

**Estudio conceptual para la adecuación de una estación de almacenamiento y despacho de
GLP, caso de estudio**

Alejandra Quintero Vargas y Wilmer Alexis Rodríguez Vargas

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Químico

Director:

Carlos Augusto Godoy Ruiz

Especialista en Ingeniería del Gas

Codirector:

Hernando Guerrero Amaya

PhD. Electroquímica, Ciencia y Tecnología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2021

Agradecimiento

Agradecemos a nuestra alma mater la Universidad Industrial de Santander, por abrirnos sus puertas y permitirnos realizar nuestro proceso educativo en sus instalaciones de la mano del mejor profesorado.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestro director de tesis Carlos Augusto Godoy, quien a pesar de conocernos en último semestre nos orientó, capacitó y brindó todo su conocimiento durante la ejecución del proyecto.

En especial, agradecemos a la escuela de Ingeniería Química, a nuestro profesor y codirector Hernando Guerrero Amaya, quien con su enseñanza, respeto, paciencia y dedicación nos hizo crecer día a día como profesionales y nos apoyó incondicionalmente.

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada,

principalmente a Dios, quien nos dio su sabiduría y nos guió en este proceso,

a mis padres Milena y Oscar quienes con su amor siempre me apoyaron y me enseñaron a
ser valiente y no temer a las adversidades,

a mi nona Miryam, quien me ha cuidado toda mi vida, quien nunca dudo de mí, quien
siempre vio a una niña triunfadora, a ella le dedico este gran logro,

a mis hermanos, Daniel, Sofia, Angie y a toda mi familia, quienes estuvieron para mí,
para resaltar mis potenciales y recordarme lo grande que puedo llegar a ser,

a mi compañero de tesis y pareja Wilmer Rodríguez, quien con su amor, paciencia,
dedicación y esfuerzo logramos esta nueva meta en nuestra vida,

finalmente, a mis amigos Paula, Angie, Mónica y Nicolás, quienes me acompañaron en
este proceso, y pasamos los mejores momentos de esta gran etapa.

~ Alejandra Quintero Vargas

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Objetivos.....	12
1.1. Objetivo general.....	12
1.2. Objetivos específicos	12
2. Estado del arte	13
3. Descripción metodológica	15
3.1. Primera etapa	15
3.2. Segunda etapa	16
3.3. Tercera etapa.....	16
3.4. Diagrama de flujo de la metodología.....	18
4. Resultados.....	19
4.1. Descripción técnica de la estación objeto de estudio.....	19
4.2. Identificación de equipos requeridos para acondicionar facilidades de recibo de GLP	24
4.3. Adaptación de facilidades a la estación objeto de estudio para habilitar operaciones de recibo de GLP externo	29
5. Conclusiones.....	35
6. Recomendaciones	36
Referencias Bibliográficas	37

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Simbología y nomenclatura de equipos e instrumentos de medición presentes en la estación de productos blancos PY.....	23
Tabla 2. Densidades promedio reportadas por las fuente de suministro de GLP en Colombia durante los años 2005 a 2016, UPME.....	28
Tabla 3. Propiedades físicas del propano y butano reportadas por la GPSA.....	29
Tabla 4. Simbología y nomenclatura de equipos e instrumentos de medición adaptados a la estación de productos blancos PY.....	33
Tabla 5. Características de la bala de almacenamiento de propano (TK-101)	41
Tabla 6. Características de la bala de almacenamiento de propano (TK-102)	42
Tabla 7. Características de la bala de almacenamiento de butano (TK-103).....	43
Tabla 8. Características de la bala de almacenamiento de butano (TK-104).....	44
Tabla 9. Características de la bala de almacenamiento de gasolina (TK-105)	45
Tabla 10. Características de la bala de almacenamiento de gasolina (TK-106)	46
Tabla 11. Características de la válvula de seguridad (PSV-101).....	47
Tabla 12. Características de la válvula de seguridad (PSV-102).....	48
Tabla 13. Características de la válvula de seguridad (PSV-103).....	49
Tabla 14. Características de la válvula de seguridad (PSV-104).....	50
Tabla 15. Características de la válvula de seguridad (PSV-105).....	51
Tabla 16. Características de la válvula de seguridad (PSV-106).....	52
Tabla 17. Características de la bala de almacenamiento de GLP (TK-107).....	53
Tabla 18. Características de la válvula de seguridad (PSV-107).....	54

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología	18
Figura 2. Diagrama de flujo de proceso actual de la estación de productos blancos PY	22
Figura 3. Diagrama de flujo de proceso con la facilidad de recibo de GLP propuesta	32
Figura 4. Diagrama de flujo de proceso para la recomendación 1	55
Figura 5. Diagrama de flujo de proceso para la recomendación 2	56

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Características de los tanques de almacenamiento presentes en la estación.....	41
Apéndice B. Características de las válvulas de alivio de presión presentes en la estación.....	47
Apéndice C. Características del tanque de almacenamiento para GLP	53
Apéndice D. Características de la válvula de alivio de presión para el tanque de almacenamiento de GLP	54
Apéndice E. Diagrama de flujo de proceso con una corriente que se dirija a la torre depropanizadora.....	55
Apéndice F. Diagrama de flujo de proceso para hacer uso de los equipos y elementos presentes en la estación.....	56

Resumen

Título: Estudio conceptual para la adecuación de una estación de almacenamiento y despacho de GLP, caso de estudio*

Autor: Alejandra Quintero Vargas, Wilmer Alexis Rodríguez Vargas**

Palabras Clave: Adecuación, gas licuado del petróleo, carro cisterna, normatividad, variables de proceso.

Descripción: En la siguiente investigación se llevó a cabo el estudio conceptual para la adecuación de la facilidad de recibo de gas licuado del petróleo (GLP) proveniente de carro cisterna a la estación de productos blancos PY; la metodología usada se basó en recopilar información referente al estado y funcionamiento actual de la estación, lo cual fue evidenciado en un diagrama de flujo de proceso, por otra parte, se realizó una búsqueda bibliográfica de la normatividad vigente aplicable al caso de estudio con la cual fue posible determinar que las condiciones actuales de la estación cumplían con cierto porcentaje de los requisitos técnicos mínimos para un correcto y seguro funcionamiento, además aplicando la normatividad consultada y los conocimientos ingenieriles se definieron los equipos y sus características necesarias para ser implementados en la estación. Finalmente, con base en la información técnica disponible de la estación de productos blancos PY, se pudo establecer la facilidad y los valores estimados a las variables de proceso que permiten realizar la extracción de GLP desde un carro cisterna hacia el tanque de almacenamiento, por lo cual, se realizó un nuevo diagrama de flujo de proceso en donde se estructuraron las etapas a ejecutar para agregar la facilidad de recibo de GLP.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de ingeniería Química. Director: Carlos Augusto Godoy Ruiz. Especialista en Ingeniería del Gas. Codirector: Hernando Guerrero Amaya. Ph.D. Electroquímica, Ciencia y Tecnología.

Abstract

Title: Conceptual study for the adaptation of a LPG storage and dispatch station, case study

Author: Alejandra Quintero Vargas, Wilmer Alexis Rodríguez Vargas

Keywords: adequacy, liquefied petroleum gas, tank car, normativity, process variables.

Description: In the following investigation, the conceptual study was carried out for the adaptation of the installation for the reception of liquefied petroleum gas (LPG) from a tank car to the white products station PY; the methodology used was based on the collection of information on the current status and operation of the station, which was evidenced in a process flow diagram, on the other hand, a bibliographic search of the current regulations applicable to the case study was carried out with which it was possible to determine that the current conditions of the station met a certain percentage of the minimum technical requirements for adequate and safe operation, in addition, applying the consulted regulations and engineering knowledge, were defined the equipment and its characteristics necessary to be implemented in the station. Finally, based on the technical information available from the PY white products station, it was possible to establish the ease and the estimated values of the process variables that allow the extraction of LPG from a tank car to the storage tank, therefore, a new process flow diagram was made where the stages to be executed were structured to add the ease of receiving LPG.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Chemical Engineering. School of Chemical Engineering. Advisor: Carlos Augusto Godoy Ruiz. Gas Engineering Specialist. Co-advisor: Hernando Guerrero Amaya. Ph.D. Electrochemistry. Science and Technology.

Introducción

Un campo de producción de crudo y gas natural ubicado en el Magdalena Medio y operado por una empresa del sector de hidrocarburos llamada PSC, tienen en sus facilidades una planta de procesamiento de gas natural, que como resultado de su actividad genera líquidos de gas natural (LGN o productos blancos) fraccionados en propano licuado, butano licuado (su mezcla denominada gas licuado del petróleo o GLP) y gasolina natural (mezcla de hidrocarburos donde predomina pentanos, hexanos y heptanos), los cuales son almacenados de forma independiente en tanques horizontales presurizados (balas de almacenamiento) para posteriormente ser despachados a través de camión cisterna o poliducto de acuerdo con el requerimiento operacional. Toda esta infraestructura hace parte de la estación de almacenamiento y despacho de productos blancos, denominada “estación de productos blancos PY”. Sin embargo, debido a recientes necesidades de recibo de algunos de estos productos a través de camión cisterna, se ha evidenciado limitaciones en este aspecto ya que la estación no cuenta con estas facilidades.

Tomando en consideración que la estación se encuentra en la cuenca del Magdalena Medio, periferia del área de influencia de la refinería de Barrancabermeja (GRB); y cuenta con una conexión directa a la GRB a través del poliducto dedicado al transporte y el creciente mercado de GLP; la compañía PSC ha reflejado la importancia e interés en diseñar, calcular y adaptar las actuales facilidades de la estación de productos blancos PY para habilitar la opción de recibo de producto transportado a través de carros cisterna.

Dada la limitación anterior, se considera pertinente realizar una descripción de la estación actual de almacenamiento y despacho para identificar las adaptaciones que se deben incorporar para transformarla en una estación de recibo, almacenamiento y despacho basándose en la

normatividad vigente. La pregunta que debería resolverse en este proyecto es: ¿Cuáles son las facilidades y adecuaciones en términos de la ingeniería de procesos que deben ser incorporadas a la actual estación de productos blancos PY para habilitar el recibo de productos a través de camión cisterna?

En el siguiente caso de estudio se presentará una propuesta para la implementación de la facilidad de recibo de productos blancos provenientes de carro cisterna a partir de la investigación y aplicación de la normatividad vigente, y casos de estudio previamente realizados a plantas asociadas a la industria del GLP. La investigación realizada se divide principalmente en tres secciones, la primera sección se basa en recopilar información referente a la estación de productos blancos PY, contextualizar dicha estación y definir los equipos y algunas variables de proceso mediante la realización de un diagrama de flujo de proceso (PFD); la segunda sección presenta un análisis de los equipos y elementos de proceso de la estación, con el fin de definir su posible uso basados en la normatividad aplicable y las propiedades de los fluidos de trabajo, además, en esta sección se definen los equipos necesarios para implementar la adecuación a la estación de almacenamiento PY teniendo en cuenta los requerimientos mínimos definidos por la normatividad; finalmente se genera una descripción de la adaptación realizada y como entregable se obtiene un nuevo PFD.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Desarrollar un estudio conceptual para la adecuación de una estación de almacenamiento y despacho de GLP, adaptando facilidades de recibo de productos blancos transportados a través de carro cisternas

1.2. Objetivos específicos

Recopilar la información técnica asociada al estado actual de la estación de almacenamiento y despacho de productos blancos del caso de estudio, mediante la consolidación y depuración de información de campo para delimitar las principales variables de proceso

Identificar los requerimientos técnicos para la adecuación de la estación de almacenamiento y despacho de GLP, mediante la revisión de la normatividad vigente aplicable al caso de estudio

Establecer las especificaciones técnicas a nivel conceptual para la adecuación de las facilidades del caso de estudio, mediante la realización de cálculos de ingeniería y uso de la normatividad vigente

2. Estado del arte

El GLP es una mezcla de hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo, gaseosos en condiciones atmosféricas, que se licuan fácilmente por enfriamiento o compresión. Principalmente constituido por propano y butano (Ministerio de Minas y Energía [Minenergía], 2016a). En Colombia es empleado por el sector residencial de manera minorista mediante la venta de cilindros principalmente, además de los sectores comerciales e industriales mediante la venta de tanques estacionarios y a través de redes de GLP; históricamente el principal sector de consumo de GLP siempre ha sido el sector residencial, sin embargo, los sectores que han jalonado la demanda en los últimos años han sido el comercial e industrial (Minenergía, 2019).

Entre las características destacadas del GLP, se encuentra el alto grado de volatilidad e inflamabilidad, a su vez, este puede expulsar gases hidrocarburos que disminuyen la concentración de oxígeno en el aire, lo cual resulta siendo asfixiante y tóxico por inhalación para las personas (Gutiérrez Quiñonez, 2016), razón por la cual las etapas de transporte, almacenamiento, recibo y despacho, son consideradas de alto riesgo; en consecuencia, la industria del GLP y en especial la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) han desarrollado una serie de normas y regulaciones muy estrictas sobre el diseño, manufactura e instalación de equipos que cumplan con estas actividades, las cuales son revisadas y actualizadas permanentemente (Minenergía, 2013), entre dicha serie de normas se destaca la NTC 3853 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), la resolución numero 4 0246 del Ministerio de Minas y Energía, y en general un número significativo de normas, resoluciones y decretos dedicados al mejoramiento de las actividades en que se haga uso de GLP.

En primer lugar, el transporte de GLP en Colombia se realiza a través de los siguientes medios: terrestre, propanoductos, poliductos, marítimo, fluvial y ferroviario (Minenergía, 2016b); para el caso de estudio del medio terrestre se destaca el uso de carro cisterna, los cuales son usados primordialmente para retirar el producto de fuentes de producción que no se encuentran interconectadas con ductos de transporte, de manera tal que son dirigidos a plantas de almacenamiento de GLP o plantas de envasado de cilindros (Minenergía, 2019).

Por otro lado, el almacenamiento de GLP es considerado necesario en todos los eslabones de la cadena de valor del GLP, pues de él se valen productores, importadores, comercializadores, transportadores y distribuidores para respaldar comercial y operativamente las actividades que ejercen (Minenergía, 2005); los sistemas de almacenamiento se clasifican en tanques estacionarios y semiestacionarios, los cuales deben estar rotulados con las especificaciones técnicas de fabricación y contar con elementos de seguridad que faciliten el manejo del producto; en el caso de los tanques estacionarios, deben estar anclados para evitar que floten (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 1996), según la norma.

En el caso de las etapas de recibo y despacho es indispensable unificar criterios de seguridad, por lo cual se ha considerado pertinente incluir medidores de flujo másico de tipo Coriolis que proporcionan ventajas respecto a los medidores volumétricos, ya que permiten mediciones precisas del flujo másico, flujo volumétrico, densidad y temperatura, sin la necesidad de implementar más instrumentos de medición lo que podría incrementar los costos operativos del medidor (Bermúdez Jaimes, 2018); su funcionamiento se basa en el efecto Coriolis y se encuentra conformado por un sensor y un transmisor, los cuales gracias a la corriente de flujo generan una fuerza de Coriolis que es directamente proporcional al flujo donde la magnitud de la fuerza puede ser detectada y convertida a flujo másico (Ecopetrol, 2008).

De manera general el manejo y utilización de productos blancos genera riesgos hacia las personas y construcciones cercanas, los cuales no pueden ser eliminados, pero si pueden ser minimizados si se manejan de manera adecuada; muchos de los problemas que incrementan el riesgo entorno al manejo de estos productos, radican en el desconocimiento de Normas Técnicas vigentes al momento de intervenir los sistemas de GLP, además de su incumplimiento pues en muchos casos la orientación, ubicación y medidas de las instalaciones no son las adecuadas. Todos estos problemas han ocasionado múltiples accidentes, de los cuales, el efecto BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion / Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición) es el más peligroso (Venegas Vásquez, 2018).

En este caso de estudio, es indispensable conocer las normas y riesgos que produce el manejo de GLP, para generar una nueva distribución con la mayor seguridad posible para cada una de las etapas de recibo, almacenamiento y despacho.

3. Descripción metodológica

La metodología aplicada para cumplir los objetivos propuestos se llevó a cabo en tres etapas, las cuales se desarrollaron de la siguiente manera:

3.1. Primera etapa

A partir de la información suministrada por parte de la empresa PSC, se contextualizo y describió en términos de proceso la estación de productos blancos PY; para establecer las facilidades de proceso existentes, se determinaron los equipos presentes en su operación y las características de algunos de estos, las cuales se encuentran en el Apéndice A y B, se definió el

estado en que los fluidos circulan por las líneas de flujo, el trabajo y flujo de cada una de las bombas utilizadas en el proceso y los valores de referencia (Set Point) para sistemas de control y seguridad. Así mismo, se realizó el diagrama de flujo de proceso correspondiente a la estación actual de almacenamiento y despacho y en base a este, se definieron las posibilidades de agregar nuevos equipos para adaptar la facilidad de recibo de productos transportados en carro cisterna.

3.2. Segunda etapa

Se realizó la búsqueda, lectura e interpretación de normatividad vigente mediante los documentos publicados de manera virtual por instituciones gubernamentales e internacionales tales como: Ministerio de Minas y Energías, CREG, ICONTEC, entre otros, además de casos de estudio y artículos de diseño; donde se evidenciaron los requerimientos mínimos tanto técnicos como legales, para realizar modificaciones a la estación de almacenamiento y despacho de GLP.

En primera instancia y con el fin de corroborar que la infraestructura de la estación de productos blancos PY y su funcionamiento cumpla los requerimientos mínimos implementados se verificaron sus equipos y sistemas en base a la normatividad, luego se optó por proponer nuevos equipos con características similares a los existentes para agregar la facilidad.

3.3. Tercera etapa

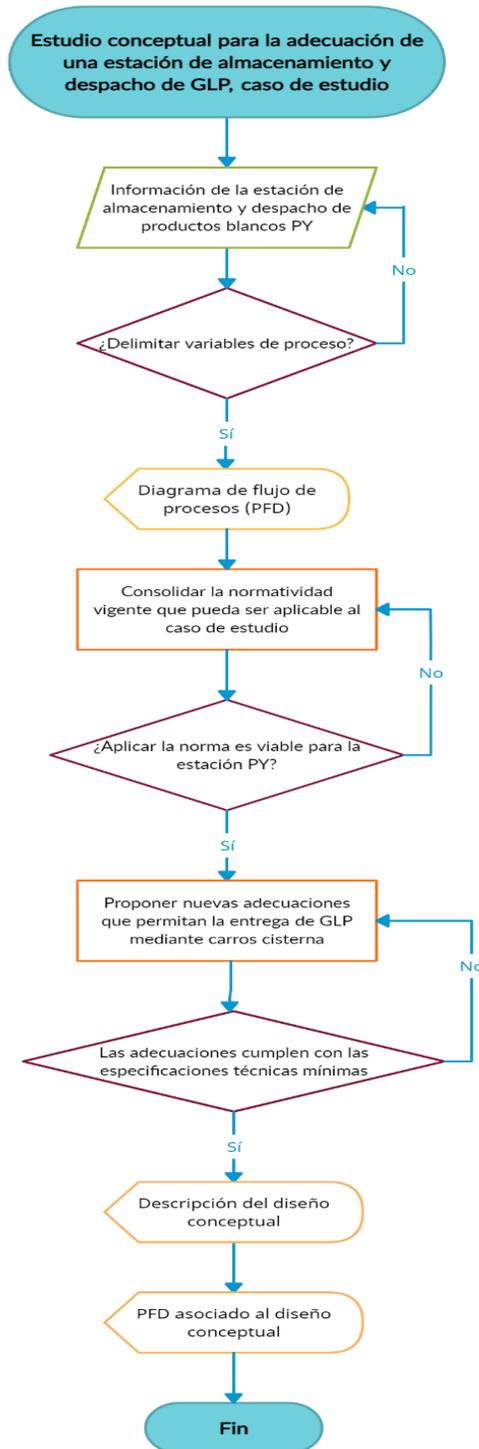
Luego de realizar la contextualización a la estación y revisando los requisitos mínimos para adaptar la facilidad de recibo de producto transportado en carro cisterna, se desarrollaron los cálculos de ingeniería para los equipos de proceso definidos en los Apéndices y se definieron las especificaciones técnicas mínimas conceptuales para proyectar una inversión mínima; finalizando las actividades propuestas, se adaptó el nuevo sistema de recibo de productos blancos

transportados en carro cisterna y se realizó un nuevo PFD en el cual se evidenciaron las actualizaciones y facilidades incorporadas, para la mejora de la estación de productos blancos PY.

3.4. Diagrama de flujo de la metodología

Figura 1

Diagrama de flujo de la metodología



4. Resultados

4.1. Descripción técnica de la estación objeto de estudio

Las actividades realizadas por la empresa PSC dan como resultado líquidos de gas natural (LGN) segregados en propano licuado, butano licuado (estos dos denominados GLP) y gasolina natural, los cuales son almacenados en la estación de productos blancos PY. La obtención de estos líquidos y su correspondiente almacenamiento se da de la siguiente forma:

La planta de procesamiento de gas PY produce una mezcla de LGN como resultado de la etapa de remoción de los hidrocarburos C₃+ presentes en el gas de entrada. Este fluido es enviado a la torre depropanizadora en la cual se separa y condensa por el tope propano puro (sobre el 90%) que es almacenado en los tanques TK-101 y TK-102; por el fondo de la torre depropanizadora se obtiene una mezcla de butano y gasolina natural, esta corriente es llevada a la torre debutanizadora en la cual se separa y condensa por el tope butano que es almacenado en los tanques TK-103 y TK-104 (entre las ventajas que presenta el tanque TK-104 se encuentra la capacidad de almacenar gasolina natural); por el fondo de la torre debutanizadora se obtiene una mezcla de hidrocarburos pesados conocida como gasolina natural y esta corriente es llevada a los tanques TK-105 y TK-106. Actualmente la empresa cuenta con seis tanques de almacenamiento dedicados a las funciones anteriormente descritas.

Cada uno de los tanques cuenta con una capacidad de almacenamiento de 30.000 galones, construidos en acero al carbón, trabajan en posición horizontal y cuentan con cuatro corrientes principales: una de entrada, una de salida, una de drenaje y una de venteo de vapores conectada a una TEA; sus elementos de proceso se componen de una válvula de seguridad multietapas de

presión y acción directa, un sistema de indicador-transmisor de nivel electrónico, un sistema de indicador-transmisor de temperatura, un sistema de indicador-transmisor de densidad, un indicador de nivel análogo y un indicador de presión. A la entrada de cada tanque se encuentra una válvula de bola y a la salida se encuentra una válvula de doble bloqueo y purga.

La presión de activación de las válvulas de seguridad en los tanques varía dependiendo de la presión de vapor del componente contenido en la bala, en el caso de las balas que almacenan propano las válvulas PSV-101 y PSV-102, se activan a una presión de 250 psi; para las balas que almacenan butano las válvulas PSV-103 y PSV-104, se activan a una presión de 55 psi y en el caso de las balas que almacenan gasolina natural las válvulas PSV-105 y PSV-106, se activan a una presión de 25 psi. Las demás características de cada uno de los tanques de almacenamiento y válvulas de seguridad se encuentran en los Apéndices A y B.

La salida de los tanques se encuentra conectada a tres bombas P-101, P-102 y P-103, la bomba P-103 es centrífuga horizontal, se dispone solamente para impulsar gasolina y máximo puede trabajar hasta 50 psi de descarga con un flujo volumétrico de 80 gal/min, las bombas P-101 y P-102 son centrífugas verticales multietapas usadas para impulsar propano y butano, las cuales pueden trabajar hasta 250 psi de descarga con un flujo volumétrico de 100 a 150 gal/min. En las corrientes de entrada y salida de las bombas se encuentra una válvula de bola, además en seguida a la válvula de bola presente en la corriente de salida existe una válvula antirretorno (check), las bombas podrán ser utilizadas de manera individual o grupal (máximo dos con un mismo fluido) dependiendo de la apertura de las corrientes de flujo; el paso del fluido por líneas de flujo es controlado por tres válvulas de bola las cuales dividen, aíslan y habilitar el paso del fluido a la bomba correspondiente.

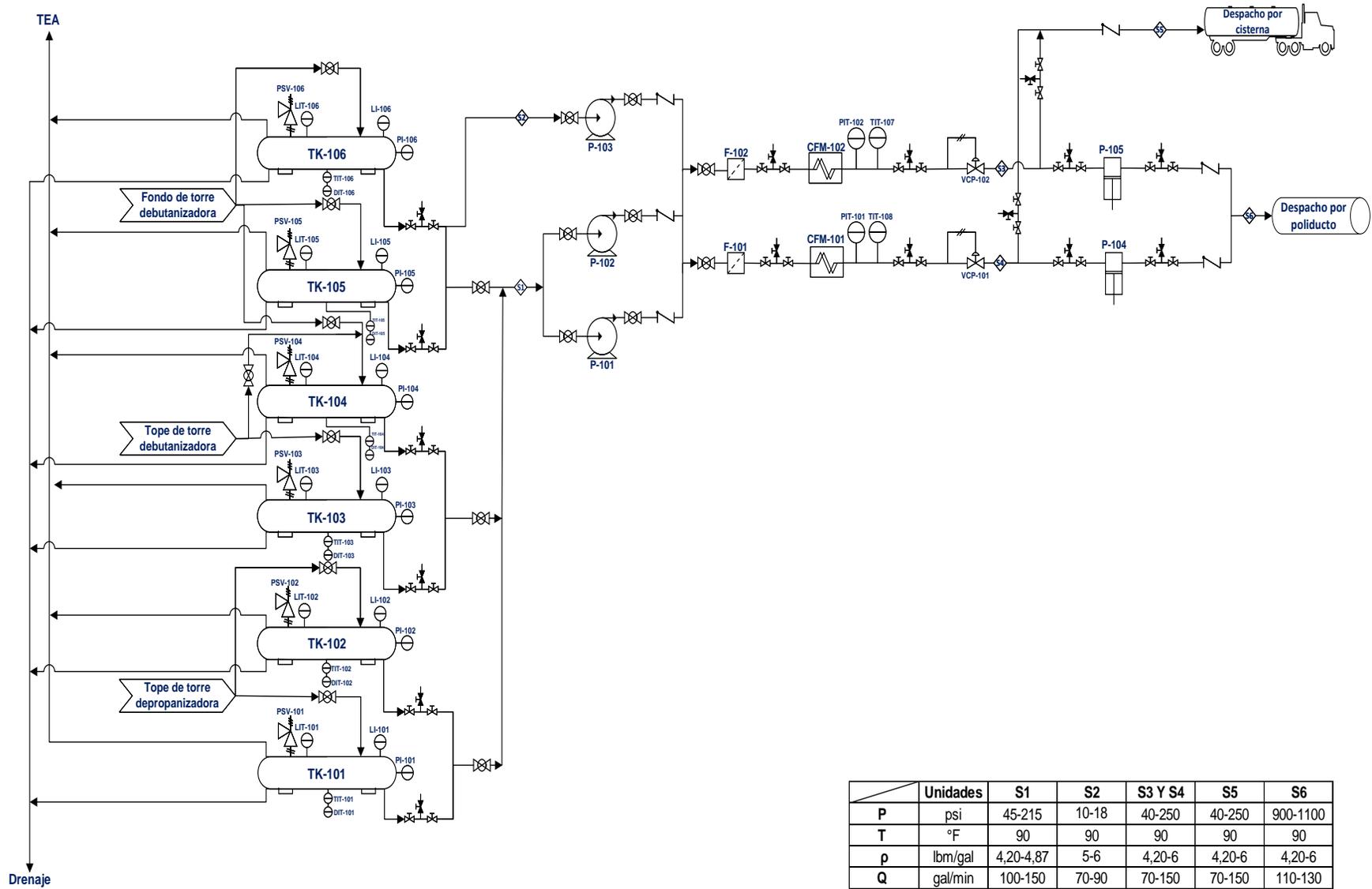
Al salir de las bombas el fluido de trabajo pasa por un filtro de malla y luego se dirige a un medidor de tipo Coriolis, seguido de un indicador-transmisor de presión y un indicador-transmisor de temperatura; antes del medidor Coriolis y después de los indicadores-transmisores se dispone de una válvula de doble bloqueo y purga. Luego, el paso del fluido es moderado por una válvula de control de presión corriente arriba (back pressure) con la cual se garantiza el estado del fluido, cabe aclarar, que se debe trabajar en fase líquida para asegurar el correcto funcionamiento del medidor Coriolis.

En este punto de la operación de despacho se define si el producto será entregado a un camión cisterna o a través del poliducto, ya que, si la operación es el despacho de producto a un camión cisterna, el fluido se desplaza solo con las bombas internas (P-101, P-102, P-103); mientras que si la operación es el despacho de producto a través del poliducto el fluido es impulsado con las bombas P-104 y P-105, las cuales son bombas desplazamiento positivo y trabajan a 450 lb de descarga con un flujo volumétrico de 120 gal/min, con un mecanismo de pistones que impulsan el fluido de 150 psi a 1.000 psi para entregarlo al poliducto; en las líneas de carga y descarga de estas bombas se encuentra una válvula de doble bloqueo y purga, además, antes de la entregar el producto al poliducto o al camión cisterna, se cuenta con una válvula antirretorno para asegurar el cierre e impermeabilización total de la línea de flujo en caso de que no se encuentre en operación.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de proceso actual de la estación de productos blancos PY en la Figura 2, mediante la representación de equipos tomada del programa Microsoft Visio.

Figura 2

Diagrama de flujo de proceso actual de la estación de productos blancos PY

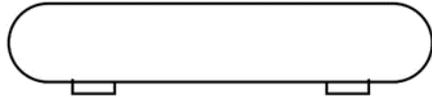


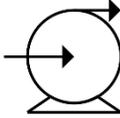
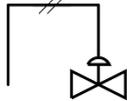
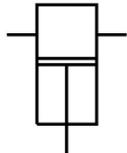
	Unidades	S1	S2	S3 Y S4	S5	S6
P	psi	45-215	10-18	40-250	40-250	900-1100
T	°F	90	90	90	90	90
p	lbm/gal	4,20-4,87	5-6	4,20-6	4,20-6	4,20-6
Q	gal/min	100-150	70-90	70-150	70-150	110-130

Los equipos e instrumentos de medición del diagrama de flujo de proceso se pueden identificar en la Tabla 1:

Tabla 1

Simbología y nomenclatura de equipos e instrumentos de medición presentes en la estación de productos blancos PY

Equipo	Nomenclatura	Símbolo
Tanque de almacenamiento	TK	
Válvula de seguridad	PSV	
Indicador-transmisor de nivel	LIT	
Indicador de nivel	LI	
Indicador de presión	PI	
Indicador-transmisor de densidad	DIT	

Bomba centrífuga	P	
Filtro malla	F	
Medidor de tipo Coriolis	CFM	
Válvula de control de presión	PCV	
Indicador-transmisor de presión	PIT	
Indicador-transmisor de temperatura	TIT	
Bomba de desplazamiento positivo	P	

4.2. Identificación de equipos requeridos para acondicionar facilidades de recibo de GLP

Para agregar la facilidad de recibo de GLP externo, es necesario realizar un análisis de algunas de las propiedades reportadas por diferentes entidades asociadas al campo minero energético, con el fin de proponer nuevos equipos, elementos de proceso y estudiar la posibilidad

de hacer uso de los equipos de proceso existentes, comparando las características de los fluidos, para demandar una menor inversión. Realizando un análisis de la información actual de la estación en base a la literatura (normas nacionales e internacionales), se determinó que la estación de productos blancos PY se encuentra en condiciones aptas para la operación, dichas normas serán mencionadas a lo largo de la sección.

Como primera medida, es indispensable agregar un nuevo tanque de almacenamiento a la estación PY, ya que los seis tanques de almacenamiento presentes se encuentran en uso continuo con fluidos específicos definidos anteriormente; el diseño y capacidad del nuevo tanque de almacenamiento será igual a los presentes en la estación, dado que fueron fabricados bajo el código ASME (1962), en sus secciones: sección II: especificaciones de materiales, sección V: pruebas no destructivas, sección VIII: diseño, fabricación e inspección de tanques y recipientes de presión, sección IX: requisitos de soldadura; y actualmente cumplen con lo estipulado en dicho código.

Por otra parte, los tanques y estructuras presentes en la estación cumplen con los lineamientos estipulados en la norma NTC 3853, por lo cual, para el caso de estudio y al momento de instalación de la facilidad, se propone usar estructuras y distribuciones similares, generando criterios de decisión a partir de dicha norma o resolución que la modifique.

Tomando en consideración los argumentos presentados, el tanque de almacenamiento dispondrá de una capacidad de 30.000 galones, será construido en acero al carbón y estará dispuesto en posición horizontal y estacionaria, contara con cinco corrientes principales: dos de entrada (GLP líquido, vapor de GLP) , una de salida, una de drenaje y una de venteo de vapores conectada a una TEA; las demás características propuestas para este equipo se encuentran descritas en el Apéndice C; y se considera que será construido bajo el código ASME al igual de los tanques presentes en la estación.

En el tanque de almacenamiento se dispondrá de otros elementos de proceso como lo son un sistema de indicador-transmisor de nivel electrónico, un sistema de indicador-transmisor de temperatura, un sistema de indicador-transmisor de densidad, un indicador de nivel análogo y un indicador de presión; por otra parte y basándose en la estructura actual de la estación, el tanque contara con una válvula de seguridad multietapas de presión y acción directa similar a las presentes en la planta (Apéndice D), ya que al agregar estos sistemas o dispositivos se cumple con los requerimientos presentes en la Tabla 1.3 de la norma NTC 3853; por su parte, se espera que la válvula de seguridad cumpla con los alineamientos de la norma API 520, su presión de activación será de 150 psi, siendo consecuentes a la necesidad de mantener el fluido en estado líquido, pues la presión de vapor del GLP oscila sobre los 106 psi (Repsol, 2016).

La operación de trasiego del carro cisterna al tanque de almacenamiento se efectúa por bombeo hasta que la presión del tanque disminuya a un valor igual o menor a la presión de vapor de GLP, momento en el cual el GLP contenido en el carro cisterna se encuentra como vapor, de tal manera que la extracción de GLP del carro cisterna continua mediante su compresión. En este sentido se debe contar con una bomba, un compresor y otros equipos necesarios para realizar la operación de trasiego.

Para comprimir los vapores contenidos, se requiere de un compresor reciproco que eleve su presión de 106 psi o menos a 350 psi o menos, lo que dependerá de la eficiencia que pueda ofrecer el compresor a la presión de entrada; teniendo en cuenta que todo sistema de compresión requiere a su salida un proceso de enfriamiento a presión constante para llevar el fluido a la fase líquida, se opta por instalar un aroenfriador para enfriar el GLP gaseoso proveniente de la compresión hasta lograr su condensación (Salazar Rodríguez, 2014), y un tanque vertical que sirva de acumulador de la fase líquida y separador de vapor (depurador o scrubber).

Por otra parte, para cuantificar la cantidad de vapor que ingresara al tanque de almacenamiento se debe disponer de un medidor de tipo platina de orificio concéntrico, que a su vez, requiere de un enderezador de vena para dar una dirección y velocidad específica al fluido y así solucionar inconvenientes producidos por flujo turbulento (Campos López, 2008); y según lo indicado en la norma NTC 3853, se debe contar con un indicador transmisor de presión y un indicador transmisor de temperatura en la línea de flujo para dar seguimiento a los procesos realizados.

Para bombear el GLP, se requiere de una bomba que será definida más adelante, así mismo, es necesario contar con un filtro malla que retenga posibles impurezas presentes en la corriente de GLP, un medidor de tipo Coriolis para cuantificar la cantidad de fluido líquido recibido, pues es considerado un medidor preciso que ofrece múltiples datos, y en base a la distribución actual de la planta para brindar mayor seguridad se debe contar con un indicador transmisor de presión y un indicador transmisor de temperatura, según lo indicado en la norma NTC 3853.

Para definir el tipo de bomba utilizada en la operación de trasiego y justificar el uso de las bombas P-101 y P-102 presentes en la estación de productos blancos PY, se compara la densidad y presión de vapor de los productos impulsados por estas (propano, butano y GLP); de manera que se buscan similitudes o rangos de trabajo en los cuales las bombas puedan operar de forma eficiente.

De acuerdo con las composiciones del GLP reportadas por la unidad de planeación minero-energética (UPME) para cada una de las fuentes de suministro de GLP en Colombia a lo largo de los años 2005 a 2016, la densidad promedio reportada se observa en la Tabla 2:

Tabla 2

Densidades promedio reportadas por las fuente de suministro de GLP en Colombia durante los años 2005 a 2016, UPME

Fuente de suministro	Densidad (Kg/gal)	Densidad (lbm/gal)
Refinería de Barrancabermeja	2,1624	4,7673
Refinería de Cartagena	2,0253	4,4650
Refinería de Apiay	2,0386	4,4943
Cusiana	2,0225	4,4588
Dina	2,0244	4,4630
Toqui-Toqui	2,0820	4,5900

Por otra parte, la presión de vapor del GLP varía dependiendo de su composición, es decir, depende de la cantidad de propano y butano que lo compone, por lo cual se garantiza que la presión de vapor de GLP se encuentra definida en el rango de la presión de vapor de propano puro y butano puro (196 y 37 psi respectivamente a 100 °F) (ICONTEC, 1996), además según la ficha de seguridad de GLP proporcionada por REPSOL se tiene que la presión de vapor del GLP es 7,5 kg/cm²; lo que equivale a 106,68 psi (Repsol, 2016).

En el caso del propano y butano, sus densidades y presión de vapor fueron tomadas de los valores reportados por la GPSA (Gas Processors Suppliers Association) a 60 °F y 100 °F respectivamente, estos datos son mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3

Propiedades físicas del propano y butano reportadas por la GPSA

Producto	Densidad (lbm/gal)	Presión de Vapor (Psi)
Propano	4,2285	188,6200
Butano	4,8706	51,5670

Teniendo en cuenta las propiedades reportadas para cada fluido (GLP, propano y butano) se puede observar que las mayores densidades reportadas por las fuentes de suministro de GLP son similares o se encuentran en el rango de las densidades de propano y butano, al igual que su presión de vapor; por lo cual se garantiza que es posible disponer de las bombas P-101 y P-102 para impulsar el GLP; así mismo se prone que la bomba necesaria para la operación de trasiego de GLP tenga características similares a las bombas anteriormente mencionadas, es decir, que sea centrífuga vertical multietapas y que pueda trabajar hasta 250 psi de descarga con un flujo volumétrico de 100 a 150 gal/min, pues a estas condiciones se garantiza que ingrese GLP líquido al tanque de almacenamiento.

4.3. Adaptación de facilidades a la estación objeto de estudio para habilitar operaciones de recibo de GLP externo

La facilidad de recibo de GLP proveniente de carro cisterna se encuentra definida por la operación de trasiego del fluido descrita anteriormente mediante bombeo y compresión; para iniciar la operación de trasiego, se conecta el carro cisterna a la estructura mediante mangueras especializadas que brindan seguridad en caso de fallas o emergencias que ocurran en el proceso.

Al salir del carro cisterna el paso de GLP se encuentra restringido por una válvula de doble bloqueo y purga, luego es impulsado por la bomba P-106 que al igual a las bombas presentes en

la estación cuenta con una válvula de bola en su corriente de entrada y salida, seguido de la válvula de la corriente de salida se encuentra una válvula antirretorno; al salir de la bomba el GLP pasa por un filtro de malla y luego se dirige a un medidor de tipo Coriolis, un indicador-transmisor de presión y un indicador-transmisor de temperatura; antes del medidor Coriolis y después de los indicadores-transmisores se dispone de una válvula de doble bloqueo y purga.

Posteriormente, el paso del fluido es moderado por una válvula de control de presión corriente arriba (back pressure) con la cual se garantiza el estado líquido del GLP, para así ser depositado en el tanque TK-107.

El GLP contenido por la cisterna en forma de vapores se extrae mediante el sistema de compresión compuesto por el compresor RC-101, el aerofriador AC-101 y el scrubber VS-101, este último cuenta con un switch valor bajo de nivel (alarma de nivel bajo) el cual emite una señal neumática para abrir o cerrar la válvula de control presente en la corriente de salida de líquido del tanque, esta corriente cuenta con una válvula de doble bloqueo y purga antes del punto de conexión a la corriente de succión de la bomba P-106 anteriormente descrita.

Por otra parte, la línea de vapores del scrubber se dirige al sistema de medición platina orificio, luego al indicador-transmisor de presión y al indicador-transmisor de temperatura; antes del medidor de gases y después de los indicadores-transmisores se dispone de una válvula de doble bloqueo y purga; esta corriente ingresa al tanque TK-107 y antes de este se dispone de una válvula antirretorno.

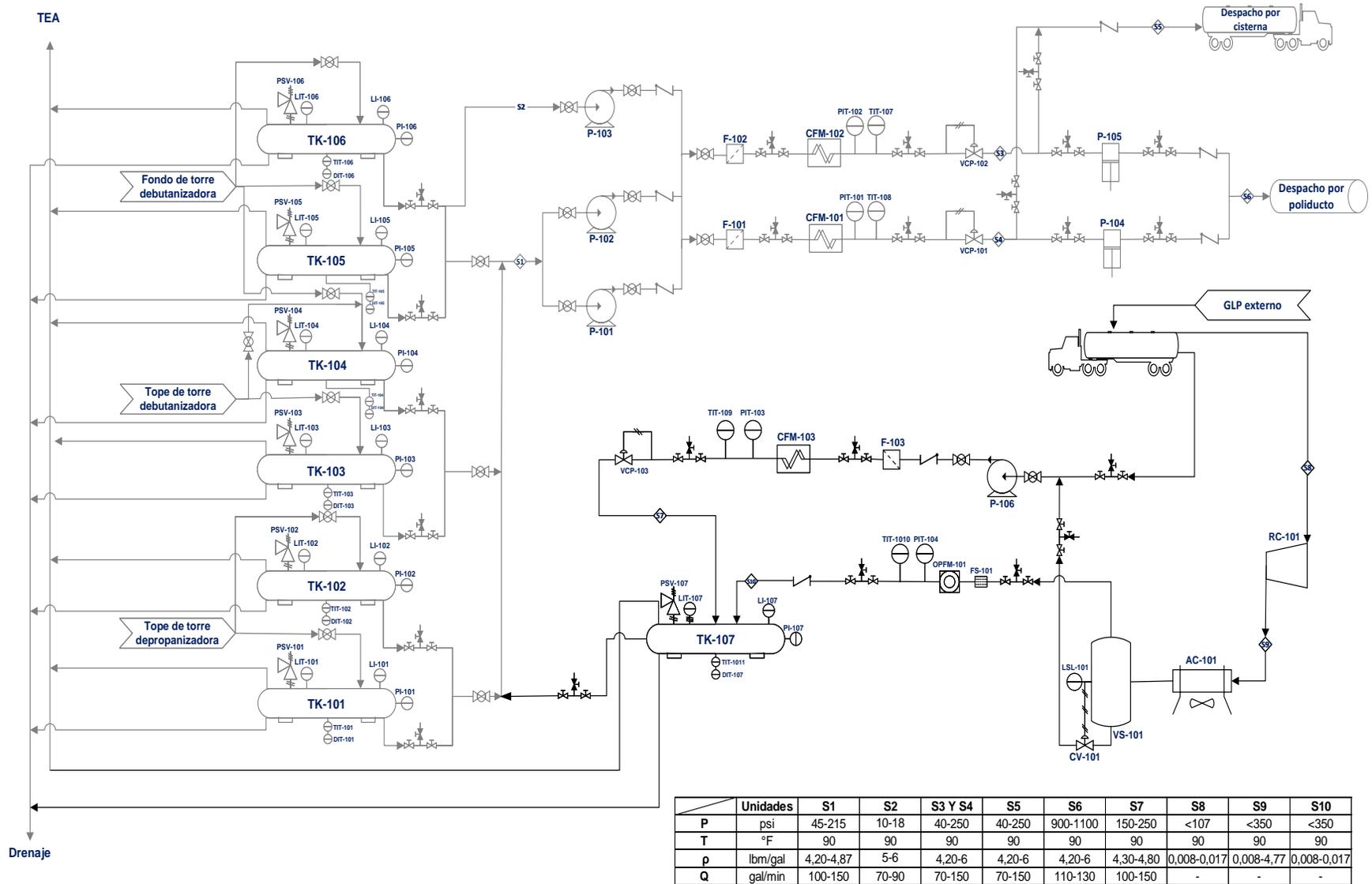
Teniendo en cuenta la contextualización realizada en la sección 4.1., los equipos y elementos de proceso agregados y características definidas en la sección 4.2., se define que la salida de GLP del tanque TK-107 se conecte a la corriente de succión de las bombas P-101 y P-

102, para que este producto sea entregado al poliducto; en la corriente de salida de este tanque de almacenamiento se dispone de una válvula de doble bloqueo y purga.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de proceso con la facilidad de recibo de GLP adaptada al PFD actual de la estación de productos blancos PY en la Figura 3, mediante la representación de equipos tomada del programa Microsoft Visio.

Figura 3

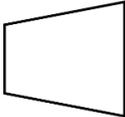
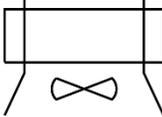
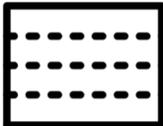
Diagrama de flujo de proceso con la facilidad de recibo de GLP propuesta



Los equipos e instrumentos de medición agregados al nuevo diagrama de flujo de proceso se pueden identificar en la Tabla 4:

Tabla 4

Simbología y nomenclatura de equipos e instrumentos de medición adaptados a la estación de productos blancos PY

Equipo	Nomenclatura	Símbolo
Compresor	RC	
Aeroenfriador	AC	
Depurador o scrubber	VS	
Switch valor bajo de nivel	LSL	
Válvula de control de flujo	CV	
Enderezador de vena	FS	

Medidor Platina de orificio	OPFM	
--------------------------------	------	------------------------------------------------------------------------------------

5. Conclusiones

En aras de contextualizar la estación de almacenamiento y despacho de GLP existente, se consideraron variables tales como la composición de los fluidos, sus características físicas principalmente densidad y presión de vapor; presión de trabajo de tanques de almacenamiento, líneas de transporte y distribución en el área designada; las cuales, permitieron definir el PFD actual y proyectar la adaptación de la facilidad de recibo de GLP.

En la actualidad se cuenta con una legislación y normatividad nacional vigente la cual se adapta a los actuales lineamientos técnicos internacionales asociados a la construcción de estaciones de almacenamiento y despacho de GLP, lo cual permite evidenciar que estaciones maduras como la del caso de estudio cumplen en un cierto porcentaje con los lineamientos debido a la dinámica de este sector.

Con base en la información técnica disponible de la estación de productos blancos PY y la normatividad colombiana, se plantean facilidades y valores estimados a las variables de proceso que permitan realizar la extracción de GLP desde un carro cisterna hacia el tanque de almacenamiento.

Durante la extracción del GLP líquido desde la cisterna mediante la bomba propuesta, la presión de la cisterna descenderá progresivamente llegando a valores inferiores a la presión de vapor del líquido (P_v) lo que generaría una evaporación del producto limitando la extracción total del fluido, para lo cual se considera un sistema de compresión con capacidad de succión a presión ($P \leq P_v$) y descarga ($P \geq P_v$).

6. Recomendaciones

Implementar en la corriente de salida del tanque de almacenamiento TK-107 una línea de flujo que dirija el GLP a la torre depropanizadora, con el fin de separar el butano y el propano, ya que estos compuestos se encuentran más valorados en el mercado, lo que implica un mayor margen de ganancia para la empresa; el diagrama de flujo propuesto se encuentra en el Apéndice E.

Realizar un estudio con el cual se puedan reducir gastos haciendo uso los medidores y las bombas P-101 y P-102 presentes en la estación, para realizar la operación de trasiego de productos líquidos provenientes de carro cisterna, y de esta manera no tener que implementar estos equipos; cabe aclarar que sería un proceso de alto riesgo para la empresa por lo cual es necesario evaluarlo; el diagrama de flujo propuesto se encuentra en el Apéndice F.

Referencias Bibliográficas

- American Petroleum Institute. (2015). Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices (6th edition) (API 520).
- ASME. (2004). BOILER & PRESSURE VESSEL CODE AN INTERNATIONAL CODE 2004
ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE AN INTERNATIONAL CODE. THE
AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.
- Bermúdez Jaimes, J H. (2018). EVALUACIÓN TECNICO-ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DINÁMICA PARA EL
BALANCE DE FLUIDOS (CRUDO-AGUA) ENTRE LAS ESTACIONES AUXILIAR,
ISLA IV E ISLA VI DEL CAMPO YARIGUI-CANTAGALLO. [Tesis de pregrado,
Universidad Industrial de Santander].
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172799.pdf>
- Campos López, O A. (2008). Programa de cómputo para dimensionar medidores de flujo por
presión diferencial en líquidos. [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional].
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/30/1/Tesis%20Omar%20Campos.pdf>
- CENAM. (2011). Validación del uso de los Medidores de Flujo Másico Tipo Coriolis como
Patrones de Referencia en Aplicaciones de Transferencia de Custodia. (p. 58-60).
Municipio del Marqués, Querétaro: Centro Nacional de Metrología.
- Ecopetrol. (2008). MANUAL DE MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS, MEDICION
DINÁMICA.

- Gutiérrez Quiñonez, T V. (2016). ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL MANEJO DE GLP DURANTE TODO EL PROCESO LOGÍSTICO DE LA EMPRESA KINGAS [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20896/1/TESIS%20COMPLETA%20TATIANA%20GUTIERREZ.pdf>
- ICONTEC. (1996). Norma Técnica Colombiana (NTC 3853).
<https://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/reglamento/anexos/ntc3853.pdf>
- Instrumentation Symbols and Identification. (2009). AMERICAN NATIONAL STANDARD ANSI/ISA-5.1-2009 (ISA 5.1).
- Ministerio de Minas y Energía. (2005). MARCO REGULATORIO DE GLP. (p. 40-41). Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). Contrato No. 19547-001-2013 Determinación de potencialidades de uso de las acciones necesarias para activar el subsector del GLP en Colombia (254). Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Ministerio de Minas y Energía. (2019). PLAN INDICATIVO DE ABASTECIMIENTO DE GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP) (p. 14-16). Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Parisher, R A. Rhea R A. (2012). *Pipe Drafting and Design* (3th edition). Elsevier Inc.
- PEMEX Exploración y Producción. (1999). *Simbología de equipo de proceso* (1^{ra} edición). Petróleos Mexicanos.

REPSOL. (2016). Gas Licuado de Petróleo [Ficha Técnica]. REPSOL.
https://www.repsol.pe/imagenes/repsolporpe/es/2GLP_tcm76-84132.pdf

Resolución 40607 de 2016 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se reglamenta el artículo 209 de la Ley 1753 de 2015 en relación con el uso de la guía única de transporte para el Gas Licuado de Petróleo (GLP). 22 de junio de 2016.

Resolución Número 4 0246 de 2016 [Ministerio de Minas y Energía]. Por lo cual se expide el reglamento técnico aplicable al recibo, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo, GLP. 7 de marzo de 2016.

Salazar Rodríguez, V H. (2014). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE LICUEFACCIÓN EN EL TERMINAL DE GLP OYAMBARO DE LA EP-PETROECUADOR. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].

Silva Suárez. (2013). Propuesta de modificación para el separador horizontal bifásico del Centro Colector Boca de Jaruco. [Tesis de pregrado, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”].

The Gas Processors Suppliers Association: GPSA. (2016). *Engineering Data Book* (14th edition). Editorial Review Board.

UPME. (2017). CADENA DEL GAS LICUADO DEL PETROLEO (GLP). (p. 32-35). Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética.

Venegas Vásconez, D et al. (2018). El riesgo en el almacenamiento de GLP en el Ecuador. Revista

INNOVA

Research

Journal, 3(1),

20-21.

<https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/331/548>

Apéndices

Apéndice A. Características de los tanques de almacenamiento presentes en la estación

Tabla 5

Características de la bala de almacenamiento de propano (TK-101)

Nombre del proceso	Almacenamiento de Propano
Nombre del recipiente	Bala de Almacenamiento de Propano (TK-101)
Material del recipiente	Acero al carbón
Diámetro externo OD [in]	105,50
Diámetro interno ID [in]	104,00
Longitud Cilindro/Altura [in]	750
Código de Construcción	ASME 1962
Espesor nominal del cuerpo [in]	3/4
Espesor nominal del cabezal [in]	7/16
Presión de diseño [psi]	250
Temperatura de diseño [°F]	650
MáxWP [psi]	244
Máxima presión de prueba [psi]	375
Temperatura de operación [°F]	90
Presión de trabajo [psi]	210
Posición de trabajo	Horizontal
Sobre espesor por corrosión [in]	0
Tipo de cabezal	Hemisférico
Válvula de alivio de presión PSV N°	101
Peso [Kg]	26.180
Capacidad [gal]	30.000

Tabla 6*Características de la bala de almacenamiento de propano (TK-102)*

Nombre del proceso	Almacenamiento de Propano
Nombre del recipiente	Bala de Almacenamiento de Propano (TK-102)
Material del recipiente	Acero al carbón
Diámetro externo OD [in]	105,50
Diámetro interno ID [in]	104,00
Longitud Cilindro/Altura [in]	750
Código de Construcción	ASME 1962
Espesor nominal del cuerpo [in]	3/4
Espesor nominal del cabezal [in]	7/16
Presión de diseño [psi]	250
Temperatura de diseño [°F]	650
MáxWP [psi]	240
Máxima presión de prueba [psi]	375
Temperatura de operación [°F]	90
Presión de trabajo [psi]	210
Posición de trabajo	Horizontal
Sobre espesor por corrosión [in]	0
Tipo de cabezal	Hemisférico
Válvula de alivio de presión PSV N°	102
Peso [Kg]	26.180
Capacidad [gal]	30.000

Tabla 7*Características de la bala de almacenamiento de butano (TK-103)*

Nombre del proceso	Almacenamiento de Butano
Nombre del recipiente	Bala de Almacenamiento de Butano (TK-103)
Material del recipiente	Acero al carbón
Diámetro externo OD [in]	105,00
Diámetro interno ID [in]	104,00
Longitud Cilindro/Altura [in]	750
Código de Construcción	ASME BPVC 1962
Espesor nominal del cuerpo [in]	1/2
Espesor nominal del cabezal [in]	5/16
Presión de diseño [psi]	100
Temperatura de diseño [°F]	650
MáxWP [psi]	50
Máxima presión de prueba [psi]	150
Temperatura de operación [°F]	90
Presión de trabajo [psi]	50
Posición de trabajo	Horizontal
Sobre espesor por corrosión [in]	0
Tipo de cabezal	Hemisférico
Válvula de alivio de presión PSV N°	103
Peso [Kg]	26.180
Capacidad [gal]	30.000

Tabla 8*Características de la bala de almacenamiento de butano (TK-104)*

Nombre del proceso	Almacenamiento de Butano
Nombre del recipiente	Bala de Almacenamiento de Butano (TK-104)
Material del recipiente	Acero al carbón
Diámetro externo OD [in]	105,00
Diámetro interno ID [in]	104,01
Longitud Cilindro/Altura [in]	750
Código de Construcción	ASME 1962
Espesor nominal del cuerpo [in]	1/2
Espesor nominal del cabezal [in]	5/16
Presión de diseño [psi]	100
Temperatura de diseño [°F]	650
MáxWP [psi]	50
Máxima presión de prueba [psi]	150
Temperatura de operación [°F]	90
Presión de trabajo [psi]	50
Posición de trabajo	Horizontal
Sobre espesor por corrosión [in]	0
Tipo de cabezal	Semielíptico
Válvula de alivio de presión PSV N°	104
Peso [Kg]	18.050
Capacidad [gal]	30.000

Tabla 9*Características de la bala de almacenamiento de gasolina (TK-105)*

Nombre del proceso	Almacenamiento de Gasolina
Nombre del recipiente	Bala de Almacenamiento de Gasolina (TK-105)
Material del recipiente	Acero al carbón
Diámetro externo OD [in]	104,75
Diámetro interno ID [in]	104,00
Longitud Cilindro/Altura [in]	750
Código de Construcción	ASME BPVC 1962
Espesor nominal del cuerpo [in]	5/16
Espesor nominal del cabezal [in]	1/4
Presión de diseño [psi]	25
Temperatura de diseño [°F]	650
MáxWP [psi]	25
Máxima presión de prueba [psi]	37,5
Temperatura de operación [°F]	90
Presión de trabajo [psi]	16
Posición de trabajo	Horizontal
Sobre espesor por corrosión [in]	0
Tipo de cabezal	Hemisférico
Válvula de alivio de presión PSV N°	105
Peso [Kg]	12.400
Capacidad [gal]	30.000

Tabla 10*Características de la bala de almacenamiento de gasolina (TK-106)*

Nombre del proceso	Almacenamiento de Gasolina
Nombre del recipiente	Bala de Almacenamiento de Gasolina (TK-106)
Material del recipiente	Acero al carbón
Diámetro externo OD [in]	104,63
Diámetro interno ID [in]	104,00
Longitud Cilindro/Altura [in]	750
Código de Construcción	ASME BPVC 1962
Espesor nominal del cuerpo [in]	5/16
Espesor nominal del cabezal [in]	1/4
Presión de diseño [psi]	25
Temperatura de diseño [°F]	650
MáxWP [psi]	25
Máxima presión de prueba [psi]	37,5
Temperatura de operación [°F]	90
Presión de trabajo [psi]	16
Posición de trabajo	Horizontal
Sobre espesor por corrosión [in]	0
Tipo de cabezal	Semielíptico
Válvula de alivio de presión PSV N°	106
Peso [Kg]	12.400
Capacidad [gal]	30.000

Apéndice B. Características de las válvulas de alivio de presión presentes en la estación**Tabla 11***Características de la válvula de seguridad (PSV-101)*

Tipo de válvula	Válvula de acción directa (PSV-101)
Equipo	Bala almacenamiento Propano (TK-101)
Size [OD]	4"
Tamaño de boquilla	N\A
Flanche de entrada-	4* 300
Flanche de salida	
Set P [psi]	250
Set de calibración [psi]	240-245-250-255
Presión de operación [psi]	210
CDPT	psi
Cap. Air	27.750 cfm/air
CPA Water	No evidencia
Back Press [psi]	0
Service Temp [°F]	150
Función	Mecanismo de seguridad
Fabricante	REGO MULTIPLICADOR MANIFOLD

Tabla 12*Características de la válvula de seguridad (PSV-102)*

Tipo de válvula	Válvula de acción directa (PSV-102)
Equipo	Bala almacenamiento Propano (TK-102)
Size [OD]	4"
Tamaño de boquilla	4"
Flanche de entrada-	4* 300
Flanche de salida	
Set P [psi]	250
Set de calibración [psi]	240,6 - 245,8 - 250,4 - 255,4
Presión de operación [psi]	210
CDPT	psi
Cap. Air	27.750 cfm/air
CPA Water	No evidencia
Back Press [psi]	0
Service Temp [°F]	150
Función	Mecanismo de seguridad
Fabricante	REGO MULTIPLICADOR MANIFOLD

Tabla 13*Características de la válvula de seguridad (PSV-103)*

Tipo de válvula	Válvula de acción directa (PSV-103)
Equipo	Bala almacenamiento Butano (TK-103)
Size [OD]	4"
Tamaño de boquilla	4"
Flanche de entrada-	4* 150
Flanche de salida	
Set P [psi]	55
Set de calibración [psi]	30 - 35 - 40 - 45
Presión de operación [psi]	50
CDPT	psi
Cap. Air	11.900 cfm/air
CPA Water	No evidencia
Back Press [psi]	0
Service Temp [°F]	150
Función	Mecanismo de seguridad
Fabricante	REGO MULTIPLICADOR MANIFOLD

Tabla 14*Características de la válvula de seguridad (PSV-104)*

Tipo de válvula	Válvula de acción directa (PSV-104)
Equipo	Bala almacenamiento Butano (TK-104)
Size [OD]	4"
Tamaño de boquilla	N/A
Flanche de entrada-	4* 300
Flanche de salida	
Set P [psi]	55
Set de calibración [psi]	55-60-65-70
Presión de operación [psi]	50
CDPT	No evidencia
Cap. Air	1.085-11.900 cfm/air
CPA Water	No evidencia
Back Press [psi]	0
Service Temp [°F]	No evidencia
Función	Mecanismo de seguridad

Tabla 15*Características de la válvula de seguridad (PSV-105)*

Tipo de válvula	Válvula de acción directa (PSV-105)
Equipo	Bala almacenamiento Gasolina (TK-105)
Size [OD]	4"
Tamaño de boquilla	4"
Flanche de entrada-	4* 300
Flanche de salida	
Set P [psi]	25
Set de calibración [psi]	25-30-35-40
Presión de operación [psi]	16
CDPT	psi
Cap. Air	4.080 cfm/air
CPA Water	No evidencia
Back Press [psi]	No evidencia
Service Temp [°F]	150
Función	Mecanismo de seguridad
Fabricante	REGO MULTIPLICADOR MANIFOLD

Tabla 16*Características de la válvula de seguridad (PSV-106)*

Tipo de válvula	Válvula de acción directa (PSV-106)
Equipo	Bala almacenamiento Gasolina (TK-106)
Size [OD]	4"
Tamaño de boquilla	N\A
Flanche de entrada-	4* 150
Flanche de salida	
Set P [psi]	25
Set de calibración [psi]	25-30-35-40
Presión de operación [psi]	16
CDPT	psi
Cap. Air	4.080 cfm/air
CPA Water	No evidencia
Back Press [psi]	No evidencia
Service Temp [°F]	150
Función	Mecanismo de seguridad
Fabricante	REGO MULTIPLICADOR MANIFOLD

Apéndice C. Características del tanque de almacenamiento para GLP**Tabla 17***Características de la bala de almacenamiento de GLP (TK-107)*

Nombre del proceso	Almacenamiento de GLP
Nombre del recipiente	Bala de Almacenamiento de GLP externo (TK-107)
Material del recipiente	Acero al carbón
Diámetro externo OD [in]	105,00
Diámetro interno ID [in]	104,00
Longitud Cilindro/Altura [in]	750
Código de Construcción	ASME BPVC
Espesor nominal del cuerpo [in]	1/2
Espesor nominal del cabezal [in]	7/16
Presión de diseño [psi]	180
Temperatura de diseño [°F]	650
Temperatura de operación [°F]	80-90
Presión de trabajo [psi]	100-110
Posición de trabajo	Horizontal
Sobre espesor por corrosión [in]	0
Tipo de cabezal	Semielíptico
Válvula de alivio de presión PSV N°	107
Capacidad [gal]	30.000

Apéndice D. Características de la válvula de alivio de presión para el tanque de almacenamiento de GLP

Tabla 18

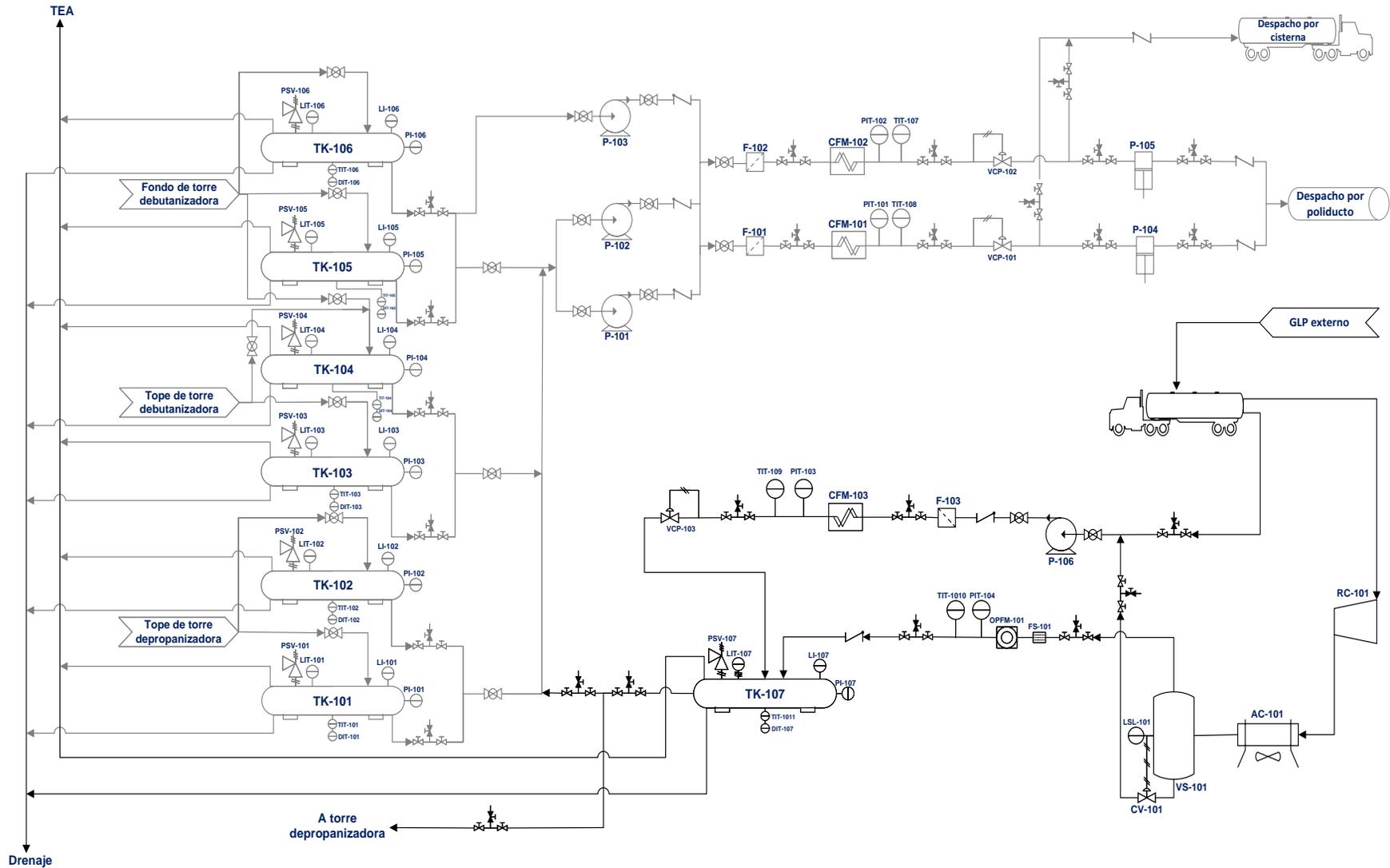
Características de la válvula de seguridad (PSV-107)

Tipo de válvula	Válvula de acción directa (PSV-107)
Equipo	Bala almacenamiento de GLP externo (TK-107)
Size [OD]	4"
Tamaño de boquilla	4"
Set P [psi]	150
Set de calibración [psi]	110-120-140-150-155
Presión de operación [psi]	100-110
CDPT	psi
Service Temp [°F]	150
Función	Mecanismo de seguridad

Apéndice E. Diagrama de flujo de proceso con una corriente que se dirija a la torre depropanizadora

Figura 4

Diagrama de flujo de proceso para la recomendación 1



Apéndice F. Diagrama de flujo de proceso para hacer uso de los equipos y elementos presentes en la estación

Figura 5

Diagrama de flujo de proceso para la recomendación 2

