

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE  
CONDENSADOS DEL CAMPO COSTAYACO– PUTUMAYO.

Adriana Marcela Giraldo Ortiz

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERA DE GAS  
BUCARAMANGA  
2017

EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE  
CONDENSADOS DEL CAMPO COSTAYACO– PUTUMAYO.

Adriana Marcela Giraldo Ortiz

Monografía presentada como requisito para optar por el título de  
Especialista en Ingeniería del Gas

Director  
M. Sc. Manuel Cabarcas  
Magister en ingeniería química

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERA DE GAS  
BUCARAMANGA  
2017

## **DEDICATORIA**

A mi Esposo y mis hijos por la paciencia y apoyo durante cada fin de semana en que a pesar de no poder estar con ellos, me demostraron que el amor de la familia está en cada uno de los momentos y proyectos de la vida.

A mis amigos y compañeros de especialización, porque con ellos compartí momentos de academia que creía en el pasado, porque me motivaron a esforzarme y prepararme y porque me permitieron vivir a su lado momentos de camaradería y amistad.

## CONTENIDO

INTRODUCCION	9
1. SISTEMAS DE REFRIGERACION PARA TRATAMIENTO DE GAS	11
1.1 REFRIGERACION MECANICA	12
1.1.1. Ciclo del fluido refrigerante	12
1.1.2 Equipo de refrigeración	12
1.1.3 Análisis termodinámico	14
1.1.4. Evolución del refrigerante en el diagrama P-H	15
2. PLANTA DE CONDENSADOS CAMPO COSTAYACO	19
2.1. ANTECEDENTES	20
2.2. DISEÑO PLANTA	20
2.2.1 Descripción del Proceso	22
2.2.2. Descripción de Equipos Principales	26
2.2.2.1. Intercambiador de Calor	26
2.2.2.2. Aeroenfriador	27
2.2.2.3. Chiller de agua fría	27
2.2.2.4. Separador trifásico	29
2.2.2.5. Bombas de condensados	30
2.2.3. Pronósticos de Producción de Condensado (HYSYS)	30
2.3. AJUSTE Y PUESTA EN MARCHA	32
2.3.1. Condiciones de operación	32
2.3.2. Pronósticos de producción ajustados (HYSYS)	33
2.4. CONDICIONES ACTUALES	34
2.4.1. Datos de Operación y producción	34
2.4.2. Escenarios y Simulaciones HYSYS	37
3. CONCLUSIONES	41
4. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFIA	45

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Pronósticos de Producción de Condensados–Condiciones de Diseño	31
Tabla 2. Datos de Operación y producción de condensados durante la puesta en marcha y ajuste de la planta de condensados	32
Tabla 3. Pronostico de gas campo Costayaco y producción ajustada de condensado 2014-2020	33
Tabla 4. Seguimiento condiciones de operación planta condensados campo Costayaco, Noviembre 2016	34
Tabla 5. Histórico de Producción de condensado planta de tratamiento campo Costayaco	35
Tabla 6. Condiciones actuales de operación planta de tratamiento	37
Tabla 7. Condiciones requeridas del gas entrada del sistema de generación.	37
Tabla 8. Resultados de la simulación HYSYS con T=55°F y variando Presión en el separador	38
Tabla 9. Resultado de la simulación HYSYS con T=77°F y variando Presión en el separador	39
Tabla 10. Resultado de la simulación HYSYS para diferentes condiciones de Temperatura y Presión.	40

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo proceso de refrigeración mecánica	12
Figura 2. Diagrama PH del propano	14
Figura 3. Diagrama PH para evaluación del refrigerante en el acumulador	15
Figura 4. Diagrama PH para evaluación del refrigerante válvula controladora	16
Figura 5. Diagrama PH para evaluación del refrigerante en el evaporador	17
Figura 6. Diagrama PH para evaluación del refrigerante en el compresor	17
Figura 7. Diagrama PH para evaluación del refrigerante en el condensador	18
Figura 8. Ubicación geográfica campo Costayaco	19
Figura 9. Análisis composicional gas campo Costayaco	20
Figura 10. Diagrama de bloque proceso gas Costayaco	21
Figura 11. Diagrama P&D planta de condensados Costayaco	23
Figura 12. Maqueta conceptual planta de condensados Costayaco	25
Figura 13. Simulación HYSYS – Condiciones Diseño	31
Figura 14. Simulación HYSYS con Temperatura actual y Presión variable	33
Figura 15. Cromatografía gas campo Costayaco, Diciembre 2016	35
Figura 16. Simulación HYSYS con Temperatura y Presión variable variable	39

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE CONDENSADOS DEL CAMPO COSTAYACO– PUTUMAYO.<sup>1</sup>

**AUTOR:** ADRIANA MARCELA GIRALDO ORTIZ<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** RERIGERACION MECANICA, CONDENSADOS, HYSYS

### **DESCRIPCION:**

En el campo Costayaco productor de aceite liviano y gas asociado se instaló en el año 2014 una planta para tratamiento de gas que considero la refrigeración mecánica como principio físico para recuperar componentes pesados del gas que estaba siendo quemado a la tea. Durante el diseño y puesta en marcha de la planta y con ayuda del software HYSYS se estimó la producción de 100 BOPD a partir de 2.0 MSCPD, con un gas rico en C3+ (75%).

Una vez la planta en operación, en el campo se implementó un sistema de generación eléctrica a partir del gas, que conllevó a cambios en las condiciones operativas de la planta de condensados en cuanto a Presión y Temperatura, dichos cambios en las variables principales del sistema generaron pérdida de eficiencia de la planta, pasando de una producción estimada de 100 BOPD a 50 BOPD.

Este estudio confirmo las condiciones de diseño, reviso las condiciones actuales de operación y con apoyo del software HYSYS, simulo la operación de la planta de condensados a diferentes valores de Presión y temperatura a la entrada y salida de la misma, con el fin de encontrar las condiciones óptimas de operación que permitan obtener el mayor volumen de condensados y entregar el gas residual a la temperatura y presión requerida para el sistema de generación eléctrica.

---

<sup>1</sup> Monografía de Especialización

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Especialización en Ingeniería de Gas. Director M. Sc. Manuel Cabarcas

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF OPERATIONAL CONDITIONS FOR GAS CONDENSING PLANT AT COSTAYACO FIELD IN PUTUMAYO DEPARTMENT.<sup>3</sup>

**AUTHOR:** ADRIANA MARCELA GIRALDO ORTIZ<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** MECHANICAL REFRIGERATION, CONDENSATES, HYSYS

### **DESCRIPTION:**

In the Costayaco field, producer of light oil and associated gas, a gas treatment plant was installed in 2014, which considered mechanical refrigeration as a physical principle to recover heavy components of the gas which was being burned. During the design and start-up of the plant and with the HYSYS software, a production of 100 BOPD was estimated from 2.0 MSCPD, with a rich C3+ gas (75%.)

Once the plant in operation, in the field was implemented a system of electricity generation using the gas, which generated some changes in the operating conditions of the condensed plant in terms of Pressure and Temperature, such changes in the main process variables generated an efficiency loss of the plant, reducing the condensates recover production from 100 BOPD to 50 BOPD.

This study confirmed the design conditions, reviewed the current operating conditions and with the support of the HYSYS software, simulated the operation of the condensate plant at different pressure and temperature values at the entrance and exit of the same, in order to find the optimum conditions of operation that allow to recover the maximum volume of condensates and to deliver the residual gas to the temperature and pressure required for the electrical generation system.

---

<sup>3</sup> Specialization Monograph

<sup>4</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Especialización en Ingeniería de Gas. Director M. Sc. Manuel Cabarcas

## INTRODUCCION

El campo Costayaco, es el principal campo de producción de la compañía Gran Tierra Energy en Colombia y se encuentra ubicado en la cuenca del Putumayo, produce de las areniscas de la formación Villeta crudo de 29°API y gas asociado. Desde el inicio del desarrollo del campo, el gas producido fue quemado y aunque las cromatografías mostraban un gas rico en componentes pesados C5+, solo hasta unos años después del inicio de las actividades de producción, fue instalada en el año 2014 una planta para el tratamiento del gas que usando como principio la refrigeración mecánica para la recuperación de condensados. Las simulaciones iniciales con HYSYS y de acuerdo con la cromatografía del gas producido en el año 2013 y los perfiles de producción, estimaban una producción inicial de 90 BOPD a partir de 1.9 MMSCFPD, estas tasas de recuperación de condensados fueron corroboradas durante las pruebas iniciales de producción, pero no se mantuvieron y a la fecha aunque los volúmenes y composición del gas se han mantenido constantes, los volúmenes de condensado han bajado hasta aproximadamente 50 BOPD, mostrando una baja eficiencia de operación de la planta.

Este trabajo de monografía tiene como objetivo comparar las condiciones de diseño de la planta y las condiciones actuales de operación de la misma, con el fin de identificar las causas y variables que están generando la baja producción de condensados, para este análisis ha sido necesario la revisión bibliográfica para enmarcar el estudio en la teoría de la refrigeración mecánica para tratamiento de gas natural, la toma de datos de campo, revisión de la información técnica de la planta en su fase de diseño y pruebas y las simulaciones en HYSYS en cada una de las etapas del proyecto, incluida una simulación actual, para identificar las variables que afectan el proceso.

Finalmente y una vez analizadas las variables que hacen parte del ciclo de refrigeración y del proceso para el tratamiento de gas en la planta del campo Costayaco, se corrieron algunas simulaciones que permitieron entender claramente la afectación de cada una de ellas sobre el volumen final de producción y se generaron algunas recomendaciones para ser aplicadas a las condiciones actuales de operación y de esta forma mejorar la eficiencia de la planta con mayores volúmenes de producción de condensado y mejor calidad de gas seco, el cual actualmente una vez sale de la planta es utilizado para generación de energía, como parte del plan presentado a la ANH para el uso y aprovechamiento del gas asociado.

## 1. SISTEMAS DE REFRIGERACION PARA TRATAMIENTO DE GAS

Para recuperar condensados a partir del gas se requiere de un proceso de ajuste del punto de rocío mediante la reducción de temperatura, el cual permitirá separar los condensados (componentes más pesados) de la corriente de gas. Para el ajuste del punto de rocío se utilizan distintos tipos de sistemas de refrigeración.

Los sistemas más conocidos y utilizados en la industria del petróleo y gas son<sup>5</sup>:

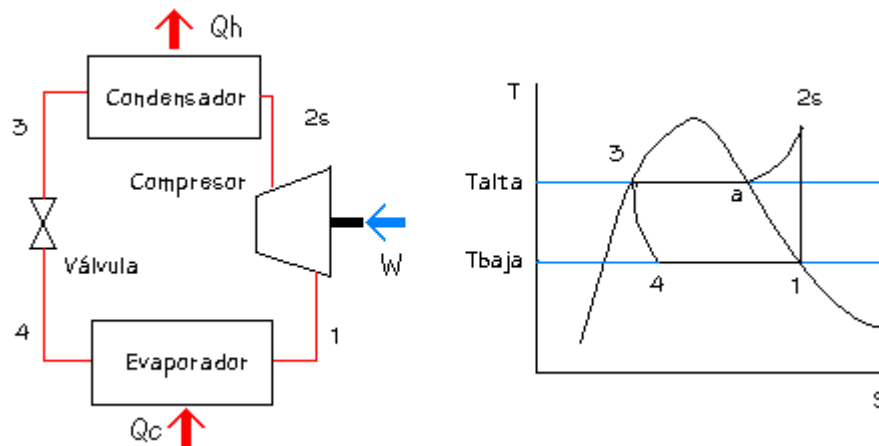
- Refrigeración mecánica: Actúa a partir de un fluido refrigerante, usado en las plantas de ajuste del punto de rocío para separar mediante condensación los hidrocarburos pesados de los más livianos.
- Refrigeración por turbo expansión: Los turboexpansores son máquinas rotativas que aprovechan la energía liberada por la expansión de un gas para producir un efecto refrigerante. El efecto refrigerante en estos equipos puede ser tan intenso como para alcanzar temperaturas demasiado bajas, por este motivo puede ser usado para recuperar propano y etano. No son muy habituales en el tratamiento de gas, salvo que sea necesario recuperar los hidrocarburos con valor comercial independiente.
- Refrigeración por expansión a través de una válvula: este sistema de refrigeración se utiliza cuando existe una caída de presión adecuada y no se requieren temperaturas demasiado bajas. La expansión se produce a Entalpia constante. Los hidrocarburos se enfrían por efecto de la expansión.

---

<sup>5</sup> TOTAL/ Introducción al Procesamiento de Gas y Petróleo / Unidad VIII – Sistemas de refrigeración: Refrigeración Mecánica.[www.diegomartinezcastro.com/01/imprimible](http://www.diegomartinezcastro.com/01/imprimible)

1.1.1. Refrigeración Mecánica. En el sistema de refrigeración mecánica el efecto refrigerante se produce cuando el fluido absorbe calor en partes del proceso y lo libera en otra parte. El fluido refrigerante que se utiliza con más frecuencia en el tratamiento del gas es el propano.

Figura No. 1. Diagrama de Flujo proceso de refrigeración mecánica



Tomado de: Moran & Shapiro; Fundamentals of Engineering Thermodynamics; 4th Edition; 2000.

1.1.1.1. Ciclo del fluido Refrigerante. El volumen del fluido refrigerante a partir de un estado inicial sufre cambios termodinámicos y retorna a su estado inicial completando un ciclo, sin alterar su masa ni su energía. Como la transferencia de calor se produce desde un sistema frío hacia uno que está a mayor temperatura, es necesario un aporte de energía de acuerdo con los principios de la termodinámica. La energía requerida para lograr el efecto refrigerante se aporta al sistema en la etapa de compresión.

1.1.1.2. Equipo de refrigeración mecánica. Un equipo de refrigeración mecánica se compone como mínimo de los siguientes elementos que cumplen distintas funciones:

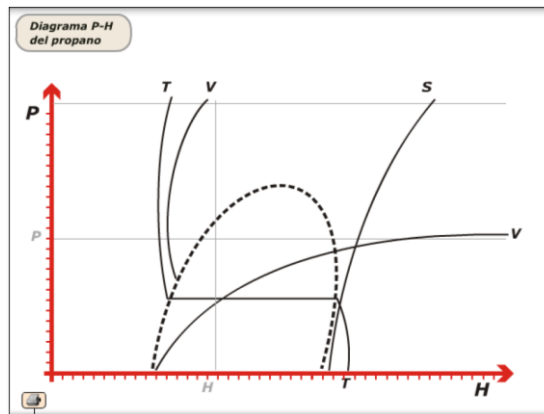
- Evaporador: Es un intercambiador de calor donde se enfría o condensa el fluido del proceso mientras que el refrigerante se evapora. El refrigerante evaporado se repone continuamente, controlado bajo nivel a través de la válvula expansora. Dadas las bajas temperaturas involucradas, el equipo, tuberías y accesorios deben ser térmicamente aislados.
  
- Compresor: Donde se eleva la presión del refrigerante de modo que pueda ser condensado a una temperatura elevada.
  
- Condensador: Donde los vapores sobrecalentados que salen del compresor, se enfrían y condensan para retornar al acumulador
  
- Válvula de expansión: que provoca el enfriamiento de una fracción del líquido que pierde energía a expensas de la vaporización de la fracción remanente que gana energía. Estas válvulas son construidas en materiales altamente resistentes para soportar la erosión provocada por fenómenos de cavitación y flashing que tienen lugar en la expansión.
  
- El fluido refrigerante: El propano es el refrigerante más utilizado en las plantas de recuperación e condensados (ajuste del punto de rocío). A presión atmosférica se evapora alrededor de  $-40^{\circ}\text{C}$ . Otros refrigerantes como el amoníaco, el freón 12 o freón 22 también podrían usarse. A temperaturas criogénicas, es preferible el metano o el etileno.
  
- Acumulador: Es un recipiente donde se recibe el refrigerante condensado, la carga inicial de refrigerante y se realiza la reposición de las pérdidas. En su fase vapor, se acumulan vapores que no se condensan y son eliminados por venteo o a través de un dispositivos que concentra los no condensables antes de su eliminación. El volumen del acumulador debe ser lo suficientemente grande como para contener todo el refrigerante líquido del circuito.

1.1.1.3. Análisis Termodinámico. La evolución de un fluido refrigerante se puede representar en un diagrama Presión – Entalpía (P-H). El diagrama P-H es específico para cada fluido refrigerante y se representan curvas de temperatura, Entropía y volumen específico constante. (Figura 2)

La representación muestra una figura en forma de campana dentro de la cual, la presión y la temperatura se mantienen constantes a pesar de que el sistema está ganando o perdiendo energía. La energía se aplica al cambio de fase: evaporación con ganancia de energía y condensación con pérdida de energía.

Como las energías de enfriamiento y de vaporización estas balanceadas, no hay variación energética en el sistema por lo que esta evolución es isoentálpica, es decir a entalpía constante.

Figura No. 2. Diagrama P-H del propano



Tomado de [www.ptc2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración](http://www.ptc2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración)

Si a cualquier presión se ubica un punto dentro del área de líquido subenfriado, y se aporta calor al sistema manteniendo la presión constante, se observa un

incremento de temperatura hasta llegar a la curva de líquido saturado. Allí el líquido comienza a hervir sin aumento de temperatura.

Sucesivos aportes de calor no elevan la temperatura del sistema, si no que generan la ebullición del líquido hasta que se vaporice hasta la última gota, una vez en ese punto si continúa el aporte de calor a presión constante, se eleva la temperatura y se ingresa al área de vapor sobrecalentado.

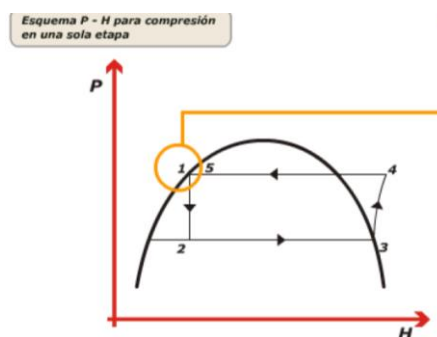
Enfriando el vapor sobrecalentado, al llegar al costado derecho de la campana, curva de vapor saturado, se produce la primer gota de condensado (punto de rocío).

Sucesivos enfriamientos, producen el efecto inverso al descrito en el lado izquierdo, hasta llegar al líquido subenfriado.

#### 1.1.1.4. Evolución del refrigerante en el diagrama P-H.

(1) En el acumulador el refrigerante está en estado líquido y a alta presión. Se encuentra sobre el costado izquierdo de la curva hacia la parte superior. (Figura 3)

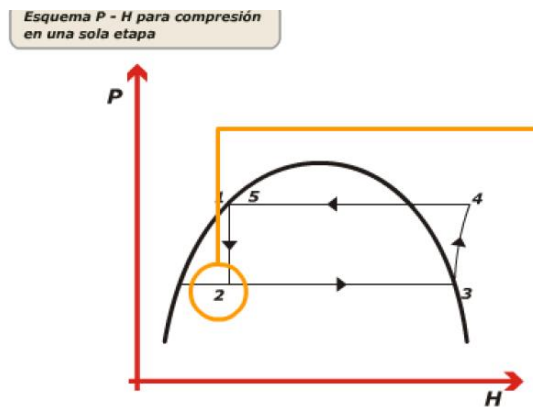
Figura No. 3. Diagrama PH para evaluación del refrigerante en el acumulador



Tomado de [www.ptc2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración](http://www.ptc2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración)

(2) En la válvula controladora se produce una expansión. En el diagrama puede verse un descenso vertical sobre la línea de entalpia constante hasta la presión/temperatura requerida por el proceso. En el diagrama P-H el refrigerante expandido corresponde a un punto interior de la campana que indica que el líquido se ha vaporizado en parte. El vapor generado en la expansión no participa del efecto refrigerante, que queda a cargo solo del líquido. (Figura 4)

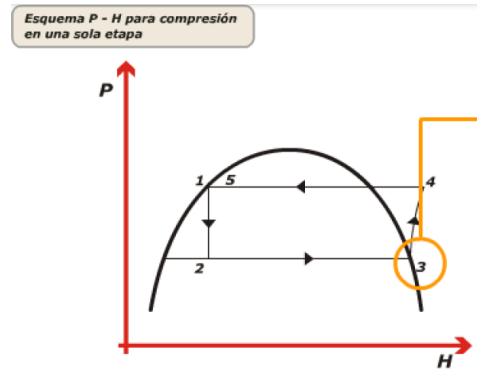
Figura No. 4. Diagrama PH para evolución del refrigerante en la Válvula controladora



Tomado de [www.ptc2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración](http://www.ptc2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración)

(3) En el evaporador, se vaporiza el líquido ingresado a presión y temperatura constante y sale del equipo todo el vapor. En el diagrama P-H, el vapor saturado que sale del evaporador se encuentra sobre la curva derecha de la campana, (Figura 5)

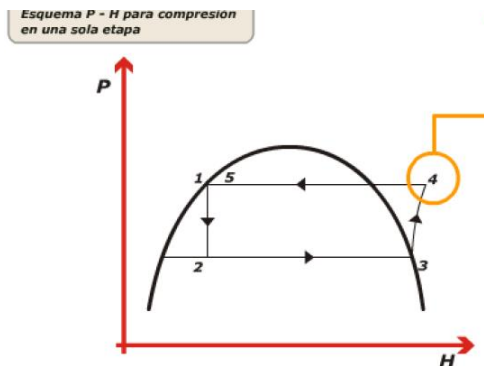
Figura No. 5 Diagrama PH para evolución del refrigerante en el evaporador



Tomado de [www.pte2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración](http://www.pte2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración)

(4) En el compresor, los vapores son comprimidos hasta la presión de descarga, con la consiguiente elevación de temperatura. En el diagrama P-H, esta evolución se representa por un desplazamiento sobre la curva isotrópica, hasta la presión final, (Figura 6)

Figura No. 6. Diagrama PH para evolución del refrigerante en el compresor

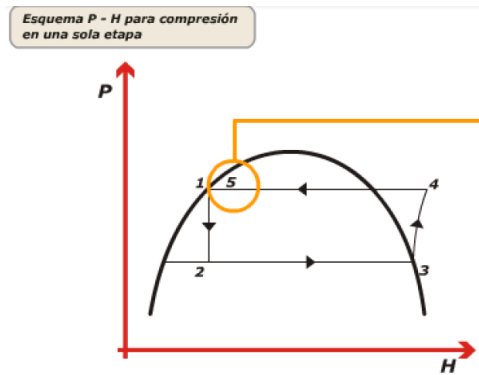


Tomado de [www.pte2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración](http://www.pte2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración)

(5) En el condensador el gas que descarga el compresor se enfría y condensa y es enviado como líquido saturado al acumulador, retornando así al estado inicial.

En el diagrama P-H esta evolución se representa como un desplazamiento del vapor sobrecalentado sobre una línea de presión constante, hasta la curva de vapor saturado, sobrecalentándose y de allí hasta la curva de líquido saturado donde se ha condensado la totalidad del refrigerante (Figura 7)

Figura No.7 Diagrama PH para evolución del refrigerante en el condensador



Tomado de [www.pt2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración](http://www.pt2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeración)

## 2. PLANTA DE CONDENSADOS CAMPO COSTAYACO

El campo Costayaco es un campo colombiano productor de aceite y gas asociado, ubicado en la cuenca del putumayo cuya área de influencia es el municipio de Villa Garzón. Figura 1. Y que hace parte del bloque Chaza, contrato E&P firmado entre Gran Tierra Energy (operador) y la ANH.

Figura No. 8 Ubicación geográfica Campo Costayaco



Tomado de ([www.grantierra.com/operations](http://www.grantierra.com/operations))

## 2.1. ANTECEDENTES

El campo fue descubierto en el año 2007 con la perforación del pozo exploratorio CYC-1, posteriormente se continuó con la perforación exitosa de pozos de desarrollo.

Para el año 2012, el campo ya contaba con 15 pozos productores, con una producción estimada de 10.000 BOPD y una producción de gas de 2.33 MMSCFPD. El crudo del campo tiene una gravedad API de 30° y el gas asociado es rico en compuestos pesados C5+.

Durante la etapa inicial de desarrollo del campo, el gas asociado después de pasar por el separador principal y un scrubber para retirar el condensado libre, era enviado a la tea para su quema.

Dado los altos volúmenes de gas que se estaban quemando, el conocimiento que se tenía de pérdida de condensados en el gas quemado, y la exigencia de la ANH de dar uso al gas asociado para reducir los volúmenes de quema de gas<sup>6</sup>, en el año 2013 la compañía inicio un proceso para el diseño, construcción e instalación de una planta de tratamiento de gas para la recuperación de condensados mediante refrigeración mecánica.

## 2.2. DISEÑO PLANTA

Las condiciones de diseño de la planta fueron:


- Capacidad Nominal: 2 MMSCFPD
- Capacidad Maxima: 2.33 MMSCFPD
- Temperatura Ambiente Maxima: 95° F
- Temperatura del gas a la entrada de la planta:
  - Nominal: 144°F


---

<sup>6</sup> Comunicación de la ANH, Febrero 20 de 2014

- Maxima: 150°F
- Presión de Succión Mínima: 25 Psig
- Composición del gas. GPM (C2+) 4.93; GPM (C3+) 3.77 (El gas es saturado completamente de agua) detalle de la cromatografía en Figura 9.


Figura No. 9 Análisis Composicional gas campo Costayaco.

		<b>CORE LABORATORIES</b>	
<b>COMPANY: GRANTIERRA</b>			
<b>Compositional Analysis of COSTAYACO 1,2,3,4,8,9,11,12,13,16 to C12+</b>			
Sampling Date	26-oct-2012 16:50		
Sampling Location	COSTAYACO 1,2,3,4,8,9,11,12,13,16		
Cylinder Number	COL-0005		
Sample Description	SALIDA SEPARADOR GENERAL		
Sampling Conditions	25.0 psig @ 134.2°F		
Component	Mole %	Weight %	
CO <sub>2</sub> Carbon Dioxide	6,22	7,04	
N <sub>2</sub> Nitrogen	2,23	1,61	
C <sub>1</sub> Methane	28,00	11,57	
C <sub>2</sub> Ethane	16,17	12,52	
C <sub>3</sub> Propane	24,06	27,29	
iC <sub>4</sub> i-Butane	4,07	6,08	
nC <sub>4</sub> n-Butane	10,21	15,28	
iC <sub>5</sub> i-Pentane	2,74	5,09	
nC <sub>5</sub> n-Pentane	2,64	4,90	
C <sub>6</sub> Hexanes	1,75	3,85	
C <sub>7</sub> Heptanes	1,27	2,95	
C <sub>8</sub> Octanes	0,48	1,27	
C <sub>9</sub> Nonanes	0,12	0,41	
C <sub>10</sub> Decanes	0,03	0,10	
C <sub>11</sub> Undecanes	0,01	0,04	
C <sub>12+</sub> Dodecanes plus	0,00	0,00	
Totals :	100,00	100,00	
Note: 0.00 means less than 0.005.			
Calculated Residue Properties	Mole Weight (g mol <sup>-1</sup> )	Density (g cm <sup>-3</sup> at 60°F)	
C <sub>7+</sub> Heptanes plus	97,1	0,7486	
C <sub>10+</sub> Decanes plus	137,4	0,7811	
C <sub>12+</sub> Dodecanes plus	-	-	
Calculated Whole Gas Properties			
Gas Gravity	1,3482	(Air=1 @ 14.73 psia & 60°F)	
Whole Sample Mole Weight	38.85	g mol <sup>-1</sup>	
Ideal Gas Density	1,6431	kg m <sup>-3</sup> @ 14.65psia, 60°F	
Ideal Gross Calorific Value	2043,4	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F	
Ideal Net Calorific Value	1876,5	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F	
Pseudo Critical Press.	645.7	psia	
Pseudo Critical Temp.	571.9	Rankine	
Gas Compressibility Factor, Z	0,987330	@ 14.65 psia & 60°F	
GPM (C2+)	18,87		
GPM (C3+)	14,57		
Additional Information			
Real Gross Calorific Value	2069,6	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F	
Real Net Calorific Value	1900,6	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F	



ICOPET  
INSTITUTO COLOMBIANO  
DE OILFIELD TESTING  
DE LA FACULTAD  
DE INGENIERIA  
DE LA UNIVERSIDAD  
DE BOGOTÁ

Cra 20 Nro. 168-5256, Bogotá D.C., Colombia  
Teléfono PBX (57-1) 674 04 00  
Celufijo (03-310) 264 09 01, Fax : (57-1) 673 00 60  
Website: [www.corelab.com](http://www.corelab.com)

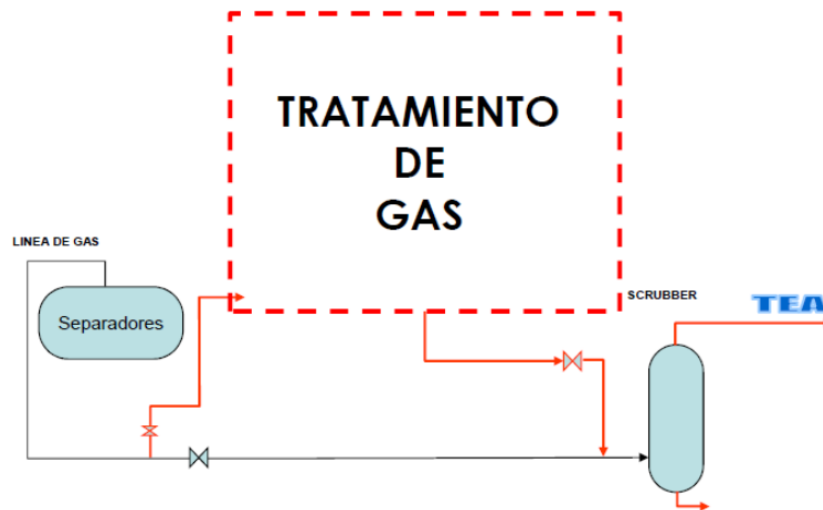


Código: 1107-1  
Laboratory services for hydrocarbon and water physicochemical testing, petrophysical for rocks and piping in accordance to flow lines.  
ISO 9001:2000

Tomado de reporte de Core Lab Octubre 26 de 2012

2.2.1. Descripción del proceso. La planta fue construida, instalada y puesta en marcha durante el primer semestre del año 2014 y básicamente los procesos asociados y sus condiciones de diseños son <sup>7</sup> :

Figura No. 10. Diagrama de bloques proceso gas Costayaco



- A. Pre-enfriamiento por aire: dado que la temperatura del gas es bastante alta (145°F) y con el fin de reducir la carga del chiller de agua, la corriente de gas es pasada inicialmente por un aroenfriador que reduce su temperatura hasta aproximadamente 100°F.
- B. Enfriamiento Mecánico: Se instaló un sistema de enfriamiento cerrado, compuesto por un chiller que trabaja con una mezcla de agua – glicol y un intercambiador de calor de coraza y tubos gas-agua, con capacidad para enfriar el gas desde 100°F hasta 50°F.
- C. Estabilización: Del proceso de enfriamiento se obtienen los condensados líquidos, los cuales son llevados a un separador trifásico para obtener gasolinas naturales (Nafta C5+) con una calidad de aproximadamente 60 API,

<sup>7</sup> ENFENCO, Diseño Sistema de recuperación de condensados campo Costayaco, Marzo 2014.

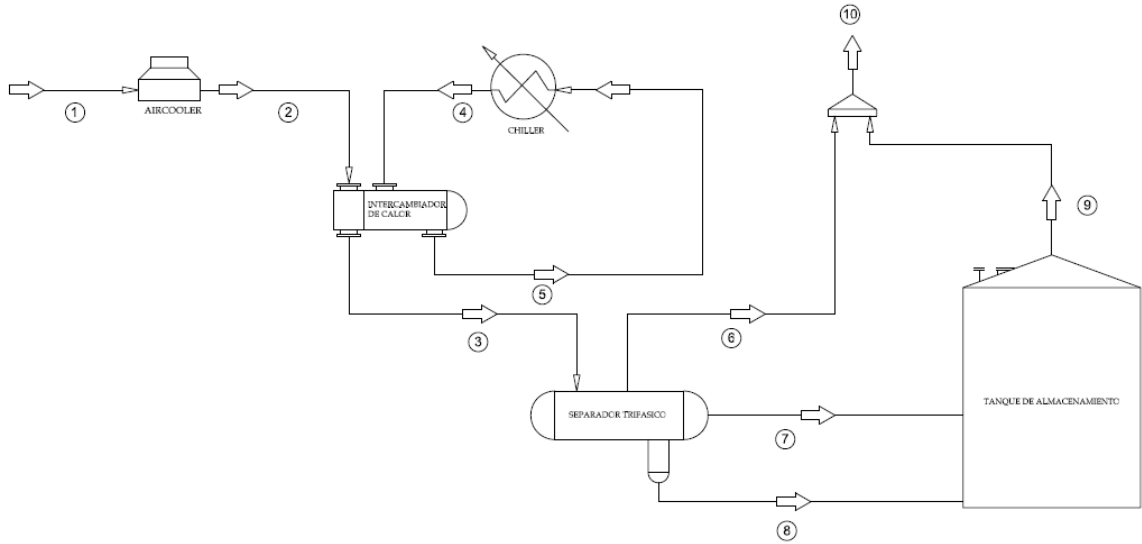
posteriormente los condensados recuperados son bombeados a los tanques de producción donde se mezclan con el crudo de 30 API.

D. Disposición del gas residual: El gas residual obtenido en el separador trifásico sale por la línea de tea para ser quemado a la atmosfera.

E. Disposición del agua asociada: Es enviada hacia los tanques de agua para tratamiento de agua de inyección.

En la figura No. 11 puede observarse el diagrama de flujo de la planta de condensados

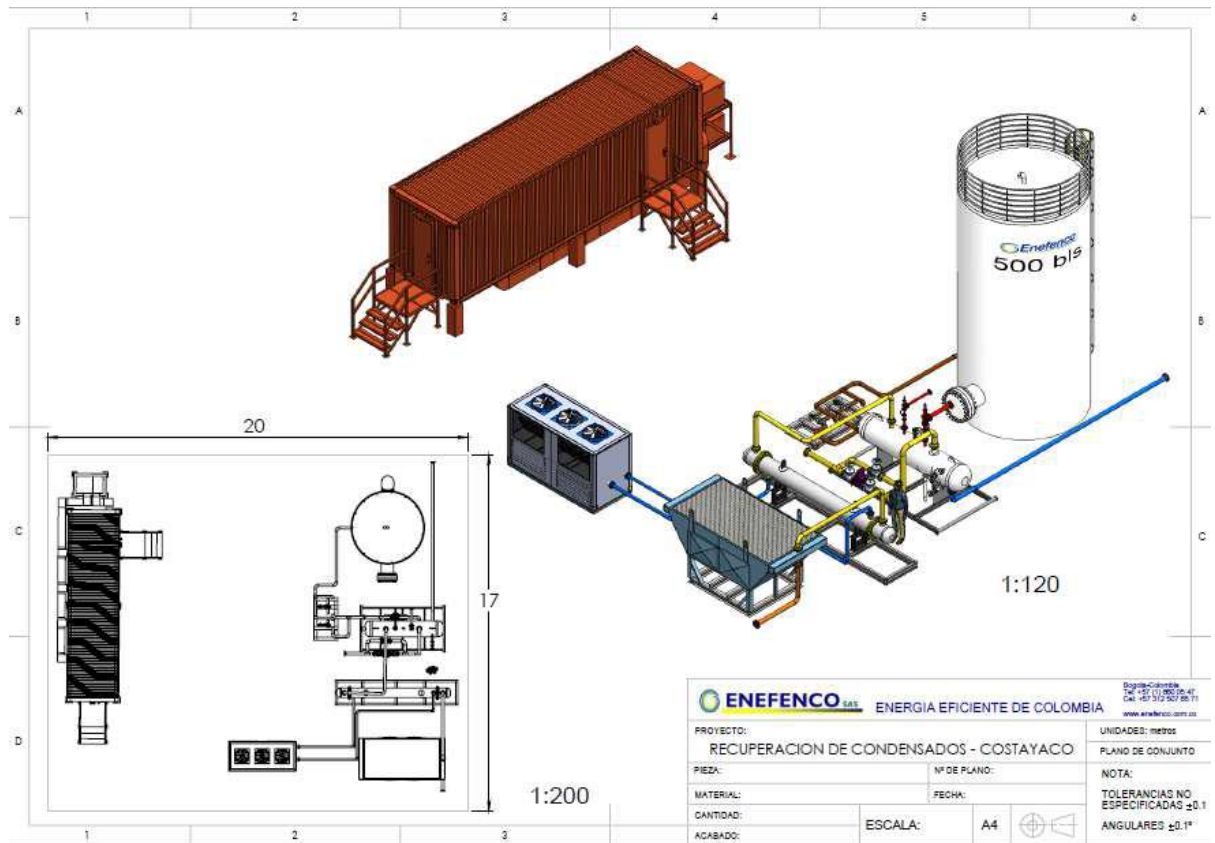
Figura No. 11. Diagrama de Flujo Planta de Condensados Costayaco



Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vapour fraction	0.9397	0.883	0.7885	0	0	1	0.0898	0	1	1
Temperature (F)	144	100	40	35	54.8	40	40	40	52	55
Pressure (Psia)	45.7	44	42.7	40	36	42.7	26	26	26	24
Molar Flow (lbmole/hr)	213	213	213	1645	1645	168	18.61	26.44	1.671	169.6
Mass flow (Lb/hr)	7752	7752	7752	29630	29630	5950	1326	472.5	76.14	6026
Comp mole frac (CO2)	0.0543	0.0543	0.0543	0	0	0.0329	0.0036	0.0002	0.0329	0.0681
Comp mole frac (Nitrogen)	0.0195	0.0195	0.0195	0	0	0.0014	0.0001	0	0.0014	0.0245
Comp mole frac (Methane)	0.2446	0.2446	0.2446	0	0	0.0614	0.0059	0	0.0614	0.3071
Comp mole frac (Ethane)	0.1413	0.1413	0.1413	0	0	0.165	0.0233	0	0.165	0.1765
Comp mole frac (Propane)	0.2102	0.2102	0.2102	0	0	0.4216	0.1391	0	0.4216	0.2529
Comp mole frac (i-Butane)	0.0356	0.0356	0.0356	0	0	0.0733	0.0596	0	0.0733	0.0388
Comp mole frac (n-Butane)	0.0892	0.0892	0.0892	0	0	0.1733	0.2067	0	0.1733	0.091
Comp mole frac (i-Pentane)	0.0239	0.0239	0.0239	0	0	0.0336	0.1131	0	0.0336	0.018
Comp mole frac (n-Pentane)	0.0231	0.0231	0.0231	0	0	0.0272	0.1308	0	0.0272	0.0149
Comp mole frac (n-Hexane)	0.0153	0.0153	0.0153	0	0	0.0071	0.137	0	0.0071	0.0042
Comp mole frac (n-Heptane)	0.0111	0.0111	0.0111	0	0	0.0016	0.1177	0	0.0016	0.001
Comp mole frac (n-Octane)	0.0042	0.0042	0.0042	0	0	0.0002	0.0469	0	0.0002	0.0001
Comp mole frac (n-Nonane)	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0.0119	0	0	0
Comp mole frac (n-Decane)	0.0003	0.0003	0.0003	0	0	0	0.003	0	0	0
Comp mole frac (n-C11)	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0	0.001	0	0	0
Comp mole frac (n-C12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp mole frac (H2O)	0.1263	0.1263	0.1263	0.7	0.7	0.0015	0.0002	0.9998	0.0015	0.0028
Comp mole frac (TEGlycol)	0	0	0	0.3	0.3	0	0	0	0	0

Tomado de ENFENCO, Documento Paso a Paso planta Condensado

Figura No.12. Maqueta Conceptual Planta de Condensados Costayaco



Tomado de ENEFENCO, Documento Paso a Paso planta Condensado

## 2.2.2 Descripción de Equipos Principales

### 2.2.2.1. Intercambiador de Calor


Intercambiador de Calor	
	<p>Dimensiones Exteriores: 6500 x 1200 x 1600 mm</p> <p>Fluido Frio: agua de chiller con mono-etilenglicol al 10%</p> <p>Rating: ANSI 150</p> <p>Presion de trabajo lado gas: 45 psig</p> <p>Temperatura de entrada agua: 40°F</p> <p>Fluido Caliente: gas asociado CYC</p> <p>Presión de trabajo lado agua: 25 psig</p> <p>Temperatura entrada de gas: max 120°F</p> <p>Temperatura salida del gas: 50°F</p> <p>Construcción tipo (TEMA): BEM</p> <p>Disposición: Horizontal</p> <p>Tubería: NPS ½"</p> <p>Arreglo tubería: Triangular 30°</p> <p>Casco: A 106 D= 18" NPS Sch. 24 x 5000</p> <p>Placa Tubos: A105</p> <p>Bridas: A105 Slip-On 18" 150#RF</p> <p>Boquillas: 4 welding Neck 150#RF D=6" bridas ANSI #300</p> <p>Aislamiento: Poliuretano de baja densidad de 4" para toda la carcasa y tubería de interconexión.</p> <p>Fabricación bajo norma ASME</p> <p>Fabricacion Nacional</p>

## 2.2.2.2. Aeroenfriador


Aeroenfriador	
	<p><b>Model 7 2H AIR-X-CHANGERS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V-belt drive by (1) 25 HP, 1500 RPM TEFC Chem-duty electric motor</li> <li>• Murphy VS2-EX vibration switch mounted opposite fan drive</li> <li>• SA214 carbon steel tubes for PC section</li> <li>• Carbon steel headers for Pc section</li> <li>• ASME code stamp for PC section</li> <li>• One set of manual louvers downstream of PC section</li> <li>• Extended lube lines</li> <li>• AXC standar paint</li> <li>• Flow 2.33 MMSCFPD</li> <li>• Fluid 1.32 SPGR</li> <li>• Temp. In/Out 145/100 °F</li> <li>• Pressure 45 Psig</li> <li>• Pressure drop 1.3 psi</li> <li>• Heat Load 757,219 BTU/Hr</li> <li>• True LMTD 21.8 °F</li> <li>• Overall rate 54.9 BTU/Hr ft<sup>2</sup>°F</li> <li>• Fouling factor 0.0020 Ft<sup>2</sup>-hr-°F/BTU</li> <li>• Surface Bare/Extended 388/6175 ft<sup>2</sup></li> <li>• Design Temp. (Max/Min) 350/-20 °F</li> <li>• Design/Test pressure 215/280 psig</li> <li>• Pass Arrangement COUNTERFLOW</li> <li>• No. Tube Rows/Tube Passes 4/2</li> <li>• Section Weight 3550 Lbs</li> <li>• Tubes OD x BWG 5/8x16 (0.060 MIN)</li> <li>• Material SA214</li> <li>• No, Per Section/length 202/12 ft</li> <li>• Retarders</li> <li>• Accelerators</li> <li>• Fins Type L-TENSION / WHEEL</li> <li>• Material ALUMINUM</li> <li>• Nozzles Rating/Type 150 RF</li> <li>• Material SA105</li> <li>• (No. Inlets)/Size (1)/4IN</li> <li>• (No. Outlets)/Size (1)/4 IN</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Headres Type BOX W/PLUGS</li> <li>• Material SA70</li> <li>• Corrosion Allow 1/16 IN</li> <li>• Grooved Tubesheet YES</li> <li>• Plugs, Type SHOULDER</li> <li>• ASME Code Stamp/ N.B. YES</li> </ul>
--	--

### 2.2.2.3. Chiller de agua fría

Chiller de agua fría	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 Toneladas de refrigeración</li> <li>• Condensadores 4 x 13 ton</li> <li>• Water conection 3"</li> <li>• Refrigeration Circuits: 2</li> <li>• Capacity Step: 25% -50%-75%-100%</li> <li>• Refrigerant Charge: 32 Lbs</li> <li>• Oil charge. 3.5 gal</li> <li>• Largo: 2890 mm</li> <li>• Ancho: 2245 mm</li> <li>• Alto: 2155 mm</li> <li>• Temperatura ambiente diseño: 95°F</li> <li>• Rated Power: 460/60/3</li> <li>• Fans: 4</li> <li>• Fan motor power: 1.2 Kw EA</li> <li>• Tanque de acumulación: 200 gal</li> <li>• Water conection: 2.5"</li> <li>• Chiller wáter Min. Flow: 55 GPM</li> <li>• Chiller wáter max. Flow: 180 GPM</li> <li>• Compressor RLA 26-33</li> <li>• Salidas de cable: 1/0</li> <li>• Conexiones bridas ANSI 150 #2"</li> <li>• Marca TRANE</li> <li>• Consumo compresores max.: 50 Kw</li> <li>• Consumo condensadores max.: 4.6 Kw</li> <li>• Consumo bomba de agua max. 5 Kw</li> <li>• Consumo Total Max.: 59.6 Kw</li> </ul>

#### 2.2.2.4. Separador Trifásico

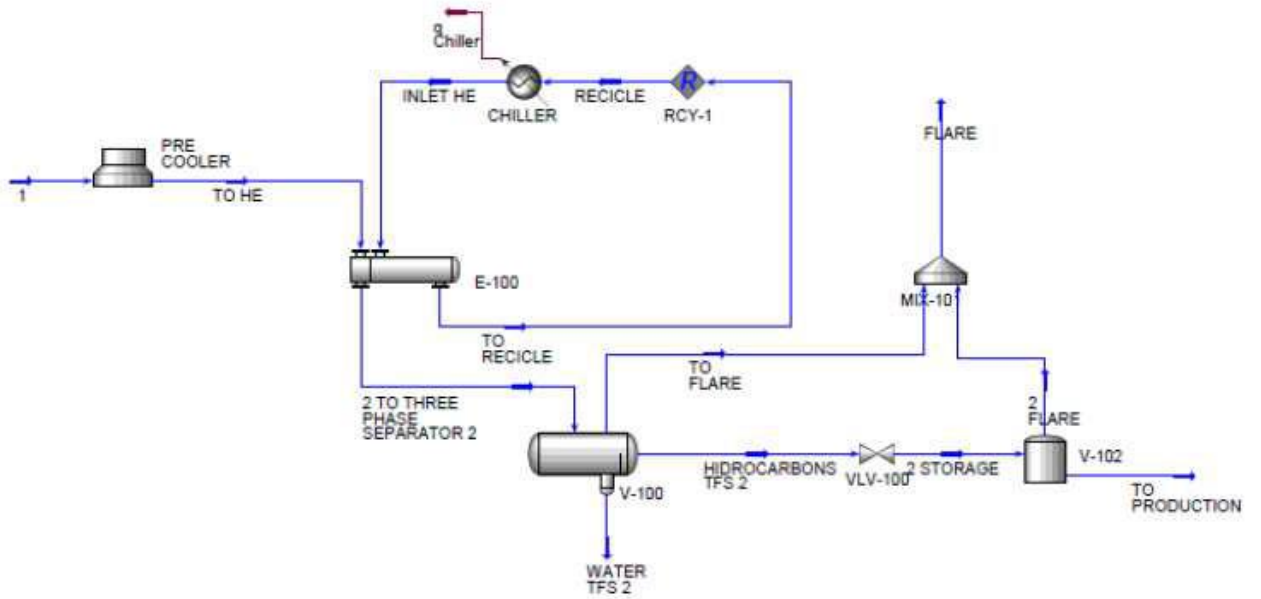
Separador Trifásico	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad: 200 BOPD, 100 BWPD, 3MMSCFPD</li><li>• Presion de Operación: 50 Psig</li><li>• Diseñado bajo norma ASME</li><li>• Material: ASTM A-283 Grado C</li><li>• Material Coenxiones: SA-106 Gr B</li><li>• Fluido mezcla de agua y condensados</li><li>• Diametro Inetrno. 16"</li><li>• Longitud sin cabezas: 6 ft.</li><li>• Capacidad nominal: 5.6 Bbls</li><li>• Espesor Shell: 1/2"</li><li>• Tolerancia Corrosión: 1/16"</li><li>• Temperatura Operación: 30-150 °F</li><li>• Peso aproximado: 2800 Lbs</li><li>• Una boca de 6" 150# WN RF para recibo de servicio</li><li>• Una boca de 1-1/2" 150# WN RF para termómetro</li><li>• Una boca de 3/4" 3000# WN RF para manómetro</li><li>• Una boca de 4" 150# WN RF para drenaje</li><li>• Una boca de 4" 150# WN RF facilidad salida de liquido</li><li>• Una boca de 3/4" 3000# WN RF para para balance LIT</li><li>• Una boca de 2" 150# WN RF para LTI/LG</li><li>• Una boca de 4" 150# WN RF para salida de gas.</li></ul>

#### 2.2.2.5. Bombas de condensados

Bomba de Condensados	
	<p>Modelo: BL.LGLD3E</p> <p>Bombas de 3" para trasiego de condensados capacidad desde 10 GPM y máxima presión diferencial de 150 Psi. Incluye motor explosión proof de 7.5 HP base y poleas</p>

2.2.3. Pronósticos de Producción Condensados (HYSYS). De acuerdo con las simulaciones de HYSYS y con los datos de diseño, se generaron los pronósticos de producción de condensado para los siguientes 12 años, teniendo en cuenta el pronóstico de producción de gas del campo Costayaco del año 2013. Figura 13 Simulación HYSYS – Condiciones diseño, Tabla 1 Pronósticos de producción condensados – Condiciones de Diseño

Figura No.13. Simulación HYSYS – Condiciones de Diseño



Tomado de ENFENCO, Documento Propuesta planta Condensado campo Costayaco

Tabla No. 1 Pronósticos de producción condensados Campo CYC – Condiciones de Diseño

AÑO	PRODUCCION DE GAS (mscfpd)	VOLUMEN CONDENSADOS A RECUPERAR (BPD)
2014	1,97	110
2015	1,49	95
2016	1,09	75
2017	0,79	48
2018	0,59	37
2019	0,45	28
2020	0,35	20
2021	0,27	16
2022	0,22	14
2023	0,18	9
2024	0,15	6
2025	0,13	5
2026	0,12	4

### 2.3. AJUSTE Y PUESTA EN MARCHA

El 23 de Junio de 2014 se dio inicio a las pruebas de producción de la planta de condensados del campo Costayaco, con una producción promedio de 109 BPD de condensados, ajustándose estos resultados muy bien a la simulación inicial y diseño de la planta. Cabe mencionar que como en cualquier proceso de arranque y puesta en marcha de equipos, fueron necesarios varios días para estabilizar las condiciones de producción y el ajuste de equipos e instrumentación requeridos hasta encontrar el punto óptimo de operación.

2.3.1 Condiciones de operación.. En la tabla No. 2 puede observarse el resultado de las pruebas iniciales.

Tabla No. 2 Datos operación y producción de condensados durante la puesta en marcha y ajuste de la planta de condensados campo CYC

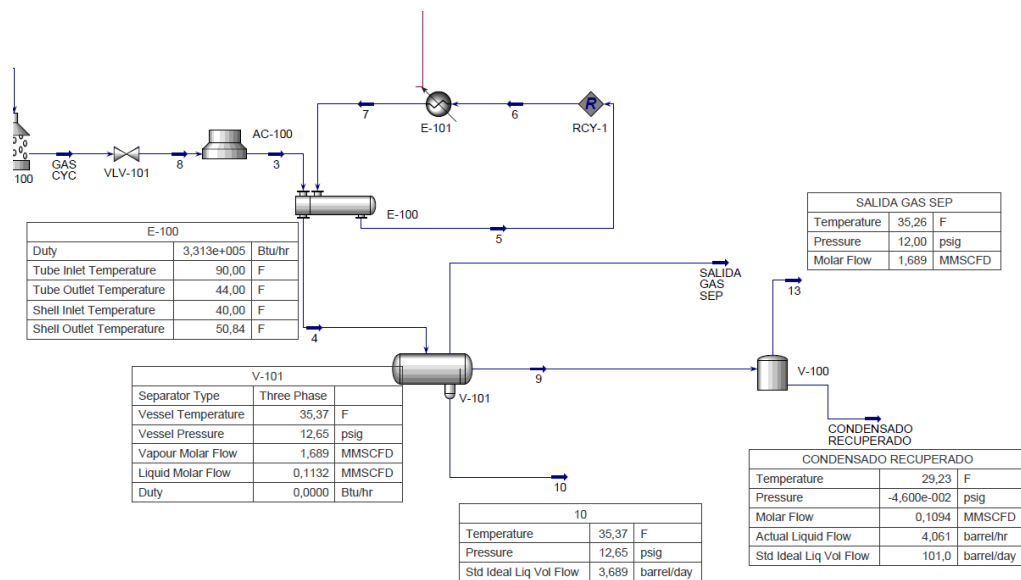
DATOS GTEC / RECUPERACION CONDENSADOS								
FECHA	TEMP GAS ENTRADA PLANTA (F)	TEMP GAS SALIDA COOLER (F)	TEMP GAS SALIDA CHILLER (F)	PRESION DE GAS ENTRADA PLANTA (PSIG)	PRESION GAS SEPARADOR (PSIG)	PRESION DE GAS SALIDA PLANTA (PSIG)	VOLUMEN DIARIO (BPD)	VOLUMEN ACUMULADO (BARRILES)
23/06/2014	126	95	48	17,5	12,0	4,0	119	119
24/06/2014	125	90	44	21,4	15,2	4,0	108	227
24/06/2014	122	88	42	23,5	17,8	4,1	138	365
26/06/2014	120	90	40	19,4	13,0	4,3	70	435
27/06/2014	120	90	40	19,4	12,5	4,2	78	513
28/06/2014	90	70	38	16,3	11,0	3,9	123	636
29/06/2014	88	70	40	14,0	10,0	2,9	132	768
30/06/2014	90	70	38	16,8	11,0	3,7	119	887
01/07/2014	118	86	50	19,1	13,0	4,4	95	982
<b>PROMEDIO PRUEBAS INICIALES</b>	111	83	42	18,6	12,8	3,9	109	

2.3.2. Pronósticos de Producción Ajustados (HYSYS). Una vez la planta en funcionamiento y de acuerdo con los pronósticos ajustados de producción de gas año 2014, los resultados de operación de la planta y la simulación de HYSYS usada para el diseño, se ajustaron los pronósticos de producción de condensado y quema de gas para los siguientes 5 años. Tabla 3, Figura 14.

Tabla No. 3 Pronósticos de gas campo CYC y producción ajustada de condensados 2014-2020

PRONOSTICOS Y CONDICIONES JUNIO 2014			
AÑO	PRODUCCION DE GAS CYC (MSCFPD)	CONDENSADO RECUPERADO (BPD)	GAS QUEMADO CYC (MSCFPD)
2.014	1.930	105	1.641
2.015	1.801	80	1.532
2.016	1.588	71	1.339
2.017	1.294	58	1.073
2.018	1.107	49	903
2.019	977	44	785
2.020	880	39	698

Figura No.14. Simulación HYSYS



## 2.4. CONDICIONES ACTUALES

2.4.1. Datos de Operación y producción. Durante el mes de Diciembre de 2016 y con el fin de analizar la baja eficiencia de la planta de condensado del campo Costayaco y teniendo en cuenta que los volúmenes de producción de gas hoy en día son mayores a los considerados en el diseño y a los calculados para los pronósticos generados después de las pruebas iniciales de la planta de condensados, se realizó seguimiento a las condiciones de operación de la planta, ver Tabla 4, adicionalmente aprovechando el proyecto en marcha de generación con gas del campo, se actualizó la cromatografía del gas que entra a la planta de condensados, ver Figura 15.

Tabla No. 4 Seguimiento condiciones de operación Planta Condensado campo Costayaco  
Noviembre 2016

DIA	CAUDAL GAS (MSCFD)	T°F AIR COOLER		T°F CHILER		T°F INTERCAMBIADOR		PSI. PLANTA		PSI SEPARADOR
		T° ENTRADA	T° SALIDA	T° ENTRADA	T° SALIDA	T° ENTRADA	T° SALIDA	PSI. ENTRADA	PSI. SALIDA	
19/11/2016	2.281	120,0	92,0	76,0	46,0	92,0	58,0	17,1	4,3	13,5
20/11/2016	2.242	127,8	97,6	78,2	47,9	97,6	63,2	16,6	4,0	13,8
21/11/2016	2.181	118,0	92,0	75,8	51,5	92,0	59,3	16,4	5,1	13,0
22/11/2016	2.285	127,1	95,5	77,7	47,2	93,4	64,6	16,7	6,5	13,3
23/11/2016	2.244	130,9	94,5	82,3	53,1	100,0	69,1	16,4	6,4	13,5
24/11/2016	2.283	129,7	101,9	83,1	54,0	101,5	69,7	16,7	6,8	13,4
25/11/2016	2.304	128,5	102,0	82,8	54,8	101,6	69,4	16,6	6,8	13,5
26/11/2016	2.340	130,4	104,2	83,8	57,2	104,2	72,2	16,9	7,2	13,5
27/11/2016	2.357	126,6	97,5	80,0	51,5	97,8	65,7	16,7	5,9	13,5
28/11/2016	2.007	214,1	97,5	77,2	49,8	97,7	64,5	26,2	5,6	13,1
29/11/2016	2.223	129,7	100,1	79,8	50,9	100,1	68,1	16,5	6,7	13,5
PROMEDIO	2.250	134,8	97,7	79,7	51,3	98,0	65,8	17,5	5,9	13,4

Finalmente para completar la información y hacer el análisis objeto de esta monografía, se presenta el histórico de producción de condensado desde Agosto de 2014 hasta Diciembre 2016, donde claramente se observa que la planta no ha producido los volúmenes estimados en el diseño ni en las pruebas iniciales, ver Tabla 5.

Tabla No. 5 Histórico de producción de condensados planta de tratamiento campo Costayaco

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>BPM</b>	<b>BPD</b>
<b>2014</b>	<b>Ago</b>	1.570	51,6
	<b>Sep</b>	1.568	51,6
	<b>Oct</b>	1.828	60,1
	<b>Nov</b>	1.014	33,4
	<b>Dec</b>	1.509	49,6
<b>2015</b>	<b>Ene</b>	1.766	58,1
	<b>Feb</b>	1.687	55,5
	<b>Mar</b>	1.913	62,9
	<b>Abr</b>	1.614	53,1
	<b>May</b>	1.880	61,8
	<b>Jun</b>	1.741	57,3
	<b>Jul</b>	2.216	72,9
	<b>Ago</b>	2.356	77,5
	<b>Sep</b>	1.862	61,3
	<b>Oct</b>	2.251	74,0
	<b>Nov</b>	1.862	61,3
	<b>Dic</b>	1.725	56,7
<b>2016</b>	<b>Ene</b>	1.872	61,6
	<b>Feb</b>	1.914	63,0
	<b>Mar</b>	1.679	55,2
	<b>Abr</b>	1.757	57,8
	<b>May</b>	1.882	61,9
	<b>Jun</b>	1.915	63,0
	<b>Jul</b>	1.911	62,9
	<b>Ago</b>	2.210	72,7
	<b>Sep</b>	2.025	66,6
	<b>Oct</b>	1.983	65,2
	<b>Nov</b>	1.921	63,2
	<b>Dic</b>	2.091	68,8

Figura No. 15 Cromatografía gas campo Costayaco, Diciembre 2016

**Compositional Analysis of Costayaco - Línea entrada condensado to C12+**

Sampling Date	01 - Diciembre - 2016 / 16:45 Hrs.
Sampling Location	Costayaco
Cylinder Number	CLM - 014
Sample Description	Línea entrada condensado
Sampling Conditions	20.0 psig @ 144.0°F

Component	Mole %	Weight %
CO <sub>2</sub> Carbon Dioxide	5.25	4.89
N <sub>2</sub> Nitrogen	1.49	0.89
C <sub>1</sub> Methane	26.27	8.92
C <sub>2</sub> Ethane	12.16	7.74
C <sub>3</sub> Propane	18.55	17.28
iC <sub>4</sub> i-Butane	3.62	4.45
nC <sub>4</sub> n-Butane	10.25	12.66
iC <sub>5</sub> i-Pentane	3.47	5.30
nC <sub>5</sub> n-Pentane	3.92	5.98
C <sub>6</sub> Hexanes	4.07	7.36
C <sub>7</sub> Heptanes	4.80	9.37
C <sub>8</sub> Octanes	3.38	7.62
C <sub>9</sub> Nonanes	1.79	4.64
C <sub>10</sub> Decanes	0.62	1.76
C <sub>11</sub> Undecanes	0.23	0.70
C <sub>12+</sub> Dodecanes plus	0.13	0.44

Totals : 100.00 100.00

Note: 0.00 means less than 0.005.

Calculated Residue Properties	Mole Weight (g mol <sup>-1</sup> )	Density (g cm <sup>-3</sup> at 60°F )
C <sub>7+</sub> Heptanes plus	106.0	0.7467
C <sub>10+</sub> Decanes plus	140.8	0.7841
C <sub>12+</sub> Dodecanes plus	162.3	0.8011

Calculated Whole Gas Properties		
Gas Gravity	1.6587	(Air=1 @ 14.73 psia & 60°F)
Whole Sample Mole Weight	46.860	g mol <sup>-1</sup>
Ideal Gas Density	2.0215	kg m <sup>-3</sup> @ 14.65psia, 60°F
Ideal Gross Calorific Value	2557.3	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F
Ideal Net Calorific Value	2355.2	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F
Pseudo Critical Press.	606.50	psia
Pseudo Critical Temp.	618.60	Rankine
Gas Compressibility Factor, Z	0.980478	@ 14.65 psia & 60°F
GPM (80% Propane)	18.3178	Gal/1000 PC
GPM (100% Propane)	19.3338	Gal/1000 PC

Additional Information		
Real Gross Calorific Value	2608.2	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F
Real Net Calorific Value	2402.1	BTU.ft-3 @ 14.65psia, 60°F

2.4.2. Escenarios y Simulaciones HYSYS. Teniendo en cuenta que hoy en día el gas que sale de la planta de condensados ya no va a la tea, si no a un tren de generación de energía eléctrica, los requerimientos para las condiciones de salida han cambiado un poco. A continuación en la Tabla No. 6, se aprecian las condiciones actuales de operación de la planta de condensados y en la Tabla 7 las condiciones requeridas del gas a la entrada del sistema de generación.

Tabla No. 6 Condición actual operación planta de tratamiento campo Costayaco

CONDICION ACTUAL DE OPERACIÓN PLANTA DE CONDENSADOS					
VOL GAS (MMSCFD)	PRESION ENTRADA PLANTA (PSI)	PRESION SEPARADOR (PSI)	TEMPERATURA SALIDA DE GAS(°F)	PRESION SALIDA PLANTA (PSI)	CONDENSADO RECUPERADO (BLS)
2,2	16,6	13,6	55,43	7	65

Tabla No. 7 Condiciones requeridas de operación de la planta para cumplir con las condiciones de gas solicitadas por generación.

CONDICION REQUERIDA DEL GAS PARA GENERACION					
VOL GAS (MMSCFD)	PRESION ENTRADA PLANTA (PSI)	PRESION SEPARADOR (PSI)	TEMPERATURA SALIDA DE GAS(°F)	PRESION SALIDA PLANTA (PSI)	CONDENSADO RECUPERADO (BLS)
2,2	23,3	20,0	77	13,7	40

De acuerdo con la simulación de HYSYS, se observa que para una temperatura de salida del gas de 77°F y una presión a la salida de 13.7 psi, como la requiere el sistema de generación, el volumen de condensado producido es de 40 BOPD, 25 BOPD menos que los que se generan bajo las condiciones actuales.

Al revisar la afectación de las variables Presión y Temperatura en el desempeño y eficiencia de la planta, se realizan simulaciones en HYSYS a diferentes condiciones de Presión y temperatura con el fin de encontrar un punto medio de

operación que permita entregar gas en condiciones aceptables para la generación y así mismo obtener la mejor eficiencia en cuanto a recuperación de condensados.

En la Tabla No. 8 pueden observarse los resultados de la simulación, manteniendo constante en 55°F Temperatura del gas a la salida de la planta y variando la Presión del separador desde 13 Psi (condición actual) hasta 20 psi (requerida), observando que a una mayor presión se recupera un mayor volumen de condensado.

Tabla No. 8 Resultados de la simulación HYSYS con T=55°F y variando Presión en el separador.

TEMPERATURA SALIDA DE GAS(°F)	PRESION ENTRADA PLANTA (PSI)	PRESION SALIDA PLANTA (PSI)	CONDENSADO RECUPERADO (BLS)
55	16	13	65
55	17	14	68
55	18	15	71
55	19	16	75
55	20	17	78
55	21	18	82
55	22	19	86
55	23	20	89

En la Tabla No. 9 pueden observarse los resultados de la simulación, subiendo la temperatura para que el gas salga del chiller a 77°F (Temperatura mínima requerida para el gas que entra al proceso de generación) y variando la Presión del separador desde 13 Psi (condición actual) hasta 20 psi (requerida), observando con un menor enfriamiento del gas en el chiller los volúmenes producidos de condensados disminuyen considerablemente. En la Tabla No. 10 pueden observarse los resultados resumen para diferentes temperaturas y presiones y en la Figura 16 imagen de una de las simulaciones en HYSYS para los diferentes escenarios.

Tabla No. 9 Resultados de la simulación HYSYS con T=77°F y variando Presión en el separador.

TEMPERATURA SALIDA DE GAS(°F)	PRESION ENTRADA PLANTA (PSI)	PRESION SALIDA PLANTA (PSI)	CONDENSADO RECUPERADO (BLS)
77	16	13	24
77	17	14	26
77	18	15	28
77	19	16	31
77	20	17	33
77	21	18	35
77	22	19	38
77	23	20	40

Figura No. 16 Simulación HYSYS para diferentes condiciones de Temperatura y Presión.

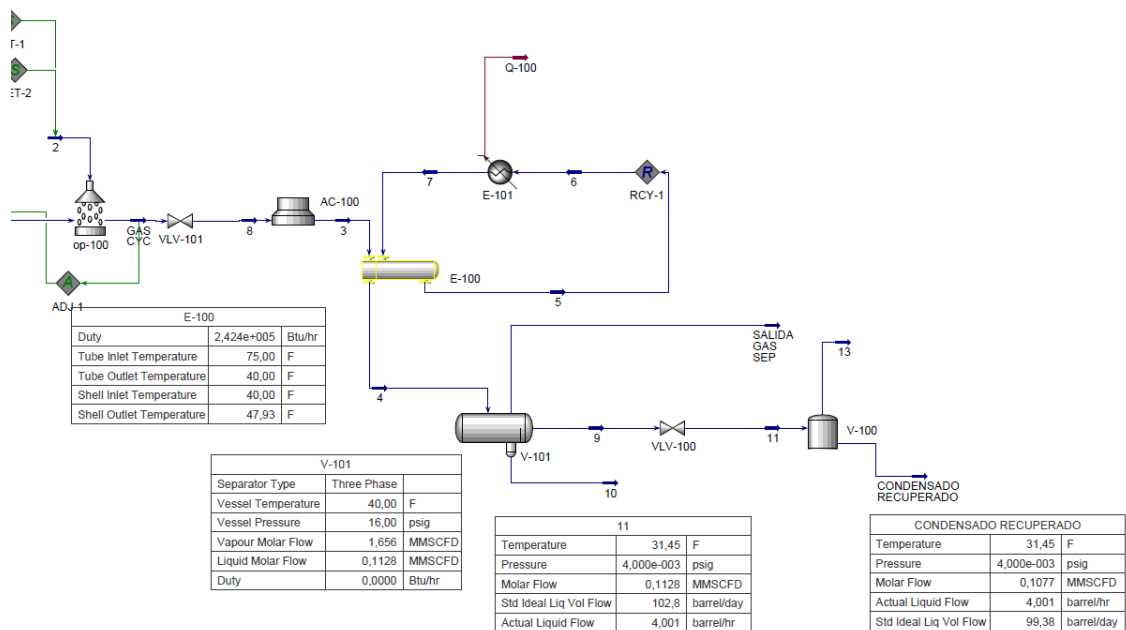


Tabla No. 10 Resultado de la simulación HYSYS para diferentes condiciones de Temperatura y Presión

TEMPERATURA SALIDA DE GAS(°F)	PRESION ENTRADA PLANTA (PSI)	PRESION SEPARADOR (PSI)	CONDENSADO RECUPERADO (BLS)
55	16	13	65
	17	14	68
	18	15	71
	19	16	75
	20	17	78
	21	18	82
	22	19	86
59	23	20	89
	16	13	57
	17	14	60
	18	15	63
	19	16	66
	20	17	69
	21	18	73
63	22	19	76
	23	20	80
	16	13	49
	17	14	52
	18	15	55
	19	16	58
	20	17	62
66	21	18	65
	22	19	68
	23	20	71
	16	13	43
	17	14	45
	18	15	48
	19	16	51
70	20	17	54
	21	18	57
	22	19	60
	23	20	62
	16	13	36
	17	14	39
	18	15	41
73	19	16	44
	20	17	47
	21	18	49
	22	19	52
	23	20	54
	16	13	30
	17	14	32
77	18	15	35
	19	16	37
	20	17	40
	21	18	42
	22	19	45
	23	20	47
	16	13	24
77	17	14	26
	18	15	28
	19	16	31
	20	17	33
	21	18	35
	22	19	38
	23	20	40

### 3. CONCLUSIONES

Después de analizar los valores de las variables según diseño de la planta, los datos de operación después de 3 años y los datos simulados en HYSYS (Tabla No. 11) se puede concluir:

Tabla No. 11 Resumen condiciones planta de condensados en diferentes etapas.

VARIABLE	DISEÑO	CONDICIONES ACTUALES	MEJOR CONDICION SIMULACION
Temperatura entrada planta (°F)	144	120	120
Temperatura salida planta (°F)	50	55	55
Presion entrada Planta (Psi)	25	17	23
Presion salida Planta (Psi)	15	7	17
Volumen (BOPD)	100	65	89

- Los datos de diseño suministrados por Enefenco, compañía que tuvo a cargo la ingeniería y construcción de la planta de condensados del campo Costayaco, fueron confirmados durante las pruebas iniciales de la planta y para el caudal establecido de gas y la cromatografía dada, se obtuvieron valores de producción de condensados simulados.
- Se realizó levantamiento de información de campo que permitió encontrar algunas variaciones en las condiciones de operación de la planta con respecto a las condiciones de diseño. La temperatura a la salida del chiller 5° por encima de la temperatura de diseño, Presiones de entrada y salida de la planta por debajo de las presiones de diseño y como consecuencia una producción de aproximadamente 40% menos de condensados respecto a los diseños.
- Con base en las condiciones actuales de operación, que requieren diferentes condiciones a la salida del gas por un nuevo proceso de generación de energía eléctrica, se realizaron diferentes corridas en HYSYS para evaluar las

condiciones óptimas de operación y encontrar un punto medio donde la planta pueda recuperar el mayor volumen de condensado y la corriente de gas no salga tan fría para asegurar la eficiencia de los generadores a gas

- Teniendo en cuenta los principios de refrigeración mecánica para tratamiento de gas, se concluye que entre mayor sea el delta de T en el chiller, la recuperación de condensados será más alta, por eso de acuerdo con la simulación, entre menor sea la T del gas a la salida del chiller mayor será la eficiencia de la planta de condensados.
- Las condiciones óptimas requeridas por el tren de generación: Presión de salida del gas de la planta 14 psi y Temperatura del gas a la salida de la planta 77°F, generan una baja eficiencia de la planta, con una recuperación de condensados de tan solo 26 bopd, vs 89 bopd obtenidos con menores temperaturas de gas (55°F) y mayor presión a la salida de la planta (17 psi).
- Una mayor presión de operación de la planta incrementara la recuperación de condensados y servirá para mejorar las condiciones de entrada del gas al tren de generación.
- Después del levantamiento de información en campo, durante varios días de operación, también pudo observarse y concluirse que la temperatura ambiente afecta considerablemente los volúmenes recuperados de condensados, en días de mucho calor, la eficiencia del sistema se reduce y los volúmenes de condensado disminuyen, cuando por el contrario la temperatura ambiente disminuye, la eficiencia de la planta se incrementa obteniéndose mayores volúmenes de condensado.
- Aunque durante el tiempo de operación de la planta ha ingresado al sistema producción de gas de nuevos pozos, básicamente el gas de Costayaco sigue

manteniendo las mismas características de gas rico en componentes pesados y del cual se obtienen importantes volúmenes de condensados con tan solo un proceso sencillo de refrigeración mecánica.

#### 4. RECOMENDACIONES

- Una vez identificada la afectación de la Temperatura ambiente sobre la eficiencia de la planta, se recomienda realizar aislamiento térmico al separador y líneas de flujo al interior de la planta.
- La planta y de acuerdo con las condiciones de diseño del chiller deberá trabajarse de forma que el gas a la salida del Chiller tenga una temperatura de 50°F, para lograr una recuperación de condensados eficiente, para el caso de tener que entregar gas a mayor temperatura para el proceso de generación, se podrá hacer pero sacrificando el volumen de condensado recuperado.
- Se recomienda incrementar la presión de operación del separador en la planta de condensados, de forma que a la salida de la planta y a la entrada de la generación, se tenga gas a 17 psi aproximadamente.
- Dadas las características del gas de Costayaco (rico en componentes pesados), se recomienda realizar la ingeniería y/o simulación en HYSYS para evaluar la opción de producir GLP el cual puede ser utilizado para generar energía eléctrica con turbinas. Este proyecto podría reducir los costos de generación eléctrica del campo y mejorar las condiciones de la corriente de gas seco, que permita usarlo con mejor eficiencia para generadores tradicionales.

## BIBLIOGRAFIA

CORE LAB, Reporte Cromatografía gas campo Costayaco, Diciembre 2016

ENEFENCO, Diseño Sistema de recuperación de condensados campo Costayaco, Marzo 2014.

ENEFENCO, Documento Propuesta planta Condensado campo Costayaco, Marzo 2014.

GRANTIERRA ENERGY. Operations. En Línea: <http://www.grantierra.com/operations>. Fecha de Consulta 11 de Diciembre 2016.

HYSYS, Licencia Stand Alone, Gran Tierra Energy, LSERVRC\_080\_245F3

MARTINEZ CASTRO, Diego. Introducción al Procesamiento de Gas y Petróleo: Sistemas de refrigeración mecánica. En Línea: <http://www.diegomartinezcastro.com/01/imprimible/> Fecha de Consulta: Enero 28 de 2017

MORAN & SHAPIRO; Fundamentals of Engineering Thermodynamics; 4th Edition; 2000.

PTE2011 – Blog. Principios de termodinámica y electromagnetismo. En Línea: [https://www.google.com.co/?gfe\\_rd=cr&ei=dj4eWfL\\_H4y\\_-wXqzILgBw#q=www.pt2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeraci%C3%B3n](https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=dj4eWfL_H4y_-wXqzILgBw#q=www.pt2011.tumblr.com/post/2111679957/ciclo-de-refrigeraci%C3%B3n). Fecha de Consulta 13 de Diciembre de 2016.