

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA
ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR (GNV) EN EL
MUNICIPIO DE PRESTO**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO
Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

MELVIN ALEJANDRO QUISPE CÁCERES

Sucre – Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Melvin Alejandro Quispe Cáceres

Sucre, 07 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

El siguiente trabajo está dedicado especialmente a mis padres Luis Humberto Quispe Quispe e Inocencia Cáceres Lamas, por ser siempre el pilar de toda mi vida y la guía en mi camino, por su apoyo incomparable. “Les doy gracias Mamá y Papá por su infinita bondad, ya que no me hicieron faltar nada durante mi vida, por sus recomendaciones a escoger mi camino a emprender”.

A mi familia, hermana, sobrinos, abuelas, tíos y pareja que dentro y fuera en el contexto social por ser un apoyo incondicional en los momentos que siempre los necesite

....

AGRADECIMIENTOS

A Dios, En la travesía de la vida, guiaste mis primeros pasos dejándome libertad para escoger que camino emprender. Hubo caídas, pero con al levantar la mirada estaba en tu sonrisa. Al contarme tus historias, me regalaste experiencias y sabidurías. Siempre estarás en mi lado, eres mi maestro, mi amigo, mi felicidad y mi salvación”.

A mi Familia “que me enseñaron y transmitieron valores y sabiduría con el propósito de sembrar y cosechar una persona de bien, para la sociedad y para la vida misma. Gracias... porque con su aporte, llegue a cumplir mis metas como un profesional”.

A mi Universidad San Francisco Xavier por albergarme en y hacerme vivir momentos inolvidables, que además de formarme durante mi vida estudiantil fue mi segundo hogar, donde pase buenos y malos momentos que siempre llevare en mi memoria.

A mis docentes y compañeros de la universidad, por su amistad, su motivación y su apoyo incondicional durante este tiempo brindándome sus conocimientos y experiencias.

RESUMEN

En la presente monografía se plantea un estudio técnico- económico para implementar una estación de servicio de gas natural vehicular (GNV) en el municipio de presto, puesto que la zona no cuenta con una estación de servicio de ningún tipo. Lo que a nivel económico va afectando a la población, pues recurre a la compra de combustibles a elevados precios.

Viendo estos problemas se buscó una alternativa de solución, la cual consiste en evaluar la demanda actual de combustibles mediante un estudio de transitabilidad por la zona mediante el número de habitantes, que son respaldados con datos estadísticos, además de hacer una proyección a futuro del consumo de combustible según el índice de crecimiento poblacional.

Para el desarrollo de la monografía es necesario tener claros algunos conceptos, como ser definiciones del gas natural, destacando sus propiedades físicas y químicas, composición, aplicaciones y métodos de transporte, con énfasis en gasoductos y gas natural comprimido para vehículos (GNC). Se diferencia entre Gas Natural Comprimido (GNC) y Gas Licuado de Petróleo (GLP), y se aborda el concepto de Gas Natural Vehicular (GNV). Además, se evalúa la conversión a GNV, teniendo en cuenta estadísticas de conversión de coches a gas vehicular en Bolivia. Para ello citaremos algunas instituciones que norman la instalación y puesta en marcha del servicio como Yacimiento Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), Instituto Boliviano de Normas IBNORCA, Entidad Ejecutora de Gas Natural Vehicular (EEC_GNV), y Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

Teniendo definidos conceptos y normas se procede a cuantificar el parque automotor transitable en la región, se analiza el consumo presente y futuro de gas natural. Se clasifican los vehículos por cilindradas y se detalla el sistema de comercialización. Se proporciona información y datos obtenidos, como la localización, población en el tramo y detalles sobre la estación propuesta. Se describe el tamaño y capacidad de la estación de servicio GNV, así como el suministro de gas natural, el cálculo del diámetro de la red primaria y la localización del Puesto de Regulación de Medición (PRM). Se detalla el equipamiento de la estación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS	x
ANEXOS.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.3.1 Justificación Práctica.....	3
1.3.2 Justificación Teórica	3
1.4 METODOLOGÍA.....	4
1.4.1 Técnicas de investigación.....	4
1.4.2 Instrumentos de investigación.....	5

CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	6
2.1 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.1 Marco conceptual.....	6
2.1.1.1 El gas natural.....	6
2.1.1.2 Propiedades del gas natural.....	6
2.1.1.2.1 Propiedades físicas del Gas Natural.....	6
2.1.1.2.2 Propiedades químicas del Gas Natural.....	7
2.1.1.2.3 Composición del gas natural.....	8
2.1.1.3 Aplicaciones del Gas Natural.....	9
2.1.1.4 Transporte de gas natural.....	9
2.1.1.5 Gasoductos.....	10
2.1.1.6 Gas natural comprimido para vehículos (GNC).....	10
2.1.1.7 Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	11
2.1.1.8 Diferencia entre Gas Natural Comprimido y Gas Licuado de Petróleo.....	11
2.1.1.9 Gas Natural Vehicular (GNV).....	12
2.1.1.10 Estación de servicio de gas natural (E° S° GNV).....	12
2.1.1.10.1 Estación de Servicio Categoría I.....	12
2.1.1.10.2 Estación de Servicio Categoría II (Estación de Servicio Hija).....	12
2.1.1.10.3 Estación de Servicio Categoría III.....	12
2.1.1.11 Evaluación ambiental de la conversión a GNV.....	12
2.1.1.11.1 Efectos de la exposición directa a los combustibles.....	14

2.1.1.11.2 Efectos locales de las emisiones al aire.....	14
2.1.1.11.3 Contaminación de suelo y agua derivada de derrames, pérdidas, y la descarga de los combustibles.....	14
2.1.1.12 Marco normativo.....	14
2.1.1.12.1 Yacimiento petrolíferos fiscales bolivianos (YPFB).....	14
2.1.1.12.2 Agencia nacional de hidrocarburos (ANH).....	15
2.1.1.12.3 Instituto Boliviano de Normas IBNORCA.....	15
2.1.1.12.4 Entidad ejecutora de gas natural vehicular (EEC_GNV).....	15
2.1.1.12.5 Administradora boliviana de carreteras (ABC).....	15
2.1.1.12.6 Definición de mercado.....	16
2.1.1.12.7 Análisis de la oferta actual.....	16
2.1.1.12.8 Estrategia del Mercado.....	16
2.1.1.12.9 Investigación de Mercado.....	16
2.1.2 Marco contextual.....	16
2.1.2.1 Cuantificación del parque automotor transitable en la región.....	16
2.1.2.1.1 Tráfico vehicular en ambos sentidos.....	17
2.1.2.1.2 Proyección de la conversión vehicular a GNV en Bolivia.....	18
2.1.2.1.3 Consumo de gas natural.....	20
2.1.2.1.4 Proyección de consumo de gas natural en Bolivia.....	21
2.1.2.1.5 Clasificación de vehículos por cilindradas.....	23
2.1.2.1.6 Sistema de comercialización.....	26

2.2	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	26
2.2.1	Población en el tramo	26
2.2.2	Estación propuesta	27
2.2.3	Estación de servicio de GNV en la localidad de Presto	28
2.2.3.1	Localización	28
2.2.4	Tamaño y capacidad de la estación de servicio GNV	29
2.2.5	Suministro de gas natural a la estación	30
2.2.6	Cálculo de diámetro de red primaria en el sector	31
2.2.7	Localización de Puesto de Regulación de Medición (PRM).....	33
2.2.8	Equipamiento de estación de servicio	35
2.2.9	Compresor	35
2.2.9.1	Controles	36
2.2.9.2	Tablero de potencia y comando.....	36
2.2.9.3	Válvulas de seguridad	37
2.2.9.4	Sistema de amortiguación de neumática	37
2.2.9.5	Sistema de almacenamiento	38
2.2.9.6	Sistema de medición y despacho.....	39
2.2.9.7	Captación de red primaria	40
2.2.9.8	Inversión para estación de servicio	41
2.3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	42
	CAPÍTULO III: CONCLUSIONES	44

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
---	-----------

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Formas de transporte de Gas Natural</i>	9
Figura 2: <i>emisiones de contaminantes por tipo de combustible</i>	13
Figura 3: <i>consumo y conversión de vehicular a gas natural hasta 2014</i>	18
Figura 4: <i>conversión vehicular a gas natural hasta 2014</i>	19
Figura 5: <i>consumo de GNV hasta 2014</i>	21
Figura 6: <i>ubicación de estación de servicio Presto</i>	28
Figura 7: <i>Puente de Regulación y Medición (PRM)</i>	34
Figura 8: <i>compresor Knox Western</i>	35
Figura 9: <i>panel de controles</i>	36
Figura 10: <i>Tableros</i>	36
Figura 11: <i>Válvula de seguridad seleccionada para la estación</i>	37
Figura 12: <i>Sistema de Almacenaje de GNC</i>	38
Figura 13: <i>surtidores de GNC</i>	39
Figura 14: <i>Cámara de acometida de interconexión de Red Primaria</i>	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>gravedad especifica de los diferentes gases para la combustión</i>	7
Tabla 2: <i>relación peso volumen gasolina vs gas natural</i>	7
Tabla 3: <i>Composición de Gas Natural</i>	8
Tabla 4: <i>tabla comparativa de los gases utilizados en las conversiones a gas</i>	11
Tabla 5: <i>clasificación vehicular</i>	17
Tabla 6: <i>proyección de la conversión en base a datos históricos en Bolivia</i>	19
Tabla 7: <i>proyección de consumo de GNV a base datos históricos</i>	21
Tabla 8: <i>consumo anual de GNV por departamento</i>	22
Tabla 9: <i>consumo promedio de GNV por Gasolina Especial por tipo de vehículos</i>	23
Tabla 10: <i>equivalencia de GNV - GE</i>	24
Tabla 11: <i>consumo promedio de GNV por Diésel Oíl por tipo de vehículos</i>	25
Tabla 12: <i>ahorro en bolivianos (Bs) por consumo de GNV por km recorrido</i>	25
Tabla 13: <i>Crecimiento poblacional del municipio de presto</i>	26
Tabla 14: <i>proyección tráfico vehicular circulante y de local</i>	29
Tabla 15: <i>demanda de GNV Presto – Comunidades aledañas</i>	30
Tabla 16: <i>datos para calcular el diámetro</i>	32
Tabla 17: <i>tabla de Resultados obtenidos</i>	33
Tabla 18: <i>captación de Primaria</i>	40
Tabla 19: <i>costos estimados de inversión en la estación de servicio de GNV</i>	41
Tabla 20: <i>cantidad de equipos en la estación</i>	42

ANEXOS

Anexo 1: proyección poblacional según departamento

Anexo 2: reglamento de contratación para la adquisición y puesta en marcha de unidad de compresión de GNV

Anexo 3: características técnicas mínimas para la unidad de compresión

Anexo 4: distancias mínimas de seguridad

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En Bolivia, el crecimiento del parque automotor se incrementa de manera considerada, según registro en el año 2016, llegó a 1.711.005 vehículos y en el año 2017, alcanzó un total de 1.800.354 vehículos, lo que significa un crecimiento del 5,2%. ((INE), INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, 2012-2025)

Uno de los antecedentes más destacados se encuentra en La Paz, donde se ha llevado a cabo la implementación exitosa de estaciones de GNV. Estos proyectos han sido impulsados tanto por entidades gubernamentales como por iniciativas privadas. Tal es el caso del estudio realizado por (Zambrana, 2006) para el cambio estructural sobre la matriz energética boliviana en base a la situación actual de combustibles donde abordó la importancia que tiene la conversión del parque automotor a GNV, en especial a nivel económico, tanto para la población, como para el estado.

Además, a nivel nacional, el Gobierno de Bolivia ha implementado políticas y programas que respaldan la transición hacia el uso de GNV. Estos esfuerzos incluyen incentivos fiscales y regulatorios para fomentar la conversión de vehículos a gas natural, así como la instalación de estaciones de servicio en diversas localidades del país.

Es importante señalar que estos antecedentes han arrojado resultados positivos en términos de eficiencia, ahorro de costos. La experiencia acumulada a través de estos proyectos proporciona valiosas lecciones aprendidas y mejores prácticas que pueden ser aplicadas al contexto específico del municipio de Presto.

1.1.1 Planteamiento del problema

En el municipio de Presto, la ausencia de una estación de servicio de combustibles representa un desafío significativo para la comunidad ya que los habitantes se enfrentan a dificultades relacionadas con la adquisición de combustibles, lo que impacta de manera negativa en su calidad de vida y en el desarrollo económico de la región.

Al no contar con una estación de servicio local la población en su conjunto se ve obligado a depender de comerciantes locales, los cuales obtienen el combustible de otras localidades. Este proceso hace que el costo del combustible suba considerablemente, llegando a un incremento del 34 % el litro, ya que los vendedores también incurren en gastos de transporte. Por tanto, la carga financiera que sufren los habitantes es elevada.

Adicionalmente, la falta de una estación de servicio en el municipio conlleva costos adicionales relacionados con el transporte, ya que los habitantes para desplazarse a otras localidades pagan un monto elevado, lo cual impacta directamente en el bolsillo de los habitantes de Presto, afectando su capital, que podrían emplear en gastos de servicios u otra necesidad vital.

Por lo tanto, la ausencia de una estación de servicio de combustibles en el municipio de Presto no solo impacta de manera negativa en la economía local, sino que también afecta la movilización de la producción local. Es evidente la necesidad de abordar esta problemática a través de la implementación de una estación de servicio de gas natural vehicular (GNV) como alternativa sostenible y económica viable.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar un estudio técnico-económico para la implementación de una estación de servicio de gas natural vehicular (GNV) en el municipio de Presto

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar la demanda actual de combustibles en el municipio de Presto, en base a la demanda actual y proyectada de parque automotor.
- Identificar el punto estratégico para la ubicación de la estación de servicio, considerando aspectos técnicos y normativos.
- Dimensionar la capacidad de la estación de servicio en base a la demanda proyectada del parque automotor.
- Realizar el estudio económico del proyecto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Práctica

La implementación de una estación de servicio de gas natural vehicular (GNV) en el municipio de Presto se fundamenta en consultas e inquietudes para generar beneficios tangibles y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

En primer lugar, creación de una estación de servicio de GNV en Presto contribuirá directamente a la reducción de los costos de combustibles para la comunidad. Al eliminar la necesidad de depender de intermediarios locales, los habitantes podrán acceder al combustible directamente de la estación de servicio al precio establecido a nivel nacional. Esto no solo aliviará la carga económica individual de los residentes, sino que también impactará positivamente en el presupuesto familiar ya que el GNV es el combustible más económico, permitiendo destinar esos recursos a otras necesidades esenciales.

Además, la estación de GNV generará oportunidades de empleo local, para ello “se nos proporcionará datos claves, empezando desde la construcción de la estación hasta la operación y mantenimiento de la misma o en actividades relacionadas con la cadena de suministro de gas natural. La creación de empleo en la comunidad también fortalecerá la economía local.

Desde una perspectiva ambiental, la adopción de GNV como combustible vehicular en el municipio reducirá las emisiones contaminantes y contribuirá a la mejora de la calidad del aire. El gas natural es una opción más limpia y sostenible en comparación con los combustibles tradicionales, lo que resultará en beneficios para la salud pública y la preservación del entorno natural en Presto.

1.3.2 Justificación Teórica

La justificación teórica para la implementación de una estación de servicio de gas natural vehicular (GNV) en el municipio de Presto se apoya en fundamentos conceptuales que abordan diversos aspectos vinculados con el conocimiento del gas natural, anexos de construcción, normativas y demás documentos que se piden para este tipo de trabajos.

Asimismo, desde una perspectiva económica, la implementación de una estación de GNV se fundamenta en teorías de desarrollo local, para esto recurriremos a datos estadísticos y de proyecciones. La generación de empleo asociada con la operación y mantenimiento de la estación, así como las oportunidades en la cadena de suministro de gas natural, contribuirá a fortalecer la economía de Presto. Esta teoría respalda la noción de que el desarrollo económico local es impulsado por la diversificación de las actividades económicas y la creación de empleo sostenible.

En conclusión, la justificación teórica para la implementación de una estación de servicio de GNV en Presto se enraíza en conceptos básicos del gas, teorías de desarrollo local, autonomía energética y responsabilidad social empresarial. Estas fundamentaciones teóricas respaldan la idea de que la adopción de GNV beneficiará tanto a la comunidad local como al entorno más amplio, alineándose con tendencias y enfoques que buscan un desarrollo equitativo y sostenible.

1.4 METODOLOGÍA

La presente investigación es de carácter propositivo con un enfoque cuantitativo (Sampiri, 2014)

1.4.1 Técnicas de investigación

La presente investigación se llevará a cabo utilizando diversas técnicas para obtener datos precisos y relevantes. Se recabará información e inquietudes del, Gobierno Autónomo Municipal de Presto y con la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos permitirá una comprensión profunda de los aspectos técnicos y económicos involucrados en la implementación de la estación de gas natural vehicular en el municipio de Presto.

Se realizarán entrevistas a expertos en el área como ser YPFB redes de gas, a la ANH, comunarios y representantes gubernamentales locales. Estas entrevistas proporcionarán información valiosa sobre las perspectivas, desafíos y oportunidades relacionadas con la implementación de una estación de gas natural vehicular en Presto.

Se llevarán a cabo encuestas estructuradas tanto a residentes como a empresas locales para evaluar la percepción, la demanda potencial y las expectativas con respecto a la adopción de

vehículos a gas natural. Las encuestas permitirán la recopilación de datos numéricos que respaldarán el análisis económico y la proyección de la demanda.

Se realizará un exhaustivo análisis documental de estudios previos, y datos estadísticos relacionados con la implementación de estaciones de gas natural vehicular en contextos similares. Este análisis proporcionará una base teórica sólida para respaldar la viabilidad técnica y económica de la propuesta.

Se realizará un análisis financiero detallando la evaluación de costos de infraestructura para analizar el coste económico que llevaría la implementación de la estación de servicio de GNV.

1.4.2 Instrumentos de investigación

Se diseñó cuestionarios específicos para las encuestas, abordando aspectos como la disposición a utilizar vehículos a gas natural, expectativas de precios, y preferencias de servicios adicionales que podrían ofrecerse en la estación.

Se utilizó herramientas de análisis de texto y revisión sistemática de la literatura para extraer información clave como ser reglamentos de construcción, normativas de diseño, datos estadísticos, identificando tendencias, procedimientos, e información necesaria como proyecciones estadísticas y de crecimiento vehicular.

Esta metodología integral garantizará la obtención de datos sólidos, permitiendo un análisis holístico que respalde tanto la viabilidad técnica como la económica de la implementación de una estación de gas natural vehicular en el municipio de Presto.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Marco conceptual

2.1.1.1 El gas natural

El Gas natural es un recurso energético de origen fósil no renovable, que se encuentra normalmente en el subsuelo en grandes yacimientos, atrapados en las rocas porosas dentro del continente o marino, está compuesto de hidrocarburos gaseosos que incluyen el metano (CH₄), en su mayor proporción. (Engineers, Petróleo y Gas Natural)

2.1.1.2 Propiedades del gas natural

2.1.1.2.1 Propiedades físicas del Gas Natural

2.1.1.2.1.1 Estado

El gas natural siempre se encontrará en estado gaseoso a cualquier temperatura, por encima de -126° . Es por esa razón que el gas natural en condiciones de presión y temperatura ambiente se transporta en estado gaseoso.

2.1.1.2.1.2 Olor, Color, Sabor.

En su estado puro, tal como fluye del yacimiento, el gas natural no tiene color, sabor, ni olor. Sólo por razones de seguridad y para detectar casos de fuga (detector electrónico de fugas, inspección con espuma de agua jabonosa.), se le agrega un odorante llamado etil mercaptano. (Baquero & Avila Jaime, 2008)

2.1.1.2.1.3 Gravedad específica

La gravedad específica se define como la relación entre la densidad del gas y la densidad del aire seco, tomados a la misma presión y temperatura.

Tabla 1: *gravedad especifica de los diferentes gases para la combustión*

ELEMENTO	GRAVEDAD ESPECIFICA
Aire	1,00
metano	0,55
Gas Natural	0,60
Propano	1,56
Butano	2,00

Fuente: (Baquero & Avila Jaime, 2008)

2.1.1.2.1.4 Toxicidad

El gas natural no contiene ningún componente tóxico, por lo tanto, no representa riesgo para la salud, en caso de ser respirado accidentalmente.

2.1.1.2.2 Propiedades químicas del Gas Natural

2.1.1.2.2.1 Relación aire/ combustible (a/c):

Esta relación, define la cantidad de aire y de combustible necesarios para lograr una combustión. Cuando la relación aire / combustible se logra en proporciones correctas, se le llama relación estequiométrica. (Baquero & Avila Jaime, 2008)

Tabla 2: *relación peso volumen gasolina vs gas natural*

Relación a/c	Peso	Volumen
Gasolina	4,7: 1	64 :1
Gas Natural	6 :1	Entre 9,5 y 11,1: 1

Fuente: (Baquero & Avila Jaime, 2008)

Para el caso de gas natural, la relación estequiométrica se indica en volumen; en cambio para la gasolina se indica en relación de peso o de masa. Si comparamos estos dos combustibles tendremos la tabla 2.

2.1.1.2.2 Mezcla en combustión:

La mezcla rica es la que se quema de una manera adecuada en el motor, la mezcla pobre no explota y la mezcla flamable es la mezcla que se necesita para el proceso de ignición de la combustión.

2.1.1.2.3 Combustión

La combustión es el resultado de encender mediante la chispa de la bujía la mezcla aire / combustible comprimida en la cámara de combustión originándose una liberación de calor, así como una gran fuerza de expansión explosión. Mientras más comprimida esté la mezcla mayor será la fuerza que recibirá el pistón. Sin embargo, por razones de diseño solo el 20% de toda esa fuerza de expansión es aprovechada como torque para mover el motor. Mientras menos carbono tenga el combustible mayor será su resistencia a conducir electricidad. (LEANDRO BAQUERO M., 2008).

2.1.1.2.3 Composición del gas natural

Tabla 3: *Composición de Gas Natural*

COMPOSICIÓN	SÍMBOLO	VOLUMEN (%)	COMPOSICION. MOLAR (Xi)
Nitrógeno	N2	0,69	0,0069
Dióxido de Carbono	CO2	1,49	0,0149
Metano	C1	89,22	0,8922
Etano	C2	6,26	0,0626
Propano	C3	1,55	0,0155
i-Butano	i-C4	0,23	0,0023
n-butano	n -C4	0,34	0,0034
n-Pentano	n-C5	0,09	0,0009
Iso- pentano	I-C5	0,06	0,0006
hexano	nC6+	0,07	0,0007

Fuente: (YPFB TRANSPORTE S.A.)

En la tabla anterior se puede observar la cromatografía del gas, en la que se observa la composición y porcentajes de cada componente.

2.1.1.3 Aplicaciones del Gas Natural

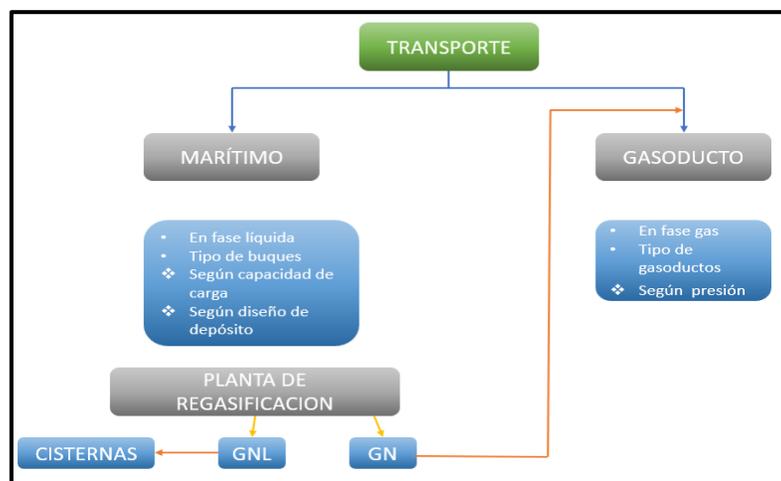
El Gas Natural tiene las siguientes utilidades donde podemos mencionar las más sobresalientes.

- **Domestico:** sirve para la cocción de alimentos, para el calentamiento de agua, para la calefacción, lavado de ropa. Etc.
- **Comercial:** están los hornos de panadería, en los restaurantes y hotelería, otros.
- **Industrial:** aplicables en las fábricas de ladrillos, siderurgia y metalurgia, cerámica, vidrios, en la fábrica de papel, etc.
- **Vehicular:** aplicables al uso de vehículos en el parque automotor, como ser vehículos particulares y de servicio público

2.1.1.4 Transporte de gas natural

El Gas Natural por ser más eficiente, se puede transportar por gasoductos de forma más conveniente a largas distancias en tuberías de acero en forma de gas, y también se puede transportar en forma de líquidos haciendo un proceso de licuefacción a aquellos lugares de topografías muy críticas en sistema virtual. Por último, en Gas Natural Comprimido (GNC) más que todo requerido para los vehículos motorizados y para ciertos especiales en las industrias. (YPFB TRANSPORTE S.A.)

Figura 1: Formas de transporte de Gas Natural



Fuente: elaboración propia

2.1.1.5 Gasoductos

Son sistemas que sirven para transportar los hidrocarburos en estado gaseoso, generalmente sus diámetros son grandes. Los gasoductos tienen carácter nacional e internacional. A nivel nacional el gas natural se usa para consumo doméstico, como fuente de energía en fábricas metalúrgicas, fábricas de cemento, etc. es decir, para la industria. En un gasoducto tenemos las estaciones de compresión formados por los grupos compresores como la parte fundamental de esta instalación.

Son conducciones de acero o polietileno, que sirven para transportar gases combustibles a gran escala, por las que circulan a alta presión. Los gasoductos son una línea de tubos inmensos empleados para transportar gas natural. Los gasoductos pueden transportar combustibles desde los pozos de producción hasta las refinerías y luego a terminales de almacenamiento y distribución. (Petirena y otros, 1991)

2.1.1.6 Gas natural comprimido para vehículos (GNC)

Fluido gaseoso compuesto principalmente por metano en condiciones de temperatura ambiente y alta presión. A efectos de este Reglamento, se entiende como alta presión, a cualquier nivel de presión superior a la presión de la red primaria de gas natural. (Baquero & Avila Jaime, 2008)

Las principales ventajas del gas natural comprimido como carburantes son:

- Es el menos contaminante de los carburantes actualmente disponibles referente a las emisiones.
- Su uso en vehículos urbanos contribuye a disminuir notablemente el grado de contaminación.
- Existe una reducción importante en las vibraciones y el ruido generado en vehículos pesados (autobuses y otros).
- Disminuye la dependencia del petróleo

2.1.1.7 Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Es una mezcla de propano, butano a una temperatura de 0 °C, es decir que pueden pasar del estado gaseoso al estado líquido dependiendo a la presión y Temperatura.

Algunas de las características de GLP son:

- Estado, a una presión atmosférica y temperatura ambiente, el GLP se encuentra en estado gaseoso.
- Efecto de la Temperatura, al aumentar la temperatura de GLP aumenta la presión, es decir son proporcionales, debido a que aumenta la presión de vapor y el líquido se expande. Densidad y viscosidad, varían según la composición

2.1.1.8 Diferencia entre Gas Natural Comprimido y Gas Licuado de Petróleo

Tabla 4: *tabla comparativa de los gases utilizados en las conversiones a gas.*

GNC	GLP
Compuesto básicamente por metano (CH ₄)	Compuesto básicamente por propano y butano
Se transporta a través de gasoductos o redes en forma gaseosa	Se transporta por camiones cisternas en forma líquida
No requiere almacenamiento en la estación de servicio	Requiere un tanque de almacenamiento en la estación.
Se dispersa rápidamente en la atmósfera por ser más liviano que el aire.	Es más pesado que el aire. En caso de fuga se podrían producir concentraciones de gas.
Para su ignición espontánea requiere una temperatura de aproximadamente 700 °C.	Dada su ignición espontánea requiere una temperatura de aproximadamente 450 °C
Es un recurso natural abundante	Disponibilidad limitada por requerir proceso de refinación
No exportable con las facilidades de procesamiento actuales	Tradicionalmente ha sido atractivo colocar GLP en los mercados internacionales

Fuente: (Baquero & Avila Jaime, 2008)

2.1.1.9 Gas Natural Vehicular (GNV).

Se denomina GNV por sus siglas en español a la utilización del Gas Natural destinados o utilizados como combustible para vehículos automotores, vendido a través del dispensador. Puede utilizarse tanto en estado de líquido (GNL) como gaseoso (Comprimido, GNC).

2.1.1.10 Estación de servicio de gas natural (E° S° GNV)

Es la Estación de Servicio para la comercialización de Gas Natural Vehicular. A fines del presente se utiliza este término para hacer referencia a Estaciones de Servicio de la Categoría I o Categoría II o Categoría III dependiendo de la sección que corresponda. Las categorías se describen de la siguiente manera. (ANH, 16 de abril de 2019)

2.1.1.10.1 Estación de Servicio Categoría I.

Es la Estación de Servicio que cuenta con conexión a la red primaria de distribución de gas natural y sistema de compresión de gas natural vehicular para su operación y que puede ser habilitada como Estación de Servicio Madre, en un sistema de Estaciones Madre Hija de acuerdo al Reglamento de TGM.

2.1.1.10.2 Estación de Servicio Categoría II (Estación de Servicio Hija).

Es la Estación de Servicio para la comercialización de Gas Natural Vehicular que no está conectada a la red de distribución de gas natural y se abastece de gas natural mediante el sistema de Transporte de gas por Módulos (ANH, 16 de abril de 2019)

2.1.1.10.3 Estación de Servicio Categoría III.

Es la Estación donde están incluidos los sistemas mixtos de compresión, dispensador, carece de compresor central y toma gas de la línea primaria de distribución de gas natural.

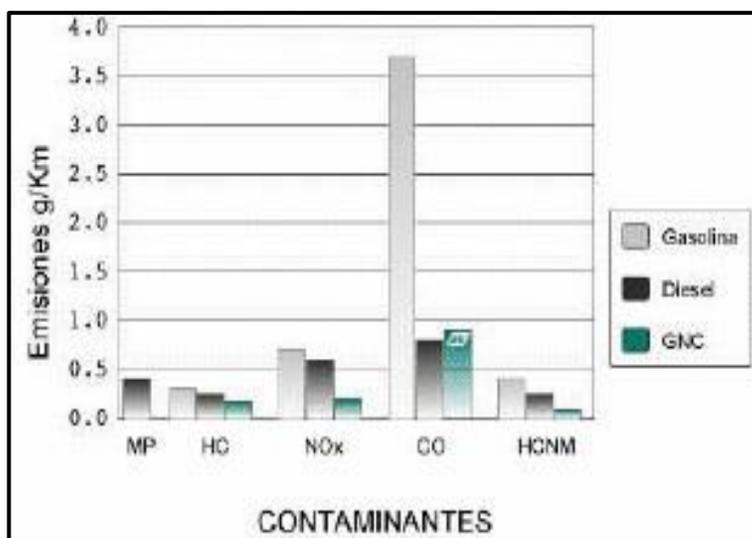
2.1.1.11 Evaluación ambiental de la conversión a GNV

El consumo de gas natural está en proceso de crecimiento debido a su próximo ingreso al país, considerándolo como el energético previsto para

completar la matriz energética en los próximos 15 años debido a que es el menos contaminante de todos los combustibles, es un combustible fósil que no contiene azufre por lo que su influencia sobre el efecto contaminante denominado “lluvia ácida” es prácticamente nula. (La lluvia ácida surge de la interacción de NOx (óxidos de nitrógeno) y SOx (óxido de azufre) con agua de lluvia. En la combustión de gas natural se produce NOx, pero no aporta SOx. (Zambrana, 2006)

El GNV permite reducir las emisiones de contaminantes locales (CO, NOx, otros hidrocarburos no quemados) en más de 70% con respecto a la gasolina. En lo que se refiere a los gases de efecto invernadero (CO2, CH4), la reducción, es aproximadamente el 15%.

Figura 2: emisiones de contaminantes por tipo de combustible



Fuente: Asociación Latinoamericana de GNC

La emisión de contaminantes de los vehículos a GNV (figura 2,2) es significativamente menor a la gasolina, estas cifras se apegan a los valores admitidos internacionalmente corresponden a valores medios, ya que el nivel de emisiones reales de los vehículos funcionando con GNV depende del estado del vehículo, de la intensidad de su utilización, del manejo de los chóferes. Las variaciones de estos parámetros pueden causar hasta 30% de diferencia en los consumos y en las emisiones totales de CO2, permitiendo una reducción anual de 4,100 toneladas de gases de efecto invernadero, esto es, un ahorro de 15% de con respecto a la gasolina. (ROCIO LINARES ZAMBRANA, 2006).

Los efectos ambientales de los combustibles para automotor se clasifican como:

2.1.1.11.1 Efectos de la exposición directa a los combustibles.

La exposición directa a los combustibles líquidos trae un riesgo a los conductores, a la gente que trabaja en las operaciones de distribución y a aquéllos que están en la vecindad inmediata de áreas donde se usan o almacenan. Tienen los riesgos de incendio y toxicidad. Por contraste el gas natural no es tóxico, y solo puede presentar algún riesgo de salud si estuviese presente en altas concentraciones en un lugar cerrado que pueda causar asfixia a través de la depresión del nivel de oxígeno.

2.1.1.11.2 Efectos locales de las emisiones al aire.

Dependiendo de la geografía, densidad de población y modelos climáticos, los efectos "locales" de las emisiones de automotor pueden extenderse a áreas más allá de los 100 Km de su fuente.

2.1.1.11.3 Contaminación de suelo y agua derivada de derrames, pérdidas, y la descarga de los combustibles

Las pérdidas accidentales o filtraciones del almacenamiento de gasolina y gasoil de estos combustibles que pueden contaminar grandes extensiones de suelo y que se infiltran muy profundamente hasta llegar a los acuíferos

En el caso de una pérdida de gas natural de un gasoducto o estación de compresión, no existe riesgo de contaminación de agua o suelo. Además, debido a que el gas natural es más liviano que el aire, en caso de pérdida, el gas natural se mezcla rápidamente con el aire y se disipa.

2.1.1.12 Marco normativo

2.1.1.12.1 Yacimiento petrolíferos fiscales bolivianos (YPFB)

YPFB es una empresa estatal boliviana dedicada a la exploración, producción, refinación, transporte y distribución de petróleo y gas natural y derivados. Con sede en La Paz, la empresa fue fundada el 21 de diciembre de 1936 con el apoyo de German Busch y Dionicio Foianini. (YPFB, Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV, 2014)

2.1.1.12.2 Agencia nacional de hidrocarburos (ANH)

Según la constitución política del estado en su artículo 365 establece que una unidad entidad estatal es responsable de regular, controlar supervisar y fiscalizar las actividades de toda la cadena productiva en el sector de hidrocarburos y concordantes con ello.

2.1.1.12.3 Instituto Boliviano de Normas IBNORCA.

Entidad reconocida por el Gobierno Nacional, cuya función principal es la elaboración, adopción, certificación y publicación de las normas técnicas nacionales y la adopción como tales de las normas elaboradas por otros entes, o cualquier organismo que en su reemplazo asumiera dicha función.

2.1.1.12.4 Entidad ejecutora de gas natural vehicular (EEC_GNV)

Gracias a la nacionalización de Hidrocarburos se crea la (EEC – GNV) en la fecha de 20 de octubre de 2010, mediante decreto supremo N° 0675, su misión es contribuir al cambio de matriz energética a través de los programas que lleva adelante la (EEC – GNV). Ejecutar los programas de conversión y mantenimiento de equipos a GNV y de la recalificación y reposición de cilindros de GNV a nivel nacional con eficiencia. En el marco normativo interno de Ministerio de Hidrocarburos y Energía está en reducir el alto consumo de gasolina especial y diésel oíl, que ocasiona la importación de los carburantes y por ende el costo de la subvención otorgada por el estado a través de la conversión de vehículos de combustibles líquidos a GNV. Asimismo, disminuir el costo de operación de transporte público, por el uso de GE y DO y por ende las tarifas aplicadas a la ciudadanía. (YPFB, Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV, 2014).

2.1.1.12.5 Administradora boliviana de carreteras (ABC)

Es una entidad de derecho público autárquica, con personalidad jurídica y patrimonio propio. La ABC está sujeta a la Ley N° 2027 del Estatuto del funcionario público, y pertenece a ministerio de Obras Públicas, Servicio y Vivienda. (ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERA (ABC), 2006) La normativa que regula las actividades cotidianas de la ABC, se constituye en el marco y límite de las actuaciones que se desarrollan, en cumplimiento de la

misión institucional y los objetivos trazados. (ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERA (ABC), 2006) Estudio de mercado

2.1.1.12.6 Definición de mercado

Se entiende de mercado a una acción de análisis cuantitativa de la viabilidad de todo el entorno de las ofertas, en este caso de la transitabilidad del parque auto motor en la región.

2.1.1.12.7 Análisis de la oferta actual

El gas natural es una energía eficaz, rentable y limpia, y por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible, permite alcanzar considerables economías a sus utilizadores. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía.

2.1.1.12.8 Estrategia del Mercado

La estrategia estará basada en buscar una participación de mercado representativa, el aumento de las ventas anuales y también dar a nuestros clientes el mejor servicio; de esta manera obteniendo el crecimiento y rentabilidad esperada.

2.1.1.12.9 Investigación de Mercado

Gracias a la investigación del mercado se logró recopilar datos importantes y necesarios para este proyecto, con las que posteriormente se pudo interpretar y hacer uso de ellos.

Obtenidos por medio de la entrevista y encuestas realizadas. Los mismos se ayudan a realizar una adecuada toma de decisiones y lograr la satisfacción de los clientes, por lo tanto, asegurar una mayor rentabilidad.

2.1.2 Marco contextual

2.1.2.1 Cuantificación del parque automotor transitable en la región

La cantidad de vehículos clasificados por su capacidad o tamaño que circula históricamente en el área, se determina en función de los siguientes datos históricos:

2.1.2.1.1 Tráfico vehicular en ambos sentidos

Tabla 5: *clasificación vehicular*

Nº	TIPO DE AUTOS	DETALLE
1	Vagonetas y Jeep	≤ 5 asientos
2	Camiones	≤ 2 toneladas
3	Minibuses	7 a 15 asientos
4	Microbuses	Dos ejes, 16 a 21 asientos
5	Buses medianos	Dos ejes
6	Buses grandes	Tres ejes
7	Camiones medianos	Dos ejes, ≤ 6 toneladas
8	Camiones grandes	Tres ejes
9	Camiones semirremolque -	
10	Camiones remolque -	
11	Otros vehículos	

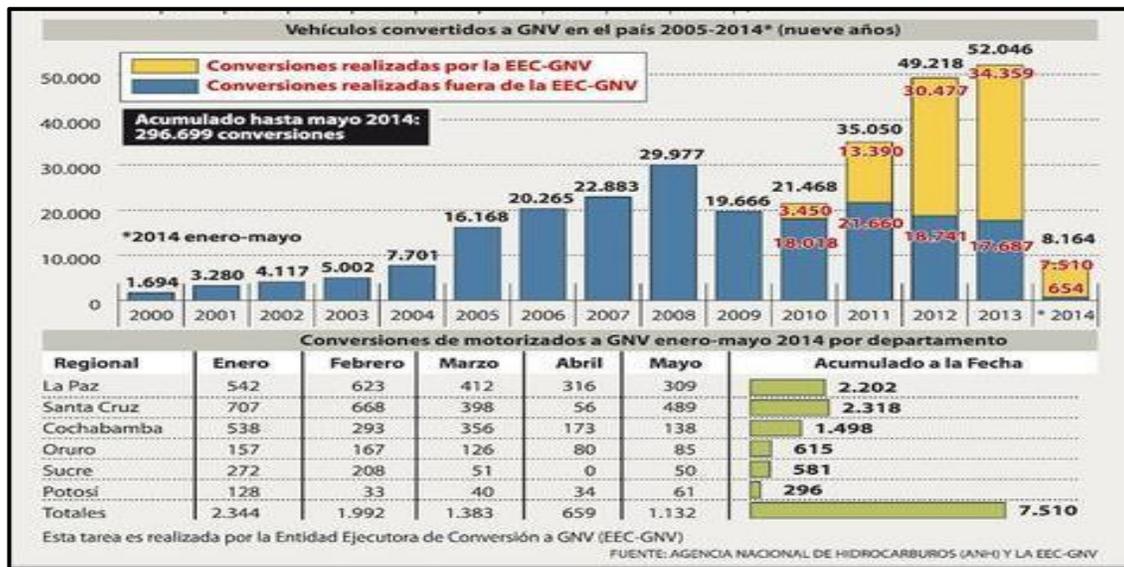
Fuente: (ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERA (ABC), 2006)

Según la anterior tabla que se presenta, se categoriza el tipo de vehículo detallando el tipo de eje, en base a este tipo de motorizados, se tomara en cuenta la capacidad del tanque que llevara cada vehículo en el capítulo de desarrollo.

2.1.2.1.2 Proyección de la conversión vehicular a GNV en Bolivia

La proyección de la conversión vehicular a Gas Natural Vehicular (GNV) en Bolivia es un aspecto crucial para evaluar el impacto y la viabilidad del uso de esta fuente de energía en el país. Aquí se presenta un enfoque general para abordar la proyección de la conversión vehicular a GNV en Bolivia

Figura 3: consumo y conversión de vehicular a gas natural hasta 2014



Fuente: (YPFB, Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV, 2014)

La imagen nos muestra el cuadro estadístico de conversión de los vehículos, tanto los realizados por la EEC-GNV, como los realizados por parte empresas privadas.

La proyección de la conversión vehicular a GNV en Bolivia debe abordarse de manera integral, considerando los aspectos técnicos, económicos y sociales, así como la colaboración entre el gobierno, la industria y la sociedad civil.

Figura 4: conversión vehicular a gas natural hasta 2014



CONVERSIONES REALIZADAS POR MES Y POR DEPARTAMENTO AL AL 31 DE DICIEMBRE GESTION 2013

Regional	CONVERSIONES REALIZADAS EN LA GESTION 2013												Acumulado a la Fecha
	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	
La Paz	550	194	298	752	1.171	1.175	1.079	1.471	1.158	1.987	1.187	447	11.469
Santa Cruz	1.079	799	677	640	870	623	503	1.366	1.023	1.844	1.074	0	10.498
Cochabamba	421	387	427	231	556	519	466	1.010	614	874	579	174	6.258
Oruro	295	160	153	239	301	34	128	286	144	251	119	51	2.161
Chuquisaca	378	242	324	123	368	114	54	437	198	299	141	98	2.776
Potosí	214	35	102	84	106	97	57	123	95	144	97	43	1.197
Totales	2.937	1.817	1.981	2.069	3.372	2.562	2.287	4.693	3.232	5.399	3.197	813	34.359

Fuente: (YPFB, Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV, 2014)

La tabla de conversiones realizadas por mes en cada departamento nos da una idea clara de en qué meses la población prefiere hacer el cambio o conversión de su vehículo, procurando siempre velar por su economía, por los precios bajos del gas.

Tabla 6: proyección de la conversión en base a datos históricos en Bolivia

AÑO	Nº DE VEHICULOS CONVERTIDOS
	A GNV EN BOLIVIA
2013	34359
2014	27141
2015	46644
2016	49701
2017	52757
2018	55814
2019	58870
2020	61927
2021	64983

AÑO	Nº DE VEHICULOS CONVERTIDOS A GNV EN BOLIVIA
2022	68040
2023	71096
2024	74153
2025	77209
2026	80266
2028	86379
2029	89435
2030	92492

Fuente: Elaboración propia en base a (YPFB, Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV, 2014)

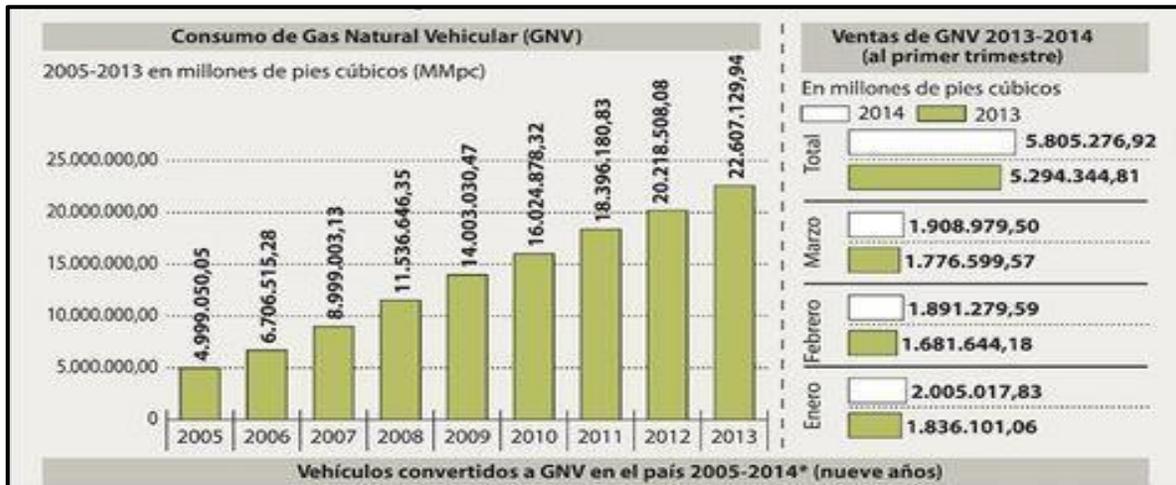
Con proyección estimada en base a los años históricos del cambio de vehículos a GNV, con la proyección se obtuvo de unidades de 34359 vehículos convertidos para 2013 a unidades de 92492 vehículos 2030.

2.1.2.1.3 Consumo de gas natural

El consumo del gas natural como combustible más limpio, nos permite reconocer que la gestión ambiental va más allá y depende en gran medida de las metas de cada organización. Una gestión ambiental eficaz sobrepasa el concepto de lo meramente tecnológico para cambiar las políticas, los programas, y los comportamientos cotidianos de la organización hacia una conciencia ambiental. (ALVAREZ ZUNA E., 2014, P-36)

Por ser menos pesado que el aire se disipa con la sola circulación de éste, eliminado cualquier posibilidad de riesgo. El gas natural no requiere de complejos y costosos sistemas de seguridad por no requerir almacenamiento. No precisa de precalentamiento, pulverización o atomización, se mezcla con el aire para lograr una combustión óptima.

Figura 5: consumo de GNV hasta 2014



Fuente: (YPFB, Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV, 2014)

Lógicamente el consumo de gas natural vehicular GNV se incrementó en 2014 en 4,02% con relación a 2013. Los factores principales son la apertura de más surtidores y el aumento en el número de vehículos que usan este combustible fósil.

Según la EEC – GNV en 2013 el consumo de GNV llegó a 22607129.94 MMPC y en 2014 fue 23556629.3975 MMPC, es decir un 4.02% más (EEC – GNV, 2014).

2.1.2.1.4 Proyección de consumo de gas natural en Bolivia

La proyección de consumo de gas natural es esencial para evaluar la demanda futura y dimensionar adecuadamente la infraestructura de una estación de servicio de gas natural vehicular (GNV).

Tabla 7: proyección de consumo de GNV a base datos históricos

AÑO	MMPC
2013	22.607.129,94
2014	23.515.936,52
2015	24.424.743,11
2016	25.333.549,69
2017	26.242.356,27
2018	27.151.162,86
2019	28.059.969,44

AÑO	MMPC
2020	28.968.776,02
2021	29.877.582,61
2022	30.786.389,19
2023	31.695.195,77
2024	32.604.002,36
2025	33.512.808,94
2026	34.421.615,52
2027	35.330.422,11
2028	36.239.228,69
2029	37.148.035,27
2030	38.056.841,86

Fuente: Elaboración propia en base a datos históricos y estadísticos (YPFB, Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV, 2014)

En base a estos datos podemos tener una idea clara de la proyección hasta el año 2030 que nos brinda una idea clara de la proyección del consumo de GNV.

Es importante revisar y ajustar estas proyecciones a medida que se obtengan datos reales y cambien las condiciones del entorno.

2.1.2.1.4.1 Consumo por departamento de gas natural vehicular

El consumo de gas natural suele estar vinculado al desarrollo económico de una región o departamentos con un fuerte crecimiento económico y actividad industrial pueden mostrar un aumento sostenido en la demanda de gas natural, Es probable que los departamentos con centros urbanos más grandes, como La Paz, Santa Cruz y Cochabamba, presenten los niveles más altos de consumo de gas natural. Estas áreas tienden a tener una mayor densidad de población y una mayor concentración de industrias y comercios, lo que impulsa la demanda de energía.

Tabla 8: consumo anual de GNV por departamento

DEPARTAMENTO	MMmcd	MMPC
SANTA CRUZ	264,5	9340,729348
COCHABAMBA	204,6	7225,380811
LA PAZ	110,6	3905,802139
TARIJA	47,9	1691,572536
SUCRE	19,7	695,6989344

DEPARTAMENTO	MMmcd	MMPC
POTOSI	14,1	497,9368008
TOTAL	661,40	23357,12057

Fuente: (ANH, 16 de abril de 2019)

Como podemos observar en la tabla, se evidencia que los departamentos con mayor desarrollo económico son los que consumen grandes cantidades de gas natural, ya sea por la industria o por su elevado parque automotor.

2.1.2.1.5 Clasificación de vehículos por cilindradas

La clasificación de vehículos por cilindrada se realiza teniendo en cuenta el tamaño del motor, específicamente la capacidad total de los cilindros del motor. La cilindrada se mide comúnmente en centímetros cúbicos (cc) o litros (l).

Así que se hará una clasificación de los vehículos por cilindrada, desde coches pequeños hasta coches de alto rendimiento.

2.1.2.1.5.1 Gas natural por gasolina especial

Tabla 9: consumo promedio de GNV por Gasolina Especial por tipo de vehículos

TIPO DE VEHICULO	CILINDRADA	PROMEDIO CILINDRADA (c.c)	CONSUMO GE km/lt	CONSUMO PROMEDIO GE km/lt	CONSUMO PROMEDIO GE POR LITRO EN 100 km	CONSUMO EQUIVALENTE GNV (km/m ³)	LITROS A 100 km GASOLINA	BOLIVIANOS	M3 A 100km DE GNV	BOLIVIANOS	DIFERENCIA
TAXI	1500-1800	1600	10-12	11	9.8-14.7	12.25	9.09	33.99	8	13.28	20.72
MINI BUS	2600	2600	8-13	10.5	7.84-12.74	10.29	9.52	35.60	10.29	17.08	18.52
MICRO NISSAN	4000-8000	6000	5-9	7	4.9-8.82	6.86	14.29	53.44	15	24.9	28.54
JEEP	4000-4500	4250	8-10	9	7.84-12.74	10.29	11.11	41.55	10.29	17.08	24.47

Fuente: Elaboración propia en base a EEC – GNV, 2014

A una distancia de 100 kilómetros, se relaciona el consumo de ambos combustibles, la tabla muestra que un vehículo tipo taxi a gasolina destina 33,9966 bs, en cambio un tipo taxi a GNV gasta únicamente 13,28 Bs., por ende, la diferencia económica en el ahorro es de 20,7166 bs. Para recorrer la misma distancia en condiciones normales de uso y en la ciudad, por lo tanto, se observa el ahorro, teniendo en cuenta que la unidad de venta de gas natural es el metro cubico (m³) normal de 9,300 Kcal, y que la unidad de venta de la gasolina especial (GE) es el litro de 8,230 Kcal, la equivalencia calorífica entre ambos combustibles proporciona el consumo en GNV en función a la cantidad de litros de gasolina. Los indicadores citados muestran en la siguiente descripción:

$$1 \text{ m}^3 \text{ de GNV} - 1,13 \text{ Lt de GE}$$

$$1 \text{ lt de GE} - 0,885 \text{ m}^3 \text{ de GNV}$$

Tabla 10: *equivalencia de GNV - GE*

PRECIO DE VENTA AL CONSUMIDOR	
Gasolina Especial (GE)	Gas Natural Vehicular (GNV)
3,74 Bs/ Lt	1,66 Bs/ m ³

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.1.5.2 Gas natural por diésel oíl

Al hacer comparaciones se debe tener en cuenta también la eficiencia energética 1 metro cúbico de gas natural es equivalente a alrededor de 1,22 litros de diésel, pero el diésel ocupa un volumen mayor. En términos de kilometraje, con gas natural que kilómetros por litro (km/lt) de un vehículo a gasolina. El radio de autonomía de cada vehículo dependerá por lo tanto del comportamiento de un vehículo (km/lt) y de la cantidad de tanques de almacenamiento a bordo. La tabla siguiente se muestra una clasificación de acuerdo a la cilindrada del vehículo, se parte del consumo promedio de diésel oíl y se infiere el consumo promedio de GNV

Tabla 11: consumo promedio de GNV por Diésel Oíl por tipo de vehículos.

TIPO DE VEHICULO	CILINDRADA (c.c.)	PROMEDIO CILINDRADA (c.c)	CONSUMO DO km/lt	CONSUMO PROMEDIO DO km/lt	CONSUMO PROMEDIO DO POR LITRO EN 100 km	CONSUMO EQUIVALENTE GNV (km/m ³)	LITROS A 100 km DIESEL OIL	BOLIVIANOS	M3 A 100km DE GNV	BOLIVIANOS	DIFERENCIA
TAXI	1500-1800	1600	10-13	7	9.8-14.7	12.25	7	26.04	8	13.28	12.76
MINI BUS	2600	2600	8-13	7.07	7.84-12.74	10.29	7.07	26.30	10.29	17.08	9.22
MICRO NISSAN	4000-8000	6000	5-9	9.28	4.9-8.82	6.86	9.28	34.52	15	24.9	9.62
JEEP	4000-4500	4250	8-13	9.87	7.84-12.74	10.29	9.87	36.72	10.29	17.08	19.64

Fuente: Elaboración propia

A una distancia de 100 kilómetros, se relaciona el consumo de ambos combustibles, la tabla muestra que un vehículo tipo taxi a diésel oíl destina 26,04 Bs, en cambio un tipo taxi a GNV gasta únicamente 13,28 Bs., por ende, la diferencia económica en el ahorro es de 12,76Bs. Para recorrer la misma distancia en condiciones normales de uso y en la ciudad, por lo tanto, se observa el ahorro.

2.1.2.1.5.3 Ahorro en bolivianos por consumo de GNV

En la tabla siguiente se observa el ahorro económico expresado en bolivianos, que significa utilizar Gas Natural Vehicular en los diferentes tipos de vehículos recorriendo cierta distancia.

Tabla 12: ahorro en bolivianos (Bs) por consumo de GNV por km recorrido

TIPO DE VEHÍCULO	Cada 10 km	Cada 100 km	Cada 1000 km	Cada 2000 km	Cada 5000 km
TAXI	0,1276	12,76	127,6	255,2	638
MINI BUS	0,09219	9,219	92,19	184,38	460,95
MICRO (NISSAN)	0,096216	9,6216	96,216	192,432	481,08
JEEP	0,19635	19,635	196,35	392,7	981,75

Fuente: Elaboración propia

El precio de GNV es menor al precio de Gasolina con 55,6% en términos de costo directo. Además, el motor extiende su vida útil y requiere menores gastos de mantenimiento, ya que alarga el lapso de cambio de aceite y de bujías encendido.

2.1.2.1.6 Sistema de comercialización

2.1.2.1.6.1 Consumo interno

El gas natural es transportado hasta los centros de consumo. Al ingresar a la ciudad y con carácter previo, el gas natural es odorizado para posteriormente ser distribuido mediante redes a los domicilios para el consumo doméstico y otra fracción del mismo se lo transporta a las estaciones de servicio (GNV), comercios e industrias.

2.1.2.1.6.2 Análisis de precios

Según los datos oficiales de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, el precio del gas natural es 1,66 bolivianos por metro cubico (Bs/m³), el mismo que se ha mantenido desde 1992, año que se inició la comercialización de GNV en nuestro país. (HIDROCARBUROS Y. A., 2014).

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Población en el tramo

La localidad de Presto es el segundo municipio de la provincia Zudáñez, según el censo poblacional de 2012 cuenta con 12.385 habitantes y 350 vehículos. A nivel general el municipio posee una tasa anual de crecimiento intercensal 2001 – 2012 del 0,2%.

Tabla 13: *Crecimiento poblacional del municipio de presto*

AÑO	CRECIMIENTO POBLACIONAL
2018	13,948
2019	14,226
2020	14,511
2021	14,801
2022	15,097
2023	15,170
2024	15,242

AÑO	CRECIMIENTO POBLACIONAL
2025	15,315
2026	15,387
2027	15,460
2028	15,532

Fuente: elaboración propia en base a proyecciones del INE

El municipio de Presto se encuentra en la faja subandina formada por serranías bajas con una gran variabilidad topográfica, presentando altitudes que van de los 1000 hasta los 2500 m s. n. m. con valles, cabeceras de valle y pequeños bosques entre montañas. Su topografía es escarpada y presenta alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

2.2.2 Estación propuesta

Las estaciones de servicio están construidas en base a un tanque de promedio de 10 a 15 m³ de capacidad de almacenamiento de un vehículo.

Para ubicar la estación de servicio de GNV se tomaron varios criterios, los cuales fueron obtenidos a partir del flujo vehicular en dicho sector, vehículos que transitan hacia localidades aledañas y servicio de autotransporte en la zona donde se implementará la estación de servicio, tipo de vehículo, capacidad de almacenaje de los vehículos, distancia en carretera.

Flujo vehicular: solo se toma en cuenta a los vehículos que transitan por dicho tramo que son los de servicio interprovincial

Vehículos locales: vehículos que circulan en inmediaciones de la localidad donde se implementara la estación de servicio.

Tipo de vehículo: los vehículos que se tomaron en cuenta para el estudio son de bajo tonelaje (6toneladas) buses pequeños, autos, etc.

Capacidades de almacenamiento: la capacidad de almacenaje de los vehículos se lo hace dependiendo del tipo de trabajo y la distancia recorrida, por lo tanto, se seleccionó un tanque de capacidad de 10 m³ con el cual un vehículo recorre 100km aproximadamente.

2.2.3 Estación de servicio de GNV en la localidad de Presto

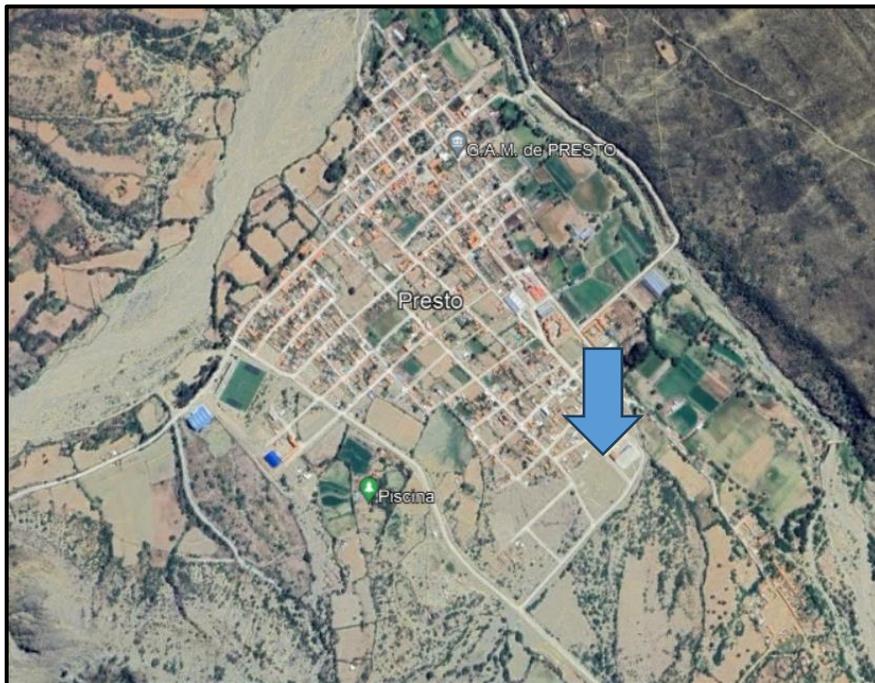
Según las normas establecidas en los anexos 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 y 11 de la ANH que se pueden ver en el anexo 4 y según YPFB nos dan las pautas y normativas para llevar adelante el proyecto lo cual será útil para el consumo del motorizado que serían transformados a GNV. La estación que se propone en la localidad de Presto es de categoría I (Estación Madre) (REGLAMENTO DE ESTACIONES DE SERVICIO TITULO II, SECCION I)

2.2.3.1 Localización

La zona escogida para la sucursal se encuentra en la en la población de Presto en coordenadas UTM 296446.835E y 7905115.372N, lugar que es estratégico por estar ubicado cerca de la terminal interprovincial que es ideal para el abastecimiento de comunidades aledañas

El terreno que se tiene contemplado deberá abarcar un área de entre 750 m² a 840 m², estando dentro de los parámetros necesarios para la instalación de una estación de servicio de GNV. (REGLAMENTO DE E° S° DE GNV)

Figura 6: *ubicación de estación de servicio Presto*



Fuente: Elaboración propia- en base a Google Earth Pro,2014

La ubicación de la estación de servicio para la monografía se situó en base a un tanque de almacenamiento promedio de viaje para tramos largos, tipo de vehículos, flujo vehicular.

Se tomaron en cuenta también la distancia y el lugar de reabastecimiento de combustible GNV.

2.2.4 Tamaño y capacidad de la estación de servicio GNV

Según la norma de ANH el tamaño del área en las estaciones de servicio deben contar con las siguientes áreas mínimas de terreno.

700 m² Para comercializar GNV.

700 m² Para comercializar GNV y gasolinas.

1200 m² Para comercializar GNV y diésel oíl.

1200 m² Para comercializar GNV, diésel oíl y gasolinas.

Pero en nuestro caso, cumpliendo las normas establecidas se basa en el primer artículo que solo se proyecta para una Estación de Servicio de GNV. Donde el área mínima de construcción en terreno debe ser 700 m².

El almacenamiento y la capacidad de procesamiento en la estación de servicio de GNV se calculan en base al número de vehículos que circulan en dicho tramo, a la vez se toma en cuenta la circulación en inmediaciones de la población. En la tabla siguiente se muestra el número de vehículos con la proyección de 10 años según la tasa de crecimiento de 6,553% en el departamento de Chuquisaca. (REGLAMENTO SOBRE EL REGIMEN DE PRECIOS DEL GAS NATURAL VEHICULAR, ANH, p-12)

Tabla 14: *proyección tráfico vehicular circulante y de local*

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
FLUJO VEHICULAR	1001	1067	1132	1198	1263	1329	1394	1460	1525	1591	1656

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Nº											
VEHICULOS LOCALES	350	353	357	360	364	367	371	374	378	381	385

Fuente: Elaboración propia

Con el tanque seleccionado de 10m³ para los vehículos para esta monografía se calcula la capacidad de almacenamiento de estación de servicio.

$$Q \text{ flujo vehicular} = \text{flujo vehicular} + \text{capacidad del tanque [m}^3\text{]}$$

$$Q \text{ vehículos locales} = \text{vehículos locales} + \text{capacidad del tanque [m}^3\text{]}$$

$$Q \text{ E`S` Presto} = Q \text{ flujo vehicular} + Q \text{ vehículos locales [m}^3\text{]}$$

Tabla 15: demanda de GNV Presto – Comunidades aledañas

AÑO	Nº FLUJO VEHICU DE PRESTO	Nº VEHICULOS LOCALES	CAPACIDAD DEL TK (m ³)	Q TOTAL(m ³ /Día)	Q TOTAL(PCD)
2018	1001	350	10	13510	477.101,15
2019	1067	353	10	14200,2	501.475,33
2020	1132	357	10	14890,4	525.849,51
2021	1198	360	10	15580,6	550.223,70
2022	1263	364	10	16270,8	574.597,88
2023	1329	367	10	16961	598.972,06
2024	1394	371	10	17651,2	623.346,25
2025	1460	374	10	18341,4	647.720,43
2026	1525	378	10	19031,6	672.094,61
2027	1591	381	10	19721,8	696.468,79
2028	1656	385	10	20412	720.842,98

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Suministro de gas natural a la estación

Para un suministro de Gas Natural para la Estación de Servicio de Presto, la recepción se realizará a través de la red primaria de distribución del Proveedor de gas natural.

Para lo cual la empresa estatal YPFB CORPORACION con su ramal de Redes de Gas se encarga el diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración del sistema de distribución de Gas Natural para la estación de servicio de Presto. Por lo cual el contrato se lo realiza directamente con YPFB CORPORACION, además el suministro está garantizado por el gasoducto Sucre.

2.2.6 Cálculo de diámetro de red primaria en el sector

Se debe determinar el ramal de alimentación para la Estación de Servicio de GNV en la localidad de Presto de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Caudal proyectado al año 2028
- Presión de inicio es 290 Psi que está dentro del rango de especificaciones de diseño de Redes por ANH
- Presión del Suministro

Para el diseño de la red primaria se empleará la ecuación de Weymouth que son aplicados para sistemas de transporte de gas natural y es bastante utilizado en el diseño hidráulico de tuberías de diámetros pequeños, menores a 12 pulg y un caudal de flujo dado.

$$Q = 433.5 * E * \left(\frac{T_b}{P_b}\right) * \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{G * T_m * L * Z}\right)^{0.5} * D^{2.667}$$

Ec. 1

Donde:

Q = Caudal en condiciones estándar, (m³ /día)

E = Factor de eficiencia de la tubería, un valor decimal menor o igual que 1, (adimensional)

T_b = Temperatura base, K (273+oC)

P_b = Presión base, (kPa)

P_1 = Presión absoluta de entrada, (kPa)

P_2 = Presión absoluta de salida, (kPa)

G = Gravedad específica del gas, (adimensional)

T_m = Temperatura promedio de flujo del gas, K (273+oC)

L = Longitud de tubería, (km)

Z = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

D = Diámetro interno de la tubería, (pulg).

Tabla 16: datos para calcular el diámetro

DETALLE	SISTEMA	UNIDADES	SISTEMA	UNIDADES
	INGLES		INTERNACIONAL	
Presión de Entrada	290	Psia	1999,48	Kpa
Factor de Compresibilidad (Z)	0,94	Adim	0,94	adim
Caudal (Q)	598.972,06	PCD	16.960,99	m3/Dia
Gravedad Especifica del Gas (SG)	0,637	Adim	0,637	adm
Presión Base (Pb)	14,73	Psia	101,56	Kpa
Temperatura Base (Tb)	520	R	288,89	°k
Temperatura Promedio Tprom	522	R	290,00	°K
Longitud (L)	0,076428657	Milla	0,12	km
Eficiencia de Flujo (E)	1	Adim	1,00	adim

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de estos parámetros, se podrá despejar el diámetro (D) de la ecuación de Weymouth y calcular su valor. Teniendo en cuenta que la ecuación es compleja, y los valores deben estar en las unidades adecuadas (por ejemplo, presión en psia, temperatura en grados Rankine, longitud en millas) para así obtener resultados precisos. Ya definido esto se nos muestra la tabla a continuación de cálculo de caudales para diferentes diámetros

Tabla 17: tabla de Resultados obtenidos

DIÁMETRO	CAUDAL(Q)	PRESIÓN ENTRADA (PSI)	PRESION SALIDA (PSI)	ΔP (PSI)	PROMEDI O (PSI)	EROSIONAL (FT/S)	VELOCIDAI GAS (FT/S)
2	9553654,25	290,00	289,798	0,202	289,90	40,55	0,44
3	28171171,50	290,00	289,931	0,069	289,97	40,55	0,19
4	60675940,70	290,00	289,968	0,032	289,98	40,55	0,11
6	178917123,01	290,00	289,989	0,011	289,99	40,55	0,05
8	385357234,51	290,00	289,995	0,005	290,00	40,55	0,03
10	698751126,94	290,00	289,997	0,003	290,00	40,55	0,02
12	1136315431,4	290,00	289,998	0,002	290,00	40,55	0,01

Fuente: Elaboración propia

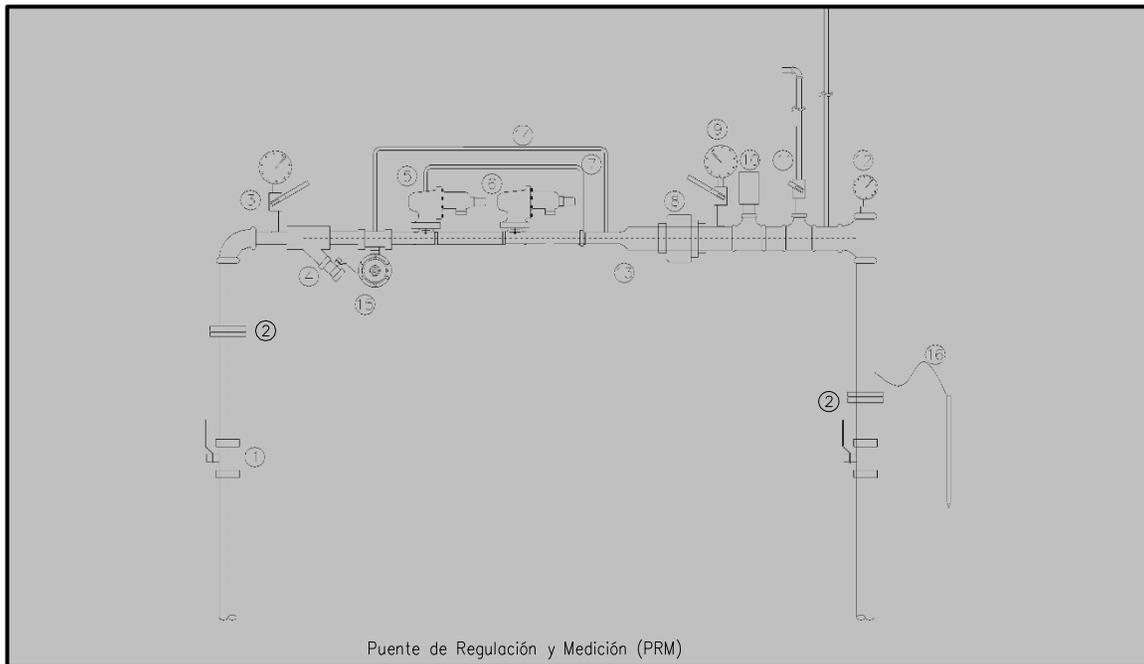
Se determina entonces mediante la ecuación de Weymouth y además tomando en cuenta la disponibilidad que el diámetro a ser usado será de: D= 2 **pulg** por que el caudal calculado es mayor al caudal demandado en la proyección. Se selecciona el caudal total calculado con la ecuación de Weymouth ya que esta ecuación es más conservadora que la ecuación de Panhandle A, Panhandle B y American Gas Asociation (AGA)

2.2.7 Localización de Puesto de Regulación de Medición (PRM)

Primero haremos mención a lo que son algunas definiciones y posterior a esto, se podrá definir como conjunto un de equipos, instrumentos y accesorios desde la válvula de corte del distribuidor hasta el medidor inclusive, que son utilizados para el control y reducción de la presión del gas natural y la medición del consumo para usuarios de alta presión, que vendría siendo la estación de servicio. (ANH, 16 de abril de 2019)

El Puente de Medición estará ubicado a la entrada de los predios de la Estación de Servicio de GNV de la Empresa y cerca del sistema de compresión. La recepción del gas natural se efectuará bajo condiciones standard de presión y temperatura y serán consignadas en pies cúbicos por día o metros cúbicos por día. El proveedor de gas natural efectuará las entregas a la Estación de Servicio a través de un puente de regulación y medición industrial. El medidor utilizado en este puesto será del tipo de desplazamiento positivo, rotatorio o diferencial, que debe disponer de corrector de presión y temperatura. (ANH, 16 de abril de 2019)

Figura 7: *Puente de Regulación y Medición (PRM)*



Fuente: Empresa PROTEC,2017

Componentes de PRM.

- válvula
- Unión brigada
- Manómetro de alta
- Filtro
- Regulador 1a etapa
- Regulador 2a etapa.
- Calefactor
- Medidor y Corrector
- Manómetros de baja.
- Válvula de alivio.
- Venteo
- Termómetro
- Enderezador de venas
- Conducto sensor de presión.

- Shutt off
- Puesta a tierra
- Otros

2.2.8 Equipamiento de estación de servicio

2.2.9 Compresor

Equipo electromecánico o hidráulico, cuyo fin es elevar la presión del gas natural, desde la presión de red primaria de distribución hasta la presión de almacenaje 250 Bar. (AGIRA, 16 de abril de 2019)

Figura 8: *compresor Knox Western*



fuentes: www.agira.com

Características del compresor Knox Western

- Presión de aspiración de 12 Bar
- Contiene 3 cilindros
- Su capacidad de etapas es de 3
- RPM (Revoluciones por minuto) 1180
- Su capacidad máxima es de 1200Nm³/h

2.2.9.1 Controles

Figura 9: *panel de controles*



Fuente: www.agira.com

Panel con indicación de presión de aceite, presión de entrada de gas, y presiones y temperaturas inter etapas y de descarga. Cada indicador contará con su interruptor para accionar dispositivos de seguridad por alta o baja indicación según corresponda. Poseerá además comandos para arranques y detención del equipo, siendo al igual que el resto de los elementos integrantes del panel de seguridad intrínseca. (AGIRA, 16 de abril de 2019)

2.2.9.2 Tablero de potencia y comando

Figura 10: *Tableros*



Fuente: www.agira.com

Características

- Tablero de control con arranque suave con seccionadora bajo carga y fusibles ultrarrápidos.
- Panel de operador touch screen (opcional).
- Sistema de alimentación para surtidores y sistema de emergencia general
- Sistema de telecontrol a distancia

2.2.9.3 Válvulas de seguridad

Figura 11: *Válvula de seguridad seleccionada para la estación*



Fuente: www.agira.com

Por cada etapa, una en el conducto de descarga y otra en el tanque pulmón de entrada, con sistema de drenaje y colector de recuperador de venteos. El conjunto completo, se provee montado en un vestidor de carpintería metálica, formando un módulo independiente de resto de instalación. (AGIRA, 16 de abril de 2019)

2.2.9.4 Sistema de amortiguación de neumática

- Estructura de equipamiento
- Válvula de carga de sistema Stop Noise.
- Soporte neumático del sistema Stop Noise.

- Pie de apoyo del soporte Neumático al piso

Ventajas que ofrece el fabricante Agira:

- Evita que las vibraciones emitidas por el compresor y el motor se transmitan al resto de la estructura.
- Permite una rápida y practica instalación del equipamiento al piso porque se limita a posar el compresor en el lugar deseado, sin necesidad de fijaciones.

2.2.9.5 Sistema de almacenamiento

Figura 12: *Sistema de Almacenaje de GNC*



Fuente: www.agira.com

Consiste en la reserva de gas almacenado a la presión necesaria para el llenado de los vehículos en la estación de servicio y el pulmón necesario entre carga, para evitar la detención del compresor en caso de encontrarse éste funcionando. (COMPAÑÍA FABRICANTE, AGIRA)

Características Generales

- Capacidad 1.250 lts. (STD) y adicionales según datos obtenidos

- Válvula prioritaria de carga.
- Válvula de corte por exceso de flujo.
- Manómetro indicador de presión 0-400 bar.
- Válvula manual de venteo.
- Válvula de alivio de presión 300 Bar

2.2.9.6 Sistema de medición y despacho

Medidor de flujo Mide la cantidad de gasolina que se inyecta al vehículo a través de una computadora situada en el dispensador que muestra la cantidad medida en décimas de litros.

Figura 13: *surtidores de GNC*



Fuente: www.agira.com

Dispensador de GNV (Surtidor). - Equipo compuesto de sistema de medición y demás elementos necesarios para el llenado de GNV en los cilindros de los vehículos. (COMPAÑÍA FABRICANTE, AGIRA)

Características Generales

- Diseño robusto fabricado en acero inoxidable.
- Simple o doble manguera.
- Cabezal electrónico de última generación.

- Sistema con diseño para cargas de alta velocidad.
- 1 o 3 líneas de alimentación.
- Medidor másico de 30/80 kg/minuto.
- Interface de comunicación RS 485
- Sistema “Breakaway”, desenganche automático de manguera.
- Indicación sonora de fin de carga.
- Opcional control de temperatura de carga.
- Preseteo de carga

2.2.9.7 Captación de red primaria

La red primaria (matriz) desde el punto de interconexión se encuentra en ubicada a 250 m de la ubicación de la estación de servicio de GNV de Presto.

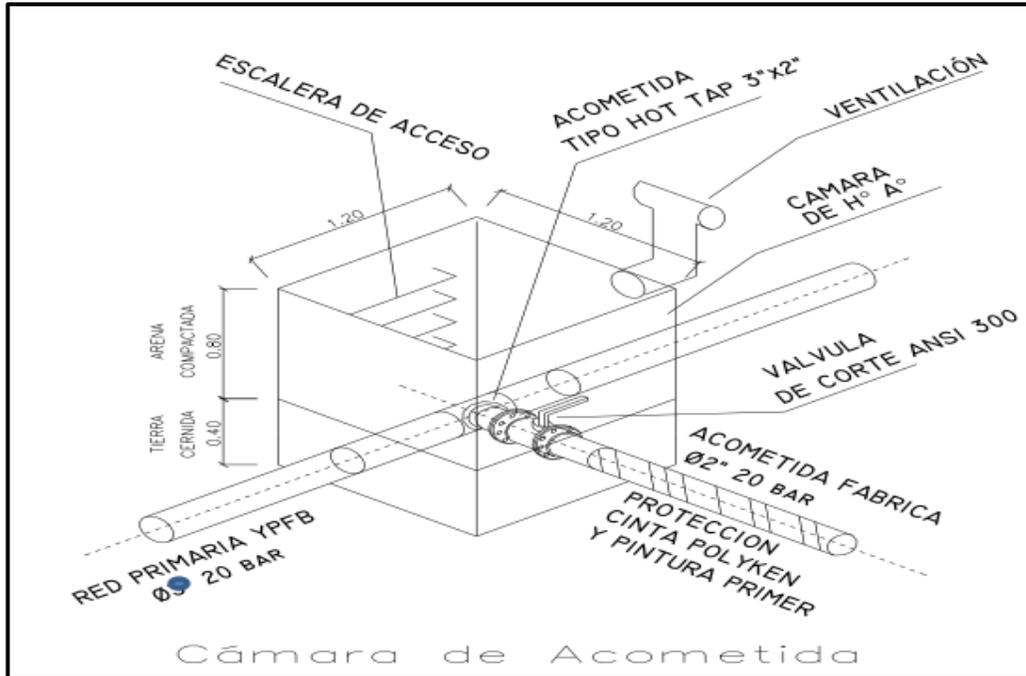
Tabla 18: *captación de Primaria*

TIPO	UNIDAD
Cañería de Acero al carbono 2”	123 m

Fuente: Elaboración propia

La cañería que se utilizará para llevar el gas a la estación de servicio será de acero al carbono, mediante este ducto podremos energizar nuestra cámara de acometida, que estará construida en base a anexos de construcción de la ANH para estaciones de servicio, tomando en cuenta las ventilaciones, y protecciones que se le debe dar a cada ducto

Figura 14: Cámara de acometida de interconexión de Red Primaria.



fuelle: Empresa PROTEC, 2017

una cámara de acometida de red primaria es una estructura diseñada para facilitar la conexión y distribución de gas desde la red principal hacia instalaciones específicas, como edificios, complejos industriales u otras áreas de consumo.

2.2.9.8 Inversión para estación de servicio

Tabla 19: *costos estimados de inversión en la estación de servicio de GNV*

COMPONENTE	INVERSION (\$US)
Equipos	156000
Obras electromagnéticas	73264,0693
obras civiles	11544,0115
Estudios	1010,10101
Permisos	721,500722
Otros	6493,50649
Total	249033,189

Fuente: elaboración propia en base a Zambrana Linares R., (2006)

En esta tabla se describe la inversión que se realizaría en base a estudios previos realizados por (Zambrana, 2006) donde se nos da una pauta del costo del proyecto que en bolivianos sería 1.733.309,271 Bs, cabe recalcar que esto es variable de acuerdo a las propuestas que hagan las empresas para poder adjudicarse un proyecto.

Tabla 20: *cantidad de equipos en la estación*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Compresor Knox Wester almacenamiento de 1250 lt	1
surtidor doble Agira RS 845	2
Puesta en Marcha por un técnico de Agira	1
Total	5

Fuente: Elaboración propia en base a Alvares Zuna M.E., 2014

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La monografía presenta un análisis detallado sobre el uso del gas natural vehicular (GNV) en Bolivia, abordando tanto aspectos teóricos como prácticos. A continuación, se discuten algunos puntos clave de la investigación

La elección del tema sobre el uso del gas natural en vehículos es relevante dada la creciente importancia de fuentes de energía más sostenibles y amigables con el medio ambiente

El capítulo II ofrece un marco teórico bien estructurado, dividiendo la información de manera clara entre conceptos y contexto. Se destacan las propiedades del gas natural, sus aplicaciones, y se abordan las diferencias entre GNC y GLP, proporcionando una base sólida para comprender el tema.

La inclusión de un marco normativo y contextual es fundamental para comprender el entorno regulatorio y de mercado. La identificación de las instituciones relevantes y la descripción de su papel en la implementación del GNV en Bolivia brindan una perspectiva clara sobre las regulaciones y el respaldo institucional.

El análisis de mercado, incluyendo la cuantificación del parque automotor, proyecciones de conversión vehicular a GNV y el consumo presente y futuro de gas natural, ofrece información valiosa para aquellos interesados en la viabilidad económica y la demanda del GNV en Bolivia. La inclusión de información específica sobre la estación propuesta en Presto, desde la localización hasta el equipamiento detallado, proporciona una visión práctica del proceso de implementación y las consideraciones logísticas asociadas.

La metodología empleada, incluyendo técnicas e instrumentos de investigación, se presenta de manera clara, proporcionando transparencia sobre cómo se recopilaron y analizaron los datos.

En conclusión, la monografía aborda de manera integral la implementación del GNV en Bolivia, desde los aspectos teóricos hasta los prácticos. La estructura organizada y la profundidad de la información hacen que la investigación sea valiosa para aquellos interesados en el desarrollo y la adopción de tecnologías más sostenibles en el sector de transporte en Bolivia.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- Se concluye que con ayuda de la investigación sobre el crecimiento poblacional que se tomó como base 12.385 habitantes con un promedio de 350 vehículos por la zona y con una tasa de crecimiento del 2% la demanda actual de Gas Natural es igual 598.972,06 PCD mientras que para el año 2028 llega a ser 720.842,98 PCD. Este consumo es el dato base para dimensionar el tamaño de la estación de servicio de Gas Natural Vehicular en la Localidad de Presto.
- Según datos que nos proporcionó la alcaldía de presto, se cuenta con un terreno de 750 a 840 metros cuadrados de coordenadas UTM 296446.835E y 7905115.372N en la que se podría localizar la estación que se propone. Según reglamento de construcción la estación llegaría a ser de categoría I (Estación Madre) (REGLAMENTO DE ESTACIONES DE SERVICIO TITULO II, SECCION I)
- La capacidad de estación de servicio de GNV depende del caudal proyectado y el caudal depende del diámetro de la tubería, en este caso se calculó un diámetro de 2 pulg con la ecuación de Weymouth. ya que el flujo es de 720.842,98 PCD, por lo tanto, la capacidad de los cilindros debe ser igual o superior a 1250 litros. además, la tecnología para la propuesta de estación en la localidad de Presto es un proceso de compresión de Gas Natural entre 200 y 250 Bar como especifica el reglamento de ventas de ANH, el cual abastecerá a la población de Presto y a comunidades aledañas.
- Cabe mencionar que el precio para la ejecución es variable, puesto que cada empresa envía su propuesta con sus cotizaciones y el método de selección de YPFB es el precio evaluado más bajo, aclarado este punto, la investigación se basó en cotizaciones realizadas en estudios previos el cual nos arroja un valor global de 249.033,189 dólares o su equivalente al tipo de cambio actual de 6,96 a 1.733.309,271 Bs.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(INE), INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. (2012-2025). *POBLACIÓN ESTIMADA Y PROYECTADA POR DEPARTAMENTO, SEGÚN AÑOS CALENDARIO*.

ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERA (ABC). (2006).

AGIRA, C. (16 de abril de 2019). Productos AGIRA. Obtenido de <http://www.agira.com.ar/index.php/es/productos>

ANH. (16 de abril de 2019). Reglamento sobre Régimen de precios del Gas Natural Vehicular., (págs. 9-13). Obtenido de https://www.anh.gob.bo/InsideFiles/Documentos/Documentos_Id-22-140311-34.pdf

ASPRO, \. (16 de abril del 2019). Equipos de Gas Natural Comprimido. Obtenido de <https://www.aspro.com/detallecompresore/es/18>

Baquero, M. L., & Avila Jaime, O. H. (2008). *Automatización y diseño del sistema mezclador de combustible en vehiculos con equipos de conversión a gas natural*. Universidad de La Salle, Bogotá. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatización/39

Bolivianos, Y. P. (2014). Industrialización del Gas y desarrollo. 1-5.

Engineers, S. o. (2011). Formación de Petróleo y Gas Natural. *spe*. <https://doi.org/Energy4me.org>.

Engineers, S. o. (s.f.). *Petróleo y Gas Natural*. energy4me. Londres, Nueva York: DK Publishing, Inc. Obtenido de <http://www.energy4me.org>

Galileo, C. (16 de abril de 2019). Obtenido de <http://www.gallear.com>.

Hurtado, B. A. (2014). Proyecto de factibilidad Técnico Económica de la Instalación de una Estación de servicio de Gas Natural Vehicular.

Petritena, F. G., Bernal Huicochea, C., & Lopez Ortiz, O. (1991). *Transporte de Hidrocarburos por Ductos*.

Pro, P. G. (2018).

Rodríguez, F. J. (s.f.). *El Gas Natural y su futuro, Gas Natural SDG,S.A.* Madrid, España.

Sampiri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación.* México .

TRACWW, C. (16 de abril de 2019). Tableros de Control. Obtenido de [http://www.tracww.com/es/manufactura-tableros-de-control-de-pozo-tableros de control-hipps/](http://www.tracww.com/es/manufactura-tableros-de-control-de-pozo-tableros-de-control-hipps/)

YPFB. (2014). Entidad ejecutora de conversión vehicular a GNV.

YPFB. (2017). Ley de Hidrocarburos N° 3058. Obtenido de <http://www.ypfb.gob.bo>

YPFB TRANSPORTE S.A. (s.f.). *Sistemas de Transporte de Gas.* Obtenido de <https://www.ypfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones-de-transporte-de-gas/>

Zambrana, R. L. (2006). *Efectos socioeconómicos de la conversión de vehiculos de diesel a GNV: caso de estudio santa cruz.* Universidad Andina Simón Bolívar.

Zapata, L. F. (2008). *Uso del Gas Natural como combustible más limpio.* (U. d. Salle, Ed.) Bogota D.C.

ANEXOS

Anexo 1: proyección poblacional según departamento

											
Cuadro N° 3											
BOLIVIA: PROYECCIONES DE POBLACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO, 2012-2022											
DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BOLIVIA	10,356,978	10,521,247	10,685,994	#####	#####	11,181,861	11,347,241	11,512,468	11,677,406	11,841,955	12,006,031
CHUQUISACA	596,825	602,574	608,477	614,524	620,733	627,098	633,612	640,264	647,089	654,035	661,119
Dropeza											
Sucre	300,783	306,146	311,683	317,345	323,135	329,049	335,095	341,258	347,568	353,996	360,544
Yotala	8,575	8,670	8,713	8,756	8,801	8,846	8,891	8,938	8,985	9,033	9,081
Poroma	15,976	15,951	15,928	15,906	15,885	15,866	15,846	15,828	15,811	15,793	15,777
Azurduy											
Azurduy	10,479	10,542	10,607	10,673	10,741	10,809	10,879	10,950	11,021	11,093	11,166
Tarvita	13,841	13,840	13,840	13,842	13,845	13,849	13,853	13,858	13,865	13,870	13,876
Zudañez											
Zudañez	8,090	8,041	7,993	7,947	7,901	7,856	7,811	7,768	7,725	7,682	7,640
Presto	12,385	12,633	12,885	13,143	13,406	13,674	13,948	14,226	14,511	14,801	15,097
Mojocoya	7,429	7,464	7,500	7,536	7,572	7,610	7,648	7,687	7,726	7,765	7,805
Icla	7,792	7,813	7,834	7,856	7,879	7,902	7,926	7,951	7,976	8,001	8,026
Tomina											
Padilla	10,045	10,058	10,072	10,088	10,103	10,120	10,138	10,156	10,174	10,192	10,212
Tomina	8,419	8,474	8,530	8,586	8,643	8,701	8,761	8,821	8,882	8,944	9,006
Sopachuy	6,180	6,167	6,155	6,142	6,131	6,119	6,108	6,098	6,087	6,077	6,067
Villa Alcalá	2,750	2,737	2,725	2,712	2,701	2,689	2,677	2,665	2,655	2,644	2,632
El Villar	4,331	4,294	4,259	4,224	4,189	4,156	4,123	4,090	4,058	4,026	3,994
Hernando Siles											
Monteagudo	23,202	23,381	23,562	23,746	23,934	24,126	24,319	24,515	24,715	24,916	25,120
Huacareta	8,011	8,032	8,053	8,075	8,097	8,121	8,145	8,169	8,194	8,218	8,244
Yamparaez											
Tarabuco	16,188	16,097	16,007	15,919	15,832	15,748	15,664	15,582	15,502	15,421	15,342
Yamparáez	8,772	8,741	8,710	8,680	8,650	8,622	8,594	8,566	8,539	8,513	8,486

Fuente: ((INE), INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, 2012-2025)

Anexo 2: reglamento de contratación para la adquisición y puesta en marcha de unidad de compresión de GNV

 <small>La fuerza que transforma Bolivia</small>	DOCUMENTO BASE DE CONTRATACIÓN PARA BIENES	RG-06-A-GCC-DCO
--	--	-----------------

YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS



La fuerza que transforma Bolivia

DOCUMENTO BASE DE CONTRATACION PARA BIENES

REGLAMENTO DE CONTRATACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS ESPECIALIZADOS EN EL EXTRANJERO EN EL MARCO DEL D.S. 26688 Y SUS MODIFICACIONES

MODALIDAD: COMPARACIÓN DE OFERTAS - LICITACIÓN

OBJETO: ADQUISICION, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA UNIDAD DE COMPRESION DE GNV BUNQUERIZADA APE PARA LA ESTACION DE SERVICIO PADCAYA

CODIGO: DCO-CCL-GCIL-260-16

PRIMERA CONVOCATORIA

Fuente: Documento Base de Contratación YPFB

Anexo 3: características técnicas mínimas para la unidad de compresión

6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN DE GNV

6.1. COMPRESOR

- Capacidad de despacho 1200 m³/bc a una presión de 200 Bar.
- Compresor de 3 etapas, accionado mediante motor eléctrico (acople directo).
- Pulmón de aspiración.
- Cabina de protección blindada APE.
- Insonorización de Cabina Standard de 75 dB
- Sistema de refrigeración entre etapas por medio de aire.
- Monitoreo electrónico de presión y temperaturas.
- Presión mínima de succión 6 Bar.
- Presión Máxima de succión 12 Bar.
- Sistema anti vibratorio o de amortiguación.
- Sistema de lubricación en los cilindros.

Sistema de seguridad mínimamente compuesto por:

- Válvula de alivio salida de 1ª etapa.
- Válvula de alivio salida de 2ª etapa.
- Válvula de alivio salida de 3ª etapa.
- Válvula de alivio entrada de gas.
- Sensor de nivel de vibración.
- Transductor de presión de salida de todas las etapas.
- Transductor de presión de aceite.
- Termocupla de salida de gas de todas las etapas.

Otros accesorios de lectura y control del sistema Compresor:

- Transductor de presión de gas de aspiración.
- Manómetro de lectura de presión de entrada de gas.
- Manómetro de lectura de presión de 1ª Etapa de compresión.
- Manómetro de lectura de presión de 2ª Etapa de compresión.
- Manómetro de lectura de presión de 3ª Etapa de compresión.
- Manómetro de lectura de presión de aceite.

Otros accesorios de seguridad:

- Sistema de extinción interno, mediante CO₂ o N₂ u otros.
- Disparo del sistema de extinción automático y manual
- Sistema de amortiguación de pulsaciones del compresor
- Detectores de presencia de gas u otros.
- Venteo automático de almacenamiento.

6.2. ALMACENAMIENTO

Sistema de seguridad mínimamente compuesto por:

- Válvula de exceso de flujo.
- Válvula de alivio.
- Válvulas de cierre de cada cilindro.
- Discos de estallido en cada cilindro.
- Válvula de despresurizado manual.
- Válvula prioritaria.
- Manómetro de lectura presión de almacenamiento.
- Lectura remota mediante transductor de presión de almacenamiento.

6.3. SURTIDORES DE GNV CON LAS SIGUIENTES ACCESORIOS CADA UNO:

- 2 mangueras de carga.
- 1 línea de despacho.
- Sistema de medición másico por manguera error de medición mínimo $\pm 1\%$.
- 1 Válvula reguladora por manguera.
- Válvula solenoide de corte/apertura de flujo.
- Programación de pre-carga.
- Exceso de flujo electrónico.
- Exceso de flujo mecánico.
- Apto para trabajos en áreas clasificadas como Clase I y División I.
- Sistema automático de compensación de presión de llenado en función de la temperatura.
- Válvula Break away.
- Programación mediante teclado.
- Display electrónico con Back Light.
- Parada de emergencia incorporada.
- Visualización de precio unitario, volumen de carga y total.
- Presostato de corte por sobre presión.

6.4. TABLERO DE MANDO Y CONTROL

- Display o terminal de dialogo con el aviso de las condiciones de funcionamiento del compresor así como el reporte de sus fallas o paradas.
- Lectura analógica de presión de gas de entrada.
- Lectura analógica de presión de gas de almacenamiento.
- Cuenta horas de funcionamiento de la máquina.
- Información de los sistemas de seguridad.
- Historial de información de las diferentes fallas detectadas en el sistema GNV fecha y hora de registro.
- Protección contra falta de fase de alimentación eléctrica.
- Protección contra desequilibrio eléctrico.
- Protección del sistema de control.
- Controlador lógico programable PLC con entradas analógicas para control del sistema de GNV.
- Barreras zenner (protección eléctrica) para su interconexión eléctrica con áreas a prueba de explosión de seguridad intrínseca.
- Arrancador suave con By Pass incorporado para el accionamiento del motor eléctrico.
- Salida para alarma sonora/luminosa.
- Protección del sistema de potencia mediante interruptores y fusibles ultrarrápidos.

PLAZO DE ENTREGA

El plazo de entrega es de 120 días calendario, mismo que será computado a partir de la emisión de la carta de crédito. Para lo cual YPFB notificara a través de la unidad solicitante la instrucción de inicio de la provisión.

CAPACITACION

Asimismo, la empresa contratada deberá proporcionar capacitación técnica presencial en operación, mantenimiento y prevención de los equipos entregados, a por lo menos 4 personas designadas por YPFB. También deberá realizar la entrega de manuales de operación y mantenimiento de los equipos que comprenderá a toda la Unidad de Compresión de GNV.

INSPECCIONES Y PRUEBAS

Fuente: Documento Base de Contratación YPFB

Anexo 4: distancias mínimas de seguridad

ANEXOS ESPECIFICACIONES TECNICAS	
ANEXO N° 1:	Distancias Mínimas de Seguridad
ANEXO N° 2:	Delimitaciones de las Áreas de Riesgo, División I y División II
2-A:	Delineación de áreas de Riesgo Adyacentes a Construcciones.
2-B:	Delineación de áreas de Riesgo Instalaciones al aire libre.
2-C:	Delineación de áreas de Riesgo Compresores encerrados.
2-D:	Delineación de áreas de riesgo de surtidores de GNV.
ANEXO N° 3:	Normas Técnicas de Sistemas de Compresión del GNV.
ANEXO N° 4:	Localización e Instalación del Sistema de Almacenaje de GNV.
ANEXO N° 5:	Especificaciones de los Elementos de Despacho de GNV.
ANEXO N° 6:	Diseño para la Playa de Carga, Islas y Bocas de Expendio de GNV.
ANEXO N° 7:	Instalación y Operación de Dispositivos de Medición sobre llenado de Vehículos.
ANEXO N° 8:	Operación y Procedimientos de Rellenado de Vehículos.
ANEXO N° 9:	Medidas de Seguridad y Sistemas de Seguridad.
ANEXO N° 10:	Normas y Especificaciones, Mínimas Técnicas para Montaje de Equipos Completos para GNV en Automotores
ANEXO N° 11:	Especificaciones técnicas del sistema electrónico de identificación y control.

Fuente: Documento Base de Contratación YPFB