como componente de la canasta energética depende de dos grandes frentes de trabajo que deben acometerse en forma simultánea. Por un lado el desarrollo de la

infraestructura básica mediante la construcción de los gasoductos troncales y en segundo lugar el desarrollo de mercados mediante las redes domiciliarias.

La red de gasoductos ha permitido la interconexión de los principales campos productores de gas con los mayores centros de consumo. La red troncal une los campos de La Guajira con los de Santander, Huila y los del Piedemonte Llanero en Casanare. La construcción del sistema troncal de transporte ha sido financiada tanto por el Estado a través de ECOPETROL como por el sector privado mediante mecanismos como el BOMT, BOT y Contratos de Concesión.

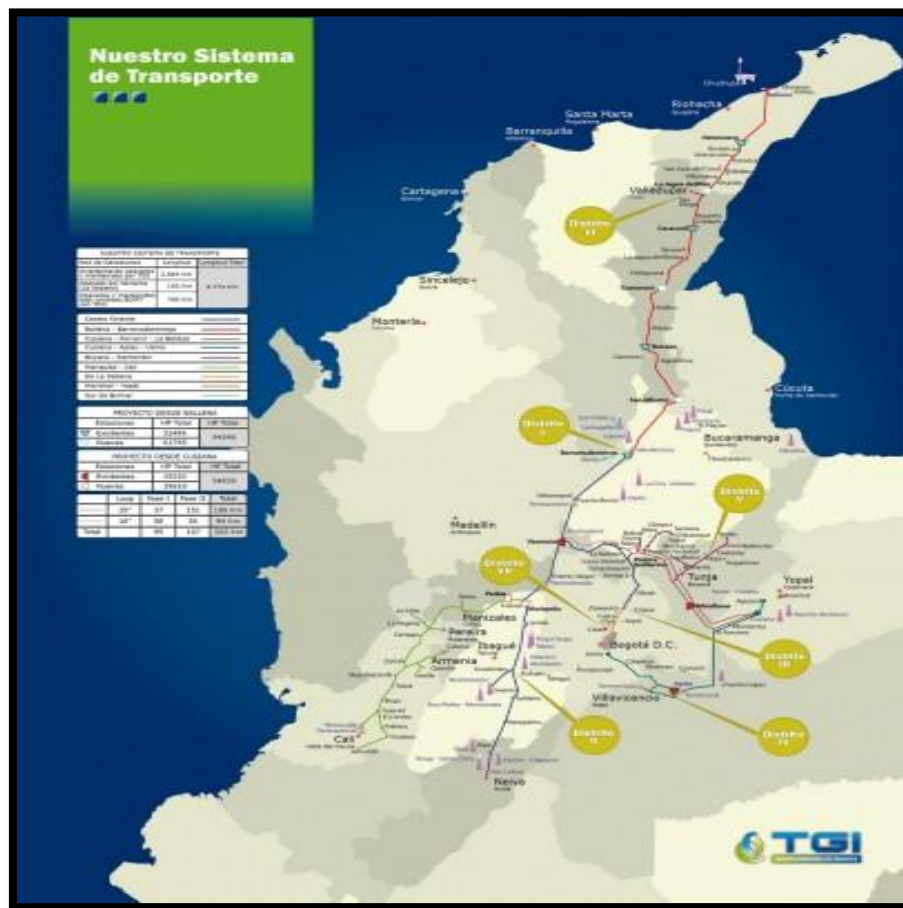
**3.1.3.1 Desarrollo del Programa:** A raíz de las circunstancias antes mencionadas, se constituyeron varias empresas para distribución urbana y domiciliaria, además, se construye de manera casi inmediata el gasoducto troncal de la Costa Atlántica. Algo similar empezó a ocurrir en las regiones donde existían reservas de gas natural como Santander, Huila y posteriormente el Piedemonte Llanero.

En la Costa Atlántica prestan servicio las compañías Gases del Caribe en Barranquilla, Surtigas en Cartagena, Gases de la Guajira y en el Cesar Gas Natural del Cesar. En los Santanderes las empresas Gases del Oriente, Gasoriente en Bucaramanga, Metrogas en Floridablanca y Gases de Barrancabermeja. En el Sur del país están las sociedades Alcanos del Huila y Neivana de Gas. En el Centro las empresas Gas Natural en Bogotá, Llanogas en Villavicencio y gases del Cusiana en Yopal. También se encuentran las empresas Gases de Occidente y Empresas Públicas de Medellín, en las ciudades de Cali y Medellín respectivamente, después de obtener la concesión para la prestación del servicio.

**3.1.3.2 Red Nacional de Gasoducto:** A través de la Red Nacional de Gasoductos, se busca suministrar gas natural a los principales centros de

consumo industrial y residencial. Se estima que en lo transcurrido del presente año (2015), más de seis millones y medio de familias se estarán beneficiando con el uso del Gas Natural. El plan de masificación del gas natural busca, además, reducir el consumo de leña y la tala de árboles. Otro factor benéfico, es sustituir el uso de la energía eléctrica, la cual es más costosa que el gas. La red de Gasoductos está conformada por un sistema de tres gasoductos principales a los cuales se conecta ramales regionales. Estos últimos transportan el gas hasta los municipios. Así, el gas es llevado a las residencias e industrias a través de redes domiciliarias de distribución.

**Figura 1. Mapa Red Nacional de Gasoductos**



Fuente: TGI S.A. E.S.P.

El transporte del gas hasta el consumidor es un proceso que se puede dividir en Cuatro partes: el sistema de manejo en campo, la estación de compresión, la Troncal principal y las líneas de distribución.

Las tuberías que componen el sistema de manejo del gas, la troncal principal y las líneas de distribución, proporcionan un método económico para el transporte del gas a lo largo de grandes distancias. Luego de la inversión inicial de capital para su construcción, ellos exhiben bajos costos de operación y de unidad, que reclinan con grandes volúmenes transportados. Se deben considerar numerosos factores en el diseño de un gasoducto de gran proporción. Estos factores incluyen la naturaleza y volumen del gas que va a ser transportado, la longitud de la línea, el tipo de terreno que se va a atravesar y las máximas elevaciones de la ruta.

Después de que se ha ubicado la estación de compresión, se ha planificado su tamaño y se ha determinado la cantidad de gas que va a manejar, se hace el diseño, esto implica la localización de los pozos, la cantidad de gas que se va a manejar, la distancia que dicho gas va a ser transportado y la diferencia de presión entre el campo y el gasoducto principal. El problema radica en llevar el gas a la estación de compresión. En un campo nuevo, el manejo del gas debe ser lo suficientemente grande para transportar la producción adicional de nuevos campos. El sistema de transporte va desde las derivaciones hasta la línea troncal. La línea debe ser lo suficientemente grande como para manejar el gran volumen de gas.

Además del sistema de recolección y las tuberías troncales de los gasoductos, también hay unas redes de menores diámetros, dispositivos de alimentación y transporte que bombean el gas hasta los centros de consumo. Además de éstos complejos industriales, hay aún redes de diámetros más pequeños que llevan el gas domiciliario.



El diseño de los sistemas de transmisión requiere de los servicios de personal altamente calificado e ingenieros con una amplia trayectoria y experiencia en manejo de pozos. Se necesitan estudios complejos para determinar el diámetro de tuberías y la potencia de bombeo requerida. La capacidad máxima de transporte del gasoducto está limitada por las propiedades de los materiales y los parámetros de construcción. La tendencia general es utilizar materiales de construcción resistentes y para altas presiones de transmisión. Por razones económicas, es importante mantener siempre la tubería llena.

El estudio de condiciones de flujo de los gases naturales en gasoductos, conduce al desarrollo de complejas ecuaciones (como la de Panhandle y Weymouth), para correlacionar el volumen transportado a través del gasoducto con varios factores implicados y así, decidir la presión óptima y las dimensiones de la tubería.

El flujo del gas natural en las tuberías está sometido a pérdidas de energía, estas pérdidas consisten principalmente en fricciones, pérdidas internas debido a efectos de viscosidad y pérdidas debidas a la rugosidad de la pared interna de la tubería. Con excepción del flujo laminar, éstas pérdidas de energía no se pueden deducir teóricamente, deben ser determinadas experimentalmente y correlacionadas en función de las variables de flujo. Sin embargo, por análisis dimensional, se puede demostrar que los factores de fricción son función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa.

### **3.1.4 Clases de Combustible para uso Domiciliario**

**3.1.4.1 Gas Licuado del Petróleo:** Se refiere comúnmente a la familia de hidrocarburos livianos que a presión y temperatura ambiente se encuentran en estado gaseoso. Los más destacados son el propano ( $C_3H_8$ ) y el butano ( $C_4H_{10}$ ), utilizándose también la misma denominación para referirse a una mezcla de ambos.

Su capacidad de licuarse a presiones moderadas (para el butano menos de 2 atmósferas y para el propano menos de 8 atmósferas), lo cual reduce considerablemente los volúmenes necesarios para su almacenamiento y transporte, y su alto poder calorífico, son las principales ventajas de este combustible que han generalizado su consumo a nivel mundial.

Se obtienen de la refinación del petróleo y del procesamiento del gas natural. Por tanto, la capacidad de producción de GLP de una región depende de la capacidad de sus refinerías y de sus plantas de tratamiento de gas natural; estas últimas están asociadas a la producción y composición del gas natural de la región, ya que se ubican en zonas cercanas a los pozos de extracción para acondicionar el gas y llevarlo a las especificaciones de transporte, a diferencia de las refinerías que no deben estar necesariamente cercanas a los pozos de crudo. Algunos de los usos más generalizados del GLP son: calefacción, calentamiento de agua, cocción de alimentos, secado de granos, como combustible vehicular y como insumo para la industria petroquímica.

**3.1.4.2 Gas Natural por Gasoducto:** El sistema clásico de transporte de gas entre dos puntos determinados es el gasoducto (tuberías de acero con carbono, de elevada elasticidad), bien enterrado en la superficie terrestre o bien en el fondo de los océanos. La capacidad de transporte de los gasoductos depende de la diferencia de presión entre sus extremos y de su diámetro (a medida que éste aumenta, lo hace la capacidad de transporte).

La forma de hacer circular el gas a través de los gasoductos no es otra que aumentar en determinados puntos de los mismos la presión del gas. Esta acción se realiza en las estaciones de compresión, que aseguran la correcta circulación de los caudales de gas, compensando las pérdidas de presión que se producen en el transporte. El control de los flujos de gas se realiza desde instalaciones donde

se reciben las medidas de presiones, temperaturas, caudales y poderes caloríficos (centros de control).

Las infraestructuras existentes para el transporte de gas comprenden los gasoductos, estaciones de compresión, estaciones de regulación y medida, centros de control, etc.

**3.1.4.3 Gas Natural Comprimido (GNC):** El gas natural bajo las condiciones de presión y temperatura normalmente utilizadas para su manipulación siempre está en estado gaseoso, lo cual limita la cantidad de energía por unidad de volumen que se puede obtener en un espacio dado para un gas determinado. Lo anterior es uno de los factores que hace costoso el transporte del gas natural por ductos, respecto de otros energéticos.

En general, cuando la demanda a atender es pequeña y la distancia de transporte es larga, los gasoductos pueden no ser la mejor opción de transporte desde el punto de vista económico. En tal caso puede ser viable utilizar la técnica del gas natural comprimido (GNC) para transportar el gas hasta el centro de consumo y luego distribuirlo a los usuarios a través de redes de gasoductos. Mediante esta técnica se aumenta la presión del gas en cilindros o tanques transportados por vehículos, manteniéndolo en su estado gaseoso, de tal forma que se incrementa la energía por unidad de volumen reduciendo los costos unitarios de transporte. Cabe mencionar que el GNC es la técnica utilizada para almacenar el gas natural en vehículos que utilizan dicho energético.

El GNC requiere las siguientes etapas:

1. **Compresión:** se toma el gas natural del campo de producción, de un gasoducto de transporte o de una red de distribución y mediante compresores se aumenta

la presión del gas que se deposita en cilindros o tanques diseñados para el caso. La presión máxima utilizada para el gas comprimido es de 3600 psi.

2. Transporte y Almacenamiento: los cilindros o tanques se transportan en vehículos por carretera o vía fluvial.
3. Descompresión: utilizando válvulas para expandir el gas se reduce la presión y se inyecta el gas a las redes de distribución para llevarlo a los usuarios finales.

**3.1.5 Usos del Gas Natural.** El gas natural se utiliza como materia prima o como combustible en los sectores industrial, petroquímico, termoeléctrico, doméstico, comercial y de transporte terrestre.

Sus principales usos por sector son los siguientes:

**Tabla 4. Usos del Gas Natural**

SECTOR	USOS	
<b>INDUSTRIAL</b>	Refinerías de petróleo Industria del vidrio Minas de ferróníquel Industria alimenticia Hierro y acero	Pulpa y papel Industria de cemento Cerámica Industria textil
<b>PETROQUIMICO</b>	Urea Alcoholes MTBE Etileno ETC	Nitrato de amonio Aldehídos Acetileno Polietileno
<b>TERMoeLECTRICO</b>	Turbogeneradores Calderas (turbinas de vapor) Plantas de ciclo combinado	Plantas de ciclo "STIG" Plantas de cogeneración Plantas de trigeneración
<b>DOMESTICO GENERAL</b>	Cocinas Secadoras de ropa Refrigeración y acondicionamiento de aire	Calentadores de agua Calefacción Restaurantes Hoteles
<b>TRANSPORTE – GNV</b>	Gas Natural Vehicular comprimido en reemplazo de gasolina motor.	

**3.1.6 Beneficios del Gas Natural:** Encontrar yacimientos de gas natural, extraerlo, tratarlo, transportarlo y distribuirlo hasta los centros de consumo, es un proceso muy complejo. Exige un largo tiempo de investigación, diseño, preparación, y avanzados recursos tecnológicos para garantizar su utilización segura.

Todos estos esfuerzos e inversiones se justifican al considerar las ventajas que el gas natural presenta respecto a otros combustibles, entre las cuales vale la pena resaltar:

- **FACILIDAD:** No requiere de tratamiento posterior de residuos (hollín) ya que no los genera.
- **SEGURIDAD:** Por las características técnicas de la red de distribución, brinda la máxima seguridad a los clientes.
- **EFICIENCIA:** La eficiencia térmica del gas es muy elevada a diferencia de la electricidad, el carbón y la leña el encendido es inmediato lo que se traduce en mayor rapidez.
- **COMODIDAD:** Se recibe directamente en los domicilios, solo se paga el consumo real.
- **LIMPIEZA:** Debido a su composición, su combustión no produce residuos que causen contaminación.
- **AHORRO ECONÓMICO:** Reduce el costo de la canasta familiar y genera un ahorro significativo en el corto y largo plazo ya que su precio es competitivo con relación a otros combustibles (gasolina, ACPM, energía, entre otros); se paga solo después de consumirlo.

- **AMBIENTAL:** Contribuye a la preservación del ambiente ya que el uso del gas reduce gran cantidad de emisiones contaminantes (por la combustión de leña, carbón, kerosene o ACPM, entre otros).

### **3.1.7 Características Comparativas entre el Gas Natural (Gasoducto-Gnc) y el Gas Licuado del Petróleo**

**Calor de vaporización:** Los combustibles líquidos presentan mayores calores de vaporización que los combustibles gaseosos, de modo que el GLP presenta mayor calor de vaporización (219 Btu/Lb) que el gas natural (193 Btu/Lb).

**Temperatura de ignición:** Es la temperatura a la cual se produce la inflamación brusca de una mezcla con aire u oxígeno. El GN presenta la mayor temperatura de ignición (1000°F), debido a que es un combustible seco y de bajo carbón el cual no ioniza y desde luego genera una resistencia mayor. El GLP también presenta una alta temperatura de ignición (900°F).

**Límite de inflamabilidad:** El límite de inflamabilidad mide el rango de mezclas de aire-combustible que se encenderá. Desde un punto de vista de seguridad, un amplio rango es menos deseable que un rango estrecho, ya que si la proporción de combustible o de gas en la mezcla es pequeña, la inflamación no se propaga. El gas natural requiere de una concentración más alta de aire para encender que los demás combustibles porque requiere de una concentración de aire entre 5-15%, en comparación con el rango del GLP que está entre 2-10%.

**Efecto ambiental:** El GN produce, respecto a la gasolina, un 84% menos de emisiones de hidrocarburos reactivos, 92% menos de emisiones de Monóxido de Carbono y 70% menos de emisiones de Óxido de Nitrógeno; mientras que el GLP produce, respecto a la gasolina, un 76% menos de emisiones de hidrocarburos reactivos, 88% menos de emisiones de Monóxido de Carbono, y 41% menos de

Óxido de Nitrógeno.

**Disponibilidad:** El gas natural actualmente constituye uno de los recursos con más alta disponibilidad en el país con un potencial de reservas probadas alrededor de 7 Teras; además dentro del Plan de Masificación del Gas se contempla promover aún más el consumo del GNC, gestando sociedades entre los distribuidores de combustibles y de gas natural.

El GLP presenta el inconveniente de no contar con una oferta apropiada que respalde un mayor crecimiento. En la actualidad la oferta es similar a la demanda.

Es claro que el gas natural y el gas natural comprimido (GNC), son el mismo tipo de gas, sólo que este último es sometido a un proceso de compresión que permite envasarlo en cilindros de alta resistencia para llevarlo hasta el municipio, existen algunas consideraciones adicionales importantes al establecer comparativo entre GNC y GLP, que se muestran en la siguiente Tabla.

**Tabla 5. Ventajas y Desventajas del GNC y GLP**

	<b>GNC</b>	<b>GLP</b>
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combustible con menos emisiones tóxicas al medio ambiente, ya que su combustión es más completa y limpia.</li><li>• Mayor eficiencia térmica debido a su alto poder calorífico.</li><li>• Dispersión rápida en el aire en caso de un escape, debido a que es más liviano que el aire.</li><li>• No es tóxico para la humanidad.</li><li>• Requiere de una alta concentración de aire (5-15%) y alta temperatura de</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combustible limpio, con menores emisiones de CO, HC Y NO<sub>x</sub>.</li><li>• Posee una alta temperatura de ignición, alrededor los 900 °F.</li><li>• No es tóxico, no es cáustico y no constituye una amenaza para la tierra y para el agua en caso de derrame.</li><li>• Es un combustible de fácil manejo, almacenamiento y transporte.</li><li>• Requiere de un bajo número de viajes del carro tanque por mes.</li><li>• Presenta una alta capacidad de almacenamiento lo que</li></ul>

	<b>GNC</b>	<b>GLP</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>ignición (1000 °F).</li> <li>Es el más seguro de todos los gases combustibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>garantiza un servicio continuo a los usuarios.</li> <li>Maneja presiones moderadas (80-110 psi).</li> </ul>
<b>DESVENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A temperatura ambiente el GNC requiere de altas presiones de almacenamiento (3600 psi).</li> <li>Se requiere de equipos especializados los cuales generan altas inversiones (Estación compresora y cilindros de almacenamiento)</li> <li>Se requiere de un número alto de viajes del camión por mes.</li> <li>Maneja altas presiones (3000–3600 psi).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A temperatura y presión ambiente es un gas inflamable y si se encuentra en un espacio confinado puede causar una explosión si hay ignición.</li> <li>En fase de vapor es más pesado que el aire, de modo que éste no se dispersa tan fácilmente sin la presencia de viento o ventilación y puede causar asfixia si la persona está expuesta largo tiempo.</li> <li>En estado líquido puede causar quemaduras por congelamiento e irritación de la piel.</li> <li>La exposición de los tanques al fuego genera un altísimo riesgo debido a las altas presiones internas que se producen en el interior del tanque y que pueden causar explosión.</li> <li>Aproximadamente, la demanda es igual a la oferta.</li> </ul>

### 3.2 MARCO LEGAL

Se presenta a continuación una reseña del marco normativo y legal en que se desarrolla el proyecto (Leyes, reglamentos, decretos, acuerdos, planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, disponibilidades de servicios, (permisos, certificaciones, conceptos institucionales y otros).



Se toman en cuenta todos los lineamientos del Ministerio del Medio Ambiente, toda la normatividad vigente y pertinente tanto para la construcción del sistema de distribución como para la operación del mismo y su desarrollo equilibrado con el medio Ambiente en que se construirá.

### **3.2.1 Definiciones**

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

*“14.20. Servicios Públicos. Son todos los servicios y actividades complementarias a los que se aplica esta Ley.”*

*“14.21. Servicios Públicos Domiciliarios. Son los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, telefonía, pública básica conmutada, telefonía móvil rural, y **distribución de gas combustible**, tal como se definen en este capítulo.”*

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

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

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

*Artículo 4º. Servicios Públicos Esenciales.*

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

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

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

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

- **Servicio Público de Gas Combustible por Redes de Tubería:** Comprende el servicio público domiciliario de distribución por redes de tubería y las actividades complementarias de producción, comercialización y transporte de gas combustible por redes de tubería, de acuerdo con los numerales 14.20 y 14.28 y el título I de la ley 142 de 1994.
- **Distribución:** Es la prestación del servicio público domiciliario de gas combustible a través de redes de tubería, de conformidad con la definición del numeral 14.28 de la Ley 142 de 1994.”
- **Sistema de Distribución:** Es una red de gasoductos que transporta gas combustible desde un sitio de acopio de grandes volúmenes, o desde un

sistema de transporte o gasoducto hasta las instalaciones del consumidor final, incluyendo su conexión y medición.

- **Comercialización de Gas Combustible:** Actividad de compra y venta de gas combustible a título oneroso en el mercado mayorista y su venta con destino a otras operaciones en dicho mercado o a los usuarios finales.

### **3.2.2 Posibilidades Normativas de Suministro de Combustibles Domiciliarios.**

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

- **GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP):** Es una mezcla de hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo, gaseosos en condiciones atmosféricas, que se licuan fácilmente por enfriamiento o compresión. Principalmente constituido por propano y butano.
- **GAS NATURAL (GN):** Se denomina gas natural al conjunto de hidrocarburos gaseosos en proporción superior al 70% formados principalmente por el metano, que se obtiene de la naturaleza en los campos petrolíferos acompañando al crudo del petróleo (gas natural asociado) o acompañado únicamente por pequeñas cantidades de otros hidrocarburos o gases (gas natural no asociado).
- **GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC):** Es una mezcla de hidrocarburos, principalmente metano, cuya presión se aumenta a través de un proceso de compresión y se almacena en recipientes cilíndricos de alta resistencia.
- **GAS COMBUSTIBLE:** Es cualquier gas que se encuentre comprendido en cualquiera de las cuatro definiciones anteriores, independientemente de que

sea finalmente utilizado o no para combustión. Es el gas al que se dirige la regulación de la CREG.

Los proyectos de distribución de gas combustible deben ajustarse a todos los requerimientos establecidos por el marco legislativo y normativo a empresas de servicio público de gas domiciliario por redes. La legislación aplicable a los proyectos de distribución de gas natural está enmarcada en cuatro grandes bloques normativos a saber:

- La Constitución Política Nacional.
- Las Leyes del Congreso de la República y decretos con fuerza de ley y decretos leyes del Gobierno Nacional.
- Las regulaciones y requerimientos específicos para los trámites regulatorios y ambientales ante las autoridades competentes.
- La normatividad y los acuerdos locales y regionales vigentes.

En la Tabla 6 se presentan algunas de las Leyes, Decretos y Normas del marco jurídico que se tienen en cuenta al momento de adelantar los Proyectos de Distribución de Gas Combustible por Red:

**Tabla 6. Marco Jurídico Asociado con Proyectos de Distribución de Gas Natural**

<b>LEYES- DECRETOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>LEY 99 DE 1993</b>	Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).
<b>DECRETO 1753 DE 1994 DECRETO 1728 DE 2002 DECRETO 1180 DE</b>	Sobre Licencias Ambientales.

<b>LEYES- DECRETOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>2003 DECRETO 2820 DE 2010</b>	
<b>LEY 142 DE 1994</b>	Ley de Servicios Públicos Domiciliarios.
<b>LEY 388 DE 1997</b>	Ordenamiento Territorial Municipal y Distrital y Planes de Ordenamiento Territorial.
<b>LEY 134 DE 1994</b>	Participación Ciudadana.
<b>RES. 1016 DE 1989</b>	Organización, funcionamiento y contenido de los programas de Salud Ocupacional.
<b>RES. 541 DE 1994</b>	Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales de concreto y agregados sueltos de construcción.
<b>DECRETO 948 DE 1995</b>	Sobre la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
<b>RES. CREG 067 DE 1995</b>	Por la cual se establece el Código de Distribución de Gas Natural por red.
<b>RES. CREG 057 DE 1996</b>	Por la cual se establece el régimen tarifario para la prestación del servicio público de gas combustible por red.
<b>RES. CREG 011 DE 2003</b>	Por la cual se establece el nuevo marco regulatorio para la prestación del servicio público de gas combustible por red.
<b>RES. 14471 DE 2002 SIC</b>	Por la cual se establecen unos requisitos de calidad e idoneidad - Redes Internas.
<b>DECRETO 1842 de 1991</b>	Por el cual se establece el Estatuto Nacional del Usuario de Servicios Públicos.
<b>RES. 08321 DE 1996 MINSALUD</b>	Contaminación por el ruido y su manejo respectivo.

Las principales entidades de normalización 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 la empresa constructora y operadora deben regirse por 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 realizan 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 se referencia las principales normas técnicas nacionales aplicables a proyectos de gas domiciliario:

- NTC 1746. "Tubos y accesorios termoplásticos para la conducción de gas a presión".
- NTC 2505. "Instalaciones para suministro de gas en edificaciones residenciales y comerciales" (Tercera Actualización).
- NTC 2576. "Válvulas y mecanismos termoplásticos de corte accionados manualmente para sistemas de distribución de gas".
- NTC 3409. "Accesorios de polietileno para unión por fusión a tope con tubería de polietileno".
- NTC 3728. "Redes de distribución urbana de gas".
- NTC 3838. "Presiones de operación permisibles para transporte, distribución y suministro de gases combustibles".
- NTC 3949. "Estaciones de regulación de presión para redes de transporte y distribución de gas combustible".

### **3.3 MARCO JURÍDICO AMBIENTAL**

El ordenamiento Jurídico Ambiental del país se desprende de la Constitución Política de 1991, en la cual se establecen las obligaciones del estado y los ciudadanos en la protección de las riquezas naturales y culturales de la nación, también hace referencia a la participación ciudadana en las decisiones ambientales de los proyectos.

La Ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente y define la organización del Sistema Nacional Ambiental, fijando la Licencia Ambiental como Instrumento de Planificación y Gestión Ambiental de los Proyectos.

El Estudio de Impacto Ambiental debe entregarse por parte de las empresas propietarias y/o encargadas de la ejecución de proyectos que puedan generar afectación sobre el medio ambiente incluidas personas y bienes, y que estén considerados dentro de la normatividad vigente. El Estudio debe elaborarse por parte de un grupo interdisciplinario relacionado directamente con las actividades involucradas en las diferentes etapas de desarrollo y ejecución del proyecto.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es una herramienta de planificación, ordenamiento y toma de decisiones de las acciones del hombre y/o la naturaleza para preservar o mantener una oferta de bienes naturales para el desarrollo sostenible de la sociedad.

El EIA busca identificar, describir, evaluar y controlar los efectos que las acciones del hombre tienen sobre el medio, incluyendo al hombre como agente principal que induce cambios sobre el ambiente. El EIA es un instrumento legal específico promulgado (numeral 11 de los Fundamentos de política Ambiental del Decreto 99/93) con el fin adquirir un cuerpo suficiente de conocimientos interdisciplinarios e

integrales para permitir o negar una variedad de modificaciones motivadas por el hombre sobre los elementos ambientales del orden nacional.

**3.3.1 Gestión Ambiental.** Para cumplir con los lineamientos estipulados en la ley 99 de 1993. Se elaboró este Estudio de Impacto Ambiental, El E.I.A incluye en su contenido:

- Síntesis del proyecto: Consideraciones generales sobre el proyecto a desarrollar, Quién desarrolla el proyecto, localización, actividades programadas, efectos ambientales previstos, proyección de operación etc.
- Marco legal y ambiental por el cual se rigen todas las actividades encaminadas a la ejecución del proyecto.
- Objetivo general y específico del proyecto y del Estudio de Impacto Ambiental.
- Descripción técnica del proyecto: características de diseño y urbanismo de la planta del proyecto, elemento a manejar (tipo de combustible y propiedades), equipos y materiales utilizados y sus especificaciones.
- Descripción del área de influencia del proyecto.
- Establecimiento de la línea base ambiental: caracterización del área de influencia del proyecto en cuanto a los componentes: Físico (geología, hidrología, vegetación, fauna, etc.), Atmosférico (calidad del aire, nivel de ruido, olor, etc.), Socio-económico (infraestructura de servicios, estratos, población circundante y futura, flujo vehicular, uso del suelo, etc.).
- Evaluación ambiental: Cualifica y cuantifica el grado de afectación negativa y positiva que genera el proyecto sobre los componentes anteriormente citados.



- Plan de Manejo Ambiental: Descripción detallada de los impactos generados por el proyecto, junto con las medidas de mitigación, compensación, y/o corrección a tomar y los programas de manejo de los impactos.
- Plan de Contingencia: Análisis y evaluación de los riesgos que se pueden presentar durante las fases de construcción y operación del proyecto, evaluación de amenazas y factor de vulnerabilidad del entorno. Establecimiento de procedimientos operativos, equipos y sistemas de seguridad a instalar, y manual de funciones en caso de presentarse un siniestro.

**Tabla 7. Normas Legales y Ambientales Vigentes**

<b>ELEMENTO</b>	<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>COMUNIDADES Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA</b>	LEY 21 DE 1991	Pueblos indígenas.
	LEY 70 DE 1993	Protección de la identidad cultural y derecho de las comunidades negras.
	LEY 34 DE 1994	Participación ciudadana.
	DECRETO 1320 DE 1998	Reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales en su territorio.
<b>AGUA</b>	DECRETO LEY 2811 DE 1974	Parte III: Aguas no marítimas y recursos hidrobiológicos.
	DECRETO 1449 DE 1977	Franjas protectoras de nacimientos y cuerpos de agua (MINAGRICULTURA).
	DECRETO 1541 DE 1978	Concesiones de aguas superficiales y subterráneas, explotaciones de material de arrastre y ocupación de cauces (MINAGRICULTURA).
	DECRETO 1594 DE 1984	Vertimientos de residuos líquidos (MINSALUD).
	DECRETO 901 DE 1997	Tasas retributivas por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales a cuerpos de agua (MINAMBIENTE).
	LEY 373 DE 1996	Ahorro y uso eficiente del agua.

<b>ELEMENTO</b>	<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
	RESOLUCIÓN 3102 DE 1997	Las licencias de construcción y urbanismo deberán considerar la utilización de equipos y sistemas con bajo consumo de agua (MINDESARROLLO).
	RESOLUCIÓN 372 DE 1998	Se fijan las tarifas mínimas para tasas retributivas por vertimiento (MINAMBIENTE).
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>	DECRETO 02 DE 1982	Normas sobre aire (MINSALUD).
	DECRETO 948 DE 1995	Regula el otorgamiento de permisos de emisiones atmosféricas y ruido, los instrumentos y mediciones de control y el régimen de sanciones y participación ciudadana (MINAMBIENTE).
	RESOLUCIÓN 898 DE 1995	Combustibles líquidos y sólidos para hornos y calderas de uso comercial y motores de combustión interna de vehículos automotores (MINAMBIENTE).
	RESOLUCIÓN 1351 DE 1995	Informe de estado de emisiones (IE-1), sección COV'S (MINAMBIENTE).
	LEY 306 DE 1996	Protección de la capa de ozono (CONGRESO NACIONAL).
	RESOLUCIONES 005 Y 909 DE 1996	Fuentes móviles terrestres (MINAMBIENTE MINTRANSPORTE).
	RESOLUCIÓN 619 DE 1997	Emisiones atmosféricas fuentes fijas (MINAMBIENTE).
	DECRETO 1697 DE 1997	Modifica parcialmente el Decreto 948/95.
	RESOLUCIÓN 623 DE 1998	Reglamenta la 898 de calidad de combustibles (MINAMBIENTE).
	<b>ESPACIO PÚBLICO</b>	LEY 9 DE 1989
DECRETO 1504 DE 1998		Reglamentación del espacio público en los planes de ordenamiento territorial.
<b>FLORA Y BOSQUES</b>	DECRETO LEY 2811 DE 1974	Parte VIII: Bosques, aprovechamientos forestales y reforestación.
	DECRETO 1791 DE 1996	Régimen de aprovechamiento forestal (MINAMBIENTE).
<b>PAISAJE</b>	DECRETO 1715 DE 1978	Protección del paisaje (MINAGRICULTURA).
	LEY 140 DE 1994	Descontaminación visual y de integridad del medio ambiente (CONGRESO NACIONAL).

<b>ELEMENTO</b>	<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>PREVENCIÓN DE DESASTRES</b>	DECRETO LEY 919 DE 1989	Se organiza el Sistema de Atención y Prevención de Desastres.
	RESOLUCIÓN 1016 DE 1989	Reglamenta la organización y desarrollo de un plan de emergencia teniendo en cuenta tres ramas, preventiva, pasiva o estructural y activa o control de emergencia.
	DECRETO 1281 DE 1994	Reglamenta las actividades de alto riesgo.
<b>RESIDUOS</b>	LEY 9 DE 1979	Código Sanitario Nacional: Reglamentación para la generación, manejo y disposición de residuos (MINSALUD).
	RESOLUCIÓN 2309 DE 1986	Reglamentación para la generación y disposición de residuos especiales (MINSALUD).
	RESOLUCIÓN 541 DE 1994	Reglamenta el cargue, descargue, transporte y disposición de escombros (MINAMBIENTE).
	DECRETO 605 DE 1996	Residuos sólidos (MINDESARROLLO).
	LEY 430 DE 1998	Normas prohibitivas para desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones a nivel ambiental (MINAMBIENTE).
	RESOLUCIÓN 415 DE 1998	Manejo y disposición de aceites usados (MINAMBIENTE).
<b>RUIDO</b>	RESOLUCIÓN 8321 DE 1983	Control de emisiones de ruido preventivo afectación de la salud y bienestar de las personas (MINSALUD). Modificado por la Resolución 792/90 de MINSALUD.
<b>SUELOS</b>	DECRETO LEY 2811 DE 1994	Parte VII: De la tierra y los suelos: del suelo agrícola y de los usos no agrícolas.
<b>ESTACIONES DE SERVICIO</b>	DECRETO 1521 DE 1998	Almacenamiento, manejo y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo para estaciones de servicio.

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

DAMA Bogotá D.C.

### 3.4 ESTRUCTURA DEL SECTOR DE GAS NATURAL EN COLOMBIA

Con el fin de que el sector funcione y se desarrolle de la mejor forma posible, se estableció un esquema que involucra a las entidades que producen el gas, las que lo transportan, las que lo venden, las que coordinan a todas las anteriores, las que establecen las políticas generales, las que hacen las normas para entregar productos de buena calidad a un precio razonable y las que vigilan que todos cumplan las normas existentes.

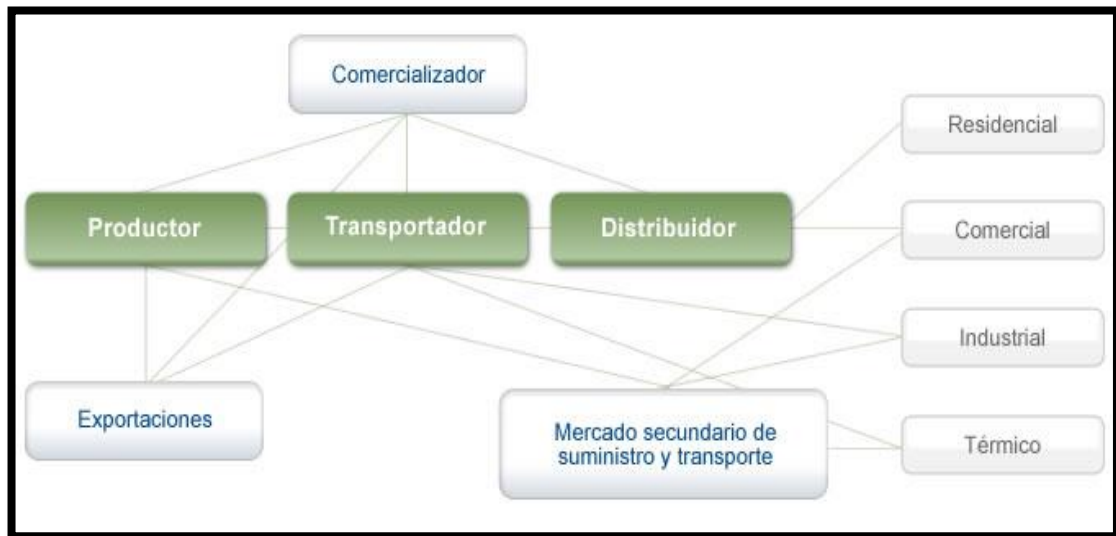
**Figura 2. Estructura del Sector de Gas Natural en Colombia**



**Fuente:** CREG

### 3.4.1 Nueva Estructura de la Industria del Gas Natural

Figura 3. Nueva Estructura de la Industria del Gas Natural en Colombia



Fuente: CREG

**Política:** El Gobierno Nacional está encargado de diseñar la política del sector, a través del Ministerio de Minas y Energía.

**Regulación:** La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) es la encargada de reglamentar, a través de normas jurídicas, el comportamiento de los usuarios y las empresas con el objetivo de asegurar la prestación de estos servicios públicos en condiciones de eficiencia económica con una adecuada cobertura y calidad del servicio.

**Mercado:** Está compuesto por los usuarios que se clasifican en regulados y no regulados y los agentes.

**Regulados:** Persona natural o jurídica cuyo consumo es inferior a 100 mil pies cúbicos por día (ft<sup>3</sup>d) o su equivalente en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). En esta

clasificación están los pequeños usuarios industriales y comerciales y todos los usuarios residenciales clasificados por estratos socioeconómicos.

**No regulados:** Persona natural o jurídica cuyo consumo es superior a 100 mil pies cúbicos por día (ft<sup>3</sup>d) o su equivalente en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). En este nivel de consumo están las plantas de generación eléctrica a base de gas (termoeléctricas) y grandes usuarios industriales y comerciales.

**Agentes:** Hacen posible llevar el gas al usuario final (productores, transportadores, distribuidores y comercializadores).

**Supervisión y control:** Está en cabeza de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), encargada de vigilar el comportamiento de los agentes y sancionar las violaciones a las leyes y reglas.

### **3.5 MARCO CONTEXTUAL O SITUACIONAL**

#### **3.5.1 Descripción General Del Municipio De “El Paso” Del Departamento Del Cesar**

**3.5.1.1 Ubicación Geográfica:** El municipio de El Paso se encuentra ubicado al Centro-occidente Subregión Occidental del Departamento del Cesar, con un área de 823.670 Km<sup>2</sup> que corresponde al 3,6% del área total Departamental.

**Altitud:** 35,5 m.s.n.m

**Temperatura promedio:** 27-32 °C.

**Límites:** al Norte con Bosconia y Valledupar, al Sur con La Jagua y Chiriguaná, al Este con La Paz, Becerril y Codazzi y al Oeste con Astrea, Chimichagua y el Departamento del Magdalena.

**3.5.1.2 División Política Administrativa:** El municipio de El Paso está conformado por los corregimientos de La Loma de Calenturas, Potrerillo, Cuatro Vientos, El Carmen, El Vallito y Puente Canoas.

**Figura 4. División política del departamento del Cesar**



Fuente: <http://www.igac.gov.co/mapas>

**3.5.1.3 Dinámica Económica.** La actividad económica del municipio de El Paso se fundamenta en la explotación de yacimientos carboníferos, cuya área de influencia directa está constituida por los corregimientos de La Loma de Calenturas y El Vallito. Sin embargo, la actividad agrícola sigue siendo de importancia. En 2010 el municipio presentó un área sembrada de 1.200 hectáreas especialmente con cultivos de arroz, maíz tradicional, patilla y palma de aceite.

### **3.5.1.4 Infraestructura de Servicios Públicos**

**3.5.1.4.1 Servicio de Acueducto:** Se tienen en cuenta criterios para medir la calidad del servicio:

- **Según Análisis Físico – Químico**, realizados por el inspector de saneamiento ambiental y con el apoyo de DASALUC se ha determinado que el agua no es apta para el Consumo Humano.
- **La Continuidad del Servicio**, la cobertura actual del servicio es de un 95% en la cabecera municipal, con una continuidad de 18 horas. Se presentan interrupciones del servicio debido a las suspensiones del fluido eléctrico que ponen en funcionamiento las motobombas para extraer el agua.

Existen dos pozos localizados en el centro del casco urbano municipal, con una profundidad de 100m, el caudal del pozo 1 es de 25L/s. El pozo 2 tiene un caudal de 7L/s, el diámetro de la tubería es de 12 in con reducción a 10 y 8 in. El tanque de almacenamiento fue construido en concreto con capacidad de 380m<sup>3</sup>.

### **Problemática**

La calidad del agua no es óptima, se ha iniciado el proceso de potabilización de agua en la cabecera municipal pero no existe un control y un manejo adecuado sobre este debido a la poca capacitación de los operarios.



## Proyectos

- Implementación de plantas eléctricas en los pozos de los centros más poblados como son el casco urbano de la cabecera municipal y el casco urbano del corregimiento de la Loma, a fin de suplir el servicio eléctrico cuando el prestado por la empresa Electricaribe presente fallas.
- Dotación de plantas de tratamiento de los acueductos corregimentales.

**3.5.1.4.2 Servicio de Alcantarillado:** La población de la zona urbana municipal cuenta con una cobertura del 90%, el alcantarillado es de tipo sanitario por sistemas de gravedad con tubería de 10 a 8 in. La laguna que no recibe ningún tipo de tratamiento, se encuentra ubicada en cercanías al área perimetral del casco urbano del municipio de El Paso a 1200 m aproximadamente. En los corregimientos y veredas donde no existe cobertura del servicio de alcantarillado, los habitantes arrojan a la calle y lotes no edificados toda clase de desechos líquidos degradando así el medio ambiente, se presentan corrientes de aguas negras en las calles y se puede observar la disposición de excrementos a campo abierto.

## Problemática

El diagnóstico anterior nos permite determinar que existen problemas de salubridad debido a la deficiente cobertura de servicios de alcantarillado, trayendo como consecuencia la contaminación del agua, suelo y aire principalmente.

## Proyectos

- Diseño, formulación y elaboración del Plan maestro de Alcantarillado de las Cabeceras Corregimentales.
- Desarrollo de programas de saneamiento básico a nivel veredal.

**3.5.1.4.3 Servicio de Aseo:** El servicio de aseo en el municipio es nulo debido a que no existe una empresa o entidad que se haga cargo de los residuos sólidos,

esto conlleva a que los pobladores arrojen sus desechos a los llamados lotes de engorde, incinerándolos y deteriorando así el medio ambiente.

### **Problemática**

- No existe sitio de disposición final de residuos sólidos.
- Se presenta contaminación de fuentes hídricas superficiales.
- Por la inadecuada disposición final de residuos sólidos hay proliferación de insectos y roedores que afectan la salud de la población.

### **Proyectos**

- Fortalecimiento institucional de la Empresa de Servicios Públicos.
- Consecución de terrenos para la construcción de rellenos sanitarios.

**3.5.1.4.4 Servicio de Energía Eléctrica:** Este servicio se caracteriza por su amplia cobertura de 98%. La empresa de servicios energéticos posee una agencia y a través de un administrador coordina acciones relacionadas con el servicio.

Electricaribe, cuenta en el municipio con un total de 2.841 usuarios distribuidos por corregimientos y veredas.

### **Problemática**

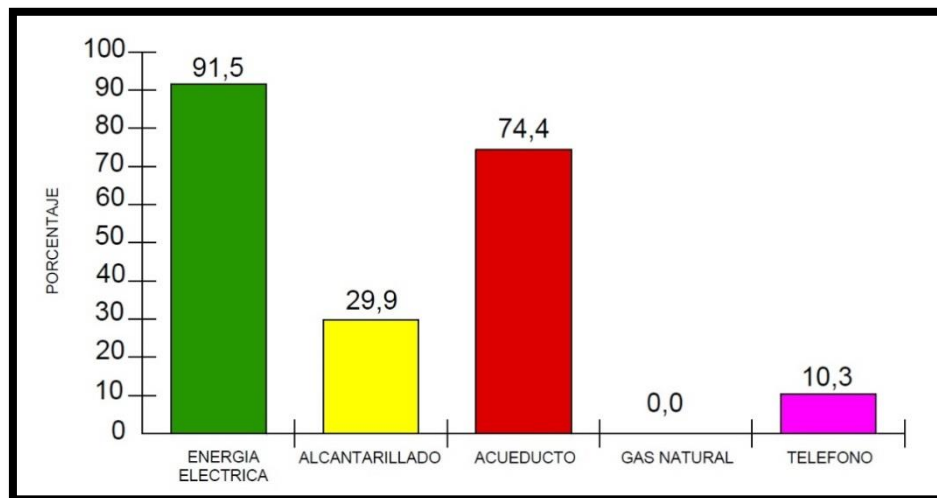
- Cortes imprevistos en el fluido eléctrico.
- Bajo voltaje en la prestación del servicio.
- Baja cobertura del alumbrado público.

### **Proyectos**

- Mantenimiento de redes eléctricas.
- Ampliación de cobertura del alumbrado público.
- Proveer de energía eléctrica a las veredas.

**3.5.1.4.5 Servicio de Gas:** En la actualidad el municipio no cuenta con una infraestructura, se prevé que en la ejecución de las políticas, acciones y estrategias del PEOT se gestione la realización de proyectos para la implementación de este Servicio Público esencial en los principales centros poblados del municipio de El Paso.

**Figura 5. Consolidado Servicios Públicos municipio de El Paso**



**Fuente:** [https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cesar/el\\_paso.pdf](https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cesar/el_paso.pdf)

### 3.5.2 Proyecciones Poblacionales y de Demanda de Gas

**3.5.2.1 Estructura Poblacional:** De acuerdo a la información suministrada por la Oficina de distribución del SISBEN, el municipio de El Paso cuenta con 2.485 viviendas de las cuales 747 se encuentran en la zona urbana y 1.798 en la zona rural

En la Tabla 8 se muestra la estratificación de viviendas para el municipio.

**Tabla 8. Distribución de las Viviendas por Estratos**

ESTRATO	EL PASO	LA LOMA	CUATRO VIENTOS	POTRERILLO	EL VALLITO	EL CARMEN	PUENTE CANOAS
1	36,61%	60,34%	88,33%	83,33%	90,32%	96,6%	83,33%
2	63,39%	31,66%	11,67%	16,67%	9,68%	3,4%	16,67%

Fuente: EOT El Paso Cesar

**3.5.2.2 Distribución de la Población:** Del total de la población proyectada (2005) según DANE, la zona urbana posee 6.369 habitantes que corresponden al 24% de la población total y en la zona rural 20.608 habitantes que corresponden al 76% de la misma población total (DANE 2005).

**Tabla 9. Distribución poblacional El Paso a 2005**

ENTIDAD	URBANA	RURAL	TOTAL
El Paso	6.369	20.608	26.977

Fuente: DANE Proyección 2005

**3.5.2.3 Densidad Poblacional.** Las mayores y menores densidades tienen repercusiones sobre la estructura del empleo, la dinámica económica, las posibilidades de participación y por ende sobre el acceso a infraestructura básica (servicios sociales, servicios públicos, redes viales y servicios de comunicaciones).

**3.5.2.4 Población económicamente activa:** La población económicamente activa se refiere al grupo por edades superiores a los 18 años hasta los 60 que contribuyen a la oferta de trabajo para la producción de bienes y servicios de índole económica.

Se incluye en este grupo a la población ocupada, que se encuentra trabajando, con o sin remuneración y al grupo de población desocupada, referida a las familias que no trabajan por haber perdido su empleo, aquellas que nunca han trabajado y aquellas que buscan su primer empleo o trabajo remunerado.

**3.5.2.5 Población ocupada:** Familias que se encuentran desarrollando actividades en los sectores económicos primarios del casco urbano (comercial, industrial, minero-zona corregimental) o vinculadas como empleados en el sector secundario (servicios, educación, etc.).

La mayor parte de empleo que se genera es formal, la población en edad de trabajar crece a un ritmo superior al de la población total, el problema de desempleo es más alto en las mujeres, y en la juventud. La poca oportunidad de empleo existente ha incidido en los ingresos y calidad de vida, que acelera los procesos de migración hablando del sector Urbano las migraciones más frecuentes son al sector rural, exactamente al corregimiento de La Loma por estar vinculada directamente a la explotación minera representando a la población joven una oportunidad de trabajo directo o indirecto.

La industria minera representa un importante renglón de la economía debido a que en torno a ella directa o indirectamente se beneficia cerca del 75% de la población del municipio siendo los más favorecidos los habitantes del corregimiento de La Loma, además tiene una gran participación en la producción global, que se revierte en entrada de regalías para el municipio.

**3.5.2.6 Proyecciones de vivienda:** Para calcular el número de viviendas a partir del año cero del proyecto y hasta el cuarto periodo tarifario correspondiente a 20 años, se realizó una proyección de la población y se calculó el número de viviendas, con fundamento en la cantidad de personas que habitan una vivienda (5,3 personas por vivienda) correspondiente al valor reportado por las encuestas desarrolladas por la Empresa INGEOBRA S.A. E.S.P. en el año 210, y tomando el factor de crecimiento poblacional del Departamento Nacional de Estadísticas (DANE). Ver Tabla 10.

**Tabla 10. Proyección de Vivienda**

<b>AÑO PROYECTO</b>	<b>Número de usuarios</b>	<b>Numero de Personas por Vivienda</b>	<b>Numero de Habitantes</b>
0			
1	2.773	5,3	14.697
2	2.867	5,3	15.195
3	2.964	5,3	15.709
4	3.064	5,3	16.239
5	3.168	5,3	16.790
6	3.275	5,3	17.358
7	3.386	5,3	17.946
8	3.501	5,3	18.555
9	3.620	5,3	19.186
10	3.743	5,3	19.838
11	3.870	5,3	20.511
12	4.001	5,3	21.205
13	4.137	5,3	21.926
14	4.277	5,3	22.668
15	4.422	5,3	23.437
16	4.572	5,3	24.232
17	4.727	5,3	25.053
18	4.887	5,3	25.901
19	5.053	5,3	26.781
20	5.224	5,3	27.687

**Fuente:** DANE Proyección 2005. INGEOBRA S.A. E.S.P Proyección de la demanda de gas natural Municipio de El Paso 2010

**3.5.2.7 Cálculo progresivo de usuarios vinculados:** Para determinar la cantidad de usuarios a beneficiarse del servicio de gas domiciliario, se pretende dirigir el proyecto al 100% de la población que reside en el casco urbano del municipio de El Paso, incluyendo los corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma. Para efectos de cálculos se tomará como base un potencial de usuarios igual al 90% de las viviendas que se conectan a la red de distribución de gas natural cada año según proyecciones realizadas en la tabla 11.

**Tabla 11. Usuarios vinculados al año.**

AÑO PROYECTO	Número de usuarios Vinculados por acumulados año
0	
1	1.005
2	1.820
3	2.351
4	2.598
5	2.706
6	2.817
7	2.932
8	3.051
9	3.174
10	3.301
11	3.432
12	3.568
13	3.709
14	3.854
15	4.004
16	4.159
17	4.319
18	4.485
19	4.657
20	4.834

**Fuente:** INGEOBRA S.A. E.S.P Proyección de la demanda de gas natural Municipio de El Paso 2010

**3.5.2.8 Proyección de la demanda de Gas Natural a 20 años:** Para determinar la demanda de gas en el municipio de El Paso y los corregimientos de La Loma y Cuatro Vientos, y para simplificar la estimación de la misma, se tendrá en cuenta un consumo de gas natural aproximado. Este valor no tendrá en cuenta una discriminación del tipo de usuario (estrato socioeconómico, industrial y comercial).

En tal sentido para realizar las respectivas proyecciones de gas natural en el municipio de estudio, se parte de una demanda plena mensual de 21 m<sup>3</sup> de gas combustible por usuario.

De acuerdo con lo anterior se ha previsto que el consumo de gas del proyecto durante sus primeros años de operación podría ser como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12. Proyección de la demanda de Gas Natural**

<b>AÑO PROYECTO</b>	<b>Número de usuarios Vinculados por acumulados año</b>	<b>Demanda de Gas Natural (m3/mes)</b>	<b>Consumo Actualizado (m3/año)</b>
0			
1	1.005	20.603	247.230
2	1.820	37.310	447.720
3	2.351	48.196	578.346
4	2.598	53.259	639.108
5	2.706	55.473	665.676
6	2.817	57.749	692.982
7	2.932	60.106	721.272
8	3.051	62.546	750.546
9	3.174	65.067	780.804
10	3.301	67.671	812.046
11	3.432	70.356	844.272
12	3.568	73.144	877.728
13	3.709	76.035	912.414
14	3.854	79.007	948.084
15	4.004	82.082	984.984
16	4.159	85.260	1.023.114
17	4.319	88.540	1.062.474
18	4.485	91.943	1.103.310
19	4.657	95.469	1.145.622
20	4.834	99.097	1.189.164

**Fuente:** Autor

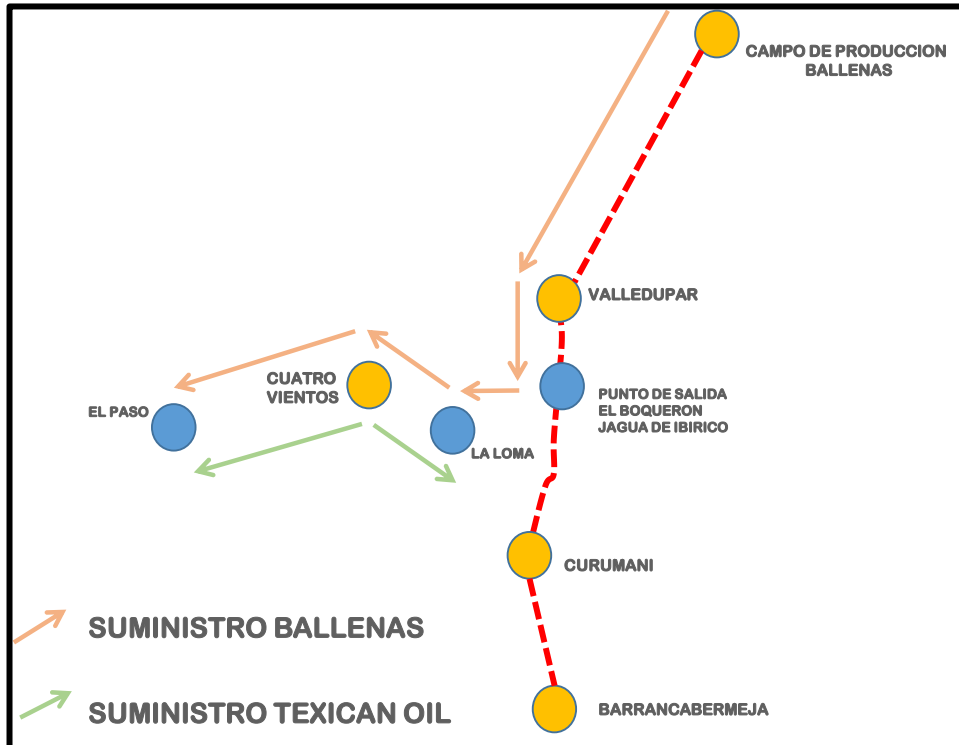
**3.5.3. Alternativas de Suministro de Gas Natural.** Con el fin de determinar la alternativa de suministro de Gas Natural más favorable en el marco del presente análisis, se evaluaron los costos unitarios de compra de gas en boca de pozo, transporte por la red nacional de gasoductos, sistemas de compresión de gas natural, transporte de gas natural comprimido y descompresión de gas en la cabecera municipal.

En tal sentido las alternativas de suministro consideradas son:



- Gas proveniente de los campos de producción en la Guajira.
- Gas proveniente de los campos de producción de la empresa TEXICAN OIL, ubicados a 4 Km del corregimiento de Cuatro Vientos del municipio de El Paso, denominados “Pozos Compae”.

**Figura 6. Alternativas de suministro**



Fuente: Autor

**3.5.3.1. Gas Guajira.** Para el suministro de Gas Natural proveniente de los campos Chuchupa y Ballenas en la Guajira, se requiere:

- **Compra del gas en boca de pozo:** A partir de la promulgación de la Resolución CREG 088 de 2013, se libera el precio para el gas natural colocado en punto de entrada al sistema nacional de transporte, con lo cual el precio del gas natural del campo Guajira es definido dependiendo de las condiciones de oferta y demanda al momento de negociarlo, lo que efectivamente ocurrió y las

transacciones mostraron como resultado la disminución del valor del gas natural de Guajira cercana a los dos dólares con respecto al precio del gas, cuando éste se encontraba regulado, en tal sentido, en el escenario medio o de referencia parte del precio medio de las negociaciones bilaterales de octubre de 2014, cuyo valor alcanzó los 3,8 US\$/MBTU. Este valor será referencia para nuestro análisis.

- **Transporte a través de la red de gasoductos nacionales específicamente en el tramo Ballena – Barranca, con punto de salida en el municipio de la Jagua de Ibirico, de propiedad de la empresa GEACOM S.A. E.S.P.:** Para determinar el precio máximo de transporte por gasoducto, se consideraron las resoluciones vigentes expedidas por la CREG y aplicables al tramo Ballenas – Barranca, pertenecientes al sistema del Interior, al momento de la realización del ejercicio, considerando que las tarifas se mantienen con el mismo valor del último año después del vencimiento de las resoluciones. Adicionalmente, se supuso una pareja de cargos regulados, cargo fijo/cargo variable, 80/20, durante todo el periodo de proyección según Resolución CREG 112 de 2012, para el caso el precio del transporte de gas asciende a 1,53 US\$/MBTU.
- **Costo máximo unitario para el transporte de GNC:** El costo máximo unitario para el transporte de gas natural comprimido en vehículos de carga (TVm) se determina como un costo promedio ponderado de los costos de transporte que se establezcan para los recorridos entre los municipios donde se encuentran las estaciones de compresión (orígenes) y los municipios que forman parte de un mercado relevante donde se encuentran las estaciones de descompresión (destinos). La CREG, ha establecido la matriz de origen y destinos para el cobro del transporte de gas natural comprimido, en tal caso para el trayecto comprendido entre el Punto de Salida en La Jagua de Ibirico y las unidades de descompresión del mercado relevante el valor del transporte es 2,1 US\$/MBTU.

**3.5.3.2. Gas Texican Oil:** El suministro de gas natural proveniente de los pozos de producción de gas denominados Compae, en inmediaciones del corregimiento de Cuatro Vientos (municipio de El Paso – Cesar), es pertinente aceptar el precio del gas en boca de pozo con referencia Guajira, sin embargo lo relacionado con el transporte de gas natural comprimido es un tanto menor, pues el origen de la matriz es diferente, ascendiendo a 1,8 US\$/MBTU; y en lo relacionado con el transporte de gas a través de la red de gasoductos nacionales, éste no se requiere para este punto de suministro.

Como se mencionó, algunos componentes de para el suministro de gas natural al mercado relevante compuesto por el municipio de El Paso, son similares en valor, en virtud a su composición operativa y tarifaria, tal es el caso de los componentes de compresión en estación de salida o boca de pozo, y descompresión en las estaciones del mercado relevante, razón por la cual no se tiene en cuenta en el presente análisis de alternativas de suministro.

**Tabla 13. Costo gas por punto de suministro**

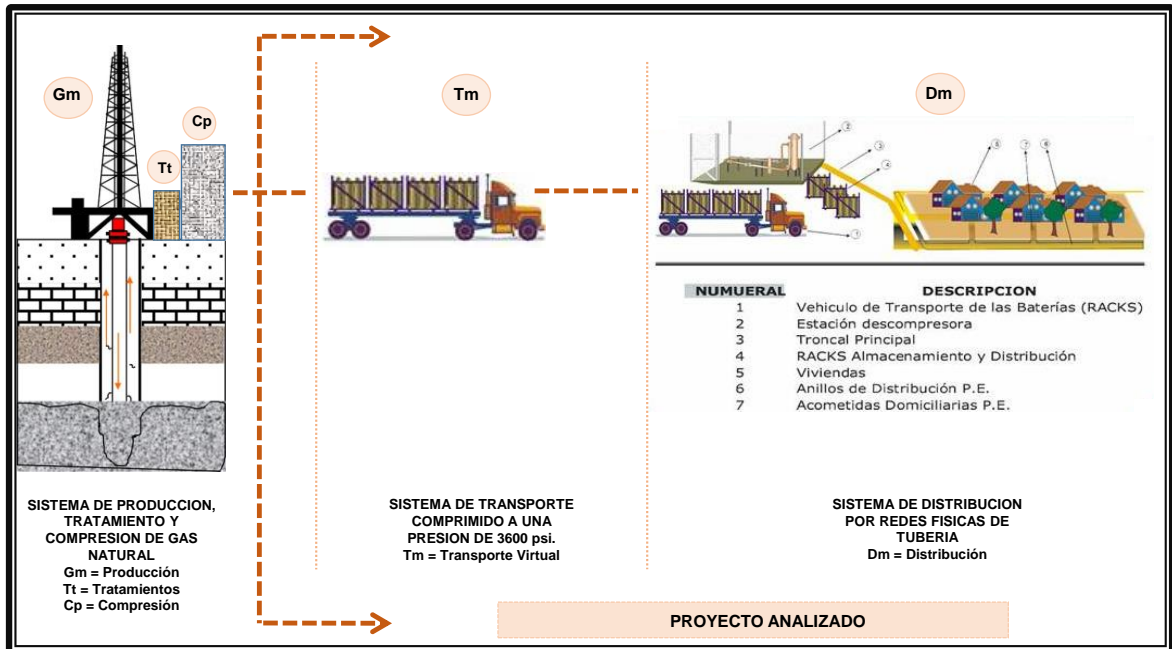
<b>COSTO GAS POR PUNTO DE SUMINISTRO</b>		
<b>TARIFA USD/MBTU</b>	<b>PUNTO DE SUMINISTRO</b>	
	<b>GUAJIRA</b>	<b>TEXICAN OIL</b>
BOCA DE POZO	3,8	3,8
TRANSPORTE GASODUCTOS	1,53	0
TRANSPORTE COMPRIMIDO	2,1	1,8
<b>TOTAL</b>	<b>7,43</b>	<b>5,6</b>

**Fuente:** Autor

Al analizar la anterior tabla, se aprecia que es el punto de suministro desde los pozos Compae, de propiedad de la empresa TEXICAN OIL, la alternativa que brinda las mejores relaciones económicas para el abastecimiento de gas natural para el mercado relevante conformado por el Municipio de El Paso y los corregimientos de La Loma y Cuatro Vientos, por lo tanto será dicha alternativa la

que se evaluará a la luz del análisis tarifario, en virtud de la Resolución CREG 011 de 2003.

**Figura 7. Esquema de Suministro de Gas Natural Comprimido (GNC)**



Fuente: Autor

## 4. ESTUDIO TÉCNICO

### 4.1 SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE GAS DOMICILIARIO

El servicio público de gas domiciliario, es prestado por empresas distribuidoras, encargadas del suministro de gas licuado del petróleo – GLP, en cilindros, que normalmente son conectados directamente mediante una manguera plástica a los gasodomésticos, sin cumplir con la normatividad técnica vigente.

**4.1.1. Energéticos Presentes.** El energético más utilizado en el municipio, es el gas licuado del petróleo – GLP, comúnmente conocido como gas propano, el cual es distribuido en cilindros y su utilización alcanza un 91% en el casco urbano y 92% en el corregimiento de La Loma y una utilización alterna entre GLP y leña de 2,7% para este corregimiento, adicionalmente este sector tiene un consumo comercial alto contrario a la cabecera municipal, la utilización de GLP para el sector de La Loma es de 67% y el 33% restante utilizan el GLP alternándolo con leña, el sector comercial lo conforman en su mayoría los restaurantes, tienen un gran consumo debido a la demanda generada por la cantidad de población flotante existente en la zona, dicha población se derivada de los empleos directos e indirectos que generan los grandes proyectos mineros que explotan la región.

En la siguiente tabla, se presenta el consumo promedio en cilindros y galones para lo cual se tuvo en cuenta los valores según la resolución CREG 013/04, arrojando un promedio de 10,22 galones por usuario/mes, equivalente a 1,15 cilindros de GLP por mes de 40 Lb.

**Tabla 14. Consumo de GLP promedio para El Paso y corregimiento de La Loma.**

<b>CONSUMO RESIDECIAL DE GLP EN CILINDROS - LA LOMA</b>							
<b>Unidad</b>	<b>No. Usuarios</b>	<b>Unidades Utilizadas/ Mes</b>	<b>Consumo unid/Mes /Usuario</b>	<b>Total Consumo unid/Mes /Usuario</b>	<b>Total Consumo en Galones/ Mes</b>	<b>Consumo en Galones/ Mes/usuario</b>	<b>Promedio Consumo en Galones Mes / Usuario</b>
100 L	2	3	1,7	5,6	74,4	37,18	<b>10,37</b>
40 L	16	22	1,4	29,2	193,0	12,06	
30 L	127	168	1,3	222,2	1236,8	9,74	
<b>TOTAL</b>	<b>145</b>				<b>1504,2</b>		
<b>CONSUNO RESIDECIAL DE GLP EN CILINDROS - EL PASO</b>							
<b>Unidad</b>	<b>No. Usuarios</b>	<b>Unidades Utilizadas/ Mes</b>	<b>Consumo unid/Mes /Usuario</b>	<b>Total Consumo unid/Mes /Usuario</b>	<b>Total Consumo en Galones/ Mes</b>	<b>Consumo en Galones/ Mes/usuario</b>	<b>Promedio Consumo en Galones Mes / Usuario</b>
100 L	0	0	0,0	0,0	0,0	0,00	<b>10,01</b>
40 L	17	20	1,2	23,5	178,5	10,50	
30 L	70	94	1,3	126,2	692,0	9,89	
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>				<b>870,6</b>		
<b>CONSUMO PROMEDIO TOTAL</b>	<b>232</b>				<b>2374,7</b>		<b>10,24</b>
<b>EL RESULTADO DEL TOTAL DEL PROMEDIO CONSUMO EN GALONES MES/ USUARIO ES IGUAL A 1,15 CILINDRO DE GAS DE 40 LIBRAS MES</b>							<b>1,15</b>

**Fuente:** INGEOBRA S.A. E.S.P Proyección de la demanda de gas natural Municipio de El Paso 2010

Actualmente el servicio público de gas licuado del petróleo, prestado a través de cilindros en el municipio, maneja precios que oscilan entre \$29.000, \$35.000 y \$68.000 para los cilindros de 30, 40 y 100 Lb respectivamente. Este dato permite hacer un cálculo de los precios pagados realmente por el usuario por metro cúbico

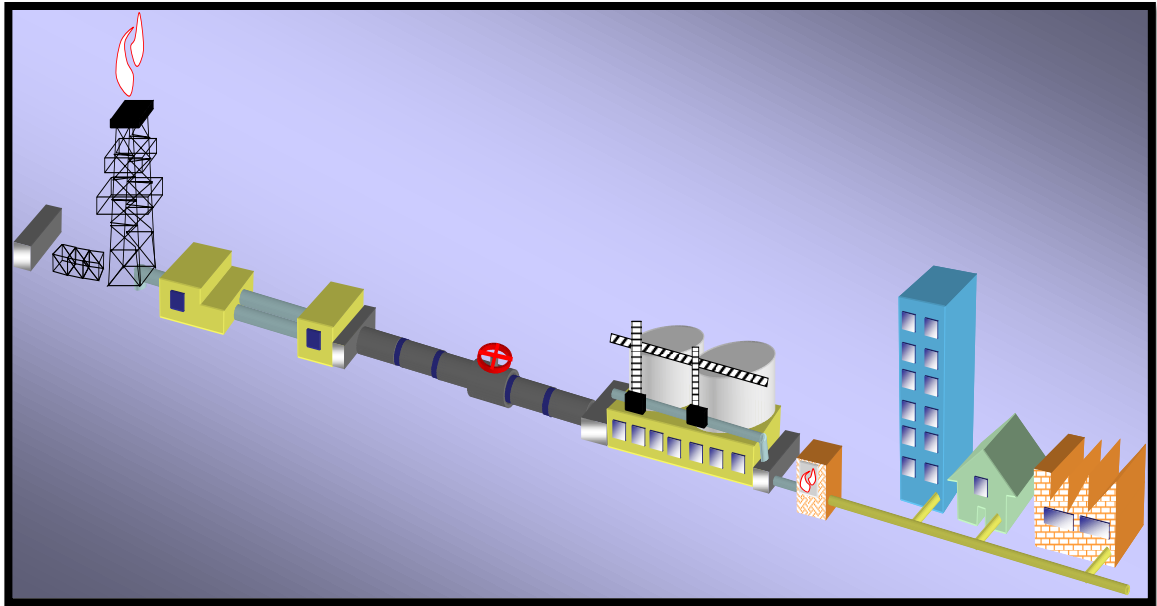
de gas consumido, se tiene en cuenta que el contenido de los cilindros no es utilizable en su totalidad debido a que el gas propano se condensa y genera los residuos llamados popularmente “cunchos” que no son recuperables (10% - 15% desperdicio). Ver Tabla 14.

**4.1.2. Costos del Servicio de Gas Domiciliario (GLP).** El energético más utilizado en el municipio objeto de estudio y su área de influencia, es el gas propano o GLP, distribuido en cilindros por medio de vehículos especialmente acondicionados para tal fin, el costo promedio mensual producto de su utilización como combustible domiciliario, oscila alrededor de \$40.000 pesos equivalente al consumo de 1,15 cilindros/ mes para la unidad de 40 libras.

## **4.2 ETAPAS DEL GAS NATURAL**

El gas natural generalmente es transportado hasta los sistemas de distribución que entregan el gas a las instalaciones internas de cada usuario, a través de tuberías de acero denominados gasoductos, desde los campos de explotación y plantas de tratamiento hasta las estaciones City Gate o de entrega de gas a los municipios interconectados con la infraestructura de transporte, para el municipio de El Paso el City Gate estará ubicado en el corregimiento de Cuatro Vientos sobre la Vía Nacional (Troncal de la Costa) a 5 Km del Sector Urbano de este Corregimiento, a 13 Km del Sector Urbano del Corregimiento de La Loma y a 13 Km del Caso Urbano Municipal, tomando como referencia las vías principales de acceso a estos sectores.

**Figura 8. Diagrama de Flujo del Gas Natural**

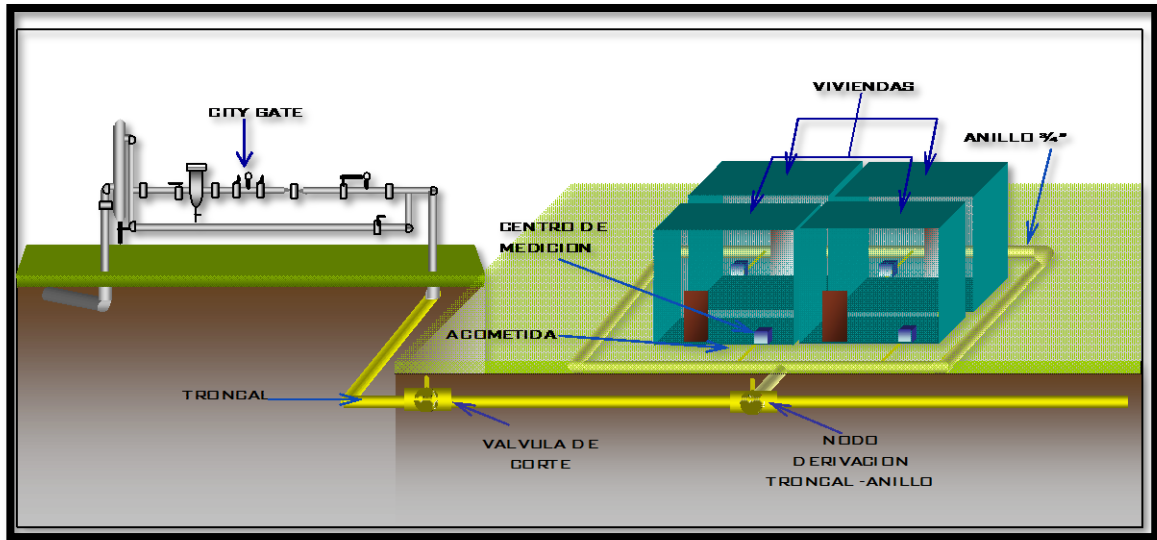


### **4.3 GAS NATURAL POR GASODUCTO**

La Red de distribución de Gas Natural domiciliario para el Casco Urbano del municipio de El Paso, El Corregimiento de Cuatro Vientos y La Loma, inicia en el City Gate o Estación de Entrega que estará ubicado en el corregimiento de Cuatro Vientos, y será construida de acuerdo a la Norma ANSI/ASME B 31,8, la Norma ICONTEC NTC 3728 sobre redes de distribución urbana de gas y la Norma ICONTEC 3838 sobre presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles..



**Figura 9. Infraestructura Gas Natural**



#### **4.4 CONDICIONES GENERALES DE LA ESTACIÓN (CITY GATE)**

Se trata de la Infraestructura necesaria, que se encargará del Recibo, Filtración, Calentamiento, Regulación, Medición y Odorización de Gas Natural. Los dispositivos de aislamiento del sistema de protección catódica son obligatorios en este punto.

Esta estación se construirá ciñéndose a la Norma Técnica Colombiana NTC 3949 para Gasoductos, Estaciones de Regulación de Presión para Redes de Transporte y Distribución de Gas Combustible.

**4.4.1 Requerimientos de Diseño y Operación.** La estación de regulación y medición deberá garantizar la entrega continua de gas natural filtrado, medido y odorizado al sistema de distribución urbana correspondiente y de mantener la presión de entrega en un valor constante de 80 psig + 2,5%. El diseño deberá tener en cuenta los aspectos que se mencionan a continuación:

- Operación autónoma de la estación (sitios sin atención de personal permanente de O&M).
- Facilidad de operación y mantenimiento.
- Facilidad de acceso para el personal de operación y mantenimiento a los equipos y a los instrumentos de indicación local.
- Posibilidad de desmonte cómodo y seguro de los instrumentos para efectuar calibraciones fuera de línea.
- Montaje de instrumentos de indicación local ya sea en línea de proceso o sobre un equipo, a una altura tal que permitan una lectura y un accionamiento cómodo y seguro de los mismos.
- Los puntos de conexión de las líneas de censado de los equipos e instrumentos deberán estar alejados de lugares de turbulencia para garantizar una medición fiel de la variable de proceso.
- No se deberán emplear sistemas de potencia hidráulicos o eléctricos en la estación de regulación y medición.
- Criterio modular y de expansión de la estación que permita el crecimiento futuro.

La estación de Recibo y Regulación constará básicamente de los siguientes bloques operativos:

- Aislamiento dieléctrico del sistema de protección catódica.
- Venteo de gas en la línea de Recibo.
- Válvula de Bloqueo Automático en el Recibo ESDV o Válvula de Seguridad.
- Filtrado y separación de Líquidos mediante un Filtro Separador Horizontal, el cual consiste en una serie de mallas sucesivas con tamices de diámetros diferentes que se encargan de dejar pasar únicamente partículas gaseosas, provisto de indicador de presión estática y presión diferencial, válvula de seguridad, línea de venteo, tapa de apertura rápida, elemento filtrante, válvula

inferior de drenaje y válvula de globo para llenado; y una línea de by pass al filtro con válvula de bloqueo.

- Sistema de calentamiento de gas (Calentador catalítico provisto de un sistema de control automático de temperatura e indicadores de temperatura a la entrada y a la salida, y la línea de by pass al calentador con válvula de bloqueo), el cual debe cumplir básicamente dos (2) funciones la de elevar la temperatura del flujo de gas entrante a la etapa de regulación para mitigar los efectos de la formación de hidratos en los reguladores durante la regulación, y garantizar que bajo cualquier escenario de operación, la temperatura de entrega a la red de distribución urbana de gas natural no sea inferior a 50°F ni superior a 120°F una vez realizada la reducción de presión a fin de reducir el efecto Joule–Thomson o expansión adiabática por la cual se produce el enfriamiento del gas por pérdida de presión del mismo.
- Sistema de Regulación (control y reducción de presión) conformada por dos (2) brazos de regulación idénticos que constan de dos (2) válvulas de bola con la función de bloquear el paso de gas por el brazo de regulación, un regulador de presión, un indicador de presión provisto de válvula de bloqueo y válvula de aguja, una válvula de purga y una válvula de seguridad situada aguas abajo de los reguladores con la posibilidad de aliviar el 100% del flujo de gas; el cual deberá estar diseñado de tal modo que la transferencia del modo de control dentro y entre cada lazo de control sea gradual y satisfaga una progresión lógica que asegure una condición segura en todo momento.
- Sistema de medición y registro de presión, temperatura y flujo del gas natural entregado a la red de distribución urbana; el cual estará conformado como mínimo por dos (2) válvulas de bola con la función de bloquear el paso de gas por el brazo de medición, un transmisor de presión estática con transmisión de señal 1 a 5 VDC a la RTU provisto con filtro para interferencias de radio frecuencia y con válvulas de bloqueo y válvula de aguja.
- Separador Bifásico.
- Venteo de Gas.

- Odorización del Gas, este sistema consta de un tanque de almacenamiento de Tetrahidrotiofeno (THT) o ácido Sulfhídrico en su interior y una bomba de desplazamiento positivo para la inyección de odorante a la línea de entrega de gas natural, inyecta pequeñas cantidades de ácido Sulfhídrico u otros productos químicos al gas con el fin de darles características organolépticas con tal de hacerlo detectable simulando al gas propano. Este accesorio cobra una real importancia dado que el metano no posee características que lo hagan detectable.
- Sistema para disposición de condensados.
- Monitoreo y control de baja presión a la descarga en prevención a rotura de la línea de salida.
- Válvula de bloqueo.
- Brida con ciego enterrada a 1,5 m de profundidad.

**4.4.2 Descripción Funcional de la Estación.** El gas que circula por el sistema de gasoductos troncales fluye a una presión determinada, en valores que oscilan entre 1.200–320 psig para entregar gas a presiones entre 60–100 psig. Una vez que el gas entra a la estación, se hace pasar por un filtro separador en donde se retira agua y partículas sólidas que entran a la estación para proteger la integridad de los equipos instalados aguas abajo del filtro.

Siempre que sea necesario, el gas entrará a un calentador en donde se le eleva la temperatura. Este calentamiento se hace necesario para contrarrestar el enfriamiento que sufre el gas en la válvula reductora de presión por efecto de la expansión súbita. El calentamiento se realizará mediante un calentador catalítico. De esta forma el gas sale de la válvula reductora de presión a una temperatura adecuada para el proceso de medición, no inferior 60°F, y además se evita el agarrotamiento interno de la válvula por formación de hidratos y la congelación de la humedad exterior alrededor de los equipos que quedan aguas abajo de la válvula.

El Consumo Global de Gas a baja presión se calcula en un medidor del tipo rotativo o diafragma con computador de flujo, igualmente la infraestructura estará acompañada de un registrador e indicador digital de flujo. Esta información será registrada diariamente por un aforador y transmitida hacia las oficinas del operador y retransmitida al centro de despacho de gas por el medio seleccionado.

Finalmente el odorizante será agregado, debidamente dosificado, antes de salir de la Estación, punto en donde entrega a la red troncal de distribución domiciliaria.

## **4.5 REDES DE DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE**

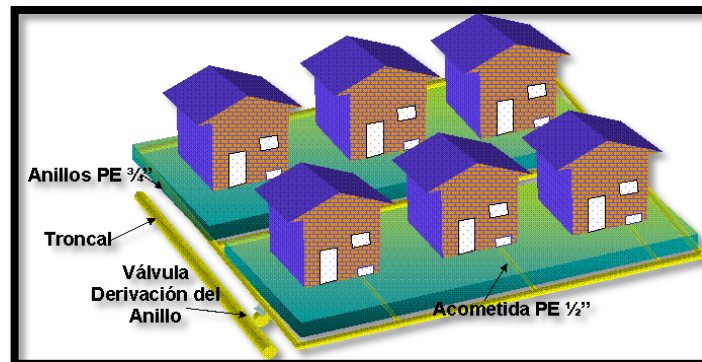
**4.5.1 Red de Distribución.** Infraestructura compuesta por la línea troncal primaria y secundaria, al igual que las instalaciones internas necesarias para llevar el Gas combustible hasta los usuarios.

**4.5.2. Troncal.** Compuesta por el sistema de tuberías y accesorios de polietileno de media densidad operados a media presión comprendida entre la estación de almacenamiento y regulación y las poliválvulas, que permiten la conexión de las mismas con cada una de las mallas.

**4.5.3 Mallas.** Están conformadas por los anillos de acuerdo al nivel de consumo observado en las manzanas que conforman las mallas, el número de manzanas enmalladas puede variar entre 6 y 9.

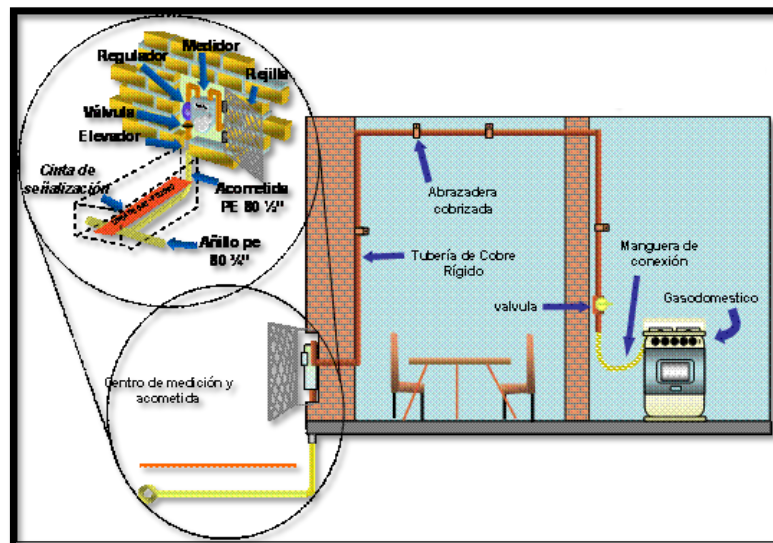
**4.5.4. Anillos.** Es el conjunto de tuberías y accesorios de polietileno de media densidad operados a media presión que se derivan de las troncales formando circuitos cerrados. De estos anillos se hace la entrega de gas a los usuarios por medio de la acometida correspondiente. Para el municipio objeto se trabajan en tubería de polietileno de  $\frac{3}{4}$ ".

**Figura 10. Troncal y anillos**



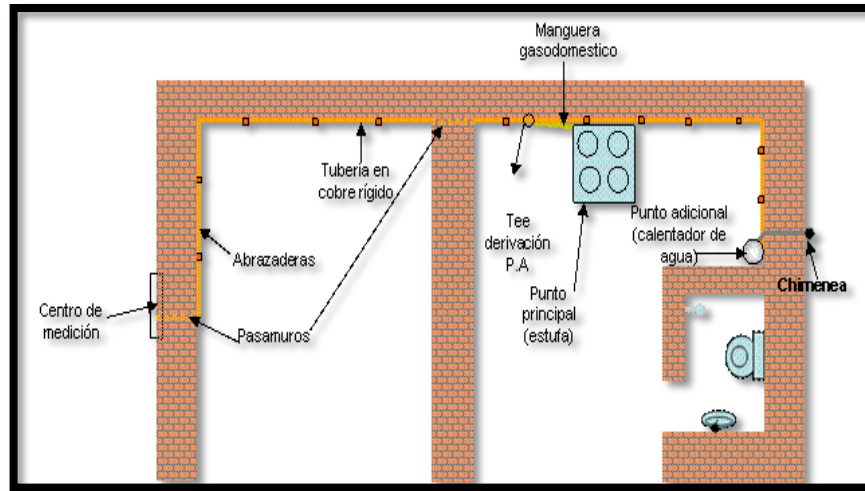
**4.5.5. Acometidas Domiciliarias.** Derivación en tubería de polietileno de media densidad, operada a media presión que entrega el gas natural desde los anillos de distribución hasta el centro de medición individual en cada vivienda.

**Figura 11. Acometida Domiciliaria**



**4.5.6. Instalación Interna.** Instalación de tubería encargada de llevar el gas desde la acometida y el centro de medición hasta el gasodoméstico. Se puede realizar en tubería de cobre rígido o flexible, o en tubería de acero.

**Figura 12. Conexión de La red interna, (vista planta)**



Con el fin de llevar un control sobre los diseños para cada vivienda, se elabora un isométrico de acuerdo a lo establecido por la Resolución 14471 de 2002 del Ministerio de Desarrollo – Superintendencia de Industria y Comercio, para cada una de ellas, donde se especifica el tipo de tubería y accesorios, cantidades de materiales, ventilación y trazado de la red interna desde el nicho hasta los gasodomésticos.

**4.5.7. Tuberías.** En la construcción de la red de distribución domiciliaria de gas combustible se utilizará tuberías plásticas (polietileno) en las redes externas y metálicas (cobre y/o acero galvanizado o cualquier otra que haya sido avalada por la Superintendencia de Industria y Comercio) se utilizan para las instalaciones internas. El material de las tuberías debe resistir la acción del gas combustible y del medio exterior con el que está en contacto; de lo contrario las tuberías deben estar protegidas. Los espesores de la pared deben cumplir las condiciones de ensayo de presión y de resistencia mecánica especificada para cada material en la norma correspondiente. Las características de la instalación de tuberías deben estar acorde con los parámetros establecidos en las normas técnicas colombianas.

**4.5.7.1. Tubería Plástica.** La tubería plástica y sus accesorios compatibles, deben emplearse únicamente en instalaciones enterradas. En la fabricación de tuberías plásticas para sistemas de conducción de gases combustibles, el material comúnmente utilizado es el polietileno de media densidad.

**4.5.7.2. Tubería Metálica (Rígidas y Flexibles).** Para la construcción de las redes internas se utilizarán tuberías de acero galvanizado y/o de cobre o cualquier otra que está avalada para tal fin por la Superintendencia de Industria y Comercio o por el ICONTEC. En ningún caso se utilizarán tuberías de hierro fundido para la conducción de gas.

**Tabla 15. Especificaciones técnicas de la tubería de polietileno**

Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (mm)	Características Generales
1/2 IPS	21,3	Polietileno de 1/2 densidad Excelente resistencia química Alta flexibilidad y tenacidad Resistencia a agentes y suelos corrosivos Alta resistencia a la abrasión Ausencia de toxicidad y olor Alta resistencia a la presión
3/4 IPS	26,7	
1 IPS	33,4	
2 IPS	60,3	
3 IPS	88,9	
4 IPS	114,3	

**Fuente:** Catálogo de productos, EXTRUCOL, Chimita-Bucaramanga 2011.

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

- ANSI/ASME B36.10. Standard for Welded and Seamless Rough Steel Pipe.



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

**4.5.7.4 Tubería de Cobre:** La tubería de cobre rígida sin costura debe ajustarse a lo establecido por la NTC 3944.

La tubería de cobre flexible deberá cumplir con lo establecido por las normas ASTM B280, ASTM B88 de tipo K o L, o ASTM B88 M de tipo A o B.

**4.5.8. Válvulas.** Las válvulas a utilizar en la red de distribución, proporcionan mediante una rápida operación, el bloqueo total del paso de gas o el flujo del mismo en el instante que se requiera. Debe garantizar un cierre hermético bajo las condiciones de operación. Su fabricación cumple con los siguientes requisitos de acuerdo al rango de presión, así:

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

Las válvulas utilizadas en la tubería de servicio serán válvulas de bola, con las cuales no hay obstrucción al flujo, son de cierre positivo y se utilizan totalmente abiertas o cerradas.

**4.5.9. Reguladores.** Se utilizarán del tipo cargado por resorte, de fácil ajuste, con respuesta rápida a los cambios de presión y con orificio calibrado. Todas las especificaciones de diseño, fabricación e instalación de estos deben estar acordes

con la NTC 2505 y NTC 3727. La capacidad se determina por el máximo consumo esperado cuando todos los artefactos funcionan en forma simultánea. El regulador posee dispositivos de seguridad incorporados al equipo o unidos a él, de manera que la presión corriente abajo no supere los límites permisibles.

**Tabla 16. Regulador Convencional**



**Fuente:** Tomado de catálogo METREX

**4.5.10. Medidores de Desplazamiento Positivo.** Estos medidores dividen o segregan el flujo en volúmenes discretos y luego suman el volumen total, contando las unidades de volumen que pasan a través del medidor. El tipo más común es el medidor de diafragma. La mayoría de estos medidores operan a 0,25 psi.

**Tabla 17. Medidor**



**Fuente:** Tomado de catálogo METREX

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

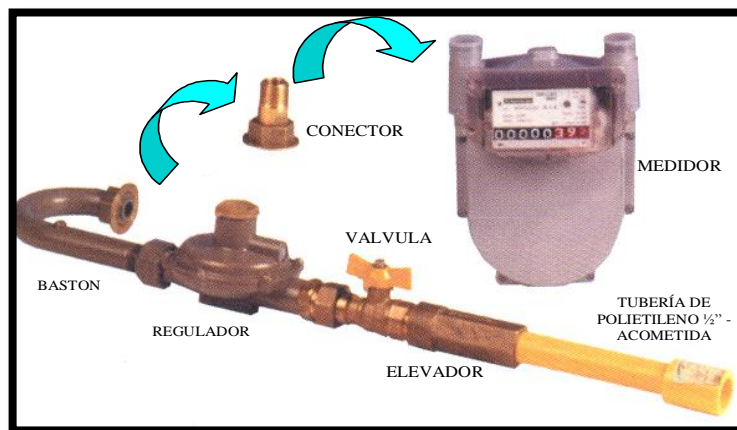
**Tabla 18. Especificaciones técnicas de los medidores de diafragma**

MEDIDOR RESIDENCIAL		
REF	ESPECIFICACIONES TECNICAS	
VY2	Capacidad (m <sup>3</sup> )	2,5
	Presión máxima	1,42
	Odómetro	Digital
	Lectura	m <sup>3</sup> /h
	Volumen mínimo de registro	16
	Bloqueo Odómetro por Contraflujo	Si
	Uso	Doméstico
	Fabricante	METREX

**Fuente:** Tomado de catálogo METREX

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

**Figura 13. Conjunto Centro de Medición Residencial**



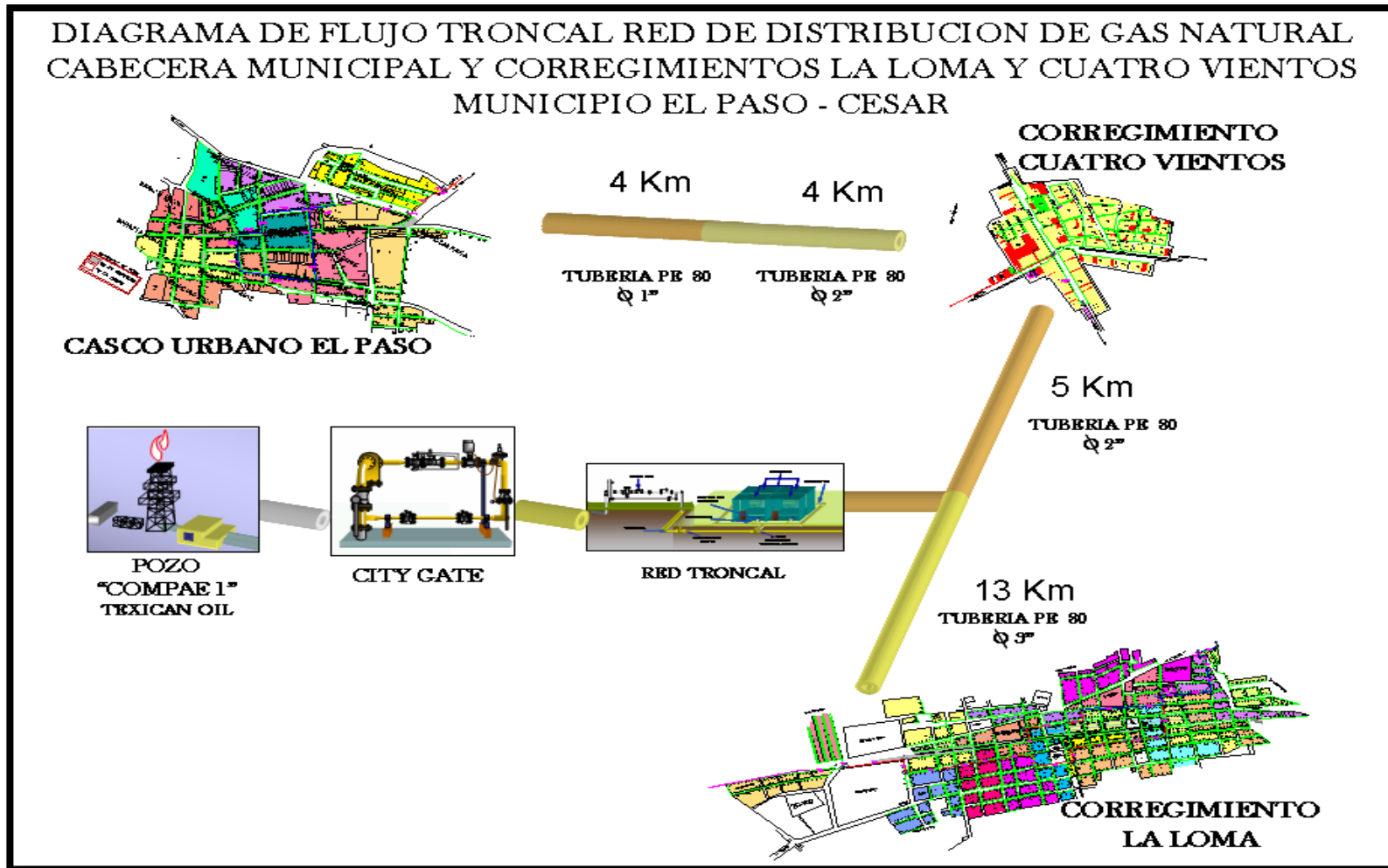
**4.5.11. Accesorios.** Todas las conexiones, con excepción de los elevadores (que permite el cambio de tubería de polietileno - acero) o transmisores, deben ser del mismo material y deben tener las mismas especificaciones que las indicadas para la tubería donde se usen.

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

#### **4.6. SINOPSIS DEL PROCESO**

El diagrama de gas natural desde el City Gate ubicado en Corregimiento de Cuatro Vientos Municipio El Paso (Punto de suministro), para la red de distribución de Cuatro vientos, La Loma y el Casco Urbano de El Paso.

Figura 14. Diagrama de Suministro de Gas Natural.



Fuente: Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010

Fuente: Autor.

## **4.7 ARQUITECTURA DE LA RED**

**4.7.1. Recopilación y Evaluación de la Información Existente.** Se realizó la revisión de información de tipo técnico (libros, proyectos, informes, mapas y estudios anteriores similares realizados de la zona), ya que aportan datos importantes que complementan la información obtenida, en especial lo relacionado con los estudios de factibilidad y diseño para la construcción de la red de distribución de gas domiciliario para el municipio; y de tipo digital (planos en AutoCAD).

Se utilizaron como fuentes de información las suministradas, entre otras por las siguientes instituciones: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C), INGEOMINAS, IDEAM, DANE, el Municipio de El Paso (EOT) y un estudio de actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso, realizado por la Empresa INGEOBRA S.A. E.S.P., en el año 2010.

**4.7.2. Consideraciones Básicas de Diseño.** Las siguientes son las principales consideraciones a tener en cuenta al momento de realizar el diseño de la red de gas combustible:

- Tipo de gas suministrado
- Características topográficas, geográficas y geológicas del sector donde se construyan las líneas de servicios.
- Demanda máxima prevista de tal forma que no se presenten caídas de presión superiores a la máxima permisible.
- La máxima caída de presión permisible, de forma que bajo las máximas condiciones probables de flujo, la presión a cada artefacto sea igual o superior a la mínima necesaria para su correcto funcionamiento y operación.
- Presión mínima para el correcto funcionamiento del regulador.

- Previsiones Técnicas a tener en cuenta para atender demandas futuras.

**4.7.3. Presión Máxima y Mínima de la Red.** La máxima presión de operación del sistema (MPOP) y la mínima, dependen del elemento a transportar por la misma, para el Casco Urbano del municipio EL Paso, el Corregimiento de Cuatro Vientos y La Loma es el Gas Natural por red.

**Tabla 19. Presiones de Operación**

<b>GAS COMBUSTIBLE</b>	<b>PRESIÓN MÁXIMA</b>	<b>PRESIÓN MÍNIMA</b>
GAS NATURAL - GNC	60 psi	20 - 25 psi
GLP	28-32 psi	15-20 psi

**Fuente:** Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010.

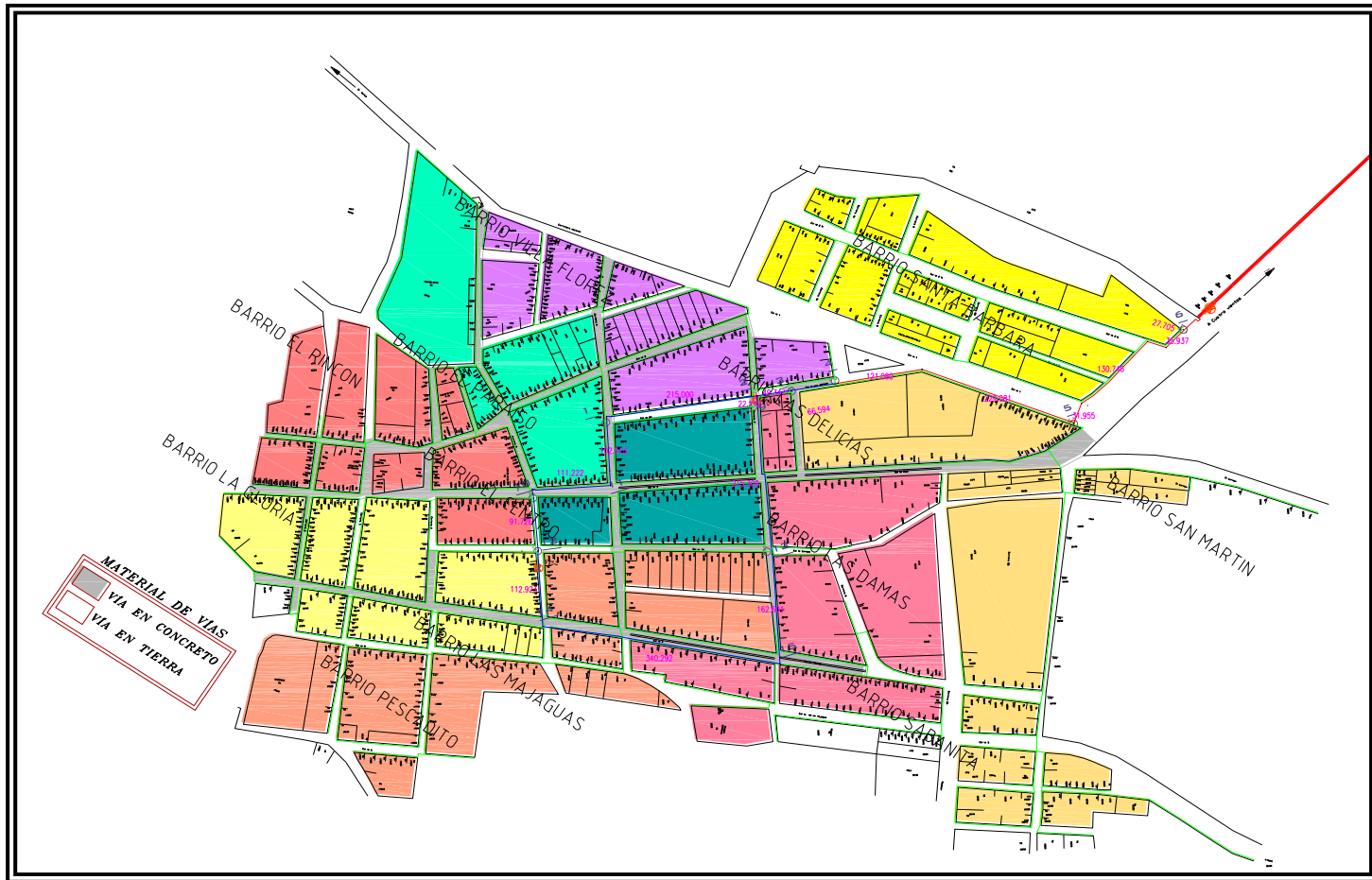
**4.7.4. Trazado de la Troncal Y Mallas.** Con la información recopilada, procede a realizar el trazado definitivo de la tubería sobre el plano del Casco Urbano del municipio de EL Paso y del Corregimiento La Loma, teniendo en cuenta:

- 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 ríos, quebradas, puentes, etc., evitando que la red troncal tenga el menor número de pasos elevados posibles.
- Evitar un diseño complicado.
- Estética, armonía y principios de diseño.

- Presencia de reservas forestales y construcciones catalogadas como patrimonio histórico y cultural.
- Garantizar el suministro del gas por cualquier ruta que se pueda, en caso de que alguna sección de la red quede interrumpida por algún motivo.
- Evitar el transporte excesivo de gas por la red.



Figura 15. Plano redes El Paso



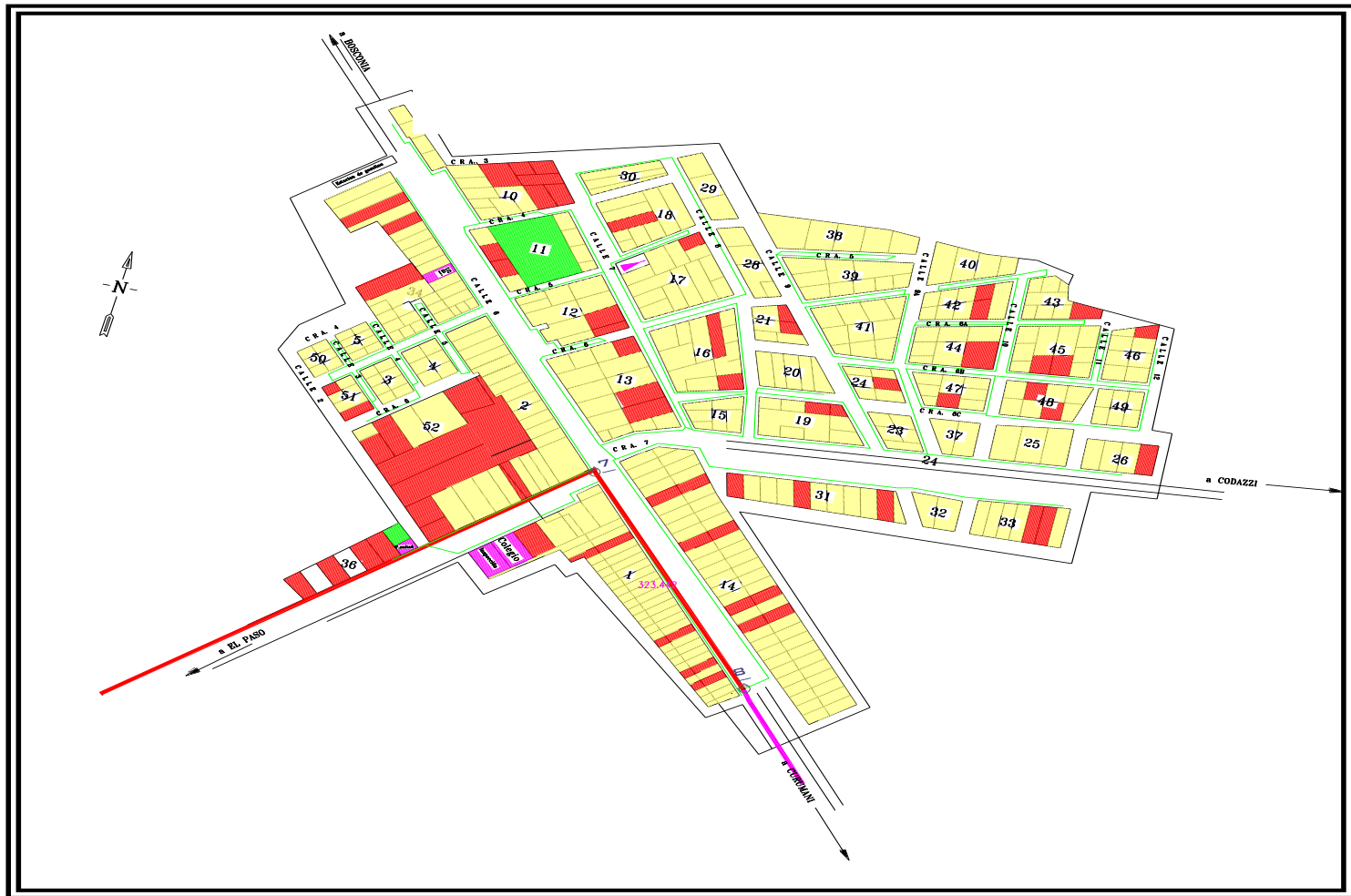
Fuente: Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010.

Figura 16. Plano redes La Loma



Fuente: Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010.

Figura 17. Plano redes Cuatro Vientos



Fuente: Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010.

Con base en el trazado de la red es posible establecer las cantidades globales de tubería que se deben instalar en los centros poblados, objeto del presente análisis:

**Tabla 20. Total Cantidad Tubería Red Troncal - Casco Urbano y Corregimiento Cuatro Vientos - El Paso.**

Materiales	Total Tubería		
	Metros	Kilómetros	%
<b>3/4" IPS</b>	26.889	26,8	63%
<b>1" IPS</b>	6167	6,2	14%
<b>2" IPS</b>	9.498	9,5	22%
<b>TOTAL</b>	<b>42.554</b>	<b>42,5</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010

**Tabla 21. Total Cantidad Tubería Red Troncal- Corregimiento La Loma**

Materiales	Total Tubería		
	Metros	Kilómetros	%
<b>3/4" IPS</b>	51557	51,5	72%
<b>1" IPS</b>	3891	3,9	5%
<b>2" IPS</b>	877	0,9	1%
<b>3" IPS</b>	15030	15	21%
<b>TOTAL</b>	<b>71.355</b>	<b>71,3</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010

#### 4.8. HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono es un indicador que a través de un inventario mide la producción de gases efecto invernadero (GEI) generado por las diferentes actividades de personas, empresas, eventos, etc., que se derivan de la producción de energía, quema de combustibles fósiles (como el carbón, el petróleo, el GLP y

el gas natural), generación de metano producida a partir de residuos y otras actividades productoras de GEI. El resultado de nuestro impacto sobre el ambiente está medido en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>).

Para el presente estudio se determinan las cantidades de CO<sub>2e</sub> producidas durante la vida útil del proyecto, de cada uno de los energéticos analizados y la diferencia entre los valores resultantes corresponde a la cantidad de toneladas de carbono equivalente dejado de emitir a la atmosfera, por la construcción del sistema de masificación de gas domiciliario por redes.

**Tabla 22. Proyección de la cantidad de toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente**

AÑO PROYECTO	Número de usuarios Vinculados por acumulados año	Consumo Actualizado de Gas Natural (m <sup>3</sup> /año)	Consumo Actualizado de GLP (m <sup>3</sup> /año)	Tn de CO <sub>2e</sub> emitido por el Gas Natural	Tn de CO <sub>2e</sub> emitido por el GLP
0					
1	1.005	247.230	90.660	490	552
2	1.820	447.720	164.180	888	1.000
3	2.351	578.346	212.081	1.147	1.291
4	2.598	639.108	234.363	1.267	1.427
5	2.706	665.676	244.106	1.320	1.486
6	2.817	692.982	254.119	1.374	1.547
7	2.932	721.272	264.493	1.430	1.610
8	3.051	750.546	275.228	1.488	1.676
9	3.174	780.804	286.323	1.548	1.743
10	3.301	812.046	297.780	1.610	1.813
11	3.432	844.272	309.597	1.674	1.885
12	3.568	877.728	321.866	1.741	1.960
13	3.709	912.414	334.585	1.809	2.037
14	3.854	948.084	347.666	1.880	2.117
15	4.004	984.984	361.197	1.953	2.199
16	4.159	1.023.114	375.179	2.029	2.284
17	4.319	1.062.474	389.613	2.107	2.372
18	4.485	1.103.310	404.587	2.188	2.463
19	4.657	1.145.622	420.103	2.272	2.558
20	4.834	1.189.164	436.070	2.358	2.655
<b>TOTAL PARA LOS 20 AÑOS</b>		<b>16.426.896</b>	<b>6.023.798</b>	<b>32.575</b>	<b>36.673</b>

Fuente: Autor

GLP: 6,088 Kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup>

GN: 1,983 Kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup>

1 m<sup>3</sup> GLP = 2,272 m<sup>3</sup> GN

Como se aprecia en la tabla, con la implementación del proyecto de distribución de gas natural comprimido por redes, es posible reducir en 4.098 las toneladas de CO<sub>2e</sub>, por el cambio de GLP a GNC, para el uso en cocción de alimentos principalmente, favoreciendo el medio ambiente, con lo cual se asevera la condición de sustentabilidad del proyecto.

## **5. ESTUDIO FINANCIERO**

### **5.1. ESTABLECIMIENTO DE LA LINEA BASE**

Como se ha analizado en el documento, la idea fundamental es contar con un energético más económico, eficiente, seguro y menos contaminante que el actualmente utilizado (GLP), para lo cual se ha propuesto la implementación de un sistema de masificación de gas domiciliario por redes físicas en el área geográfica del casco urbano municipal, incluyendo un componente de transporte mediante sistemas de compresión para el posterior traslado del gas natural, a altas presiones (GNC), hasta el mercado relevante; en tal sentido el estudio contempla la sustitución del GLP, como combustible para cocción de alimentos, por Gas Natural Comprimido (GNC).

Con fundamento en la anterior premisa, el análisis de la implicación de un nuevo sistema de suministro de combustible radica básicamente en la posibilidad que un usuario del sistema (actual o futuro) disponga para el acceso y continuidad, en términos de voluntad de pago del servicio, es decir cual servicio le ofrece la mejor tarifa, entendiéndose que la mejor tarifa es la más económica.

Por lo anteriormente expuesto y considerando que el alcance del presente estudio, involucra la implementación de un nuevo sistema para sustituir uno existente perteneciente a una compañía de distribución de gas licuado de petróleo en cilindros diferente a la que se formalizaría para el desarrollo del plan de masificación de gas domiciliario por redes propuesto, no es posible establecer una línea base debido a que la sustitución del energético actualmente utilizado por el mercado relevante no afecta los intereses de la compañía que a la postre desarrollará el proyecto, sin embargo se realiza un análisis tarifario y costo final

del servicio público de gas licuado de petróleo distribuido en cilindros y se compara con el efecto tarifario del sistema de gas natural comprimido distribuido por redes físicas en virtud de la resolución 011 de 2003, emanada de la Comisión de Regulación de energía y Gas CREG.

## **5.2. PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

El objetivo es el de estimar los costos básicos de la construcción de la Red de Distribución de Gas Natural Domiciliario del Municipio de El Paso y los Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma, para una cobertura del Noventa por ciento (90%) del total de las viviendas del casco urbano y de los corregimientos contempladas para este proyecto que se encuentran construidas. No incluye la obra requerida para expansiones futuras de la red.

## **5.3. UNIDADES CONSTRUCTIVAS**

Para la identificación y valoración de los Sistemas de Distribución de gas combustible por redes de tubería, se adoptan las unidades constructivas como componentes típicos de dichos sistemas para el Casco Urbano del municipio de El Paso y los Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma, establecidas en la Resolución 011 de Febrero 12 del 2003 por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y otras nuevas complementarias.

## **5.4. VALOR PARCIAL DEL PROYECTO**

Suministro de Tubería y Accesorios. En la Tabla 21. Se relacionan las cantidades de tubería necesarias para la construcción de la Red de Distribución de Gas



Combustible Domiciliario, para el Casco Urbano del Municipio de El Paso y los Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma.

Costos de Construcción de Redes. Para los costos básicos de construcción se tuvo presente la excavación, tapado y limpieza, colocación de caja válvula, como también la mano de obra. En la Tabla 22 se relacionan las cantidades de obra, y en la Tabla 23 el presupuesto del proyecto de acuerdo a los costos unitarios de las unidades constructivas para la red de distribución en tubería de polietileno.

Sistema de Distribución Estación City Gate: En la tabla 24 podemos apreciar las unidades constructivas para este tipo de estación según resolución CREG 011 de 2003 (ERPC).

## 5.5. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

En la Tabla 25 se muestran los costos totales del proyecto, de la red externa, acometidas, centros de medición y red interna.

**Tabla 23. Cantidad Tendido Tubería de Polietileno por Diámetro para el sistema de redes Municipio El Paso Cabecera Municipal y corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma.**

Materiales	Total Tubería		
	Metros	Kilómetros	%
<b>3/4" IPS</b>	78.446	78,5	69%
<b>1" IPS</b>	10058	10,1	9%
<b>2" IPS</b>	10.375	10,3	9%
<b>3" IPS</b>	15.030	15,0	13%
<b>TOTAL</b>	<b>113.909</b>	<b>113,9</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autor

**Tabla 24. Cantidad de obra civil en metros municipio El Paso Cabecera Municipal y Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma**

Descripción Obra Civil		Cantidad	
		<i>Metros</i>	<i>Porcentaje</i>
<b>VIA</b>	En Concreto	1.287	1%
	En Asfalto	60	0%
<b>ANDEN</b>	En Concreto	9.856	9%
	En Tableta	986	1%
<b>ZONA VERDE</b>		101.719	89%
<b>TOTAL</b>		<b>113.909</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Actualización del Diseño de la Arquitectura de la Red de Gas Natural para el Municipio de El Paso INGEOBRA S.A. E.S.P. 2010

**Tabla 25. Presupuesto de la red de distribución del Casco Urbano del municipio de EL Paso y los Corregimientos La Loma y Cuatro Vientos**

ITEM	ACTIVIDAD	CANTIDAD (1)	UNIDAD (2)	POR UNIDAD DE LA ACTIVIDAD					VR TOTAL COSTOS DIRECTOS ACTIVIDAD (\$COL) (8=1-7)	% AIU			valor \$ AIU	valor IVA U <sup>o</sup> .16	VALOR TOTAL
				VR MATERIALES (\$COL) (3)	VR.MO (\$COL) (4)	VR.TRANSPORTE (\$COL) (5)	VR.EH (\$COL) (6)	VR.UNIDAD (\$COL) (7=3+4+5+6)		A 6%	I 4%	U 5%			
1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	113908.00	ML	50.00	90.82	0.00	58.89	199.71	22,748,440.12	1,364,906.41	909,937.60	1,137,422.01	3,412,266.02	181,987.52	26,342,693.65
2	EXCAVACION 0,7 X 0,3	113908.00	ML	0.00	2,449.31	0.00	149.57	2,598.88	296,033,261.98	17,761,995.72	11,841,330.48	14,801,663.10	44,404,989.30	2,368,266.10	342,806,517.38
3	ROTURA CARPETA ASFALTICA 0,10 X 0,30	30.00	ML	1,090.00	612.27	0.00	1,208.33	2,910.60	87,317.98	5,239.08	3,492.72	4,365.90	13,097.70	698.54	101,114.22
4	ROTURA CARPETA CONCRETO 0,10 X 0,30	503.00	ML	4,690.00	612.27	0.00	1,208.33	6,510.60	3,274,831.46	196,489.89	130,993.26	163,741.57	491,224.72	26,198.65	3,792,254.84
5	DEMOLICION ANDEN	2213.00	ML	1,090.00	573.72	0.00	1,208.33	2,872.05	6,355,846.65	381,350.80	254,233.87	317,792.33	953,377.00	50,846.77	7,360,070.42
6	RELLENO, COMPACTACION Y LIMPIEZA 0,30X 0,70	113908.00	ML	1,500.00	1,355.72	0.00	147.22	3,002.94	342,058,762.96	20,523,525.78	13,682,350.52	17,102,938.15	51,308,814.44	2,736,470.10	396,104,047.50
7	REPARACION VIAS 0,30*0,15 CONCRETO 3000 psi	1287.00	ML	9,716.72	1,251.58	0.00	145.83	11,114.12	14,303,876.73	858,232.60	572,155.07	715,193.84	2,145,581.51	114,431.01	16,563,889.25
8	REPARACION VIAS 0,30*0,07 ASFALTO	60.00	ML	11,840.00	748.73	2,400.00	64.81	15,053.55	903,212.89	54,192.77	36,128.52	45,160.64	135,481.93	7,225.70	1,045,920.53
9	ANDEN EN TABLETA 0,3/ML	986.00	ML	12,204.83	1,376.92	0.00	233.33	13,815.08	13,621,667.24	817,300.03	544,866.69	681,083.36	2,043,250.09	108,973.34	15,773,890.66
10	ANDEN CONCRETO 2500 psi 0,3X,10	9856.00	ML	6,293.31	983.51	0.00	166.67	7,443.49	73,363,046.83	4,401,782.81	2,934,521.87	3,668,152.34	11,004,457.02	586,904.37	84,954,408.23
11	TUBERIA PE 80 MEDIA PULGADA (TPE 05)	0.00	ML	2,630.00	220.42	0.00	12.50	2,862.92	0.00	-	-	-	0.00	-	-
12	TUBERIA PE 80 TRES CUARTOS DE PULGADA (TPE 075)	78446.00	ML	3,225.00	212.00	0.00	12.50	3,449.50	270,599,477.00	16,235,968.62	10,823,979.08	13,529,973.85	40,589,921.55	2,164,795.82	313,354,194.37
13	TUBERIA PE 80 UNA PULGADA (TPE 1)	10058.00	ML	5,213.00	282.67	0.00	16.67	5,512.33	55,443,048.67	3,326,582.92	2,217,721.95	2,772,152.43	8,316,457.30	443,544.39	64,203,050.36
14	TUBERIA PE 80 DOS PULGADAS (TPE 2)	10375.00	ML	16,289.00	339.20	0.00	20.00	16,648.20	172,725,075.00	10,363,504.50	6,909,003.00	8,638,253.75	25,908,761.25	1,381,800.80	200,015,636.85
15	TUBERIA PE 80 TRES PULGADAS (TPE3)	15030.00	ML	35,490.00	424.00	0.00	25.00	35,939.00	540,163,170.00	32,409,790.20	21,606,526.80	27,008,158.50	81,024,475.50	4,321,305.36	625,508,950.86
16	TUBERIA PE 80 CUATRO PULGADAS (TPE4)	0.00	ML	56,384.00	657.67	0.00	88.89	57,130.56	0.00	-	-	-	-	-	-
17	CAJA 0,8X0,8X0,8+TAPA LADRILLO VALVULA 3/4"	30.00	UN	232,277.01	18,053.00	0.00	3,027.78	253,357.79	7,600,733.63	456,044.02	304,029.35	380,036.68	1,140,110.05	60,805.87	8,801,649.55
18	CAJA 0,8X0,8X0,8+TAPA LADRILLO VALVULA 1"	2.00	UN	235,520.01	18,053.00	0.00	3,027.78	256,600.79	513,201.58	30,792.09	20,528.06	25,660.08	76,980.24	4,105.61	594,287.42
19	CAJA 0,8X0,8X0,8+TAPA LADRILLO VALVULA 2"	5.00	UN	404,207.01	18,053.00	0.00	3,027.78	425,287.79	2,126,438.94	127,586.34	85,057.56	106,321.95	318,965.84	17,011.51	2,462,416.29
20	CAJA 0,8X0,8X0,8+TAPA LADRILLO VALVULA 3"	2.00	UN	598,846.01	24,070.67	0.00	4,037.04	626,953.71	1,253,907.43	75,234.45	50,156.30	62,695.37	188,086.11	10,031.26	1,452,024.80
21	CAJA 0,8X0,8X0,8+TAPA LADRILLO VALVULA 4"	1.00	UN	858,363.01	24,070.67	0.00	4,037.04	886,470.71	886,470.71	53,188.24	35,458.83	44,323.54	132,970.61	7,091.77	1,026,533.09
22	PASO ELEVADO RIO CESAR 60 ML	1.00	UN	15,262,155.00	3,615,866.67	698,750.00	1,673,333.33	21,250,105.00	21,250,105.00	1,275,006.30	850,004.20	1,062,505.25	3,187,515.75	170,000.84	24,607,621.59
23	PASOS ELEVADOS 10 ML	2.00	UN	5,067,601.34	2,088,960.00	264,505.00	1,395,000.00	8,816,066.34	17,632,132.68	1,057,927.96	705,285.31	881,606.63	2,644,819.90	141,057.06	20,418,009.64
24	PASOS ELEVADOS < 10 ML	2.00	UN	2,558,442.58	898,778.67	184,048.00	211,666.67	3,840,935.91	7,681,871.83	460,912.31	307,274.87	384,093.59	1,152,280.77	61,454.97	8,895,607.58
25	CONEXION CITY GATE	1.00	GL					14,022,052	14,022,051.63	841,323.10	560,882.07	701,102.58	2,103,307.74	112,176.41	16,237,535.78
26	ESTACION REGULADORA DE PRESION	1.00	GL					178,911,627	178,911,627.03				-	-	178,911,627.03
27	TERRENOS ESTACION CITY GATE	1.00	GL					4,000,000	4,000,000				-	-	4,000,000.00
<b>TOTAL COSTOS (A)</b>									<b>2,067,559,576</b>	<b>113,078,877</b>	<b>75,385,918</b>	<b>94,232,397</b>	<b>282,697,192</b>	<b>15,077,184</b>	<b>2,365,333,951.88</b>
<b>INTERVENTORIA (C)</b>									<b>70,510,000</b>						
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO (D)</b>									<b>2,435,843,952</b>						

Fuente: Autor

**Tabla 26. Estaciones de Regulación de Puerta de Ciudad (ERPC)**

Nombre de la U.C.	ERPC 01T1	ERPC 01T2	ERPC 13T1	ERPC 13T2	ERPC 35T1	ERPC 35T2	ERPC 515T1	ERPC 515T2	ERPC 1550T1	ERPC 31550T2	ERPC 50100T1	ERPC 50100T2
CAPACIDAD	< 1MPCD		1-3 MPCD		3-5 MPCD		5-15 MPCD		15-50MPCD		50-100 MPCD	
Válvula ESD con actuador	0	0	3"	3"	4"	4"	6"	6"	8"	8"	20"	20"
Skid - Calentador - MBTU/HR	40	0	130	0	216,7	0	650	0	2.166,70	0	4.333,30	0
Skid - Regulación (std by)	0	0	1"	1"	2"	2"	3"	3"	4"	4"	6"	6"
Skid - Medición (std by) - turbina	0	0	4"	4"								
Skid - Medición - turbina	2"	2"										
Skid - Odorizador - GL	80	80	120	120	250	250	500	500	2000	2000	4000	4000
Equipo Control de Calidad del Gas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Unidad paquete (Válvula ESD con actuador filtro separador, calentador eléctrico, sistema de regulación, medición y odorización)	X	X S.C.										
Tubería relacionada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Área de terreno requerido (m²)	225		400		900		900		900		900	

T1: Con equipo de Calentamiento, T2: Sin equipo de calentamiento, S.C: Sin calentador.

MPCD: millones de pies cúbicos día

MBTU/HR: millón de BTU por hora

**Fuente:** Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG

**Tabla 27. Costo Proyecto Redes Internas**

ITEM	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL
1	<b>DERECHO DE CONEXIÓN (Resol. CREG 057/96)</b> MEDIDOR - REGULADOR - VALVULA Y ACCESORIOS ACOMETIDA	139.402 348.506	<b>487.908</b>	<b>1.352.968.884</b>
2	<b>RED INTERNA COBRE RIGIDO 1/2" 10 ML</b> RED INTERNA - MATERIALES Y MANO DE OBRA TUBERIA COBRE RIGIDO 10 MTS ACCESORIOS (CODOS, UNIONES, ADAPTADORES, ABRAZADERAS ETC) MANGUERA FLEXOMETALICA AMARILLA 1.0 MTS VALVULA DE BOLA GASODOMESTICO 1/2" VISITA TECNICA Y LEVANTAMIENTO ISOMETRICO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD - RESOL. 14471 DE 2002 ADECUACION GASODOMESTICO Y PUESTA EN SERVICIO	669.898    20.000 38.000 27.977	<b>755.875</b>	<b>2.096.041.375</b>
<b>3</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1.243.783</b>	<b>1.243.783</b>	<b>3.449.010.259</b>

Fuente: Autor

**Tabla 28. Costos Totales Proyecto**

ítem	Descripción	Valor Unitario \$	Valor Total (2773 usuarios)	AIU	IVA	VALOR TOTAL
<b>RED DE DISTRIBUCION</b>						
1	Red Troncal PE 80					
2	Red de Distribución de Gas Natural		1.870.625.897,29	280.593.884,59	14.965.007,18	2.166.184.789,07
<b>ESTACION REGULADORA</b>						
3	Terreno Estación Reguladora		\$ 4.000.000			\$4.000.000
4	conexión city gate		\$ 14.022.052	\$2.103.308	\$112.176	\$16.237.536
5	ERPC		\$ 178.911.627			\$178.911.627
<b>INTERVENTORIA</b>						
6	Interventoría		\$70.510.000			\$70.510.000
<b>CONEXION A USUARIOS</b>						
7	Acometida	348.506,00	\$966.407.138			\$966.407.138
8	Centro de Medición	139.402,00	\$386.561.746			\$386.561.746
9	Red Interna	755.875,00	\$2.096.041.375			\$2.096.041.375
<b>OTROS ACTIVOS</b>						
10	Estudios, Permisos y Licencias		\$60.000.000			\$60.000.000
11	<b>Total</b>		<b>\$5.647.079.835</b>	<b>\$282.697.192</b>	<b>\$15.077.184</b>	<b>\$5.944.854.211</b>

Fuente: Autor

## **5.6. TARIFA INDICATIVA**

El análisis tarifario nace de la metodología expuesta en la Resolución CREG 011 de 2003, en la cual se establecen las reglas generales a tener en cuenta en la preparación de los documentos técnicos que evaluarán las autoridades pertinentes (Unidad de Planeamiento Minero Energético – UPME y Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG), para su aprobación.

Para el caso en particular, previa formulación de las unidades constructivas específicas para el mercado relevante, se ha propuesto incluir aportes del gobierno nacional a través del Fondo Especial Cuota de Fomento (FECF), debiendo la empresa prestadora del servicio, quien debe presentar el aval técnico para la distribución y transporte de gas combustible domiciliario, adelantar el proyecto, por medio de un convenio de aportes de recursos que claramente determine el porcentaje de los activos de cada parte, esto es, de modo que exista claridad absoluta que los aportes que financian el proyecto con cargo al FECF, no deberán ser incluidos en el cálculo de la tarifa que establezca la CREG con el ánimo que no se traslade al usuario este costo, por lo que será imperativo que dicha Comisión tenga conocimiento del mencionado convenio, sin perjuicio del cumplimiento de los demás requisitos adicionales que contempla para esta clase de proyectos, tanto la CREG, como la normatividad que en materia de ejecución de recursos establece el reglamento del Fondo.

El establecimiento de la participación del estado central y local (Nación y Municipio), en las inversiones requeridas en el desarrollo del proyecto, con el fin de retribuirlos como costos hundidos en el análisis tarifaria, que a la postre favorece la posibilidad real de pago del servicio por parte de los usuarios, se ha propuesto de la siguiente manera, teniendo en cuenta la estructura de evaluación del proyecto por parte de la UPME, como entidad responsable de la aprobación de

los recursos, que serían desembolsados por el administrador del FECF, es decir, el Ministerio de Minas y Energía. A continuación se presenta la distribución de las inversiones por parte de los actores del proyecto:

**Tabla 29. Aplicación de la Inversión en el Costos Total del Proyecto**

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL (\$)	ENTIDAD COFINANCIADORA	VALOR COFINANCIACION \$
<b>RED DE DISTRIBUCION</b>				
1	Red Troncal PE 80		FONDO CUOTA DE FOMENTO	\$1.452.590.340
2	Red de Distribución de Gas Natural	\$2.166.184.789	E.S.P	\$713.594.449
<b>ESTACION REGULADORA DE PRESION</b>				
3	Lote Matricula Inmobiliaria No. 192-0022.249	\$4.000.000	MUNICIPIO EL PASO	\$4.000.000
4	conexión city gate	\$16.237.536	E.S.P	\$16.237.536
5	Estación Reguladora de Presión - ERPO	\$178.911.627	E.S.P	\$178.911.627
<b>INTERVENTORIA</b>				
6	Interventoria	\$70.510.000	MUNICIPIO EL PASO	\$70.510.000
<b>CONEXION A USUARIOS</b>				
7	Acometida		FONDO CUOTA DE FOMENTO	\$364.857.602
8	Centro de Medición	\$3.449.010.259	MUNICIPIO EL PASO	\$379.490.000
9	Red Interna		USUARIOS E.S.P	\$2.704.662.657
<b>OTROS ACTIVOS</b>				
10	Estudios, Permisos y Licencias	\$60.000.000	E.S.P	\$60.000.000
11	<b>TOTAL</b>	<b>5.944.854.211</b>		<b>5.944.854.211</b>

Fuente: Autor

**Tabla 30. Aplicación de la Inversión por Entidad Participante**

ENTIDAD COFINANCIADORA	ACTIVIDAD	VALOR	VALOR TOTAL	PORCENTAJE DE COFINANCIACION
FONDO CUOTA DE FOMENTO	REDES DE DISTRIBUCION, ESTACION DESCOMPRESORA	1.452.590.340	\$ 1.817.447.942	30,6%
	DERECHOS DE CONEXIÓN USUARIOS DE MENORES INGRESOS	364.857.602		
MUNICIPIO EL PASO	DERECHOS DE CONEXIÓN	379.490.000	\$ 454.000.000	7,6%
	REDES DISTRIBUCION	4.000.000		
	INTERVENTORIA	70.510.000		
USUARIOS	DERECHOS DE CONEXIÓN E INTERNAS DOMICILIARIAS	0	\$ 0,0	0,0%
	REDES DE DISTRIBUCION	908.743.612		
E.S.P	ACTIVOS DE CALIDAD Y OTROS ACTIVOS	0	\$ 3.673.406.268	62%
	DERECHOS DE CONEXIÓN - INTERNAS DOMICILIARIAS	2.704.662.657		
	ESTUDIOS PREINVERSION	60.000.000		
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>\$ 5.944.854.211</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autor

**Tabla 31. Aplicación de la Inversión por Principales Rubros**

<b>Redes de Distribución</b>		<b>Derechos de Conexión</b>	
DESCRIPCION	VALOR	DESCRIPCION	VALOR
FONDO CUOTA DE FOMENTO	\$ 1.452.590.340	E.S.P.	\$ 2.704.662.657
E.S.P.	\$ 908.743.612	USUARIOS	\$ 0
MUNICIPIO EL PASO	\$ 74.510.000	FONDO CUOTA DE FOMENTO	\$ 364.857.602
		MUNICIPIO EL PASO	\$ 379.490.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.435.843.952</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.449.010.259</b>

**Fuente:** Autor

## **5.7. ESTRUCTURA TARIFARIA**

El artículo 74 de la Ley 142 de 1994 establece las funciones y facultades generales de las comisiones de regulación. Dentro de estas funciones se encuentra la definición de metodologías y fórmulas tarifarias para que las empresas puedan determinar el cobro de las tarifas a los usuarios finales. En consecuencia, son las empresas las que calculan las tarifas por cobrar a los usuarios a partir de la metodología tarifaria que establece la Comisión.

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios es la encargada de vigilar la correcta aplicación de las fórmulas tarifarias y las metodologías por parte de las empresas de servicios públicos, conforme lo dispone el artículo 79 de la Ley 142 de 1994.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas, por medio de la Resolución CREG 011 de 2003, estableció los criterios generales para remunerar las actividades de distribución y comercialización de gas combustible, y las fórmulas generales para la prestación del servicio público domiciliario de gas combustible por redes de



tubería. Las fórmulas tarifarias definidas en la resolución en mención se encuentran explicadas en detalle más adelante.

En términos generales, las principales causas de las variaciones de las tarifas, pueden darse, entre otros, por factores tales como:

- El costo del gas.
- La tasa representativa del mercado.
- Las condiciones económicas de los contratos de compra y transporte de gas que adquieren los comercializadores.
- El origen y la trayectoria del gas comprado.
- La variación de los indicadores económicos IPC e IPP.

Respecto a los subsidios y contribuciones para los usuarios residenciales de estratos 1 y 2, el artículo tercero de la Ley 1117 de 2006, modificado por la Ley 1428 de 2010, establece: *“La aplicación de subsidios al costo de prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica y de gas combustible para uso domiciliario distribuido por red de tuberías de los usuarios pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1 y 2 a partir del mes de enero de 2011 hasta diciembre de 2014, deberá hacerse de tal forma que el incremento tarifario a estos usuarios en relación con sus consumos básicos o de subsistencia corresponda en cada mes como máximo a la variación del índice de precios al consumidor”*.

**5.7.1. Gas Combustible por Redes de Tubería.** Las fórmulas tarifarias que se aplican al servicio público domiciliario de gas y que son establecidas en la Resolución CREG 011 de 2003 son las siguientes:

Cargo Variable:

$$Mv_{jm} = \frac{G_m + T_m}{1 - p} + Dv_{jm}$$

Cargo fijo:

$$Mf_{jm} = Df_{jm} + C_m$$

Dónde:

$J$  = Rango  $j$  de consumo.

$M$  = Mes de prestación del servicio.

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

$T_m$  = costo promedio máximo unitario en  $\$/m^3$  para el transporte de gas en el Sistema Nacional de Transporte destinado a usuarios regulados aplicable en el mes  $m$ .

$\rho$  = porcentaje reconocido de pérdidas de gas en el Sistema Nacional de Transporte y en el Sistema de Distribución, equivalente a 3.5%, desagregado en un 1% para el Sistema Nacional de Transporte y un 2.5% para el Sistema de Distribución.

$DV_{jm}$  = componente variable del cargo de distribución en  $\$/m^3$  permitido al distribuidor por uso de la red aplicable en el mes  $m$ , correspondiente al rango  $j$  de consumo. No incluye la conexión.

$Df_{jm}$  = componente fijo del cargo de distribución, expresado en  $\$/factura$ , aplicable en el mes  $m$  correspondiente al rango  $j$  de consumo. El componente fijo para los usuarios del primer rango de consumo de la canasta de tarifas será igual a cero.

$C_m$  = cargo máximo de comercialización del mes  $m$  expresado en pesos por factura.

**5.7.2. Compra de Gas.** El costo promedio máximo unitario para compras de gas ( $G_m$ ) se calcula con base en la siguiente expresión:

$$G_m = \frac{CTG_{m-1}}{E_{m-1}} * PC_{m-1} * TRM_{m-1}$$

Dónde:

$G_m$  = costo promedio máximo unitario en  $\$/m^3$  para compras de gas natural para el mercado de comercialización, aplicable en el mes  $m$ .

$CTG_{m-1}$  = costo total de compras de gas en el mes  $m-1$ , en USD, destinado al mercado de usuarios regulados, sin incluir pérdidas de gas, costos de transporte, penalizaciones, compensaciones, intereses de mora u otros cargos no regulados.

$E_{m-1}$  = volumen de gas medido en el mes  $m-1$  en las estaciones de puerta de ciudad, expresado en términos de energía con el poder calorífico promedio del gas medido en dichas estaciones de puerta de ciudad (MBTU).

$TRM (m-1)$  = tasa de cambio representativa del mercado del último día del mes  $m-1$ .

$PC_{m-1}$  = poder calorífico del gas en el mes  $m-1$ , expresado en  $MBTU/m^3$ , calculado de acuerdo con el procedimiento establecido en la Resolución CREG-067 de 1995, o aquellas que la sustituyan, complementen o modifiquen.

Así mismo, se establece que bajo ninguna circunstancia el comercializador podrá trasladar a los usuarios regulados costos promedios de compra de gas superiores al precio máximo regulado, cuando el gas comprado esté sometido a dicho precio.

En relación con esta variable es importante precisar que el costo del gas está asociado a los precios del mercado y el índice de devaluación de la moneda.

**5.7.3. Transporte de Gas.** El costo promedio máximo unitario de transporte de gas ( $T_m$ ), se calculará con base en la siguiente expresión:

$$T_m = \frac{CTT_{m-1}}{VI_{m-1}} * TRM_{(m-1)}$$

Dónde:

$T_m$  = costo promedio máximo unitario en  $\$/m^3$  para el transporte de gas natural al mercado de comercialización, aplicable en el mes  $m$ .

$CTT_{m-1}$  = costo total de transporte de gas en el mes  $m-1$ , causados por el volumen efectivamente transportado incluyendo los cargos por capacidad y los cargos por volumen, en USD, destinado a usuarios regulados, sin incluir penalizaciones, compensaciones o intereses de mora. Se deben incluir los pagos por concepto de impuesto de transporte y otras contribuciones relativas al mismo. En el caso en que el comercializador reciba ingresos adicionales por la venta de capacidad contratada con anterioridad, el  $CTT_{m-1}$  será el neto entre los costos totales por concepto de transporte y los ingresos por venta de capacidad.

$VI_{m-1}$  = volumen de gas medido en condiciones estándar en el mes  $m-1$  en las estaciones de puerta de ciudad, según sea el caso ( $m^3$ ).

$TRM_{(m-1)}$  = tasa de cambio representativa del mercado en el último día del mes  $m-1$ .

Bajo ninguna circunstancia el comercializador podrá trasladar a los usuarios costos de transporte de gas superiores a los resultantes de aplicar lo dispuesto por la CREG para el servicio de transporte a usuarios regulados.

**5.7.4. Distribución de Gas.** El cargo promedio de distribución se determina como la relación entre el valor presente descontado de los costos de inversión y los gastos de AOM, y el valor presente de la demanda de volumen.

La metodología de la Resolución CREG 011 de 2003 establece que con base en el cargo promedio de distribución aprobado por la Comisión (Resolución independiente por mercado relevante), el distribuidor puede aplicar una metodología de canasta de tarifas en donde el cargo más alto (cargo techo), aplicable al rango de consumo, no podrá exceder el 10% del cargo promedio de distribución y el cargo más bajo (cargo piso) o aquel aplicable a los usuarios de más alto consumo, no deberá ser menor al costo medio de la red primaria.

Los cargos definidos aplicando la metodología de canasta de tarifas son cargos máximos por rango. No obstante, el distribuidor podrá ofrecer cargos menores en cada rango considerando que sean iguales para todos los usuarios del mismo rango, conservando una tendencia descendente, teniendo en cuenta lo establecido en los artículos 34 y 98 de la Ley 142 de 1994 y no afectando los cargos máximos definidos con la aplicación de la metodología de canasta de tarifas.

Los cargos promedios de distribución, aprobados en resoluciones particulares de la CREG, expresados en pesos de fecha base, se actualizan mes a mes de acuerdo con la siguiente fórmula general:

$$D_m = D_0 * (1 - X_D)^{nm} * \frac{IPP_{m-1}}{IPP_0}$$

Dónde:

$D_m$  = cargo promedio de distribución correspondiente al mes  $m$  de prestación del servicio.

$D_0$  = cargo promedio de distribución aprobado por resolución de la CREG y expresado en precios de la fecha base.

$IPP_{m-1}$  = índice de precios al productor total nacional, reportado por el Banco de la República para el mes  $(m-1)$ .

$IPP_0$  = índice de precios al productor total nacional, reportado por el Banco de la República para la fecha base del cargo por distribución  $D_0$ .

$X_D$  = factor de productividad mensual de la actividad de distribución equivalente a 0,00106. Dicho factor aplicará a partir de la entrada en vigencia de la resolución que establece el cargo promedio de distribución para cada mercado.

$nm$  = número de meses transcurrido desde la entrada en vigencia de la resolución que establece el cargo promedio de distribución para cada mercado hasta el mes  $m$ .

**5.7.5. Comercialización de Gas.** El cargo máximo base de comercialización Co, definido de acuerdo con la Resolución CREG 011 de 2003, se determinará como

el cociente de la suma de los componentes a) y b) descritos a continuación, sobre el número de facturas del año para el cual se tomaron los parámetros de cálculo de dichos componentes.

a) Los gastos anuales de AOM y la depreciación anual de las inversiones en equipos de cómputo, paquetes computacionales y demás activos atribuibles a la actividad de comercialización que resulten de aplicar la metodología de análisis envolvente de datos, tal como se describe en el Anexo 7 de la Resolución CREG 011 de 2003.

b) El ingreso anual del comercializador correspondiente al año en el cual se efectuaron los cálculos de los gastos de AOM, multiplicado por un margen de comercialización de 1,67%.

El cargo de comercialización se actualiza mensualmente utilizando la siguiente fórmula:

$$C_m = C_0 * (1 - X_c)^{nm} * \frac{IPC_{m-1}}{IPC_0}$$

Dónde:

$C_m$  = cargo máximo de comercialización, expresado en pesos por factura, correspondiente al mes  $m$  de prestación del servicio.

$C_0$  = cargo base de comercialización aprobado por la CREG para cada mercado, expresado en pesos por factura, a precios de la fecha base.

$C_m$  = cargo máximo de comercialización, expresado en pesos por factura, correspondiente al mes  $m$  de prestación del servicio.

$IPC_{m-1}$  = índice de precios al consumidor reportado por el DANE para el mes ( $m-1$ ).

$IPC_0$  = índice de precios al consumidor reportado por el DANE para la fecha base del cargo por comercialización  $C_0$ .

$X_c$  = el factor de productividad mensual de la actividad de comercialización será 0,00125. Dicho factor aplicará a partir de la entrada en vigencia de la Resolución que establece el cargo base de comercialización para cada mercado.

$nm$  = número de meses transcurrido desde la entrada en vigencia de la Resolución que establece el cargo de comercialización para cada mercado, hasta el mes  $m$ .

## 5.8. COBRO DEL SERVICIO

Las tarifas del servicio público domiciliario de gas natural están establecidas así:

**Tabla 32. Tarifas del Servicio Público Domiciliario.**

TARIFA	=	VALOR
Tarifa estratos 1 y 2	=	CU - Subsidio
Tarifa estratos 3, 4 y Oficial	=	CU
Tarifa estratos 5, 6, i	=	CU + Contribución

**Fuente:** Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)

Las tarifas de los consumos de los estratos 1 y 2 tienen subsidio, que es una ayuda económica que se otorga para pagar la tarifa del servicio.



**Subsidio:** Diferencia entre lo que se paga por un bien o servicio y el costo de este, cuando tal costo es mayor al pago que se recibe.

**Contribución:** Aporte para subsidiar los consumos de personas de menores ingresos.

**Tarifa:** La tarifa es el cobro que se le hace al usuario según su estrato o caracterización socioeconómica (industrial o comercial) y se obtiene de restar al costo unitario un subsidio determinado y asignado por el Ministerio de Minas y Energía.

**Tabla 33. Cargos Promedio de Distribución y Comercialización, Aprobados por Resolución de la CREG**

VARIABLE	AÑO		
	2011 DICIEMBRE	2012 DICIEMBRE	2013 DICIEMBRE
nm		0	0
IPC	145,690	153,700	161,16
nm			0
IPP	147,4000	154,24	157,43
Dm		591,0	591,0
Dm INVERSION Cargo Variable	RESOLUCION CREG		409
Dm AOM Cargo Fijo			182
<b>Cm Cargo Comercialización</b>	<b>CREG 011 DE 2003</b>		<b>2.109</b>

Fuente: Autor

**Tabla 34. Costos Hundidos Aplicables a los Cobros Tarifarios**

DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN \$	%	CARGO DE DISTRIBUCION DM INVERSIONES (\$/m3)	CARGO DE DISTRIBUCION DM AOM (\$/m3)
Tarifa Plena	2.435.843.952	100,0%	409	182
Municipio El Paso	74.510.000	3,1%	13	\$ 0
FECF	1.452.590.340	59,6%	244	\$ 0
E.S.P.	908.743.612	37,3%	153	182

Fuente: Autor

**Tabla 35. Costo Estimado del Gas Natural en el Municipio de El Paso (Resol. CREG 011 de 2003)**

FORMULA TARIFARIA GAS NATURAL - VALORES APROBADOS CREG			
<b>CARGO VARIABLE</b>			
	$Gm + Tm =$		210,00 TEXICAN
	$(1 - p) =$		0,965 PERDIDAS
	$Dvjm =$		602,94 ACTUALIZACION Dvjm
	<b><math>Mvm (\\$/M3) =</math></b>		<b>820,6</b>
<b>CARGO FIJO</b>			
	<b><math>Cm =</math></b>	<b>2.109,0</b>	
CARGOS APLICADOS FACTURACION			
Resolucion CREG 011 de 2003	RESIDENCIAL - RANGO 1	CARGO FIJO (\$/FACT)	2.109,0
		CARGO VARIABLE (\$/M3)	820,6

Fuente: Autor

Al comparar los costos equivalentes de los gases combustibles, es claro que además de los innumerables beneficios de tipo ambiental y de seguridad, el gas natural ofrece mayores ventajas económicas relacionadas directamente con la economía de la canasta familiar, llevando a un ahorro que oscila alrededor del 40% respecto a combustibles tradicionales como el gas propano (GLP),

especialmente para los sectores más deprimidos del municipio como lo son los estratos 1 y 2 del mismo, los que además tienen acceso a los subsidios que otorga el Fondo de Solidaridad Subsidios y Redistribución de Ingresos – FSSRI del Ministerio de Minas y Energía. Ver Tablas 34, a 36 y Figura 20.

**Tabla 36. Costos equivalentes Gas Natural y Gas Propano en Cilindros- Cabecera Municipal y los Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma**

Consumo Promedio (M3/MES) (1)	20,5	Subsidio Estrato 1 (4)	50%	Subsidio Estrato 2	40%
Consumo de Subsistencia (M3/MES) (2)	20	Cargo Fijo (\$/factura) (5)	2109,0	Cm estrato 1	930,64
Valor metro cúbico de gas (\$/M3) (3)	825,19			Cm estrato 2	930,64
ITEM	DESCRIPCION	ESTRATO 1	ESTRATO 2	ESTRATO 3	
1	VALOR FACTURA SIN SUBSIDIOS		19.025	19.025	19.025
2	COSTO HUNDIDO POR APORTE MUNICIPIO		-256	-256	-256
3	COSTO HUNDIDO POR APORTE FONDO GAS		-5.000	-5.000	
4	SUBTOTAL		13.769	13.769	18.769
5	FONDO DE SOLIDARIDAD, SUBSIDIOS Y REDISTRIBUCION DE INGRESOS		9.306	7.445	0
6	TOTAL VALOR FINAL FACTURA A PAGAR POR EL USUARIO		4.462	6.324	18.769

Fuente: Autor

**Tabla 37. Costos equivalentes Gas Natural y Gas Propano en Cilindros Cabecera Municipal y los Corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma**

ESTRATO	VALOR SERVICIO MES SIN SUBSIDIOS	VALOR SERVICIO MES CON SUBSIDIO FSSRI	VALOR SERVICIO MES CON SUBSIDIO FSSRI Y FONDO GAS	VALOR SERVICIO MES GAS PROPANO CILINDROS
	\$/MES/USUARIO	\$/MES/USUARIO	\$/MES/USUARIO	\$/MES/USUARIO
ESTRATO 1	19.025,3	9.719,0	4.462,5	39.516,1
ESTRATO 2	19.025,3	11.580,2	6.323,7	39.516,1
ESTRATO 3	19.025,3	19.025,3	18.768,9	39.516,1

Fuente: Autor

**NOTA:** Cálculos según Resol. CREG 011 DE 2003, 108 de 2003 y 040 de 2004

De acuerdo a los estimativos del costo de los Combustibles o energéticos utilizados actualmente en el municipio y los servicios que se pretenden implementar, se puede presentar un tabla comparativo de los mismos y su relación con la capacidad de pago calculada.

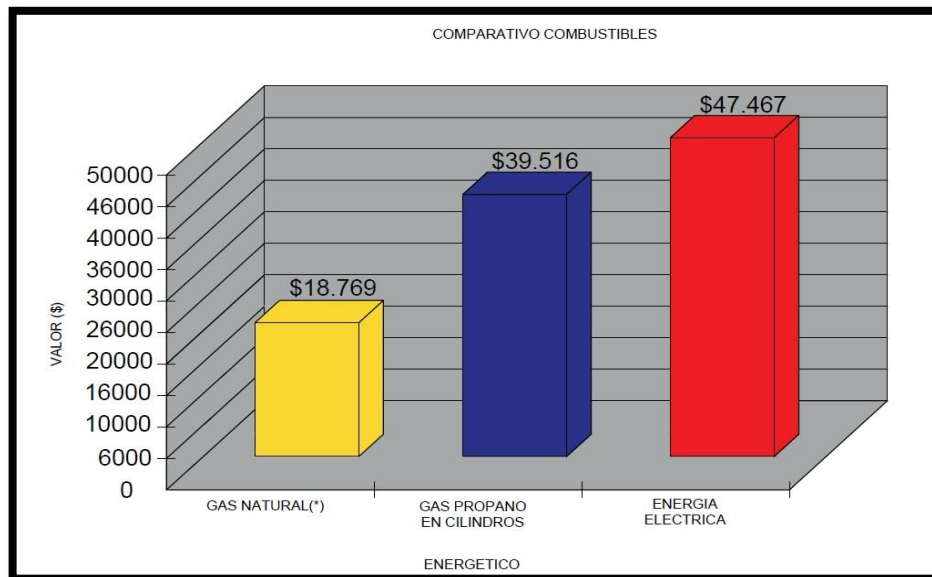
**Tabla 38. Comparativo Costo de Combustibles Domiciliarios**

GAS COMBUSTIBLE	UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	CONSUMO ESTIMADO	VALOR MES (\$)
GAS NATURAL ESTRATO 3	m3	916	20,5	18.769
GAS PROPANO EN CILINDROS	CILINDRO 40 LBS	28.000	1,15	39.516
ENERGIA ELECTRICA	KW-h	225	211,2	47.467

Fuente: Autor

El valor del servicio reportado en la tabla corresponde al estrato 3, teniendo en cuenta que a este estrato no se le aplican subsidios de redistribución del Ingreso.

**Grafica 1. Comparativo energéticos comunes**

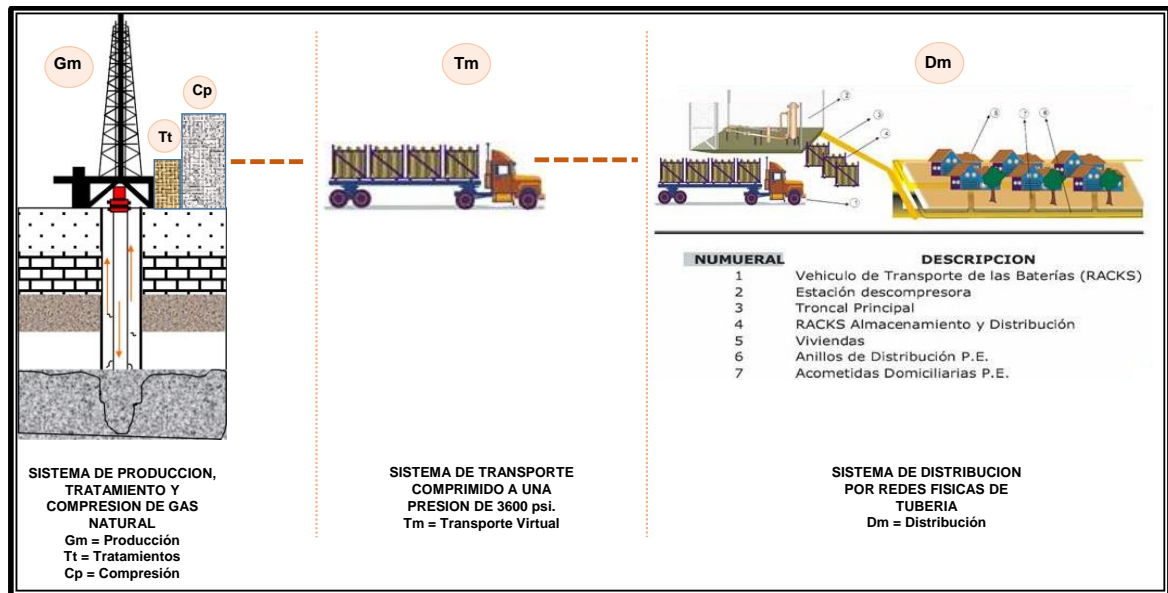


Fuente: Autor

## 5.9. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES Y/O SITUACIONES QUE PODRIAN AFECTAR EL PROYECTO

El proyecto de masificación de gas domiciliario por redes, implica la compra de gas natural a productores, la instalación de sistemas de compresión de gas natural en boca de pozo, la construcción de sistemas de transporte virtual, la construcción de estaciones de regulación y medición (ERM), redes de distribución y conexiones a usuarios y la implementación de un sistema de comercialización, tal como se presenta en la siguiente figura.

**Figura 18. Componentes del servicio de gas natural comprimido (GNC)**



**Fuente:** Autor

Tomando como base el anterior esquema y al considerar las implicaciones de cada componente que impidan la prestación del servicio de gas domiciliario por redes en condiciones de eficiencia y que conlleven variaciones significativas en los análisis financieros, es pertinente realizar las siguientes observaciones:

1. Como se mencionó en el numeral 3.5.3 ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL, las eventualidades que provoquen que el suministro de gas natural no se efectúen desde los pozos de Texican Oil, definitivamente conllevan a abastecer de gas natural el mercado relevante desde el sistema de transporte de gas natural nacional de propiedad TGI S.A. E.S.P., y desde el punto de salida ubicado en el corregimiento del Boquerón de la Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar.

Esta situación no ocasiona un incremento sustancial de la tarifa final que golpee las finanzas de los usuarios del servicio de gas natural comprimido del municipio de El Paso y los corregimientos de La Loma y Cuatro Vientos, por tal motivo el cambio de punto de suministro y por lo tanto el incremento en su valor, no es considerado una variable que afecte las condiciones financieras del estudio.

2. Al tratarse de un sistema cuyo componente de transporte se realiza de forma terrestre por las vías nacionales desde el corregimiento de Cuatro Vientos hasta el mercado relevante, las posibilidades que presente un desabastecimiento por un periodo de tiempo superior a una semana, que corresponde al periodo de almacenamiento en los sistemas de cada municipio y corregimiento, son mínimas, razón por la cual la variable transporte no infiere modificaciones al análisis financiero del proyecto. Lo anterior se corrobora en el hecho que de presentarse una eventualidad que supere los periodos de almacenamiento, el combustible sustituto que el para el caso es GLP distribuido en cilindros va a tener el mismo inconveniente de suministro pues se desarrolla a partir de vehículos cargados con pipetas de gas licuado de petróleo.

3. Por tratarse de un sistema regulado en sus principales componentes, y especialmente en el componente de distribución, las redes son sujetas de un análisis detallado de los costos e imprevistos del propio sistema constructivo, de tal manera que se instalan para que indistintamente se pueda distribuir gas natural y gas licuado de petróleo, con lo cual no se aprecian incidencias directas en los modelos financieros del proyecto.

Tomando como base las anteriores apreciaciones, por tratarse de un servicio público totalmente regulado por el Estado, y por la incidencia de los costos del servicio de gas natural comprimido comparados con los costos del consumo de GLP como combustible sustituto, no se presentan variables que ocasionen incrementos en inversiones, no pago de subsidios de solidaridad y pago del servicio ofrecido al usuario, que representen cambios substanciales en el flujo de caja del proyecto que impliquen tasas internas de retorno (TIR) inferiores a las dictadas por la CREG en su resolución 011 de 2003.

#### **5.10. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO**

El flujo de caja del proyecto de masificación de gas natural comprimido distribuido por redes se estructura a partir un grupo de EGRESOS/GASTOS en el cual se incluyen las inversiones en acometidas, centros de medición, redes internas, red de distribución, sistemas de descompresión, sistemas de transporte y administración, operación y mantenimiento del sistema; así mismo en lo referente a los INGRESOS se aprecian los pagos que efectúa el usuario por la instalación del servicio como tal ( Derecho de conexión y red interna) y la cancelación mensual del costo del mismo servicio. Adicionalmente se incluyen los subsidios de solidaridad y redistribución del ingreso que aportan los estratos socioeconómicos

altos a los estratos bajos y los subsidios y costos hundidos del Fondo Especial Cuota de Fomento (FECF).

Adicionalmente, cada cinco años se realiza la revisión de los sistemas internos de suministro de gas al usuario convirtiéndose en un ingreso adicional a la empresa.

En resumen el capítulo EGRESOS/GASTOS obedece a análisis económicos y precios del mercado realizados directamente por la empresa de servicios públicos constituida para prestar el servicio de gas natural comprimido, y los INGRESOS corresponden a análisis de metodologías tarifarias establecidas normativamente por el estado, con unos rendimientos financieros totalmente regulados. Lo anterior implica que la diferencia entre la ecuación de los estudios de mercado contra las metodologías tarifarias se convierte en el valor real del proyecto para los inversionistas y socios de la compañía, que para el caso se percibe una TIR del proyecto superior en más del doble de la TIR normada por la CREG.

**Tabla 39. Tasa interna de retorno establecida mediante resolución CREG 011 de 2003.**

TASA INTERNA DE RETORNO RESOLUCION CREG 011 DE 2003		
	NOMENCLATURA	VALOR
<b>TASA DE RETORNO EN TÉRMINOS REALES ANTES DE IMPUESTOS</b>		
	tr	
1 Beta desapalancado	Bu	0,279
2 Tasa Nominal de Impuestos	T	35,00%
3 Valor en Porcentaje de endeudamiento	D	40,00%
4 Valor en Porcentaje del capital propio	E	60,00%
5 Beta	B	0,400
6 Prima de Riesgo del mercado	nrm	7,80%
7 Prima de Riesgo del Negocio	nrn	
8 Tasa Libre de Riesgo	rf	6,07%
9 Tasa de riesgo del país	nrp	6,19%
10 Costo del capital propio	KE	
11 Peso ponderado del capital propio	WE	
12 Costo de la deuda	KD	10,40%
13 Peso ponderado de la deuda	WD	
14 Tasa WACC después de impuestos	WACC di	11,93%
15 Tasa WACC antes de impuestos	WACC ai	18,36%
16 Tasa de inflación en dólares americanos	i	2,60%
17 Tasa de retorno en términos reales antes de impuesto	tr	15,36%
18 Factor de ajuste		0,70%
<b>19 Tasa de retorno en términos reales antes de impuesto ajustada</b>		<b>16,06%</b>

Fuente: CREG



A partir de lo anterior se presenta la composición del flujo de caja de forma como las autoridades regulatorias lo solicitan para el análisis de la metodología tarifaria establecida en la resolución CREG 011 de 2003, sin incluir la variación de precios, como tampoco la relación de variables impositivas.

El análisis del flujo de caja se realizó mes a mes consolidándose cada año hasta el doceavo año que es el año en el cual las cifras de los años siguientes no sufren modificaciones significativas, a pesar que el tiempo de vida normativa del proyecto corresponde a cuatro periodos tarifarios de cinco años cada uno, tal como reza la resolución antes mencionada.

En la tabla y gráficas mostradas a continuación, se presenta el resumen del flujo de caja del proyecto de masificación de gas domiciliario por redes, así como el efecto de la variación temporal de los ingresos y egresos, la proyección de la demanda y por tanto la cantidad de usuarios vinculados al sistema año a año.

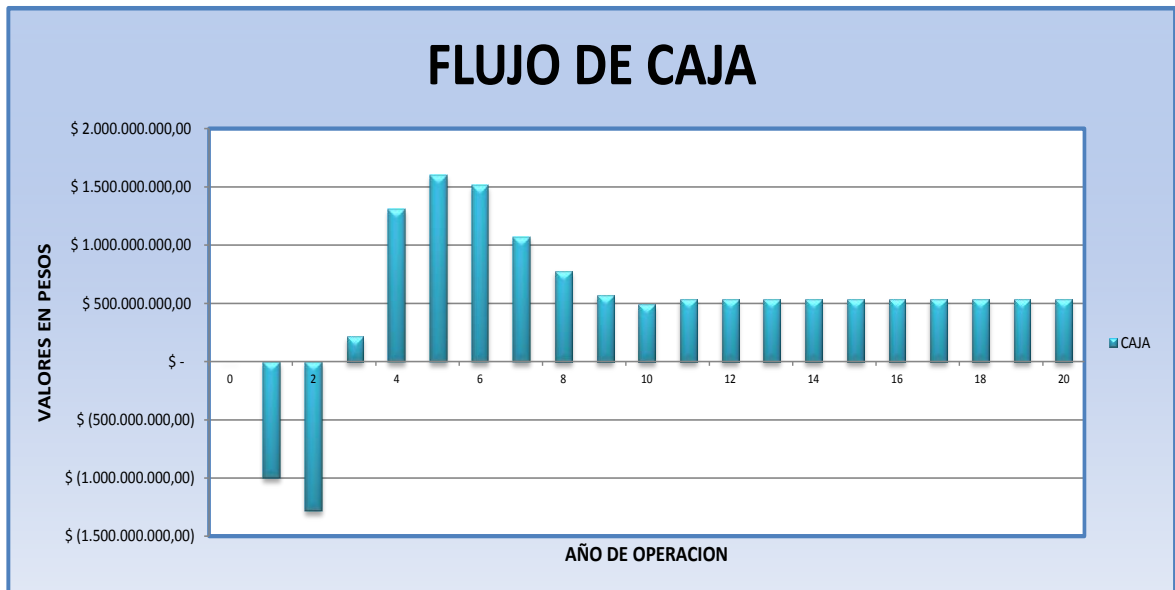
Adicionalmente se han calculado la Tasa Interna de Retorno y el Valor Presente Neto del proyecto verificando que dicha tasa es superior en más de dos veces a la TIR establecida por la resolución CREG 011 de 2003, con lo cual se corrobora que se trata de un proyecto atractivo para los inversionistas.

**Tabla 40. Resumen Flujo de Caja**

AÑO	FLUJO DE CAJA
0	-
1	(1.000.817.620)
2	(1.285.170.021)
3	215.645.577
4	1.312.243.457
5	1.603.447.357
6	1.511.490.994
7	1.073.517.765
8	779.379.726
9	572.609.173
10	489.288.538
11	537.816.038
12	537.816.038
13	537.816.038
14	537.816.038
15	537.816.038
16	537.816.038
17	537.816.038
18	537.816.038
19	537.816.038
20	537.816.038
<b>VNA</b>	<b>\$ 1.897.127.198</b>
<b>TIR</b>	<b>34,58%</b>

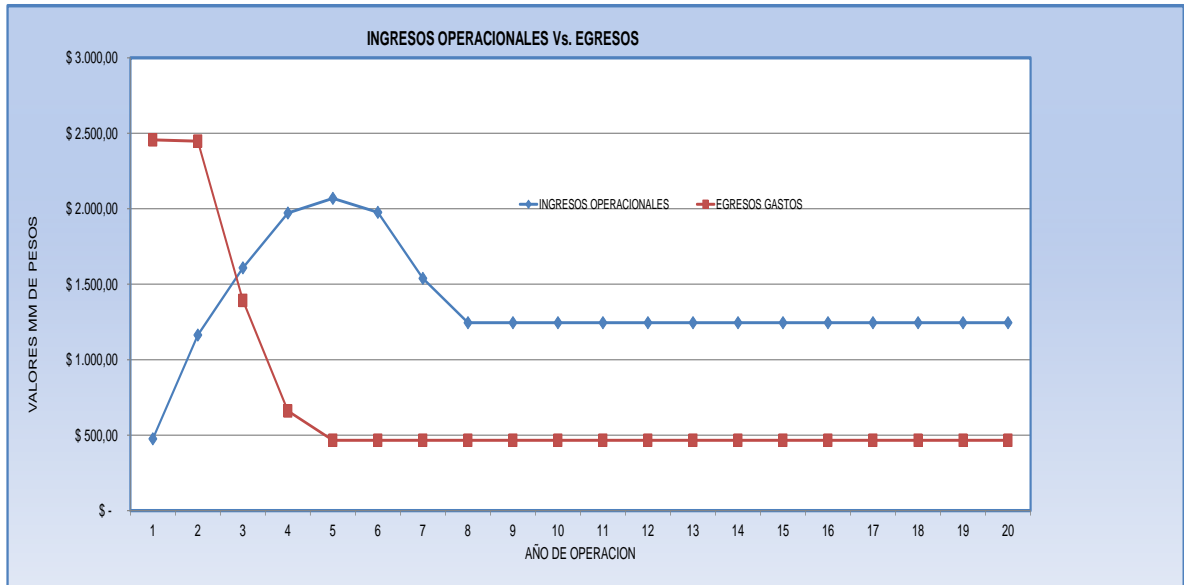
Fuente: Autor

**Grafica 2. Flujo de Caja del proyecto**



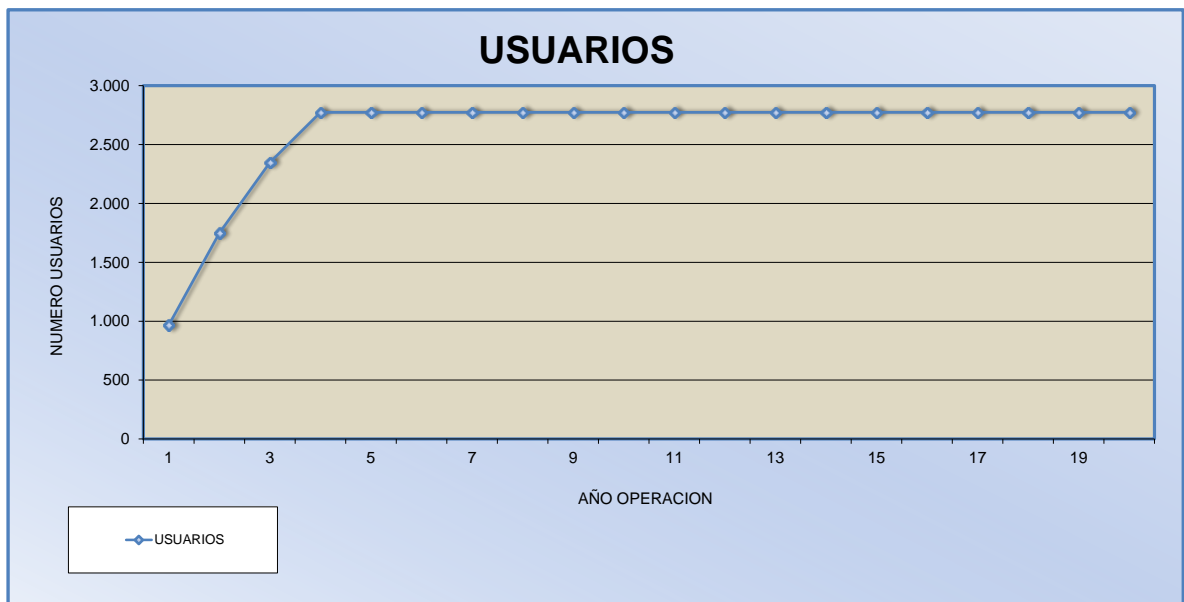
Fuente: Autor

**Gráfica 3. Ingresos Vs Egresos**



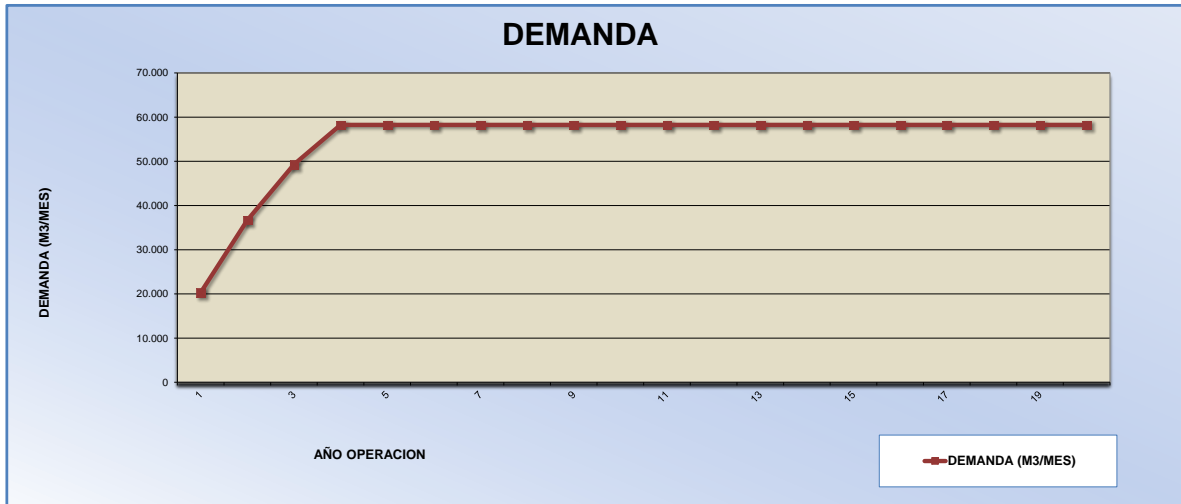
Fuente: Autor

**Gráfica 4. Usuarios conectados por año**



Fuente: Autor

**Grafica 5. Demanda mes a mes**



**Fuente:** Autor

Para finalizar los beneficios económicos de un proyecto de masificación de gas domiciliario por redes para una empresa de servicios públicos constituida legalmente están relacionados con:

1. Venta de gas natural: Precio de compra (Gm) más Transporte (Tm) relacionado en la factura y puesto en la compresora.
2. Distribución de gas natural: la demanda ( $m^3/año$ ) multiplicado por los cargos aprobados (Dm inversiones y Dm AOM) después de los descuentos por costos hundidos.
3. Comercialización de gas natural: el número de usuarios año por 12 meses, por el cargo de comercialización en \$/factura.
4. Ingresos por Venta del servicio: incluye el Derecho de Conexión (acometida y medidor) precio regulado por la CREG 057 de 1996, y el valor de la red interna (precios del mercado).

5. Ingresos por Compresión de gas: Se deriva desde el margen calculado para la compresión de gas multiplicado por la demanda ( $m^3$ ), la que en este caso es la sumatoria de la generada por los municipios año.
  
6. Ingresos por transporte de gas: Se deriva desde el margen calculado por municipio multiplicado por la demanda individual del mismo municipio ( $m^3/año$ ).

## 6. CONCLUSIONES

1. El servicio público de gas domiciliario por redes y sus componentes contempla una serie de actividades reguladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas; vigilado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios; y direccionado en términos de políticas institucionales por el Ministerio y Minas y Energía; por lo cual se establecen condicionamientos y metodologías que implican beneficios tarifarios a los usuarios de menores ingresos principalmente.
2. En el marco de los servicios públicos domiciliarios y en el área geográfica específica del proyecto, se aprecia que la distribución de gas domiciliario por redes, es una actividad valorada por la comunidad y de alto cumplimiento de pago por el propio servicio.
3. Debido a los desabastecimientos energéticos ocurridos a lo largo de la historia de Colombia, el suministro y transporte de gas domiciliario, como actividades relevantes para el ofrecimiento de la distribución han conllevado a planificaciones futuras con el fin de garantizar la prestación continua, eficiente y segura de este servicio.
4. En la distribución de gas domiciliario aparecen específicamente tres formas de suministro de combustible que son: Gas Natural por redes físicas desde el punto de suministro hasta la estación o City Gate, Gas Natural Comprimido a partir de sistemas de transporte virtual y Gas Licuado de Petróleo; para lo cual las redes de distribución deben estar construidas de tal forma que

técnicamente puedan albergar dichos energéticos, lo anterior se corrobora por la resolución CREG 057 de 1996.

5. Por tratarse de un servicio público esencial, la distribución de gas domiciliario por redes se constituye como un derecho común, de tal forma que los administradores locales como las entidades de control no pueden impedir que una empresa ofrezca el servicio público, sin embargo, la empresa legalmente constituida debe presentar los estudios técnicos que permitan ofrecer seguridad en el aspecto constructivo en el territorio municipal y siempre solicitar el permiso de carreteras y uso de suelos ante la alcaldía municipal. Es de anotar que este tipo de desarrollo de proyectos no requiere de la expedición de una licencia ambiental, no obstante si es necesario presentar ante la autoridad competente un plan de manejo ambiental para su seguimiento, a manera de buenas prácticas de ingeniería.
6. En lo concerniente al mercado relevante objeto del estudio, se trata de un municipio y dos corregimientos con necesidades básicas insatisfechas altas, un servicio de energía eléctrica extendido a un 91,5%, acueducto del 74,4%, alcantarillado del 29,9%, y donde no se encuentra instalado el servicio público de gas domiciliario.
7. El punto de suministro desde los pozos Compae propiedad de la empresa Texican Oil, representa la alternativa que brinda las mejores relaciones económicas de abastecimiento de gas natural para el mercado relevante conformado por el municipio de El Paso y los corregimientos de La Loma y Cuatro Vientos.

8. El consumo promedio de GLP en el municipio de El Paso es de 10,22 galones/mes que es equivalente a 1,15 cilindros de 40 Lb de capacidad, mientras que el consumo estimado de gas natural es de 21 m<sup>3</sup>/mes.
9. Considerando que el alcance del presente estudio, involucra la implementación de un nuevo sistema para sustituir uno existente perteneciente a una compañía de distribución de gas licuado de petróleo en cilindros diferente a la que se formalizaría para el desarrollo del plan de masificación de gas domiciliario por redes propuesto, no es posible establecer una línea base debido a que la sustitución del energético actualmente utilizado por el mercado relevante no afecta los intereses de la compañía que a la postre desarrollará el proyecto, sin embargo se realiza un análisis tarifario y costo final del servicio público de gas licuado de petróleo distribuido en cilindros y se compara con el efecto tarifario del sistema de gas natural comprimido distribuido por redes físicas en virtud de la resolución 011 de 2003, emanada de la Comisión de Regulación de energía y Gas CREG.
10. Para la identificación y valoración de los Sistemas de Distribución de gas combustible por redes de tubería, se adoptan las unidades constructivas como componentes típicos de dichos sistemas para el Casco Urbano del municipio de El Paso y los corregimientos de Cuatro Vientos y La Loma, establecidas en la Resolución 011 de Febrero 12 del 2003 por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y otras nuevas complementarias.
11. Con la implementación del proyecto de distribución de gas natural comprimido por redes, es posible reducir en 4.098 las toneladas de CO<sub>2e</sub>, por el cambio de GLP a GNC, para el uso en cocción de alimentos principalmente, favoreciendo el medio ambiente, con lo cual se asevera la condición de sustentabilidad del proyecto.



12. El costo total del proyecto es de \$5.944'854.211 que corresponden a redes de distribución, estaciones de regulación y descompresión, derechos de conexión, redes internas y estudios, permisos y licencias. De la cantidad mencionada \$2.435'843.952 corresponden a la construcción del sistema de distribución (redes, estación de regulación y descompresión, y almacenamientos temporales de gas), el costo de dichas obras es recuperado, en términos de inversión, vía tarifas las cuales son aprobadas por la CREG a partir de la metodología establecida en la resolución 011 de 2003. Los \$3.449'010.259 restantes corresponden a los recursos necesarios para construir el derecho de conexión (medidor, regulador, accesorios y acometida domiciliaria), normado por la resolución CREG 057 DE 1996; y las redes internas domiciliarias. Estos conceptos pueden ser financiados al usuario por la empresa prestadora del servicio (S.A. E.S.P.) hasta por un periodo de 60 meses.
13. Este proyecto se ha diseñado de tal forma que se incluye la participación del Estado Central como aportante de subsidios para la construcción de algunos componentes del sistema y derechos de conexión de los usuarios a partir de los recursos provenientes del Fondo Especial Cuota de Fomento, los cuales se reflejan como costos hundidos en el análisis tarifario. La inclusión de los aportes del gobierno en este tipo de proyectos favorece los planes de masificación de gas domiciliario en el sentido que reduce las inversiones de las empresas y mejoran los cobros por el ofrecimiento del servicio que deben pagar los usuarios. Para el caso particular, se solicitará al FECF el 30,6% de las inversiones totales proyectadas para la construcción de redes de distribución, estación descompresora y derechos de conexión.
14. Al comparar los costos equivalentes de los gases combustibles, es claro que además de los innumerables beneficios de tipo ambiental y de seguridad, el

gas natural ofrece mayores ventajas económicas relacionadas directamente con la economía de la canasta familiar, llevando a un ahorro que oscila alrededor del 40% respecto a combustibles tradicionales como el gas propano (GLP), especialmente para los sectores más deprimidos del municipio como lo son los estratos 1 y 2 del mismo, los que además tienen acceso a los subsidios que otorga el Fondo de Solidaridad Subsidios y Redistribución de Ingresos – FSSRI del Ministerio de Minas y Energía.

15. Los costos mensuales del servicio de gas natural comprimido se encuentran alrededor de los \$19.000 por factura, mientras que el servicio de GLP distribuido en cilindros en la actualidad le cuesta al usuario del municipio objeto de estudio \$40.000 aproximadamente. Razón que fundamenta la posibilidad efectiva de desarrollar un plan de masificación de gas domiciliario por redes en el mercado relevante.
16. Por tratarse de un servicio público totalmente regulado por el Estado, y por la incidencia de los costos del servicio de gas natural comprimido comparados con los costos del consumo de GLP como combustible sustituto, no se presentan variables que ocasionen incrementos en inversiones, no pago de subsidios de solidaridad y pago del servicio ofrecido al usuario, que representen cambios substanciales en el flujo de caja del proyecto que impliquen tasas internas de retorno (TIR) inferiores a las dictadas por la CREG en su resolución 011 de 2003.
17. En el presente análisis, se presenta la composición del flujo de caja de forma como las autoridades regulatorias lo solicitan para el análisis de la metodología tarifaria establecida en la resolución CREG 011 de 2003, sin incluir la variación de precios, como tampoco la relación de variables impositivas.

18. El análisis del flujo de caja se realizó mes a mes consolidándose cada año hasta el doceavo año que es el año en el cual las cifras de los años siguientes no sufren modificaciones significativas, a pesar que el tiempo de vida normativa del proyecto corresponde a cuatro periodos tarifarios de cinco años cada uno, tal como reza la resolución CREG 011 de 2003.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE EL PASO CESAR. Información General, El Paso 2012 [en línea] Disponible en: [\[http://www.elpaso-cesar.gov.co/informacion\\_general.shtml#geografia\]](http://www.elpaso-cesar.gov.co/informacion_general.shtml#geografia).

ALCALDÍA DE EL PASO CESAR. Mapas Territoriales de El Paso Cesar [en línea] Disponible en: [\[http://www.elpaso-cesar.gov.co/mapas\\_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=2990891\]](http://www.elpaso-cesar.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=2990891).

ALCALDÍA DE EL PASO CESAR. Plan Esquema De Ordenamiento Territorial 2000 - 2009 [en línea] Disponible en: [\[http://www.elpaso-cesar.gov.co/apc-aa-files/62333938373830386630623630306263/PEOT\\_1.pdf\]](http://www.elpaso-cesar.gov.co/apc-aa-files/62333938373830386630623630306263/PEOT_1.pdf).

COMISIÓN DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS Estructura del sector de gas natural. [en línea] Disponible en: [\[http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/estructura-gas\]](http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/estructura-gas).

COMISIÓN DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS Estructura tarifaria, compra de gas, CREG. [en línea] Disponible en: [\[http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/tarifas-gas?showall=&start=1\]](http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/tarifas-gas?showall=&start=1).

COMISIÓN DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS. Cobro de gas natural, CREG. [en línea] Disponible en: [\[http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/cobro-gas\]](http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/cobro-gas).

COMISIÓN DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS. Cómo funciona el servicio de gas natural, CREG. [en línea] Disponible en: [http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/como-funciona-gas].

COMISIÓN DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS. Especificaciones de calidad del gas natural en el punto de entrada del sistema de transporte, 2007. [en línea] Disponible en: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/7b4ee1f9a7c1a73d0525785a007a6e58/\$FILE/D-017%20CALIDAD%20EN%20TRANSPORTE%20DE%20GAS.pdf].

COMISIÓN DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS. Historia del gas natural en Colombia. [en línea] Disponible en: [http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/gas-natural/historia-gas].

DANE. Boletín Censo General 2005 perfil El Paso Cesar. [en línea] Disponible en: [https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cesar/el\_paso.pdf].

DIRECCIÓN NACIONAL DE ENERGÍA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR. Gas licuado del petróleo. [en línea] Disponible en: [ftp://ftp.saltogrande.com.uy/GLP.pdf].

ENERGIA Y SOCIEDAD. Aprovechamiento del gas natural España. [en línea] Disponible en: [http://www.energiaysociedad.es/ficha/3-5-transporte-del-gas-natural-por-gasoducto].

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA Cadena del Gas Licuado del Petróleo 2013. Bogotá D.C., Colombia 2013 [en línea] Disponible en: [http://www.sipg.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=sMAANh%2Fv3ak%3D&tabid=38&language=es-CO].

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. En uso de sus facultades legales, en especial las conferidas por el Decreto 070, de 2001; y, [en línea] Disponible en: [[http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/5\\_%20Proyecto%20RT%20Instalaciones%20Internas.pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/5_%20Proyecto%20RT%20Instalaciones%20Internas.pdf)].

REPSOL. Los gases licuados del petróleo, [en línea] Disponible en: [[http://www.repsol.com/pe\\_es/productos\\_y\\_servicios/productos/glp\\_butano\\_y\\_propano/guia\\_de\\_los\\_glps/tipos\\_de\\_combustibles/gases\\_licuados/](http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/guia_de_los_glps/tipos_de_combustibles/gases_licuados/)].

REPOSITORIO.UTE. Fundamentos teóricos. [en línea] Disponible en: [[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5742/3/18088\\_3.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5742/3/18088_3.pdf)].

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. Proyecto de Grado para Optar Al Título de Ingeniero de Petróleos Bucaramanga, 2011 [en línea] Disponible en: [<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/892/2/141095.pdf>].

YAVEGAS.SA. ESP. Gas natural y GLP. Que es el Gas Natural [en línea] Disponible en: [<http://yavegas.co/gas-natural/>].

## **ANEXOS**

### **Anexo A. Flujo De Caja Proyecto Masificación**