

## El uso de la tecnología de acondicionamiento de gas húmedo amargo GHA para la optimización en el manejo del sistema de transporte (L-3 CDGM Cd. Pemex - CPG Nvo. Pemex)

**Marco Tulio Hernández Cervantes**

[marco.tulio.hernandez@pemex.com](mailto:marco.tulio.hernandez@pemex.com)

*Pemex, Exploración y Producción EPS,*

*Subdirección de Acondicionamiento y Distribución de Hidrocarburos,*

*Gerencia de Coordinación de Operaciones, Coordinación de manejo de Gas y Condensados*

**Anakaren Martell Herrera**

[karenmartell@hotmail.com](mailto:karenmartell@hotmail.com)

*Universidad Tecnológica de Campeche*

**Información del artículo: Recibido: marzo de 2015-aceptado: abril de 2015**

### Resumen

El sistema de transporte de L-3 (tramo del CDGM- CPG Nvo. Pemex) ha presentado problemas operativos en la entrega del GHA al CPG Nvo. Pemex, derivado de la formación de líquidos en el trayecto, todo esto a causa del diferencial de temperaturas y el perfil topográfico del ducto que se presenta entre las instalaciones.

Dando como consecuencia mayores diferenciales de presión, descontrol en las condiciones de operación del sistema, reducción de la capacidad de transporte, arrastres de líquidos al complejo y una disminución en la oferta de gas por rechazos.

Debido a ésto, se realizó un análisis para acondicionar el gas y recuperar los líquidos que se forman en el transporte, utilizando un proceso de separación supersónica para determinar el volumen de líquidos que se obtendrían, partiendo del GHA transportado por L-3. El análisis se basó en la recuperación de gasolinas naturales, es decir, los componentes pesados a partir de C5+.

Asimismo, se analizaron los procesos de otras tecnologías para la recuperación de líquidos partiendo del GHA de L-3, como la refrigeración mecánica con un sistema de propano y enfriamiento por expansión con válvulas Joule-Thomson.

Se determinó la factibilidad de la implementación de patines de separación supersónica en el CDGM Cd. Pemex, con una capacidad máxima de manejo de 700 MMpcd. De los resultados obtenidos mediante corridas de simulación se emplearon las composiciones de salida del proceso de separación supersónica de gas y líquidos. Para el gas libre de líquidos se realizaron corridas de simulación de transporte en un simulador dinámico, de línea 3, del tramo CDGM Cd. Pemex-CPG Nvo. Pemex. Para los condensados libres de agua, recuperados mediante separación supersónica, se efectuó la simulación enviándolos a las plantas endulzadoras en CPG Nvo. Pemex por el gasolinoducto GL-1.

Posteriormente, se desarrolló el análisis económico de factibilidad para los diferentes escenarios propuestos. Se encontró que, para acondicionar 700 MMpcd de GHA, se necesitaron dos patines de separadores supersónicos, cada uno de 350 MMpcd. Se recuperaron 14,1 MBPD por cada patín de separación. Lo que se traduce a que el proyecto de recuperación de líquidos se pagará en poco más de seis meses, únicamente con las ventas de los condensados. En menor tiempo si se vende como crudo. Además se resolverá la problemática de transporte de gas en L-3.

**Palabras clave:** Tecnología, sistema de transporte, diferencial de temperatura, control operativo, acondicionamiento de gas.

## The use of sour humid gas (SHG) conditioning technology for the optimization in the handling of the L-3: MGDC Cd. Pemex - GPC Nvo. Pemex transport system

### Abstract

The L-3 transport system (at the MGDC Cd. Pemex – GPC Nvo. Pemex stretch), has presented operational problems in the SHG delivery to the GPC Nvo. Pemex, derived from liquid formation during the transport; the above is due to the present temperature differential and the topographic profile of the pipeline between the two facilities.

As a consequence, there have been higher pressure differentials, lack of control in the operational conditions of the system, reduction in the transport capacity, liquid dragging to the Complex and a decrease in the gas offer owing to rejections.

Due to the aforementioned difficulties, a gas-conditioning and liquid-recovery analysis (formed throughout the transport) was carried out using a supersonic separation process, to determine the liquid volumes that could be obtained from the SHG carried through the L-3 pipeline. The analysis was based upon the natural gasolines recovery; that is, heavy components from C5+.

Likewise, processes from other technologies to recover liquids from the SHG transported through L-3 were analyzed, such as mechanical refrigeration with a propane cooling system through Joule-Thomson expansion valves.

The viability in the implementation of supersonic separation skids at the MGDC Cd. Pemex facility was determined with a 700 MMcfd maximum handling capacity. From the results obtained through simulation runs, gas and liquid compositions from the outlet supersonic separation process were employed. For liquid-free gas, different transport simulation runs for the L-3: MGDC Cd. Pemex – GPC Nvo. Pemex stretch, were carried out in a dynamic simulation software. For water-free condensates, recovered through supersonic separation, a simulation in which the condensates are sent over to the sweetening plants located in the GPC Nvo. Pemex through the GL-1 pipeline was performed.

Afterwards, an economic feasibility analysis was developed for different proposed scenarios. It was found that, in order to process 700 MMcfd of SHG, two supersonic separation skids were required, each one of a 350 MMcfd capacity. 14.1 MBPD were recovered in each separation skid. Consequently, the above results in the liquid recovery project being amortized in just over 6 months, solely with condensate sales, and in less time if condensates are sold as crude. Furthermore, the problem with the L-3 gas transport system would be solved.

**Keywords:** Technology, transport system, temperature differential, operational control, gas conditioning.

### Introducción

El CDGM (Centro Distribuidor de Gas Marino) Ciudad Pemex se localiza al noroeste de Ciudad Pemex, Tabasco, a 20 km de Macuspana y 60 km de Villahermosa, la capital del estado. En la instalación se recibe el GHA (Gas Húmedo Amargo) proveniente del CPTG (Centro de Proceso y Transporte de Gas) Atasta por medio de los gasoductos L-2 y L-3, ambos de 36" Ø, cada corriente entra a un separador para retirar

los líquidos generados en el transporte; una vez que se lleva a cabo la separación del GHA de L-3, éste se envía a las plantas endulzadoras de gas de CPG Nuevo Pemex, (Complejo Procesador de Gas), mediante un gasoducto de 36" Ø x 74 Km.

Derivado de los eventos operativos, del perfil topográfico y la calidad del GHA transportado por la línea L-3, desde el CPTG Atasta hasta el CPG Nuevo Pemex, entre otros

aspectos; ocasionan la formación de líquidos en el trayecto, dando como consecuencia el rechazo de GHA por reducción en la capacidad de transporte debido a altas caídas de presión, arrastre de líquidos a endulzadoras de gas del CPG Nuevo Pemex, ocasionando problemas en su operación y corridas de diablo con mayor frecuencia en el gasoducto.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar, mediante el proceso de tecnología supersónica, la recuperación de agua y gasolinas naturales, que se forman en el transporte, para evitar problemas operativos, obstrucción por acumulación de líquidos en la línea, represionamiento en el sistema y rechazos de gas por parte de PGPB, debido a los altos volúmenes de líquidos recibidos; optimizar el manejo en el transporte mediante la recuperación de los líquidos que se forman en la línea L-3.

Como objetivos particulares se pretendió evaluar el comportamiento de los productos resultantes del proceso de separación supersónica, refrigeración mecánica y enfriamiento por expansión con válvulas JT, mediante simulación del transporte con el fin de detectar posibles problemas operativos en el gasoducto L-3 y gasolinoducto GL-1 que van al CPG Nvo. Pemex.

## Desarrollo del tema

### Definición del problema y/o exposición de la teoría

En el CDGM se recibe el GHA proveniente del CPTG Atasta, por medio de los gasoductos L-2 y L-3 ambos de 36" Ø. Cada corriente entra a un separador para retirar los líquidos generados en el transporte. El GHA recibido por la L-2 y separado en el CDGM se envía para su endulzamiento al CPG Cd. Pemex. El GHA recibido por la L-3 y separado en el CDGM se envía para su endulzamiento al CPG Nvo. Pemex, por medio de un gasoducto de 36" Ø, esto se puede observar en la **Figura 2**. La separación en el CDGM opera con muy baja eficiencia, por lo que los líquidos formados en el transporte de CPTG Atasta al CDGM Cd. Pemex, continúan su trayecto hasta el CPG Nvo. Pemex.

Se ha observado que al disminuir el flujo, la acumulación de líquidos en la línea de 36" Ø CDGM Cd. Pemex – CPG Nvo. Pemex va en aumento, originando incremento en la caída de presión. Este efecto se observa en la **Figura 1**, al disminuir el volumen manejado por L-3, la caída de presión va en aumento.

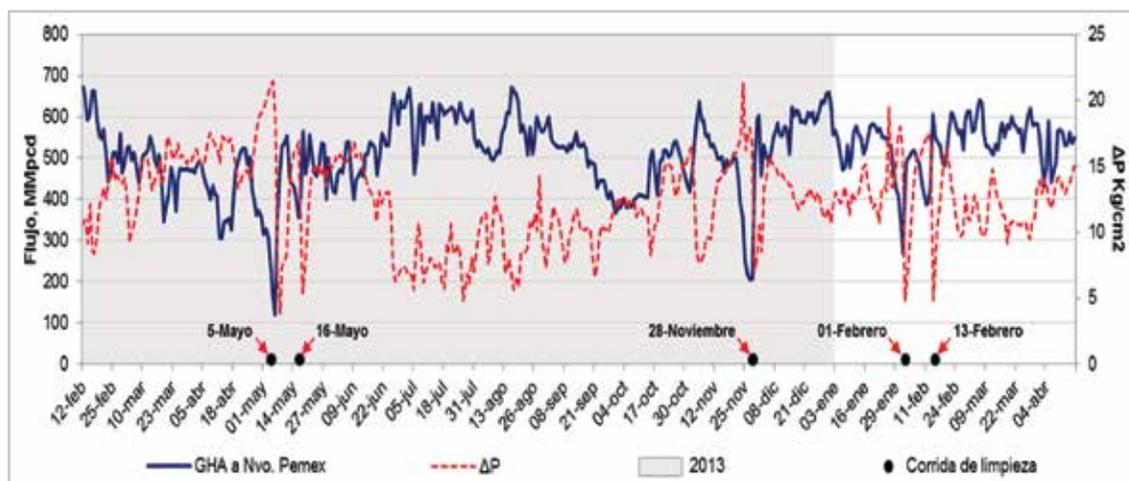


Figura 1. Comportamiento hidráulico del gasoducto L-3.

A partir del año 2013 se han realizado corridas de quipos de limpieza con mayor frecuencia en el gasoducto, (ver **Figura 1**), por el taponamiento de la línea, en consecuencia a la formación y acumulación de líquidos por el transporte. Esto da como resultado el rechazo de GHA por reducción

en la capacidad de transporte y altas caídas de presión en el ducto. Otra problemática que engloba a L-3, es el rechazo de GHA por el arrastre de líquidos en las endulzadoras de gas del CPG Nuevo Pemex, ya que ocasionan problemas en su operación.

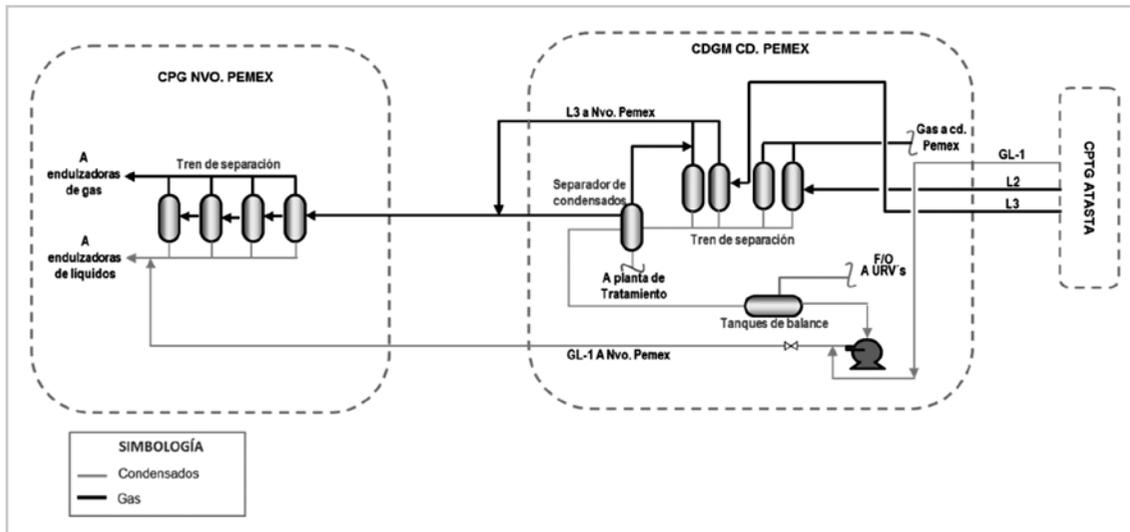


Figura 2. Situación actual.

Parte de esta problemática se debe al perfil topográfico accidentado del ducto, los diversos cuerpos de agua que se encuentran en la trayectoria del mismo, los eventos operativos aguas arriba y la calidad del gas húmedo amargo transportado.

A. Solución y procedimientos de análisis o descripción de equipos y procesos

Como solución a esta situación, el análisis se llevó a cabo en tres etapas:

1. Simulación del proceso de separación supersónica, refrigeración mecánica con un sistema de propano

y enfriamiento por expansión con válvulas Joule-Thomson, partiendo del GHA de L-3, a la salida del CDGM Cd. Pemex, para determinar la cantidad de agua y gasolinas naturales que se recuperan y así evitar la formación de éstas en el transporte, mediante el simulador de proceso Hysys 8.3. En esta etapa se utilizaron las siguientes premisas:

La **Tabla 1** representa las condiciones de operación actuales del GHA a la salida del CDGM Cd. Pemex. Asimismo, se muestran las condiciones de operación que debe tener el GHA a la salida del proceso de separación para poder llevar a CPG Nvo. Pemex con una presión de 69 Kg/cm<sup>2</sup>. En la **Tabla 2** se muestra la composición utilizada para este análisis.

Tabla 1. Premisas para el análisis, etapa 1.

| Concepto                  | Flujo (MMpcd) | Presión (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Temperatura (°C) |
|---------------------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| GHA de alimentación       | 700           | 79                            | 30               |
| GHA de salida del proceso | -             | 76                            | -                |

Tabla 2. Análisis cromatográfico.

| Componentes        | % Mol  | PM  | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|--------|-----|-------------------------------|
| Agua               | 0.084  |     |                               |
| Nitrógeno          | 5.434  |     |                               |
| Bióxido de Carbono | 2.953  |     |                               |
| Oxígeno            | 1.010  |     |                               |
| Acido Sulfhídrico  | 2.578  |     |                               |
| Metano             | 67.594 |     |                               |
| Etano              | 11.569 |     |                               |
| Propano            | 5.751  |     |                               |
| i-Butano           | 0.751  |     |                               |
| n-Butano           | 1.884  |     |                               |
| i-Pentano          | 0.427  |     |                               |
| n-Pentano          | 0.535  |     |                               |
| n-Hexano           | 0.310  | 86  | 664                           |
| n-Heptano          | 0.095  | 96  | 738                           |
| n-Octano           | 0.025  | 107 | 765                           |
| TOTAL              | 100.00 |     |                               |
| PM                 | 23.19  |     |                               |
| SG@STD             | 0.80   |     |                               |

Para el proceso de separación supersónica se determinó que, para obtener una buena eficiencia en la separación supersónica de las gasolinas naturales y agua del GHA, se tienen que incluir dos separadores bifásicos aguas arriba del separador supersónico, para la eliminación de impurezas y agua, un intercambiador de calor para el gas de entrada, un intercambiador de calor para los líquidos recuperados para evitar la formación de hidratos, el separador supersónico

para la recuperación de líquidos. Aguas abajo se requiere un separador bifásico para la recuperación de vapores a partir de los líquidos recuperados con el separador supersónico, un separador trifásico para removerle a los condensados recuperados el agua que puede contener. Un paquete de compresión para alcanzar la presión indicada en la **Tabla 1**. Se puede observar el esquema de proceso en la **Figura 3**.

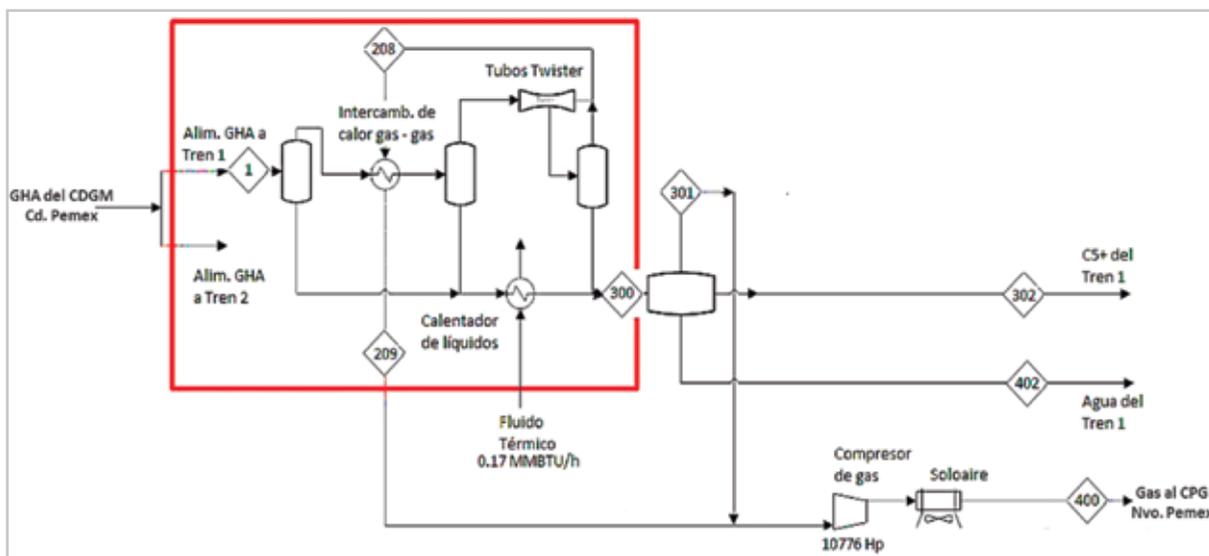
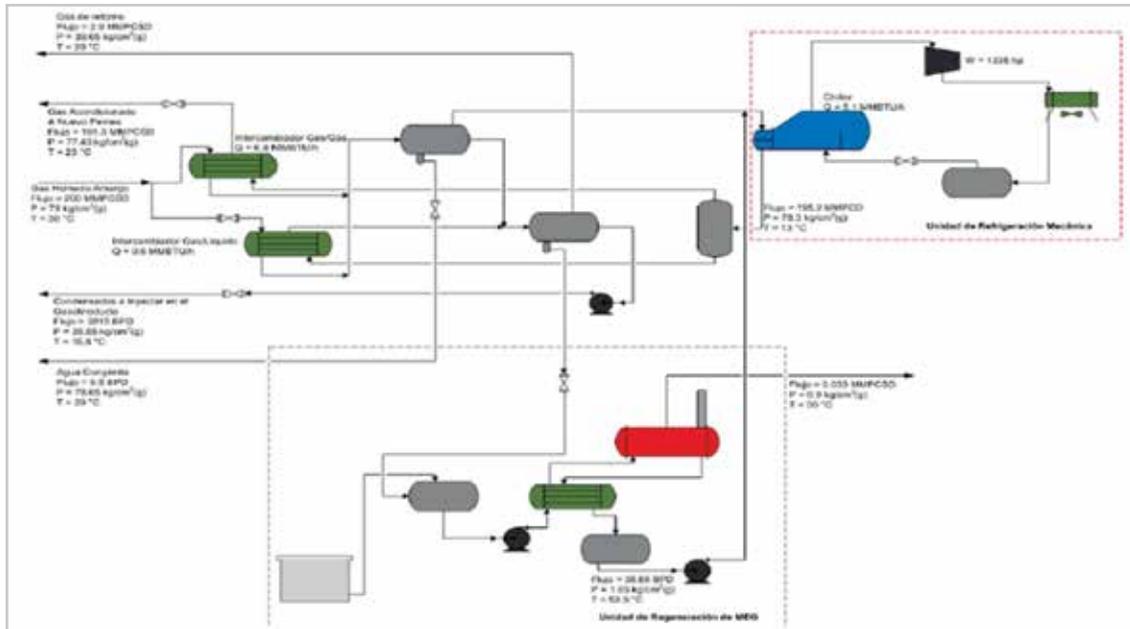


Figura 3. Proceso de separación supersónica.

El proceso de refrigeración mecánica mediante un circuito de propano cuenta con dos intercambiadores de calor para el gas de alimentación al proceso. Posteriormente, el gas pasa a un separador trifásico donde se recuperan los líquidos formados por la variación de la temperatura. Los líquidos recuperados se envían a otro separador para recuperar los vapores y recircularlos. El gas del primer separador es enviado al intercambiador de calor mediante

el circuito de propano. Este gas pasa por un segundo separador, donde se recuperan la mayor parte de los líquidos, y se envía a los intercambiadores de calor y se envía a L-3. Los condensados libres de agua recuperados por proceso se envían al gasolinoducto GL-1 al CPG Nvo. Pemex. Este proceso incluye un paquete de inyección de MEG para evitar la formación de hidratos. Este proceso se puede observar esquemáticamente en la **Figura 4**.



**Figura 4.** Proceso de refrigeración mecánica.

Para el proceso de enfriamiento por expansión mediante válvulas Joule-Thomson se compone de un separador bifásico para separar los líquidos que puede contener el GHA, dos intercambiadores de calor gas-gas. Posteriormente, el GHA pasa por un patín de válvulas JT, donde se expande dicho gas. La mezcla de gas y líquidos

entran a un separador trifásico. El gas resultante se envía a un compresor para que alcance la presión requerida. Este proceso incluye un paquete de inyección de MEG para evitar la formación de hidratos. La **Figura 5** muestra un esquema más detallado del proceso.

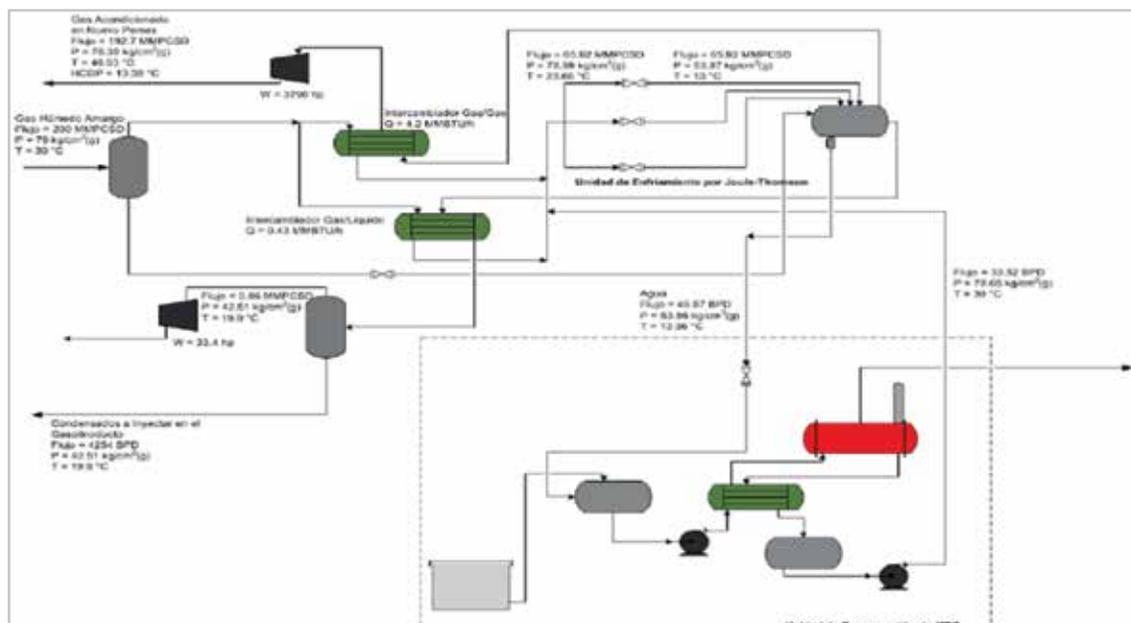


Figura 5. Proceso de enfriamiento por expansión con válvulas JT.

2. Con las composiciones resultantes de los diferentes procesos de la etapa anterior, el gas libre de líquidos y los condensados recuperados, se analizó el comportamiento del transporte de L-3 y GL-1, mediante corridas de simulación en modo estático, con el simulador de transporte PIPHEPHASE 7.0.

A las condiciones de salida de los procesos, tanto de gas como de condensados libres de agua, no presentan problemas operativos en las líneas. En L-3, ya no se presentan caídas de presiones mayores a 10 Kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se espera haber eliminado la problemática de la formación de líquidos en el transporte, taponamiento del ducto y los rechazos por PGPB.

3. Elaboración del análisis costo beneficio clase 5, de la implementación de las diferentes tecnologías para la

recuperación de líquidos del GHA que se transporta por L-3.

Este análisis consta de las interconexiones, construcción de la infraestructura primaria, ingeniería, procura y construcción de cada sistema: separación supersónica, refrigeración mecánica y enfriamiento por válvulas JT. También se elaboró el análisis costo beneficio para la opción de servicio de las plantas de proceso.

#### B. Discusión e interpretación de datos y resultados

En la **Tabla 3** se muestra una comparación de los resultados obtenidos en las tres etapas; con las tres tecnologías se llegó a la conclusión de la problemática que se presenta actualmente.

**Tabla 3.** Recuperación de líquidos de GHA de L-3.

| Descripción                         |                            | Separación supersónica | Refrigeración mecánica | Efecto Joule-Thomson |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Tiempo de entrega                   |                            | 16 meses               | 18 meses               | 14 meses             |
| Capacidad máxima de la planta MMpcd |                            | 700                    | 700                    | 700                  |
| Condensados recuperados BPD         |                            | 20,946                 | 11,445                 | 12,762               |
| Salida del Gas                      | Presión Kg/cm <sup>2</sup> | 75.5                   | 77.43                  | 78.39                |
|                                     | Temperatura °C             | 45.0                   | 23.0                   | 46.03                |
| Salida de Condensados               | Presión Kg/cm <sup>2</sup> | 40.8                   | 39.7                   | 42.5                 |
|                                     | Temperatura °C             | 33.0                   | 16.8                   | 19.9                 |
| Costo de compra* USD                |                            | 289,304,400.00         | 110,000,000.00         | 75,000,000.00        |
| Costo del Servicio por 5 años USD   |                            | -----                  | 165,345,000.00         | 121,545,000.00       |

## Conclusiones

El acondicionamiento del gas resulta mandatorio en este caso para evitar taponamientos en el gasoducto L-3 y rechazos de flujos, lo que presenta como consecuencia el diferimiento de producción/producción no vendida:

- Reinyección de gas en yacimiento en regiones marinas.
- Quema de gas en Atasta en casos extremos.

Actualmente Pemex sólo realiza acciones correctivas una vez presentada la acumulación de líquidos en el transporte, como lo son la evacuación de los mismos del ducto por “corridas de equipos de limpieza” y/o movimientos dinámicos, es decir, variaciones de presiones inducidas en el ducto.

Con la implementación de la tecnología de separación supersónica con tubos Twister se tendrían los siguientes beneficios.

- En el manejo de gas:
  - Evitar rechazos por PGPB derivado de la acumulación de líquidos en el sistema.
  - Mantener la oferta de GHA a PGPB y evitar diferir producción de crudo.
  - Asegurar la inyección de gas seco al SNG.
  - Disminuir la importación de gas por bajo empaque en el SNG.
  - Disminuir el riesgo de posible formación de hidratos.
- En el manejo de líquidos:
  - Reducir la frecuencia de corridas de diablos de limpieza.

- Evitar la quema por rebasar la capacidad de manejo de líquidos en el sistema.
- Seguridad en la operación del ducto:
  - Manejo de un fluido menos agresivo a los materiales por la presencia de agua libre, H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>.
  - Eliminación de riesgo de taponamiento de instrumentos y válvulas de seguridad debido a hidratos.
- Calidad del GHA entregado a PGPB:
  - Aumento de la confiabilidad en la medición.
  - Disminución de problemas operativos en plantas PGPB.

Todos los procesos por condensación requieren un medio para prevenir la formación de hidratos en los líquidos separados. Típicamente se emplea glicol en las tecnologías de turbo-expansores, refrigeración mecánica y válvula(s) J-T, mientras que la tecnología de separadores supersónicos utiliza aceite de calentamiento. El empleo de glicol hace necesario el uso de una torre de regeneración para su re-uso. Posiblemente pudiera utilizarse aceite térmico en esas tecnologías en lugar de glicol.

## Referencias

Abbas Jibrin, A. y Nasr, G.G. 2010. Dew Point Control Technologies. *Gas International* **50** (4): 4-6.

Adio, O.S. y Ahamed, M.A. 2012. Solvent Absorption & Refrigeration vs. Supersonic Gas Processing. *GECL*. <http://www.glocalecl.com/2012/02/solvent-absorption-refrigeration-vs-supersonic-gas-processing/> (fecha de acceso 10 de enero de 2014).

Guo, B. y Ghalambor, A. 2005. *Natural Gas Engineering Handbook*, second edition. Houston, Texas: Gulf Publish Company.

Kidnay, A.J. y Parrish, W.R. 2006. *Fundamentals of Natural Gas Processing*. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis.

Monitoreo y Optimización. <http://mol.pemex.pmx.com/babelfish/babelfish.asp> (fecha de acceso 10 de enero de 2014).

TransCanada. 2014. Gas Quality Specifications: TransCanada and Other Pipelines. [http://www.transcanada.com/customerexpress/docs/Gas\\_Quality\\_Specifications\\_Fact\\_Sheet.pdf](http://www.transcanada.com/customerexpress/docs/Gas_Quality_Specifications_Fact_Sheet.pdf) (fecha de acceso 10 de enero de 2014).

## Semblanzas de los autores

### Marco Tulio Hernandez Cervantes

Ingeniero Químico Industrial egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del Instituto Politécnico Nacional.

En la actualidad trabaja en el Grupo multidisciplinario de operación en materia de gas y condensados dependiente de la gerencia de operaciones, en la Subdirección de distribución y comercialización, Pemex Exploración y Producción.

De 2001 a 2012 trabajó como Ingeniero de proceso y sistemas hidráulicos en el Instituto Mexicano del Petróleo y de 1996 al 2001 en el área de seguridad, sistemas contra incendio y en el diseño de equipos de proceso, área térmica.