

**EVALUACIÓN TÉCNICO – PRESUPUESTAL PARA MEJORA DEL SISTEMA  
DE CARGADERO DE GLP Y SU COMERCIALIZACIÓN, EN LA GERENCIA DE  
OPERACIONES DE DESARROLLO Y PRODUCCIÓN. HUILA – TOLIMA**

**LYDA DEL ROSARIO PEREZ CAMPO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA  
2016**

**EVALUACIÓN TÉCNICO – PRESUPUESTAL PARA MEJORA DEL SISTEMA  
DE CARGADERO DE GLP Y SU COMERCIALIZACIÓN, EN LA GERENCIA DE  
OPERACIONES DE DESARROLLO Y PRODUCCIÓN. HUILA – TOLIMA**

**LYDA DEL ROSARIO PEREZ CAMPO**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para obtener el título de  
ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS**

**Director  
ERIK GIOVANY MONTES PÁEZ M.Sc.  
Ing. de Petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA  
2016**

## DEDICATORIA

A Dios el combustible que todos los días me llena de energía para seguir  
adelante.  
A ti Hellman por ser mi apoyo en todo lo que hago.  
Anna y Juan mis ángeles de Luz y de Amor.  
A ustedes Padre y Madre por ser mi mayor ejemplo de lucha y tenacidad.  
A mi Tío Rafa por ser el gran puente para llegar a Dios.

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecer es el mayor acto de amor que el ser humano puede hacer por aquellos que han tendido su mano en el camino de la vida, mis agradecimientos:

A Carlos Hernando Candela y Martin Santos Rueda por su apoyo incondicional.

A Juan David por el aporte brindado en el desarrollo de este proyecto.

A Ecopetrol S.A por permitirme ser parte de esta Gran Compañía.

A la Universidad Industrial de Santander por darme una segunda oportunidad.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	17
1. OBJETIVOS.....	18
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. GENERALIDADES DEL GLP .....	19
2.1. CARACTERÍSTICAS Y ORIGEN DEL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO	19
2.2. USOS DEL GLP .....	21
2.3. HISTORIA DEL GLP EN COLOMBIA.....	22
2.4. CADENA DE DISTRIBUCIÓN DEL GLP .....	24
2.5. OBTENCIÓN DEL GLP .....	25
2.5.1. Obtención del GLP en una planta de Gas .....	25
3. NORMATIVIDAD DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL GLP .....	27
3.1. REGULACIÓN INTERNACIONAL .....	27
3.2. REGULACIÓN NACIONAL.....	28
3.3. REGULACION DE LA CREG .....	30
3.4. INDICE DE GESTION DE LOS SISTEMAS DE MEDICION (IGSM) .....	31
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN LA PLANTA DE GAS DINA.....	32
4.1. PROCESO DE ENTRADA DEL GAS EN LA PLANTA .....	32
4.1.1. Descripción del proceso.....	32
4.1.1.1. Recepción del Gas de Entrada.....	33
4.1.1.2. Separación .....	34
4.1.1.3. Transporte de Gas al Sistema de Compresión:.....	35
4.1.2. Equipos del proceso: .....	35
4.1.3. Especificaciones de los Productos: .....	35
4.2. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE GLP .....	36
4.2.1. Condiciones de Operación de Equipos Mayores: .....	38
4.2.2. Etapas del Proceso de Cargue de GLP:.....	39
4.2.2.1. Etapa de almacenamiento:.....	39

4.2.2.2.	Etapa de bombeo: .....	39
4.2.2.3.	Tren de cargue: .....	39
4.2.2.4.	Brazos de cargue: .....	39
4.2.2.5.	Liquidación de despacho: .....	39
4.2.3.	Descripción Detallada del Proceso: .....	40
5.	OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	42
6.	ANALISIS PRESUPUESTAL .....	44
7.	CONCLUSIONES .....	45
	BIBLIOGRAFIA.....	46
	ANEXOS.....	47

## LISTA DE TABLAS

pág.

<b>Tabla 1:</b> Propiedades del Propano y Butano Comercial.....	20
<b>Tabla 2:</b> Cromatografía promedio del GLP proveniente de las fuentes de Ecopetrol S.A.....	21
<b>Tabla 3:</b> Consumo del GLP en Colombia.....	23
<b>Tabla 4:</b> Normatividad Internacional Aplicada en GLP.....	27
<b>Tabla 5:</b> Normas Internacionales de Calidad GLP.....	28
<b>Tabla 6:</b> Normatividad Nacional Aplicada a GLP.....	29
<b>Tabla 7:</b> Normatividad Nacional para Indicadores de Calidad GLP.....	30
<b>Tabla 8:</b> Especificaciones de diseño de la planta de gas.....	36
<b>Tabla 9:</b> Oportunidades de Mejora identificadas.....	42
<b>Tabla 10:</b> Presupuesto Estimado.....	44

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1:</b> Tendencia del Consumo de GLP en Colombia .....	24
<b>Figura 2:</b> Cadena de Distribución de GLP.....	25
<b>Figura 3:</b> Diagrama de flujo en la planta de gas .....	32
<b>Figura 4:</b> Tanques de Almacenamiento del Cargadero GLP .....	37
<b>Figura 5:</b> Bombas Centrifugas Multietapa Cargadero de GLP .....	37
<b>Figura 6:</b> Tren de cargue del Cargadero GLP .....	38

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A:</b> ECP-MBC-0-FT-036 Formato para Determinar el IGSM .....	47

## GLOSARIO

**ATERRIZAMIENTO:** es una puesta a tierra, o la conexión de un equipo a través de un conductor hacia tierra, que una buena conductora y su potencial se asume en valor cero (0). De esta manera, la puesta a tierra es necesaria para mantener el potencial de los objetos al mismo nivel de tierra.

**BALA:** Recipiente, generalmente de gran tamaño y cerrado, que sirve para contener líquidos o gases.

**BRAZOS DE LLENADO:** Sistemas mediante los cuales se carga el GLP líquido que viene de los tanques de almacenamiento en los camiones cisterna.

**BUTANO:** Es el gas licuado de petróleo (GLP) formado predominantemente por hidrocarburos saturados (sin doble enlace entre dos átomos de carbono en la molécula: C=C) y constituido por cuatro átomos de carbono con fórmula química C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.

**BUTILENO O BUTENO:** Es el gas licuado de petróleo (GLP) formado por hidrocarburos insaturados con un doble enlace entre dos átomos de carbono en la molécula: C=C y constituido por cuatro átomos de carbono con fórmula química C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>.

**CARGADERO:** Lugar donde se realiza la inspección y cargue de GLP de los camiones cisterna.

**CHILLER:** Equipo usado para enfriar y mantener un producto a bajas temperaturas, mediante el intercambio de calor, en el cual el líquido refrigerante es vaporizado mediante una corriente del proceso, que a su vez es enfriada

**CISTERNA:** Contenedor en camiones utilizado para el transporte de líquidos, generalmente derivados del petróleo.

**DEETANIZADORA:** Es una columna o torre de destilación a través de la cual se le separa a una corriente de GLP, el etano y todos los componentes más livianos que él.

**DENSIDAD RELATIVA (60°F/60°F):** También conocida como Gravedad Específica 15,56°C/15,56°C (60°F/60°F), y se define como la relación de la masa de un volumen dado de un líquido a 15,56°C (60°F) con la masa de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura.

**DETECTOR:** Elemento de un cromatógrafo que se encarga de identificar la salida de cada componente de la muestra.

**ESTABILIZADORA:** Es un tipo de columna fraccionadora muy sencillo, usada generalmente para controlar la presión de vapor de la gasolina por fraccionamiento de una parte predeterminada de butano que sale con los productos de tope.

**FLUIDO:** Es toda sustancia que, cuando se le aplica una pequeña fuerza, tiende a desplazarse fácilmente de un lugar a otro.

**GLP (GAS LICUADO DEL PETRÓLEO):** Es una mezcla de hidrocarburos del petróleo (propano y butano en mayor concentración, los cuales son gaseosos a temperatura y presión ambiente), que se mantienen licuados a determinadas condiciones de temperatura y presión para facilitar su transporte y almacenamiento.

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL GAS:** Es la medida de la densidad del gas, a una temperatura (T) y presión (P), comparada con la del aire a las mismas condiciones. En el caso de los gases licuados de petróleo, la T y P son medidas a condiciones estándar: T = 60 °F y P = 14.7 psia.

**HIDROCARBUROS C3, C4 Y C5:** Son los compuestos químicos formados por tres (3), cuatro (4) y cinco (5) átomos de carbono y sus correspondientes átomos de hidrógeno dependiendo de su estructura molecular, tales como: propano, butano y pentano respectivamente.

**MANÓMETRO:** Instrumento destinado a la medición de presiones relativas o manométricas.

**ODORIZANTE:** Es la sustancia química utilizada para proporcionar olor a los Gases Licuados del Petróleo (GLP), ya que dichos productos son inodoros e incoloros y no es posible detectarlos por medio de los sentidos humanos normales, por lo que una vez odorizados permite detectar rápidamente las fugas que eventualmente podrían ocurrir. Uno de los odorizantes más comunes para Gases Licuados de Petróleo (GLP) es el etil-mercaptano, cuya fórmula química es C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S.

**PRESIÓN DE VAPOR MANOMÉTRICA:** Es la presión ejercida por el vapor de un líquido cuando dicho vapor está en equilibrio con el líquido, medido a través de un manómetro.

**PRESIÓN DE VAPOR:** Es la presión que, a determinada temperatura, ejercen los vapores emanados de una sustancia en estado líquido contra las paredes del envase que los contiene una vez que se ha establecido el equilibrio entre el líquido y su vapor. Esta presión varía punto a punto con el cambio de temperatura.

**PRESIÓN MANÓMETRICA:** Diferencia entre el valor de la presión absoluta de un sistema y el valor de la presión atmosférica.

**PRESIÓN:** Esta definida como la fuerza o peso por unidad de área.

**PROPANO:** Es el gas licuado de petróleo (GLP) formado predominantemente por hidrocarburos saturados (sin doble enlace entre dos (2) átomos de carbono en la molécula: C=C) y constituido por tres (3) átomos de carbono con fórmula química C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.

**PROPILENO O PROPENO:** Es el gas licuado de petróleo (GLP) formado por hidrocarburos insaturados con un doble enlace entre dos (2) átomos de carbono en la molécula: C=C y constituido por tres (3) átomos de carbono con fórmula química C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>.

**PSV (PRESSURE SAFETY VALVE):** Es una válvula que libera automáticamente una sustancia procedente de una caldera, recipiente de presión, u otro sistema, cuando la presión o la temperatura exceden los límites preestablecidos.

**PUNTO DE EBULLICIÓN:** Es el valor de temperatura en la cual la presión de vapor del líquido iguala a la presión del medio en el que se encuentra. En este punto la materia cambia del estado líquido al estado gaseoso.

**ROTOGAGE:** Dispositivo diseñado para proporcionar una determinación precisa del contenido de GLP en recipientes. Se montan en un acoplamiento estándar de 1" NPT en recipientes móviles o estacionarios de gran capacidad. La inscripción en el disco indicara el porcentaje de líquido en el recipiente.

**SEPARADOR TRIFÁSICO:** Vasija usada para separar gas y dos líquidos inmiscibles de diferentes densidades.

**TEMPERATURA:** Es una medida de la energía térmica del movimiento desordenado de las moléculas en una sustancia en equilibrio térmico.

**TORRE:** Es un recipiente vertical diseñado para separar los componentes de una mezcla donde, el requisito físico es el de que tengan diferentes puntos de ebullición. Por el tope salen los productos más livianos (destilado) y por el fondo los productos más pesados (residual).

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN TÉCNICO – PRESUPUESTAL PARA MEJORA DEL SISTEMA DE CARGADERO DE GLP Y SU COMERCIALIZACIÓN, EN LA GERENCIA DE OPERACIONES DE DESARROLLO Y PRODUCCIÓN. HUILA – TOLIMA.\*

**AUTOR:** LYDA DEL ROSARIO PEREZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** GLP, CARGADERO, CREG, MME, ODORIZACIÓN, CORIOLIS, TRANSMISORES, MEDICIÓN.

### DESCRIPCIÓN:

En la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción Huila – Tolima de Ecopetrol S.A. se encuentra la planta de Gas Dina, encargada de tratar el gas proveniente de algunos campos para dejarlo en las condiciones requeridas para la generación eléctrica a partir de este. En este proceso se recuperan líquidos como el GLP el cual se entrega a las compañías comercializadoras en un punto de entrega denominado cargadero de GLP.

Para poder comercializar el GLP se deben cumplir unos requerimientos según la normatividad vigente expedida por la Comisión de regulación de Energía y Gas CREG y el Ministerio de Minas y Energía MME. Actualmente el cargadero de GLP presenta varias opciones de mejora que se deben implementar para cumplir totalmente con la regulación.

Para verificar el cumplimiento se realizó una revisión al proceso actual en cada una de sus etapas, en las cuales se encontraron mejoras como: la puesta en línea del sistema de Odorización y un equipo para la detección de la calidad de la misma, habilitar el segundo brazo de cargue con la instalación del medidor de flujo coriolis, instalar en los tanques de almacenamiento de GLP transmisores de nivel para poder llevar a cabo medición estática y tener esta medición de respaldo, entre otras, las cuales se tuvieron en cuenta para la evaluación técnico - presupuestal de las mismas y poder viabilizar la implementación de estas.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Especialización en Producción de Hidrocarburos. Director: Ing. Erik Montes Páez, M.Sc.

## ABSTRACT

**TITLE:** TECHNICAL AND FINANCIAL ASSESMENT TO IMPROVE THE LOADING POINT OF LPG SYSTEM AND ITS MARKETING AT HUILA - TOLIMA DEVELOPMENT OPERATIONS AND PRODUCTION MANAGEMENT.\*

**AUTHOR:** LYDA DEL ROSARIO PÉREZ\*\*

**KEYWORDS:** LPG, LOADING POINT, CREG, MME, ODORIZATION, CORIOLIS, TRANSMITTER, MEASUREMENT.

### DESCRIPTION:

At Huila - Tolima development operations and production management of Ecopetrol S.A. is located the Dina gas plant, responsible of gas processing from certain oil fields to make it available for power generation. In this process are recovered liquids like Liquefied Petroleum Gas LPG wich is delivered to trading companies at the drop point called loading point of LPG.

To be able to market LPG it must satisfy the requirements under the current legislation issued by the energy and gas regulatory commission CREG and the Mines and Energy Ministry MME. Currently the loading point of LPG has some options for improvement that should be implemented to completely satisfy the normativity.

To verify the compliance with the legislation was carried out a review of the actual process in each one of the stages, in wich they were found improvements like start odorization system and an equipment for the detection of odorization quality, enable a second arm in the point of LPG load with the installation of a Coriolis flow meter, put in the LPG storage tanks level transmitters for carry out static measurement and have that measure like a backup of the dynamic measurement, and others, wich they were taken into account to the technical and financial assesment to make them possible for implement each one.

---

\* Grade

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Especialización en Producción de Hidrocarburos. Director: Ing. Erik Montes Páez, M.Sc.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo la humanidad ha buscado siempre tener comodidades que satisfagan sus necesidades, una de ellas son las fuentes de energía; la más requerida en los hogares es el combustible para cocinar los alimentos, a raíz de esta necesidad el hombre descubrió que el Gas Licuado del Petróleo (GLP) podría ayudarles como combustible en las cocinas. Este es una fuente de energía importante, de gran aplicación en los hogares e industria.

El GLP era un producto que, aunque fue desconocido para muchos, gracias a su exitoso uso, sus bondades como la facilidad para transportarse y su gran aplicación también en la industria, logró su masificación en los mercados posicionándose como una de las energías más usadas en Colombia.

Como combustible doméstico tuvo que competir con el tradicional carbón, el queroseno y la energía eléctrica que en su tiempo se posicionó como el principal energético para la cocción de alimentos. Pero su bajo costo y fácil transporte hicieron que en pocos años se convirtiera en el combustible doméstico preferido, lo que condujo a que aumentara sustancialmente la demanda.

Debido a la masificación del uso del GLP comienzan a implementarse regulaciones para su comercialización, entidades gubernamentales como la CREG comienzan a ejercer control sobre la cadena de consumo del Gas Licuado del Petróleo; desde el sitio donde se produce hasta el consumidor final.

Esta evaluación técnico presupuestal busca analizar el proceso de almacenamiento de GLP en la planta de gas Dina, las condiciones actuales e identificar las oportunidades de mejora necesarias para cumplir la reglamentación vigente y asegurar el despacho de GLP con los criterios de calidad cantidad y seguridad que obliga la ley, asegurando un correcto funcionamiento dentro de los márgenes económicamente rentables.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una Evaluación Técnico – Presupuestal para plantear alternativas de mejora del sistema de cargadero de GLP para comercialización, en la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción. Huila – Tolima.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la revisión bibliográfica de las normas técnicas y legales vigente para el almacenamiento, cargue, descargue, medición y comercialización de GLP y condiciones de Proceso.
- Revisar las condiciones actuales de operación del cargadero de GLP de la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción Huila – Tolima e identificación de puntos de falla.
- Plantear posibles alternativas de mejora para la optimización del proceso de comercialización de GLP a fin de llevar el proceso al cumplimiento de la normatividad actual vigente.
- Realizar la evaluación presupuestal para la ejecución de los puntos de mejora detectados.

## 2. GENERALIDADES DEL GLP

GLP es el acrónimo del gas licuado del petróleo, es una mezcla de hidrocarburos livianos constituida principalmente por C3 (propano y compuestos derivados de éste) y C4 (butanos y compuestos derivados de éstos), en proporciones variables, a condiciones normales es gaseoso y al comprimirlo pasa a estado líquido, es un producto combustible y se obtiene del tratamiento del gas asociado al petróleo y/o refinación del petróleo por destilación fraccionada, especialmente en plantas de ruptura catalítica.

### 2.1. CARACTERÍSTICAS Y ORIGEN DEL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO

“El GLP se encuentra en estado gaseoso, a temperatura ambiente y presión atmosférica. Se licúa bajo condiciones moderadas de presión, pero regresa fácilmente a su condición gaseosa cuando se libera dicha presión. Esa es la característica que permite su almacenamiento y transporte en la forma menos voluminosa de un líquido, para que se utilice posteriormente en forma de vapor. El riesgo de combustión potencial del GLP es comparable con el del gas natural o el gas procesado. Por ejemplo, los límites inferiores de inflamabilidad del GLP de mayor utilización son: para el propano 2,15% y para el butano 1,55%. Estos valores representan el porcentaje en volumen del gas correspondiente con respecto a la mezcla de aire y gas. El punto de ebullición del butano normal puro es de 31°F (-0,6 °C) y del propano puro es de -44°F (-42°C). Ambos productos se encuentran en estado líquido a la presión atmosférica y a temperaturas inferiores a sus puntos de ebullición. La vaporización se produce en forma rápida a temperaturas superiores a su punto de ebullición. El propano líquido no presenta normalmente riesgos de inflamación”.<sup>1</sup>

La mezcla de GLP está compuesta por propano y butano principalmente por lo tanto en la Tabla No.1. Propiedades del Propano y Butano se relacionan las principales propiedades de los mismos

---

<sup>1</sup> NORMA TECNICA COLOMBIANA. Equipo, accesorios, manejo y transporte del G.L.P. NTC3853. Bogotá. 1996. 1P.

**Tabla 1:** Propiedades del Propano y Butano Comercial

Propiedades	Propano Comercial	Butano Comercial
Densidad a 15° C como líquido (kg/m <sup>3</sup> )	500 - 510	570 - 580
Densidad a 15° C & 1 bar como vapor (kg/m <sup>3</sup> )	1.86	2.46
Relación volumétrica de gas a líquido a 15 grados C y 1016 mbar	274	233
Punto de Ebullición grados C	-45	-2
Presión de vapor a 20 deg C, barg	9	2.5
Presión de vapor a 50 deg C, barg	19.6	7
Relación gas/aire normal requerida para combustión	1:24	1:30
Valor calorífico bruto (MJ/kg) @ a 0 ° C & 1 bar	49.83	49.41
Valor calorífico bruto (MJ/m <sup>3</sup> ) @ a 0 ° C & 1 bar (gas)	97.98	128.5

Fuente: Información Técnica sobre el gas licuado de petróleo- ONI – Argentina

El análisis cromatográfico del GLP producido las fuentes de Ecopetrol S.A. en el país es: Propano 44.62% butanos 35.82% tal como se mencionan en la Tabla 2. *Cromatografía promedio del GLP proveniente de las fuentes de Ecopetrol S.A.*

Entre las principales características del GLP se pueden mencionar<sup>2</sup> :

- Permanece en estado gaseoso a temperatura normal y presión atmosférica.
- Se almacena y transporta en estado líquido manteniéndola bajo presión en los tanques.
- No tiene color, es transparente como el agua al estado líquido.
- No tiene olor cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando existen fugas, llamado etil mercaptano.
- Es muy inflamable, cuando se escapa y se vaporiza, se enciende violentamente con la menor llama o chispa.
- Es excesivamente frío, porque cuando se licuó se le sometió a muy bajas temperaturas de bajo 0 °C, por lo cual, el contacto con la piel produce siempre quemaduras de la misma manera que lo hace el fuego.

En estado líquido, 1 litro de GLP es equivalente a 273 litros en estado gaseoso. No es venenoso ni corrosivo y se disuelve en muchos otros productos. Punto de ebullición: Butano: 0.5 °C Propano: 41 °C GLP: 20 a -25 °C Peso específico: En estado gaseoso: 2 gr/l en condiciones normales. En estado líquido: 0.5 g/cm<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> SUI Sistema Único de información de Servicios Públicos - GLP/Técnico-operativo/Información de Calidad Fuente de Producción

**Tabla 2:** Cromatografía promedio del GLP proveniente de las fuentes de Ecopetrol S.A.

<b>Componentes</b>	<b>(%)</b>
Nitrógeno (%)	0,00787
Metano (%)	0,04707
Etano (%)	1,0547
Etileno (%)	0,00733
Propano (%)	44,6196
Propileno (%)	2,07243
Iso-butano (%)	14,6516
N-butano (%)	21,1674
C5 y más pesados (%)	0,44862
Residuos (ml)	0,00527
Densidad Relativa	0,54698
Poder Calorífico (BTU/lb)	21190,7
Presión de Vapor (psi)	115,839
Azufre (ppm)	34,4152

Fuente: SUI Sistema Único de información de Servicios Públicos

Se obtiene 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 cercana a los pozos.

## 2.2. USOS DEL GLP

Debido a su característica de ser líquido a ciertas condiciones de presión y temperatura, por ende su facilidad para transportarse, se usa en diferentes campos principalmente como combustible. Es utilizado especialmente como combustible doméstico para la cocción de alimentos y calentamiento de agua. También puede usarse como combustible en hornos, secadores y calderas de diferentes tipos de industrias, en motores de combustión interna y en turbinas de gas para generación eléctrica.

Este combustible es ecológico ya que no contamina como otros materiales y debido a su composición y estado físico, combustiona con muy baja cantidad de residuos contaminantes y de manera más completa. Comparado con otros combustibles puede llegar a reducir alrededor del 95% las emisiones de óxido de

nitrógeno y material particulado, además de las reducciones de CO<sub>2</sub>, CO, hidrocarburos y gases tóxicos al aire y con relación al total de los gases es el que menos emisiones presenta.<sup>3</sup>

Por ser una fuente energética baja en carbono, el gas licuado está siendo reconocido como un gran aliado en la lucha contra el cambio climático y el efecto invernadero. No supone un impacto dañino para el medio ambiente y, a diferencia de otras fuentes energéticas, no genera residuos. Durante su combustión, el GLP genera un 36% menos de emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que el carbón, un 15% menos que la gasolina y un 10% menos que el diésel. Al ser un producto secundario natural, si no se utiliza, se pierde.

### **2.3. HISTORIA DEL GLP EN COLOMBIA**

En Colombia la industria del GLP comenzó a finales de la década de los 30's cuando se hizo una distribución incipiente de la escasa cantidad de este energético que se produjo en las refinerías de Tibú y Barrancabermeja.

Como nuevo combustible doméstico tuvo que competir con el tradicional carbón, el queroseno y la energía eléctrica que ya comenzaba a posicionarse como el principal energético para la cocción de alimentos, especialmente en las ciudades más grandes. Pero su bajo costo y fácil transporte hicieron que en menos de 20 años se convirtiera en el combustible doméstico preferido, lo que condujo a que aumentara sustancialmente la demanda.

Con las ampliaciones en 1968 y en 1980, la refinería de Barrancabermeja incrementó la oferta interna, pero se presentaron ciclos de escasez. Pese a los incrementos de producción alcanzados en las refinerías y los campos petroleros, la oferta no era suficiente para atender toda la demanda, lo que produjo que el gobierno adoptara el "Sistema de Cupos", con el cual se asignaba a cada distribuidor un volumen mensual y una zona específica exclusiva para su distribución.

Con el paso de los años, el GLP siguió posicionándose como uno de los combustibles preferidos por los usuarios, razón por la cual el Gobierno Nacional quiso impulsar esta industria con el Plan de Masificación para introducir la cultura del gas en las ciudades y en las zonas rurales.

En 1991 se hicieron cambios en las políticas de Estado en materia de combustibles gaseosos, los cuales se impulsaron con la nueva Constitución. Los

---

<sup>3</sup> INGASOIL GAS AND OIL ENGINEERING S.A. E.S.P., Gas Licuado Del Petróleo Generalidades Del Combustible Y Suministro Por Redes. 6-p. Disponible en Internet: <http://www.ingasoil.com/media/glp-1.pdf>

cambios se concretaron a través de la liberación de las áreas exclusivas de distribución, la eliminación del sistema de asignación de cupos, y la expedición de la Ley 142 de 1994.

El consumo se incrementó paulatinamente hasta el año 2000; sin embargo, un año después la demanda disminuyó por varios factores, entre ellos un aumento en el precio y la masificación del gas natural. Para contrarrestar esta disminución en el consumo, el Gobierno generó nuevos proyectos y planes, especialmente en las áreas rurales y zonas menos pobladas, con el fin de evitar la deforestación y los problemas ambientales. En la actualidad continúa con su expansión y está siendo utilizado como combustible doméstico en las redes domiciliarias<sup>4</sup>. Como se puede apreciar en la Tabla 3. Consumo del GLP en Colombia.

**Tabla 3:** Consumo del GLP en Colombia

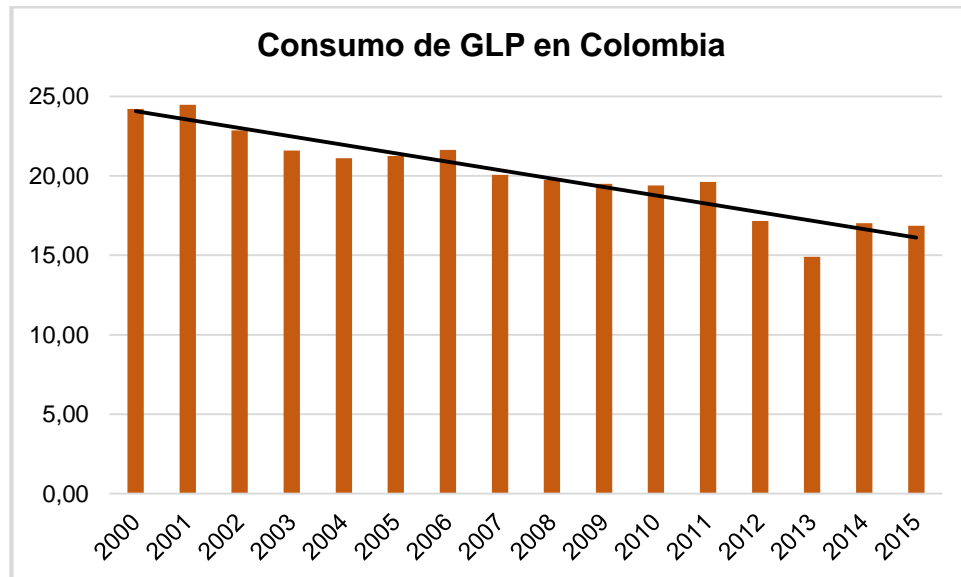
<b>CONSUMO DEL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO</b>	
<b>Año</b>	<b>Miles de Barriles Día</b>
2000	24,20
2001	24,47
2002	22,87
2003	21,59
2004	21,11
2005	21,24
2006	21,64
2007	20,07
2008	19,73
2009	19,49
2010	19,40
2011	19,62
2012	17,17
2013	14,91
2014	17,02
2015	16,86

Fuente: UPME Boletín Estadístico 2010 – 2015. SUI

<sup>4</sup> COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS – CREG. Historia del GLP en Colombia. Disponible en Internet: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/glp/historia-glp>.

De acuerdo a la Figura 1. Tendencia del Consumo de GLP en Colombia muestra que el consumo del GLP ha disminuido debido al incremento en la implementación del gas natural.

**Figura 1:** Tendencia del Consumo de GLP en Colombia

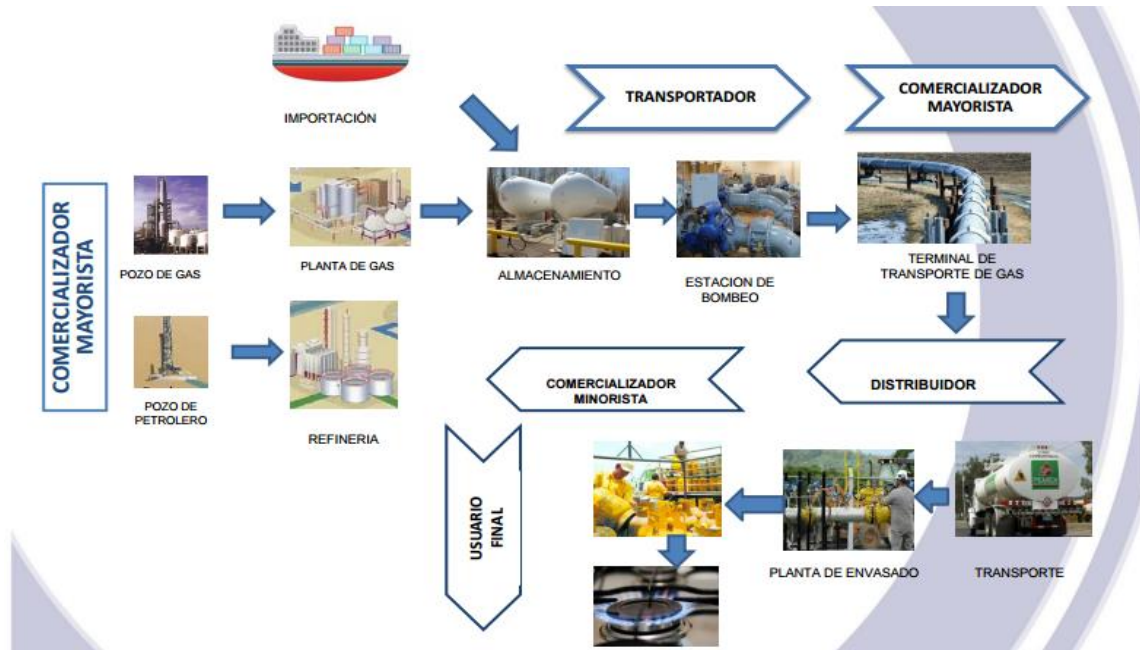


Fuente: UPME Boletín Estadístico 2010 – 2015. SUI

#### 2.4. CADENA DE DISTRIBUCIÓN DEL GLP

Las fuentes de GLP para la GDH provienen de la producción de gas asociada a la extracción de petróleo. Se cuenta con una planta de tratamiento de gas cuyos líquidos GLP son enviados por una red interna a los tanques de almacenamiento donde posteriormente, a través del cargadero de GLP se entrega a los comercializadores minoristas para finalmente ser entregado al usuario final. Ver Figura 2. Cadena de Distribución de GLP

**Figura 2: Cadena de Distribución de GLP**



Fuente: Estándares de los Sistemas de Medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público domiciliario de gases licuado del petróleo – GLP UTP – CREG Bogotá jueves, 13 de diciembre de 2012

## 2.5. OBTENCIÓN DEL GLP

El gas licuado del petróleo (GLP) es una mezcla de gases licuados presentes en el petróleo o en el gas asociado a este. Los componentes del GLP que principalmente son propano y butano, a temperatura y presión ambiente son gases pero son fáciles de licuar, de ahí su nombre.

### 2.5.1. Obtención del GLP en una planta de Gas

Una de las formas de obtener GLP es como un producto del tratamiento del gas en una planta de tratamiento de gas.

El gas asociado al petróleo inicia su proceso con la separación de los líquidos (mayormente agua) que se encuentren disueltos en el mismo, el gas que sale del separador de entrada pasa al sistema de compresión, cuya función es incrementar la presión del mismo para los requerimientos de procesamiento en los sistemas siguientes, la próxima etapa es el sistema de endulzamiento donde el gas ácido proveniente de los compresores es tratado con MDEA (Metil - Dietanolamina) para retirar el CO<sub>2</sub> presente en él, mediante un choque de corrientes, de aquí pasa al sistema de deshidratación con monoetilenglicol en el cual se inyecta glicol para inhibir la formación de hidratos en el gas cuando se somete a baja temperatura y

también para remover gran parte del agua contenida en este. Es de aclarar que la presencia de gas frío y a altas velocidades puede generar la formación de hidratos, lo que a su vez podría provocar taponamiento en las líneas.

Luego el gas pasa al sistema de refrigeración con propano que consiste en un ciclo cerrado en el cual el propano líquido refrigerado que se envía a la Unidad de Control de Punto de Rocío para enfriar el gas de proceso y los vapores que se generan en el tope de la torre Deetanizadora en el chiller, vuelve al compresor como vapor para ser re-comprimido, condensado y refrigerado.

El chiller mencionado anteriormente usa propano vaporizado para enfriar hasta 0°F la corriente de gas. El Sistema de Propano consta de un compresor que toma el propano proveniente de la Unidad de Control de Punto de Rocío en estado vapor y lo comprime de 17.3 psig a 230 psig. Luego de la compresión, el propano se enfría y se acumula, para luego ser enfriado hasta la temperatura requerida mediante expansión.

Esta compresión es necesaria para los procesos que se llevan a cabo en el Sistema de Refrigeración con propano, para lograr una temperatura del propano de -15 °F.

A continuación, se tiene el sistema de control de punto de rocío del gas, el cual permite enfriar el gas que viene del sistema de amina, mezclado con el glicol, hasta una temperatura por debajo de los -26 °F, para obtener la separación de los hidrocarburos líquidos y el glicol del gas metano.

La torre deetanizadora permite recuperar el metano y el etano que vienen incluidos en los hidrocarburos líquidos provenientes del sistema de enfriamiento y del separador inicial y la torre estabilizadora recibe los hidrocarburos libres de gas y separa el GLP de los hidrocarburos líquidos. Donde como resultado final se obtiene GLP y gasolina natural

### 3. NORMATIVIDAD DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL GLP

El GLP tiene una normatividad que busca reglamentar todos los aspectos concernientes con su comercialización en términos de calidad, cantidad y seguridad cumpliendo con los más altos estándares en cada uno.

#### 3.1. REGULACIÓN INTERNACIONAL

A continuación, en la Tabla 4. Normatividad Internacional Aplicada en GLP. Esta se utiliza en diferentes países por entidades internacionales como la *American Society for testing and materials, ASTM International*.

**Tabla 4:** Normatividad Internacional Aplicada en GLP

PAIS	DOCUMENTO	RESPECTO A LA CALIDAD
ESTADOS UNIDOS	NFPA 58	Reglamento técnico para almacenamiento, manipulación, Comercialización mayorista y distribución de GLP.
	NFPA 59	Reglamento para el diseño, construcción, localización, Instalación, operación y mantenimiento de plantas de gas para servicios públicos.
ESPAÑA	Ley 34 de 1998 del 7 de octubre	Reglamento para el sector de hidrocarburos (requiere sistemas de medición y verificación de calidad)
	Real Decreto 1700/2003 del 15 de diciembre	Especificaciones de GLP. (Requiere calidad según ASTM D2163).
PERÚ	Decreto Supremo N° 01-94-EM	Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo. (Requiere calidad según ASTM D2163).
MÉXICO	NMX-L-001-1970 secretaria de comercio y fomento industrial	Especificaciones para Gases Licuados de Petróleo. (Requiere la medición y reporte de la calidad del GLP).

Fuente: Estándares de los Sistemas de Medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público domiciliario de gases licuado del petróleo – GLP UTP – CREG Bogotá jueves, 13 de diciembre de 2012

Adicionalmente se tienen las normas internacionales de los indicadores de calidad del GLP las cuales se describen en la Tabla 5. Normas Internacionales de Calidad GLP.

**Tabla 5:** Normas Internacionales de Calidad GLP

<b>INDICADOR DE CALIDAD</b>	<b>NORMA ASTM</b>
Composición química	D2163-07
Poder calorífico	D-240, D-3588
Presión de vapor	D1267-02R07
Concentración de etil mercaptano	D5305-97R07
Temperatura de evaporación al 95% evaporado	D1837-11
Corrosión de tira de cobre	D1838-11
Contenido de azufre	D2784-11
Contenido de sulfuro de hidrógeno	D2420-07
Residuo	D2158-11
Sequedad	D2713-12

Fuente: Estándares de los Sistemas de Medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público domiciliario de gases licuado del petróleo – GLP UTP – CREG Bogotá jueves, 13 de diciembre de 2012

### 3.2. REGULACIÓN NACIONAL

En Colombia el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC ha expedido una serie de normas llamadas normas técnicas colombianas NTC basadas en estándares internacionales de aplicación en nuestro territorio, las cuales se relacionan en la Tabla 6. Normatividad Nacional Aplicada a GLP.

**Tabla 6:** Normatividad Nacional Aplicada a GLP.

<b>RESOLUCIÓN</b>	<b>RESPECTO A LA CALIDAD</b>
MINMINAS 80505 de 1997	Reglamento técnico para almacenamiento, manipulación, comercialización mayorista y distribución de GLP. (Requiere calidad según NTC 2303 y odorización).
CREG-109-2003	Se somete a consideración de los agentes, usuarios y terceros interesados la propuesta de marco regulatorio para el Servicio Público Domiciliario de Gas Licuado del Petróleo (GLP).
CREG 023 de 2008	Reglamento para distribuidores y comercializadores minoristas de GLP. (Requiere del distribuidor: verificar y reportar la calidad)
CREG 092 de 2009	Reglamento para transportadores de GLP. (Requiere medir la calidad del GLP en la recepción y entrega)
CREG 053 de 2011	Reglamento para comercializadores mayoristas de GLP. (Requiere medir y reportar la calidad)
CREG-154-2014	Modifica el reglamento de comercialización mayorista de gas licuado de petróleo, establecido en la Resolución CREG 053 de 2011

Fuente: Estándares de los Sistemas de Medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público domiciliario de gases licuado del petróleo – GLP UTP – CREG Bogotá jueves, 13 de diciembre de 2012

Adicionalmente se cuenta con la normatividad nacional que regula los indicadores de calidad en el territorio Nacional. Los cuales se encuentran en la Tabla 7. Normatividad Nacional para Indicadores de Calidad GLP.

**Tabla 7:** Normatividad Nacional para Indicadores de Calidad GLP.

<b>INDICADOR DE CALIDAD</b>	<b>NORMA NTC</b>
Composición química	NTC 2518
Poder calorífico	-
Presión de vapor	NTC 2562
Concentración de etil mercaptano	-
Temperatura de evaporación al 95% evaporado	NTC 2563
Corrosión de tira de cobre	NTC 2515
Contenido de azufre	-
Contenido de sulfuro de hidrógeno	-
Residuo	NTC 2517
Sequedad	-

Fuente: Estándares de los Sistemas de Medición en las actividades de la cadena de prestación del servicio público domiciliario de gases licuado del petróleo – GLP UTP – CREG Bogotá jueves, 13 de diciembre de 2012

### 3.3. REGULACION DE LA CREG

La Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG es la entidad encargada de vigilar la cadena del gas licuado del petróleo desde su producción hasta la llegada al usuario final, con esta finalidad, ha implementado ciertas normativas de estricto cumplimiento en aras de garantizar calidad y seguridad a las partes involucradas en el mercado de este gas. En su base de datos la CREG cuenta con varias resoluciones que da los lineamientos para los grandes comercializadores, dentro de ellas se encuentran:

- Resolución 109 de 2003 por la cual se somete a consideración de los agentes, usuarios y terceros interesados la propuesta de marco regulatorio para el Servicio Público Domiciliario de Gas Licuado del Petróleo (GLP), entre sus aparte se encuentra en el Art. 30 que el Gran Comercializador será responsable de la odorización del producto. Y debe garantizar una concentración mínima de mg y máxima de mg de etil mercaptano por cada metro cúbico de propano gaseoso de GLP, o el nivel de concentración según normas técnicas nacionales o internacionales, para garantizar el nivel de perceptibilidad de gas en la atmósfera exigido en la Norma Técnica Colombiana NTC 3853<sup>5</sup>.

La concentración del odorante de mgs de mercaptano, u otro odorante es 82 mín y 165 máx y es responsabilidad del gran comercializador.

<sup>5</sup> COLOMBIA. CREG. Por la cual se somete a consideración de los agentes, usuarios y terceros interesados la propuesta de marco regulatorio para el Servicio Público Domiciliario de Gas Licuado del Petróleo (GLP). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2003. p. 19-20.

- Resolución 154 de 2014: por la cual se modifica el reglamento de comercialización mayorista de gas licuado de petróleo, establecido en la Resolución CREG 053 de 2011 es la que rige la comercialización del GLP dentro de sus apartes está garantizar que el GLP entregado a sus compradores se encuentre olorizado según normas técnicas nacionales o internacionales y en la concentración recomendada por el fabricante de la respectiva sustancia odorante para garantizar que el gas contenga suficiente olor, de tal forma que sea detectado a un quinto del límite inferior de inflamabilidad del gas.

#### **3.4. INDICE DE GESTION DE LOS SISTEMAS DE MEDICION (IGSM)**

Es la calificación que se obtiene, como resultado de la valoración ponderada del cumplimiento de una serie de criterios en aspectos técnicos, gestión, estándares y personal, en la operación y mantenimiento de los sistemas de medición estática, medición dinámica, balances, laboratorios y ensayos. Principalmente para transferencia de custodia<sup>6</sup>.

Para el cálculo de IGSM se realizarán inspecciones en los puntos de transferencia de custodia y/o fiscalización en donde se hace medición de cantidad y calidad con el fin de controlar y verificar el estado de los procedimientos, métodos, condiciones, procesos, productos, servicios y análisis de registros por comparación con los referentes establecidos para asegurar que se cumplan los requisitos de calidad y cantidad determinando el cumplimiento de lo establecido en los “DEBES” de dichos referentes<sup>7</sup>.

Para la medición de IGSM en el cargadero de GLP en la GDH se cuenta con el ECP-MBC-0-FT-036 Formato para Determinar el Índice de Gestión de Sistemas de Medición Estática de GLP en Tanques Presurizados. El cual fue elaborado y publicado el 05 de noviembre de 2015 y se encuentra en etapa de divulgación.

Como una oportunidad de aseguramiento del sistema de medición en general del Cargadero de GLP se está desarrollando la línea base del IGSM para poder asegurar los planes de medición con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en el Manual de Medición

---

<sup>6</sup> ECOPETROL. MANUAL DE MEDICION DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES. Inspección de Sistemas de Medición y Cálculo de IGSM de Hidrocarburos Líquidos. Cap. 23. 3 p.

<sup>7</sup> MANUAL DE MEDICION DE HIDROCARBUROS Y BIOCMBUSTIBLES. Op Cit, Cap. 11. 6 p.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN LA PLANTA DE GAS DINA

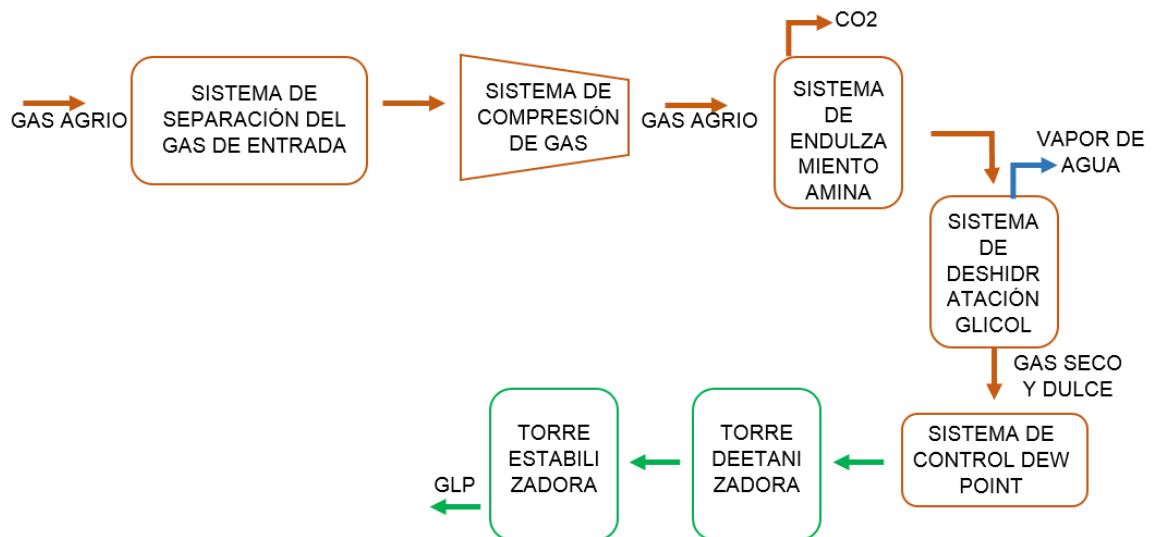
La planta de gas de la GDH se encuentra en las inmediaciones de Campo Dina el cual se encuentra ubicado en el Km. 17 vía Neiva - Bogotá, tiene una capacidad de procesamiento de 10 MMPCD, el gas es utilizado en el Centro de Generación Dina en su mayoría y en menor medida en los Centros de Generación de Tello y Monal de acuerdo a la necesidad. Los productos blancos como el GLP es enviado al Cargadero de GLP donde es entregado a los comercializadores en cisternas y la gasolina natural se envía a la Batería Cretáceos.

### 4.1. PROCESO DE ENTRADA DEL GAS EN LA PLANTA

#### 4.1.1. Descripción del proceso

La función del Sistema de Recepción y Acondicionamiento del Gas de Entrada es acondicionar el gas de alimentación para satisfacer los requerimientos de la sección de compresión de gas (K-2100 / 2200 / 2300) y de los líquidos que van hacia la torre deetanizadora T-1530, removiendo posibles contenidos de agua en el separador de entrada V-1100, midiendo la calidad y cantidad del gas de alimentación para propósitos de fiscalización con el analizador AT-1701 y el medidor de flujo FIT-1701, y contando con las facilidades para la limpieza de la tubería de entrada, trampa de recepción TR-1700 (*tag* anterior TR-101). A continuación, la Figura 3. Diagrama de flujo en la planta de gas la cual describe desde la entrada del gas hasta la obtención del GLP como producto final.

**Figura 3:** Diagrama de flujo en la planta de gas



Como parte del Sistema se incluyen dos bombas de transferencia de condensados P-1100 A/B para incrementar la presión de los hidrocarburos que van hacia la torre Deetanizadora.

#### **4.1.1.1. Recepción del Gas de Entrada**

La línea de transporte del gas que llega a la estación se conecta de la siguiente forma:

- Una trampa de recepción de raspadores TR-1700 (tag anterior TR-101), que estará conectada en línea en las ocasiones que se esté haciendo limpieza de la línea de transporte. Posee una línea de desvío de 6" y una salida de líquidos que va hacia el tanque sumidero de aguas aceitosa V3100 (tag anterior V-101).
- Instrumentación, consistente en indicador de paso de raspador, transmisor de presión y manómetro.
- Una válvula SDV-1701, normalmente abierta, que aislará la entrada de fluido de acuerdo con las condiciones consideradas.
- Una estación de medición del gas de entrada conformada por un medidor de flujo másico, transmisor de presión y temperatura y analizador de la composición del gas (cromatógrafo). El gas se recibe directamente en el separador del sistema principal.

El gas asociado proveniente de los pozos de Ecopetrol, ingresa a la planta a una presión de 28-45 psig y una temperatura promedio de 104 °F, a través de una línea de 12". En la entrada a la planta, existe la opción de enviar el gas directamente al separador de entrada V-1100 en operación normal, a través de una línea de 10" o a la trampa de recepción de raspadores TR-1700 (tag anterior TR-101) durante la operación de limpieza de la línea.

La trampa de recepción de raspadores está construida con dos barriles con conexión excéntrica de 12"x14". La válvula de entrada es de 12" y la válvula de bypass que se abre durante la limpieza para el flujo de gas es de 6".

El cromatógrafo AT-1700 es el encargado de medir y transmitir la composición del gas de entrada cada 16 minutos aproximadamente. Funciona con un detector por conductividad térmica (TCD por sus siglas en inglés). Este equipo requiere de un gas que transporte la muestra por las columnas (gas carrier), para el cual se usa helio grado 5 en cilindros de 6 m<sup>3</sup>. La presión de los cilindros no debe ser inferior a 200 psig y el equipo no puede trabajar sin helio, dado que no cumpliría la función de transporte de la muestra y podría generarse una posible afectación al detector;

por lo cual se deben mantener dos cilindros en sitio, de los cuales siempre debe existir uno de back up con aproximadamente 1200 psig.

#### **4.1.1.2. Separación**

El proceso se inicia con el separador de entrada V-1100, al cual llega la corriente de 10 MMSCFD de gas saturado a 35 psig y 90 °F, provenientes de los diferentes procesos de los campos de Ecopetrol pertenecientes a la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción Huila – Tolima.

El gas ingresa al separador, el cual es un recipiente horizontal diseñado para separación de tres fases, con el fin de separar el condensado y el agua posiblemente arrastrada desde las facilidades de Ecopetrol.

El gas entra por la línea de 10", a la cual también se conecta una línea de 2" por la cual se recircula la mezcla condensado-agua proveniente del filtro separador de entrada F-1215 del sistema de endulzamiento, esto con el fin de recuperar los condensados formados durante en el enfriamiento de la 3ra etapa de compresión. A este separador también se recirculan los condensados formados en los enfriadores de los compresores y separados en los separadores de succión (V-2X10 y V-2X20), a través de la línea de 2", con el propósito de recuperar la mayor cantidad de hidrocarburos líquidos.

El separador de entrada V-1100 cuenta con un elemento coalescente líquido-líquido para hacer coalescer el agua dispersa en el condensado y separarla antes de enviar el condensado a la torre deetanizadora (T-1530). El condensado se separa del agua a través de la placa de rebose interna. También cuenta con un extractor de neblina en la línea de salida de gas, con el fin de atrapar las gotas de líquido arrastradas con el gas. El separador de entrada está diseñado para remover 99.9% de las gotas de 20 micrones y más grandes.

Descarga de Hidrocarburos Condensados y Agua de Producción desde el Separador de Entrada Debido a que el V-1100 es un separador trifásico, se logran separar del gas dos fases líquidas por principio de gravedad y la diferencia de densidades. El agua se recolecta en la bota del separador. Los hidrocarburos líquidos a razón de 2 gpm se envían hasta la unidad deetanizadora por medio de una línea de 2" y las bombas del patín de separación inicial P-1100 A/B cuya presión de descarga es de 500 psig. El patín del separador tiene instalado un medidor y totalizador de flujo aguas abajo de las bombas, el cual permite fiscalizar la cantidad inicial de condensables en la corriente de gas de entrada.

El agua de producción se lleva al tanque sumidero de aguas aceitosas V-3100 (tag anterior V-101) por medio de una línea compuesta por tuberías de 2" y 4". El flujo de esta corriente se mide con un medidor de desplazamiento positivo que tiene

instalado un transmisor de flujo, lo cual permite conocer la cantidad de agua que viene arrastrada por el gas durante el proceso de transporte.

#### **4.1.1.3. Transporte de Gas al Sistema de Compresión:**

El gas húmedo que sale del separador de entrada V-1100 pasa al sistema de compresión por medio de un sistema de interconexión el cual consta de un múltiple de succión, compuesto de un cabezal del cual salen tres tuberías de interconexión, una por cada compresor.

#### **4.1.2. Equipos del proceso:**

Dentro de los equipos de proceso se cuenta con:

- a. Trampas de recepción de gas: tienen como función la entrada del gas a la planta. Es el punto de recibo de los raspadores cuando se realizan limpiezas mecánicas de las líneas. Consta de un diámetro de entrada de 10" y un diámetro de salida de 10", presión de operación de 35 psig y un rating de 150 psi.
- b. Separador de entrada: separación primaria en el proceso de la entrada del gas a la planta. Tiene una dimensión de coraza de 5.5 ft OD x 15 ft s/s, dimensiones de la bota 1ft OD x 2ft s/s con una presión de operación de 35 psig y temperatura de operación 70 °F.
- c. Bombas de transferencia de condensados: tienen como función transportar los hidrocarburos líquidos, cuenta con una capacidad de 14 gpm, potencia de motor 20 hp.

#### **4.1.3. Especificaciones de los Productos:**

Las especificaciones de diseño que maneja la planta de gas se describen en la Tabla 8. Especificaciones de diseño de la planta de gas.

**Tabla 8:** Especificaciones de diseño de la planta de gas.

<b>Especificaciones de Diseño</b>		
<b>Ubicación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>Gas de entrada (Estación de Medición)</b>	Estándar de Gas	10 MMPCND
	Presión	35 – 50 psig
	Temperatura	90 °F
	Contenido de Agua	1200 lb / MMPCN
	Peso Molecular	26.45 lb / lb mol
	Densidad	0.223 lb / ft <sup>3</sup>
	Poder Calorífico Neto	1229. 36 Btu/ft <sup>3</sup>
	Poder Calorífico Bruto	1349. 41 Btu/ft <sup>3</sup>
	Contenido de metano	63.154 % molar
	Contenido de propano	8.069 % molar
	Contenido de CO <sub>2</sub>	6.779 % molar
	Contenido de N <sub>2</sub>	2.69 % molar

Fuente: Ecopetrol S.A

#### 4.2. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE GLP

GLP proveniente de la planta de gas se transporta por una línea interna de 4" hasta los tanques de almacenamiento (ver Figura 4), se cuenta con dos tanques tipo bala los cuales operan en paralelo mientras uno recibe, el otro entrega y se almacena a una presión de 175 psig. La capacidad total de cada tanque es 1.126 Bls al 100%. De aquí sale por la línea de despacho hacia las bombas centrífugas, se cuenta con dos bombas centrífugas multietapas de 120 gpm y una presión de descarga de 320 psig (Ver Figura 5.), una en operación y otra en stand by, por medio de estas bombas el fluido es dirigido hacia la zona de cargue.

Actualmente se cuenta con dos trenes de cargue (ver Figura 6) pero uno está fuera de servicio, que consta de un medidor tipo coriolis, válvula cheque, válvula de control y brazos de llenado. La válvula de control de cada brazo permite regular el flujo y la cantidad total de producto cargado a cada cisterna.

**Figura 4:** Tanques de Almacenamiento del Cargadero GLP



Fuente: Área de tanques cargadero GLP Dina

**Figura 5:** Bombas Centrifugas Multietapa Cargadero de GLP



**Figura 6:** Tren de cargue del Cargadero GLP



#### **4.2.1. Condiciones de Operación de Equipos Mayores:**

El Sistema de Almacenamiento, Medición y Despacho de GLP está diseñado para operar a las siguientes condiciones operacionales:

##### **a. Tanque de GLP TK-102 A/B:**

- Flujo de Entrada: 21.8 gpm
- Presión de Operación: 180 psig
- Temperatura de Operación: 120 °F

##### **b. Bomba de GLP P-107 A/B:**

- Flujo: 120 gpm
- Presión de Succión: 180 psig
- Presión de Descarga: 320 psig

##### **c. Brazos de Llenado BR-102 A/B:**

- Flujo: 120 gpm (máximo 350 gpm)
- Temperatura de operación: 120 °F
- Presión de operación: 180 psig

#### **4.2.2. Etapas del Proceso de Cargue de GLP:**

El proceso de entregas de GLP parte desde el momento en que llega el GLP en condiciones de venta a los tanques donde es almacenado. De ahí en adelante pasa por una serie de etapas hasta llegar a ser cargado en las cisternas.

##### **4.2.2.1. Etapa de almacenamiento:**

Esta es la primera etapa del proceso de entrega, el fluido llega proveniente de la torre estabilizadora en condiciones de venta y es almacenado en 2 tanques TK-102 A/B. Estos tanques cuentan cada uno con un indicador de nivel tipo presión diferencial el cual presenta diferencias significativas de acuerdo al nivel real en el que se encuentra. Se tiene una regleta indicadora de nivel con la cual se está liquidando la producción.

##### **4.2.2.2. Etapa de bombeo:**

Una vez abierta la válvula de despacho de cualquiera de los dos tanques el fluido es direccionado a la etapa de bombeo donde dos bombas centrífugas multietapas verticales son las encargadas de enviar el producto al tren de cargue.

##### **4.2.2.3. Tren de cargue:**

Esta etapa es donde el fluido es direccionado a cada uno de los brazos para su cargue, el GLP pasa por medidores de flujo tipo coriolis donde se contabiliza la cantidad de producto cargado en las cisternas. Esta es una etapa importante ya que es aquí donde se tiene la medición, en este caso dinámica con el coriolis y este último es quien envía la información al computador de flujo para liquidar el cargue.

##### **4.2.2.4. Brazos de cargue:**

Estos son el conjunto de tubería y accesorios encargados de hacer la conexión entre el proceso y la cisterna, estos acoples flexibles llamados brazos de cargue cuentan con una línea de venteo o retorno por donde los vapores se regresan a los tanques y una línea de llenado o cargue por donde el GLP ingresa a la cisterna.

##### **4.2.2.5. Liquidación de despacho:**

Esta es la última etapa del proceso de cargue, es aquí donde se mide la cantidad total despachada en las cisternas, el medidor de flujo coriolis envía sus señales a este computador, lo mismo hacen los transmisores de temperatura y de presión y con todos estos datos de entrada mediante un algoritmo se liquida y se corrige por

diferentes factores la cantidad de GLP despachada en el bache. Luego se imprime un tickete arrojado por este computador de flujo con la ayuda de una impresora de puntos. La información de este despacho se ingresa al formato Ecopetrol de ticketes para medición dinámica, se imprime y es entregado junto con la cromatografía a la empresa transportadora.

#### **4.2.3. Descripción Detallada del Proceso:**

De la torre estabilizadora sale el GLP a 185 psig y 120 °F por una línea de 2" hacia los tanques tipo bala TK-102 A/B.

Los tanques de almacenamientos de GLP (TK-102A/B) son tipo bala, con una capacidad máxima de almacenamiento de 967 barriles cada uno y una presión máxima de operación de 210 psig. Mientras uno de los tanques se está llenando, el otro está en despacho o espera.

En la parte inferior de cada tanque se cuenta con arreglo de válvula de bola y globo para toma de muestras de GLP. Por la parte superior del tanque existe una línea de 3" para ecualización de presión entre los tanques de almacenamiento.

El GLP se entrega de uno de los tanques por la línea de succión de 6" a alta presión y pasa por un filtro tipo "Y" antes de pasar por las bombas de despacho de GLP P-107 A/B. Estas son dos (2) bombas verticales centrífugas multietapa de barril con capacidad nominal de 120 galones por minuto y una presión diferencial de aproximadamente 198 psi, para una presión de descarga mínima de 300 psig.

El sello de las bombas es tipo tándem plan 52 en acero inoxidable 316. Cada bomba cuenta con un reservorio externo para aceite lubricante y refrigerante del sello con una capacidad de 3 galones. El aceite del reservorio se suministra y retorna continuamente por un tubing hacia la bomba, enfriando el sello de la bomba. El aceite retorna caliente al reservorio y se enfría mediante circulación de agua por un serpentín interno.

En caso de que se presente fuga de GLP a través del sello, el reservorio de aceite tiene una línea de alivio de presión en la parte superior con orificio de restricción para ventear el fluido de proceso evitando la sobre presión del reservorio.

Para el cebado de la bomba en el arranque se cuenta con una línea de venteo de 1" con válvula manual. El GLP es descargado por una de las bombas de P-107 A/B hacia la zona de cargadero a través de dos líneas de 4", las cuales anteceden a los dos brazos de llenado de cisternas disponibles en el cargadero de GLP, un brazo como respaldo del otro.

En cada una de estas líneas de 4" se encuentra una unidad de filtración y medición UL-104 A/B, la cual posee un filtro tipo canasta y aguas abajo todos los

instrumentos asociados a la unidad de medición y totalización del flujo de GLP, entre ellos, una válvula de control de presión que permite sostener la presión aguas arriba de los brazos de llenado por encima de 240 psig, para mantener el GLP totalmente líquido y para mantener el flujo entregado por la bomba, y un computador de flujo, que permite hacer los cálculos y coordinar toda la operación de despacho.

El filtro tipo canasta tiene la carcasa de acero al carbón y canasta filtrante de acero inoxidable 304; la canasta es de lámina perforada con apertura de 3/16" y una retención de malla mesh 20. Los filtros tienen válvulas para venteo y drenaje y transmisor de presión diferencial.

Los brazos de cargadero BR-102A/B son brazos para carga de cisternas por el fondo, con entrada de líquido de 3" y retorno de vapores de 2", de largo alcance y con puntos de giro en todos los ejes para fácil manejo y conexión lateral con las cisternas. Los brazos son marca Silea con tubos de acero al carbón y sellos en Buna N.

El sistema de balanceo de los brazos es por pistón con resorte de compresión en acero al carbono. La máxima capacidad de los brazos es de 350 gpm. Cada brazo cuenta con válvula de bola para bloqueo principal, válvula manual de venteo y acople rápido en el extremo.

En la zona de brazos de cargadero de GLP se cuenta con una línea de 2" que recolecta los venteos y drenajes de los brazos y válvulas de control y que permite enviar el gas de retorno a los tanques de almacenamiento o al cabezal de tea de la zona de tanques. A su vez, cada brazo cuenta con un sistema de aterrizamiento con permisivo para el cargue de cisternas.

## 5. OPORTUNIDADES DE MEJORA

Después de haber realizado la revisión en cuento a la normatividad y operación del cargadero de GLP se encontraron oportunidades de mejora, los cuales llevándolas a cabo darán como resultado un cargadero de GLP enmarcado dentro de la normatividad legal vigente y el proceso asegurado en términos de calidad y cantidad. Las cuales se describen en la Tabla 9. Oportunidades de Mejora identificadas

**Tabla 9:** Oportunidades de Mejora identificadas

Proceso	Oportunidad	Tipo
Sistema de almacenamiento	Implementar en los Tanques GLP un indicador de nivel de radar de onda guiada, este para implementar medición estática como sistema de respaldo a la medición dinámica ya implementada para los despachos de GLP.	Proceso
Tren de Cargue	Diagnosticar el estado actual del Odorizador para determinar si continúa en operación o se debe de dar de baja.	Proceso
	Puesta en funcionamiento del Odorizador para dar cumplimiento a la Resolución CREG 109 de 2003 y CREG 154 de 2014, donde se establece que el Gran Comercializador es el responsable de odorizar el GLP de venta con Etil Mercaptano o el odorizante escogido. En las concentraciones exigidas.	Normativo
Brazos de Cargue	Habilitar el segundo brazo de cargue incluido el medidor másico coriolis para y garantizar el stand by si dado caso llega a fallar el que está en uso.	Normativo/ Proceso
	Revisar la factibilidad de instalar un cromatógrafo en línea en las instalaciones del cargadero de GLP.	Normativo/ Proceso
Medición	Evaluar en el cargadero de GLP el Índice de Gestión de Sistema de Medición (IGSM) aplicable a este tipo de instalación por manejar transferencia de custodia.	Normativo
General	Demarcación de la tubería indicando su dirección de flujo.	Proceso

Continuación de la Tabla 9. Oportunidades de Mejora identificadas

<b>Proceso</b>	<b>Oportunidad</b>	<b>Tipo</b>
General	Elaborar el Manual de Operación del Cargadero de GLP esto con el fin de tener documentado toda la operación para el personal que labora en estas instalaciones	Proceso
General	Mejorar la señalización del cargadero de GLP. Señalizaciones Preventivas y Peligro, Señalización Preventivas Precaución y Señales de Emergencia.	HSE
General	Establecer las rutas de evacuación del Cargadero de GLP e identificar puntos críticos si en dado en caso se presenta una fuga de GLP	HSE
General	Elaborar los procedimientos operativos normalizados PON.	Proceso/ HSE
Personal	Capacitar al personal para el manejo seguro de GLP dando cumplimiento a la normatividad y procedimientos establecido por la empresa.	Proceso

## 6. ANALISIS PRESUPUESTAL

Después de hacer la revisión de la normativa y los procesos operativos que se llevan a cabo en el Cargadero de GLP de la Gerencia de Operaciones de Producción Huila – Tolima, se solicitaron cotizaciones a diferentes oferente de acuerdo a las oportunidades de mejora contempladas en el capítulo anterior, y se procedió hacer el mejor estimativo para ejecutar las actividades propuestas.

Estos valores pueden variar de acuerdo a las condiciones del mercado. En la Tabla 10. Presupuesto Estimado, se presenta el mejor estimativo.

**Tabla 10:** Presupuesto Estimado

<b>Presupuesto Estimado para la Oportunidades de Mejora</b>	
<b>Cargadero de GLP - GDH</b>	
Diagnóstico del estado actual del Odorizador	\$3,900,000
Puesta en funcionamiento del Odorizador	\$51,700,000
Calibración del Cromatógrafo	\$4,895,200
Indicador de Nivel de los tanques - Ondas Guiadas	\$53,295,000
Transmisor de para el medidor de flujo tipo Coriolis	\$4,234,000
Mano de obra instalación del medidor Coriolis	\$1,475,904
Personal para la elaboración de Manual de Operación y los Planes Operativos Normalizados	\$36,872,160
Inspección para la medición del IGSM	\$1,550,000
Señalización Industrial	\$1,940,000
Capacitación del Personal en el manejo seguro de GLP	\$2,000,000
<b>Total</b>	<b>\$161,862,264</b>

Una vez definidas las oportunidades de mejora después de realizada la revisión en cuenta a normativa vigente y al formato IGSM se debe realizar el plan de trabajo en común acuerdo con la GDH para llevar a cabo la ejecución de los mismos, los cuales estarán sujetos a presupuesto disponible y en orden de prioridad.

## 7. CONCLUSIONES

- Los comercializadores de GLP deben cumplir con la normatividad CREG para poder realizar la comercialización del gas licuado del petróleo, debido a que se considera un servicio público.
- Revisadas las condiciones del proceso se identificaron las oportunidades de mejora las cuales consisten en la instalación de un indicador de nivel en las balas de GLP para implementar telemetría en los tanques como respaldo, puesta en marcha del sistema de Odorización y habilitar el segundo brazo de llenado instalando el medidor de flujo coriolis.
- Identificadas las oportunidades de mejora se realizó evaluación presupuestal con el fin de planear la ejecución de dichas actividades que darán como resultado un cargadero de GLP enmarcado dentro de la normatividad legal vigente y los procesos asegurados en términos de calidad y cantidad.
- El gran comercializador es el responsable que el GLP que se entrega para venta se encuentre olorizado con etil – mercaptano o el odorizante escogido. La concentración del odorizante debe cumplir con una concentración mínima de 82 mg/m<sup>3</sup> y un máximo de 165 mg/m<sup>3</sup> (perceptible en el aire) según normas técnicas nacionales o internacionales esto está contemplado en la resolución CREG 154 de 2014 Art. 7 literal f.
- Para la construcción de los cargaderos de GLP se debe tener en cuenta las normas NTC 3853 y NTC 3853-1.
- Los cargaderos de GLP por ser puntos de transferencia de custodia, deben realizar inspecciones al proceso de medición para verificar el cumplimiento del índice de gestión de sistemas de medición IGSM y generar planes de acción que aseguren la calidad y cantidad del producto entregado.
- Se debe reportar cromatografía en línea con el fin de verificar y registrar la calidad de GLP que se entrega en la instalación.
- Se debe capacitar al personal en las competencias para el manejo y despacho de GLP.

## BIBLIOGRAFIA

COLOMBIA. CREG. Por la cual se somete a consideración de los agentes, usuarios y terceros interesados la propuesta de marco regulatorio para el Servicio Público Domiciliario de Gas Licuado del Petróleo (GLP). Diario Oficial. Bogotá D.C., 2003. p. 19-20.

COLOMBIA. CREG. Resolución 154 de 2014. Por la cual se modifica el reglamento de comercialización mayorista de gas licuado de petróleo, establecido en la Resolución CREG 053 de 2011. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2014. P-6.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS – CREG. Historia del GLP en Colombia. Disponible en Internet: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/glp/historia-glp>.

ECOPETROL. MANUAL DE MEDICION DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES. Inspección de Sistemas de Medición y Cálculo de IGSM de Hidrocarburos Líquidos. Cap. 23. 3 p.

INGASOIL GAS AND OIL ENGINEERING S.A. E.S.P., Gas Licuado Del Petróleo Generalidades Del Combustible Y Suministro Por Redes. 6-p. Disponible en Internet: <http://www.ingasoil.com/media/glp-1.pdf>.

MANUAL DE MEDICION DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES. Op Cit, Cap. 11. 6 p.

NORMA TECNICA COLOMBIANA. Equipo, accesorios, manejo y transporte del G.L.P. NTC3853. Bogotá. 1996. 1P.

UPME Unidad de Planeación Minero Energética. Cadena del gas licuado de petróleo. Bogotá D.C. Diciembre de 2013.

## ANEXO A. ECP-MBC-0-FT-036 Formato para Determinar el IGSM

	<b>FORMATO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE GESTIÓN DE SISTEMAS DE MEDICIÓN ESTÁTICA DE GLP EN TANQUES PRESURIZADOS</b>				<b>CONSEJUTIVO</b>	N° REPORTE DE IGSM	<b>IGSM-TP-VIT-05-0001</b>
	<b>CORPORATIVO DE NORMAS Y ESTÁNDARES TÉCNICOS</b>					FECHA INSPECCIÓN DD/MM/AAAA	<b>17/06/2015</b>
	ECP-MBC-0-MBC-FT-036	Elaborado 05/11/2015	Versión: 1	Pág. 1 de 4			

REFERIRSE AL ECP-VIN-P-MBC-MT-023 - Cap. 23 INSPECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CÁLCULO DEL IGSM PARA HIDROCARBUROS LÍQUIDOS

AYUDA	<input type="checkbox"/> CELDA SELECCIÓN MÚLTIPLE	<input type="checkbox"/> CELDA ENTRADA LIBRE	<input type="checkbox"/> IMPACTO SOBRE MEDICIÓN	C = Crítico	A = Alto	M = Medio	B = Bajo	I = Informativo	(**) RESULTADO PARCIAL
-------	---	--	---	-------------	----------	-----------	----------	-----------------	------------------------

1.- EMPRESA O NEGOCIO QUE HACE LA INSPECCIÓN				2.- CALIFICACIÓN				
Nombre Empresa o Negocio	Planta de gas Dina	Inspector   Id.	INSPECTOR	ASPECTO		Ptos	Peso	%
Contrato, Convenio, Orden Trabajo	Ecopetrol GDH	Nombre   Id.	PARTICIPANTE 1	ESTADO FUNCIONAL Y OPERATIVO		77,0	50%	38,5%
Tipo Permiso de Trabajo	www.wwww	Nombre   Id.	PARTICIPANTE 2	ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y MANTO.		100,0	50%	50,0%
N° Permiso de Trabajo	www.wwww	Nombre   Id.	PARTICIPANTE 3	<b>RESULTADO FINAL</b>		<b>88,5%</b>		
		Nombre   Id.	PARTICIPANTE 4	NO CUMPLE < 80%	DEBE MEJORAR ≥ 80% y < 90%	SI CUMPLE ≥ 90%		
		Nombre   Id.	PARTICIPANTE 5					

3.- LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN			4.- CONDICIONES OPERACIONALES								
Cliente Negocio	Ecopetrol GDH	Descripción del Producto Almacenado en el Tanque(s)	GLP				Descripción	Unidad	Mínima	Normal	Máxima
Planta, Estación, Facultad, etc.	Planta de gas Dina	Grupo genérico del Producto	GLP	X	PROPANO	BUTANO	PROPILENO	Temp. de Proceso	°F	75	95
Sistema Medición	Dinámico	Condiciones Estándar	TEMP = 60,0°F	TEMPERATURA	85,0	°F	Presión Equilibrio	psia	95	100	150
Propietario	Ecopetrol	N° de Tanques	PRES = 14,096 psia	PRESIÓN	14,096	psia	Densidad Estándar	RD (GGL)			
Entrega a	Comercializadoras						Caudal	BPH			
Facile de	Planta de gas Dina										

ESTADO FUNCIONAL Y OPERATIVO		PUNTOS SECCIÓN (Cuma Pese Tab)		20,0		PROMEDIO SECCIÓN		56,0		RESO DEL ASPECTO		10,0%		SUB TOTAL ASPECTO		35,0%	
NO.	DESCRIPCIÓN DE LA PREGUNTA (*)	RESPUESTA	Pese (**)	RESPUESTA	Pese (**)												
1	TAG o ID. del Tanque	TK-01		TK-02													
2	Tipo de Tanque	CLÍNDRICO HORIZONTAL	0	CLÍNDRICO HORIZONTAL	0												
3	Capacidad Nominal de Almacenamiento Operacional	1.125		1.125													
4	Dimensión del Tanque:   Alto/Largo   Diámetro	0,214285	3	0,214285	3												
5	Color de la Pintura	gris		gris													
6	Válvula de Alivio de Presión	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
7	Punto de Ajuste de la Válvula de Alivio de Presión																
8	Placa de Identificación con datos correctos	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
9	Estado General de Pintura	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
10	Sin deformaciones, inclinaciones o abolladuras	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
11	Densidad del Producto acorde con Densidad Tabla Aforo	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
12	Sistema de Balance de Presión	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
13	Válvula de Drenaje	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
14	Facilidad para Toma de Muestras	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
15	Existe un procedimiento de respaldo para la medición	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
16																	

ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y MANTENIMIENTO		PUNTOS SECCIÓN (Cuma Pese Tab)		20,0		PROMEDIO SECCIÓN		56,0		RESO DEL ASPECTO		25,0%		SUB TOTAL ASPECTO		25,0%	
NO.	DESCRIPCIÓN DE LA PREGUNTA (*)	RESPUESTA	Pese (**)	RESPUESTA	Pese (**)												
17	Fecha del último Mantenimiento																
18	N° Reporte u Orden de Trabajo de Mantenimiento																
19	Cumple con la frecuencia de Mantenimiento	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
20	Fecha de la última Calibración/Aforo																
21	No. Certificado o Reporte de Calibración/Aforo																
22	Empresa o Negocio que Ejecutó																
23	Nombre/Código del Procedimiento de Calibración usado																
24	Elaboración Tabla Aforo y aprobación	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
25	Cumple con Frecuencia de Verificación/Calibración/Aforo	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
26	Existen Archivos de Mto, Verificación y Calibración	SI CUMPLE	0	SI CUMPLE	0												
27																	