



PROPUESTA TECNICO-ECONÓMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
DEL CAMPO CARUPANA MEDIANTE LA MODIFICACIÓN DEL ESQUEMA DE
PROCESO Y CANTIDAD DE EQUIPOS DE LA ESTACIÓN

LEONARDO BARRIOS CANDIL

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

2016



PROPUESTA TECNICO-ECONÓMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
DEL CAMPO CARUPANA MEDIANTE LA MODIFICACIÓN DEL ESQUEMA DE
PROCESO Y CANTIDAD DE EQUIPOS DE LA ESTACIÓN

LEONARDO BARRIOS CANDIL

Trabajo de Grado para optar al título de
ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS

Director

Mcs. FERNANDO ENRIQUE CALVETE GONZÁLEZ

INGENIERO DE PETRÓLEOS

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

2016

AGRADECIMIENTOS

El autor de este proyecto de grado expresa sus sinceros agradecimientos a:

A Dios, por ser quién inspiró éste trabajo y permitió, a pesar de las dificultades que se presentaron durante la especialización, la culminación de la misma, poniendo en mi vida para la realización de éste trabajo a mi esposa y mi hijo.

A la escuela de Ingeniería de Petróleos UIS, por abrir esta especialización a todas el áreas de la ingeniería, ya que permitió incrementar apreciablemente mis conocimientos en el área de producción, mediante la selección cuidadosa de cada uno de los docentes que dirigieron los módulos.

A SAR Energy, quienes permitieron conocer la filosofía de operación de la estación y facilitaron información vital para el desarrollo del presente trabajo.

A los estudiantes de la Especialización en Producción de Hidrocarburos por sus aportes en clase que contribuyeron al desarrollo de las mismas enfocados siempre en problemas comunes dentro de los distintos campos en que se desarrolla su labor.

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre los que se encuentra éste. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas.

A Diana Marcela, mi esposa. La ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado siempre ayudándome, no fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo siempre fuiste muy motivadora y esperanzadora, me decías que lo lograría.

A José Luis. Hijo, eres mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, y me impulsas a cada día superarme en la carrera de ofrecerte siempre lo mejor.

A mis hermanos, porque cada uno de ellos ha aportado cosas muy valiosas en mi vida, que de una u otra forma me han hecho crecer como persona, su cariño es un gran respaldo en cualquier situación adversa que se presenta.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1. ANÁLISIS CONDICIONES ACTUALES DEL CAMPO	17
1.1. ESQUEMA DE PROCESO ACTUAL	18
1.1.1. Campo Yamú.....	18
1.1.2. Campo Potrillo	20
1.1.3. Campo Carupana	21
1.2. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS EXISTENTES	25
1.2.1. Separadores	25
1.2.2. Gunbarrel	29
1.2.3. Skim Tank	31
1.2.4. Filtro de Cascarilla	34
1.2.5. Bombas Reciprocantes.....	35
1.2.6. Bombas Centrífugas	37
1.3. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS HIDRÁULICO	37
1.4. COSTOS OPERATIVOS.....	41
1. PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS Y ESQUEMA DE OPERACIÓN	41
1.1. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS HIDRÁULICO	41
1.2. . DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS	43
1.2.1. Separadores	45

1.2.2. Gunbarrel	47
1.2.3. Skim Tank	48
1.2.4. Sistema de Inyección.....	49
1.3. ESQUEMA DE PROCESO Y OPERACIÓN PROPUESTOS	50
1.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.	55
3. CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema típico de procesamiento de Hidrocarburo en Superficie.	17
Figura 2. PFD Estación Actual Separadores.	18
Figura 3. PFD Actual, tren de tanques.....	19
Figura 4. PFD Actual, Planta de tratamiento e inyección de agua y fluido motriz.	19
Figura 5. Organigrama del personal Operativo.	25
Figura 6. Separador Trifásico.....	26
Figura 7. <i>Gunbarrel</i> estación Carupana.	30
Figura 8. Esquema interno de un Skim Tank.	33
Figura 9. Filtro de Cascara de Nuez SAR Energy.	36
Figura 10. Unidad de Bombeo Hidráulico. Bomba Quíntuplex.	36
Figura 11. Curva de eficiencia Bombas Cobra.....	38
Figura 12. PFD Esquema de simulación Estación Carupana en Hysys.	39
Figura 13. Esquema de simulación Estación Carupana	40
Figura 14. PFD Estación propuesta, separadores.....	51
Figura 15. PFD Estación propuesta, tren de tanques	52
Figura 16. PFD Estación propuesta, Planta de tratamiento e inyección de agua y fluido motriz.	52
Figura 17. Curva de eficiencia bomba centrífuga Cobra, modificando la presión de cabeza.	53
Figura 18. Nuevo esquema operativo.....	55
Figura 19. Gráfica resumen de costos.....	58

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Reporte de prueba de producción del pozo Yamú 2.	20
Tabla 2. Parámetros BES pozo Yamú 2.....	20
Tabla 3. Reporte de prueba de producción del pozo Potrillo.	21
Tabla 4. Parámetros Jet Pump pozo Potrillo.	21
Tabla 5. Reporte de prueba de producción de los pozos Carupana.	22
Tabla 6. Parámetros Jet Pump pozos Carupana.	23
Tabla 7. Descripción almacenamiento estación Carupana.	23
Tabla 8. Listado de equipos, Planta de Tratamiento de Agua.	24
Tabla 9. Data de inyección del pozo Carupana 2.	24
Tabla 10. Dimensionamiento separador actual del Pozo Yamú 2, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.....	27
Tabla 11. Dimensionamiento separador actual del Pozo Potrillo, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.....	28
Tabla 12. Dimensionamiento separador de producción actual del Campo Carupana, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.	28
Tabla 13. Dimensionamiento separador de prueba actual del Campo Carupana, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.	29
Tabla 14. Equipos de tratamiento de agua de producción.	32
Tabla 15. Dimensionamiento Skim Tank Campo Carupana.	35

Tabla 16. Resumen datos técnicos UBH Estación Carupana.	37
Tabla 17. Listado de personal y valor de servicio por cargo.....	41
Tabla 18. Listado de equipos y valor de alquiler.....	42
Tabla 19. Listado de tubería susceptible de cambio.	44
Tabla 20. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente del campo Yamú.....	45
Tabla 21. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente del campo Potrillo.	46
Tabla 22. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente de producción del campo Carupana.....	47
Tabla 23. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente de pruebas del campo Carupana.....	48
Tabla 24. Dimensionamiento Gunbarrel.....	49
Tabla 25. Dimensionamiento <i>Skim Tank</i>	49
Tabla 26. Descripción tanque de potencia sistema de inyección de agua.	50
Tabla 27. Nueva capacidad de almacenamiento.....	54
Tabla 28. Costo de alquiler de equipos con la reducción propuesta.	56
Tabla 29. Costo de personal operativo propuesto.....	57
Tabla 30. Resumen de costos.	57

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA TECNICO-ECONÓMICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CAMPO CARUPANA MEDIANTE LA MODIFICACIÓN DEL ESQUEMA DE PROCESO Y CANTIDAD DE EQUIPOS DE LA ESTACION*.

AUTOR: LEONARDO BARRIOS CANDIL**.

PALABRAS CLAVES: Bloque, Estación, Separador, Gunbarrel, Skim Tank, Hysys, Dimensionamiento.

DESCRIPCIÓN:

Durante los últimos años, la industria petrolera ha experimentado fuertes caídas en el precio de comercialización, llegando incluso a mínimos históricos en lo que va corrido del año, por lo que las operadoras se han visto en la necesidad de reducir costos e incluso cerrar varios campos, que por su volumen de producción se encontraban cerca del tiempo de abandono. Adaptándose a ésta necesidad, las empresas de servicios se han visto obligadas a realizar fuertes reducciones en los precios de alquiler de equipos y de prestación de servicios operativos y de mantenimiento.

El presente trabajo de monografía desarrolla el diagnóstico de la condición actual del campo, la evaluación del proceso de separación y tratamiento del crudo y agua, la simulación del proceso mediante el uso de Hysys, el cambio o modificación en el proceso de separación y tratamiento y una reestructuración del esquema de personal operativo.

Se presenta un análisis de cada uno de los equipos mayores, como son separadores, *gunbarrel*, *skim tank*, etc., para determinar si son los equipos indicados para el proceso que actualmente se lleva a cabo, con las condiciones de producción arrojadas según las últimas pruebas de pozo realizadas por la compañía operadora.

El documento pretende, mediante el uso de software especializado (hysys), de los conocimientos de dimensionamiento de equipos y sistemas de tratamiento mostrar una alternativa técnico-económica que permita reducir costos operativos, cantidad de personal para realizar la operación e incentivar a la empresa operadora a reabrir el campo mejorando sus ganancias. Busca reducir los altos costos operativos, generados principalmente por la gran cantidad de equipos que se requieren para suplir la operación tal como se encuentra en la actualidad. La reducción de equipos impacta directamente en el OPEX dado que los mismos son alquilados con una empresa de servicios, asumiendo también el mantenimiento.

* Monografía de Especialización

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director Msc. Ing. Fernando Enrique Calvete González

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL-ECONOMIC OPTIMIZATION PROPOSAL FOR CARUPANA FIELD PRODUCTION BY AMENDING THE SCHEME PROCESS AND EQUIPMENT AMOUNT OF PRODUCTION FACILITY*.

AUTHOR: LEONARDO BARRIOS CANDIL**.

KEY WORDS: Field, Facility, Separator, Gunbarrel, Skim Tank, Hysys, Sizing.

DESCRIPTION:

In recent years, the oil industry has experienced sharp declines in the price of marketing, even to historic lows so far this year, so that operators have seen the need to reduce costs and has even to close several fields, which by its production volume were near the time of abandonment. Adapting to this need, service companies have been forced to make sharp reductions in rental prices of equipment and provision of operational services and maintenance.

This work monograph develops the diagnostic of the current condition of the field, assessing the process of separation and processing of oil and water, the process simulation using Hysys, change or modification in the process of separation and treatment a restructuring scheme operating personnel.

An analysis of each major equipment such as separators, Gunbarrel, skim tank, etc., to determine whether they are equipment suitable for the process currently takes place, with the production conditions according to the latest thrown presented well tests conducted by the operating company.

The document aims to make using specialized software (HYSYS) and knowledge of equipment sizing and treatment systems show a technical and economic alternative that would reduce operating costs, reduce the amount of staff required to perform the operation and encourage the company operator to reopen the field to improve their profits. It seeks to reduce high operating costs, generated mainly by the large amount of equipment required to meet the operation as it is today. Reducing equipment directly impact OPEX because the same are rented with a service company, and added to this, they need to be maintained.

* Specialization Monograph

** Physic-chemist Engineering Faculty. Petroleum Engineering School. Director Msc. Fernando Enrique Calvete González B.Sc.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria del petróleo ha sufrido una profunda crisis debido a los bajos precios del barril en el mercado internacional, por lo que las empresas operadoras se han visto en la necesidad de bajar costos operativos, llegando en algunos casos incluso a cerrar campos enteros por llegar al límite económico de operación de los mismos.

Dentro de las medidas para reducir costos operativos, las empresas operadoras han optado por pedir a sus prestadores de servicios que realicen fuertes descuentos en sus tarifas, que para el caso de éste documento, requieren una disminución de costos de operación y alquiler de equipos.

Atendiendo ésta necesidad de bajar costos, en la industria se ha optado por reducciones en los beneficios de los trabajadores, reducción de sus salarios y en casos más extremos, reducción de personal y haciendo sus procesos productivos mucho más eficientes.

El documento pretende realizar mediante el uso de software especializado (hysys) y de los conocimientos de dimensionamiento de equipos y sistemas de tratamiento mostrar una alternativa técnico-económica que permita reducir costos operativos, reducir la cantidad de personal necesaria para realizar la operación e incentivar a la empresa operadora a reabrir el campo mejorando sus ganancias. Se busca reducir los altos costos operativos, generados principalmente por la gran cantidad de equipos que se requieren para suplir la operación tal como se encuentra en la actualidad. La reducción de equipos

impacta directamente en el OPEX dado que los mismos son alquilados con una empresa de servicios, y sumado a esto, requieren ser mantenidos.

El presente trabajo de monografía desarrollará el diagnóstico de la condición actual del campo, la evaluación del proceso de separación y tratamiento del crudo y agua, la simulación del proceso mediante el uso de *Hysys*, el cambio o modificación en el proceso de separación y tratamiento y una reestructuración del esquema de personal operativo.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta Técnico – Económica para la Optimización de la Producción del Campo Carupana mediante la modificación del esquema de proceso y cantidad de Equipos de la Estación, mejorando el OPEX y el margen de utilidad.

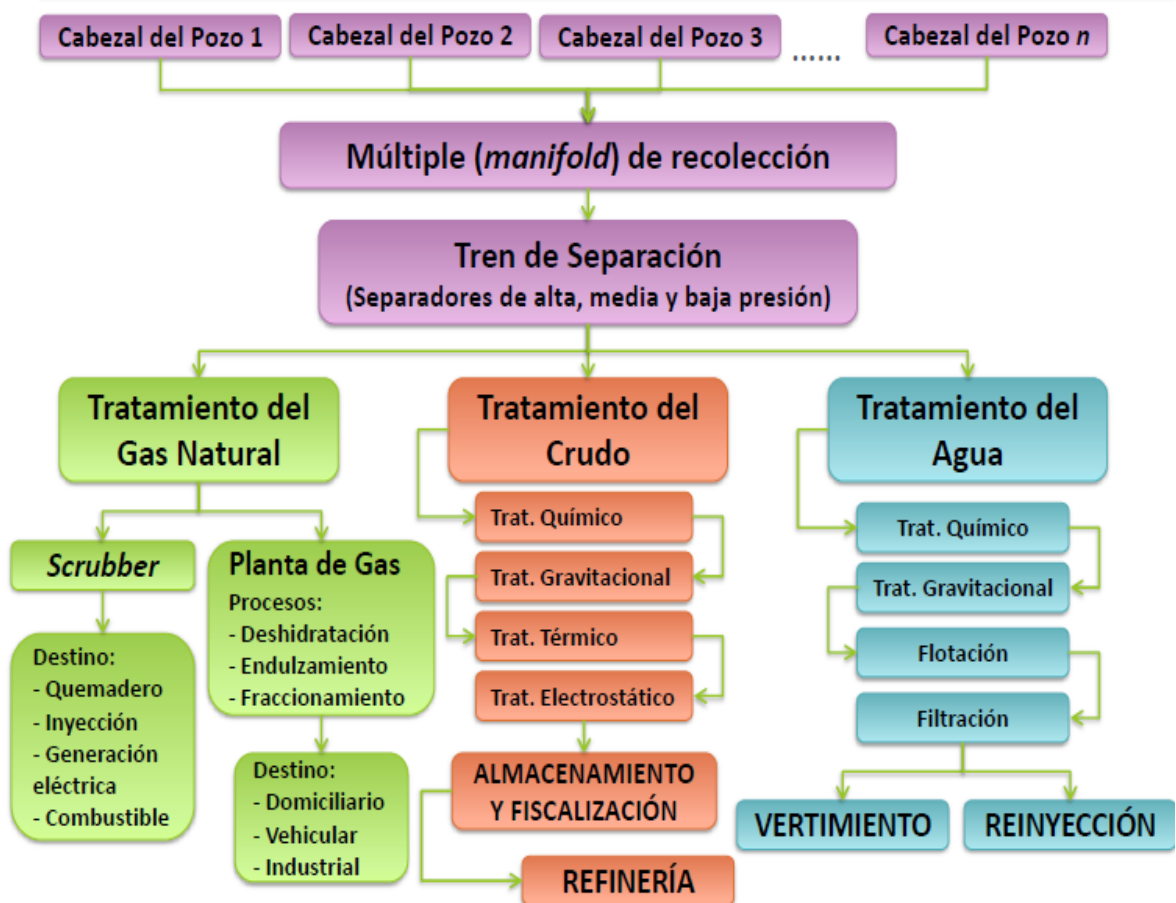
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado actual del campo, evaluando el proceso existente mediante simulación y estableciendo las condiciones que llevaron al abandono del campo por cuestiones económicas.
- Realizar la simulación del proceso para identificar puntos críticos y proponer nuevos esquemas de operación que mejoren la eficiencia del mismo.
- Proponer escenarios para extender el tiempo de abandono del Campo mediante el análisis económico de las distintas propuestas de optimización dependiendo el balance entre costo y beneficio a corto y largo plazo.
- Realizar las recomendaciones necesarias para la posible implementación del esquema más ventajoso y plantear un protocolo de seguimiento para controlar su correcta ejecución.

1. ANÁLISIS CONDICIONES ACTUALES DEL CAMPO

La producción de un pozo de petróleo consiste en una mezcla de fluidos, principalmente de aceite (petróleo), gas y agua. Debido a las propiedades físicas diferentes de los fluidos y a su uso, es necesario manejarlo en superficie de forma diferente.

Figura 1. Esquema típico de procesamiento de Hidrocarburo en Superficie.



Fuente: Tomado de MONTES PAEZ, Erik. "Operaciones de Tratamiento de Crudo". Especialización en Producción de Hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bogotá, 2014.

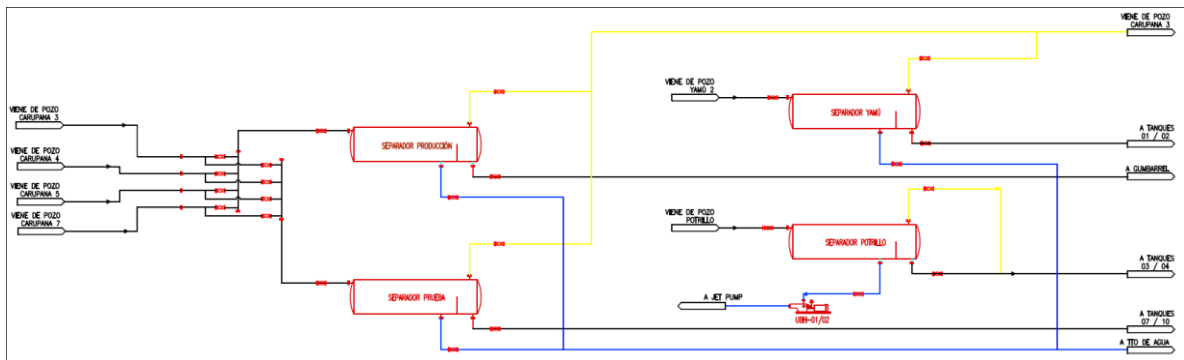
Es así, como se tendrá que construir en superficie lo que se conoce como facilidades de producción o baterías, en las cuales se recolecta el fluido proveniente de los pozos, se

hace una separación de fases, las cuales por aparte se someten a tratamiento y se realiza la fiscalización de los productos intermedios comerciales, bombeándose finalmente las fases separadas a los sitios de refinación o tratamiento posterior¹.

1.1. ESQUEMA DE PROCESO ACTUAL

El Bloque Yamú se compone de tres estaciones principalmente: Yamú, Carupana y Potrillo. Las tres estaciones envían su producción al campo Carupana, donde es tratado el crudo, luego es almacenado y posteriormente cargado en tracto camiones para su venta.

Figura 2. PFD Estación Actual Separadores.



1.1.1. Campo Yamú

El campo Yamú solamente tiene un pozo activo Yamú 2, el mismo es fluido por medio de un sistema de bombeo electro sumergible, por lo que en la estación, en superficie, se encuentra un variador de frecuencia y un Generador únicamente, desde la estación es enviado el fluido hacia el Campo Carupana a través de una tubería de 4" y una longitud

¹ PAEZ CAPACHO, Ruth. "Diseño de Facilidades de Superficie". Diplomado de Producción. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Apaiy, 2001.

aproximada de 5 Km, la cual llega a un separador que se encarga de realizar la primera fase del tratamiento de éste crudo, de allí se envía a tanques verticales de almacenamiento de 500 Bbl donde se dejan reposar, para luego ser cargados en especificación.

Figura 3. PFD Actual, tren de tanques

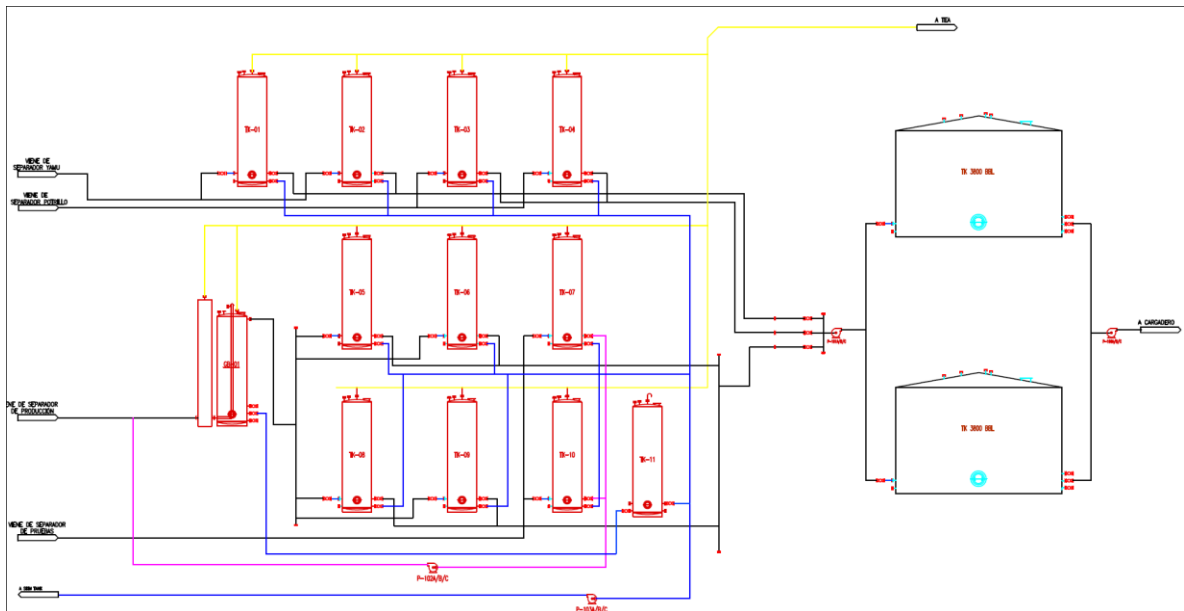


Figura 4. PFD Actual, Planta de tratamiento e inyección de agua y fluido motriz.

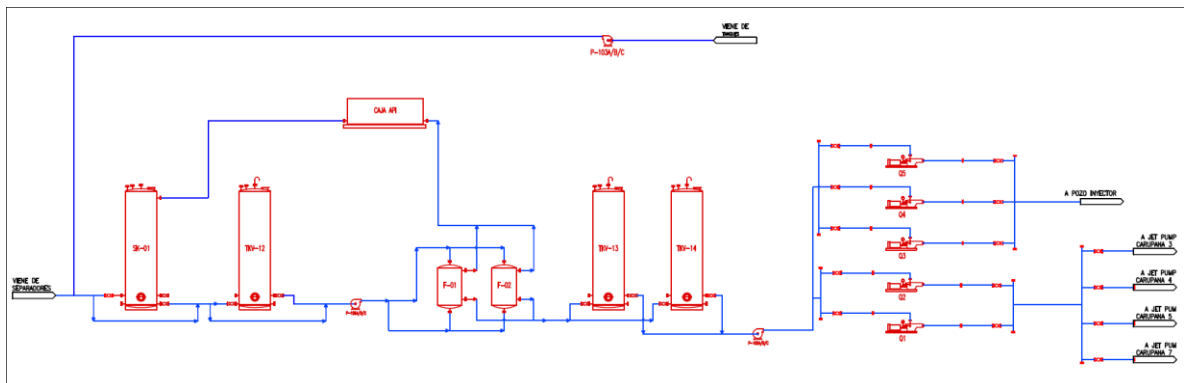


Tabla 1. Reporte de prueba de producción del pozo Yamú 2.

CAMPO YAMÚ							
POZO	BRUTO (BBLs)	NETO (BBLs)	AGUA (BBLs)	GAS (MSCFD)	BSW (%)	°API	Hrs. OPERACIÓN
Yamú 2	1,941.11	41.02	1,900.09	4.94	97.89	33.2	24.0
Campo	1,941.11	41.02	1,900.09	4.94	97.89	33.2	24.0

El crudo del campo Yamú es un crudo de 33,2°API, tiene una producción de 41.02 Barriles de Crudo por día con un BSW de 97.9% tal como se muestra en la Tabla 1, obtenida en la última prueba de pozo realizada.

Tabla 2. Parámetros BES pozo Yamú 2.

PARAMETROS DE OPERACIÓN						
POZO	CHOKE /128	HZ	WHP	WHT	PIP	Hrs. OPERACIÓN
YAMU	39	30.00	300	184.00	2372.15	24.0

1.1.2. Campo Potrillo

El campo potrillo se compone únicamente de un pozo productor, el cual tiene como sistema de levantamiento una Jet Pump, la cual es alimentada desde superficie con una Bomba Reciprocante (UBH) triplex. El crudo y el agua salen del pozo hacia un separador trifásico, el cual por rebose envía una mezcla de agua y crudo, y en el compartimento de agua alimenta la UBH. El fluido que se del separador es llevado hacia el campo Carupana por medio de una tubería de 3 Km de longitud y 3", donde es direccionado a un tanque de almacenamiento.

El crudo del pozo Potrillo es un crudo de 32,7°API, tiene una producción de 102.39 Barriles de Crudo por día con un BSW de 97.9% tal como se muestra en la Tabla 3, obtenida en la última prueba de pozo realizada.

Tabla 3. Reporte de prueba de producción del pozo Potrillo.

CAMPO POTRILLO							
POZO	BRUTO (BBLs)	NETO (BBLs)	AGUA (BBLs)	GAS (MSCFD)	BSW (%)	°API	Hrs. OPERACIÓN
Potrillo 1	1,580.12	102.39	1477.73	6.30	93.520	32.7	24.0
Campo	1,580.12	102.39	1,477.73	6.30	93.520	32.7	24.0

Tabla 4. Parámetros Jet Pump pozo Potrillo.

PARAMETROS DE OPERACIÓN						
POZO	CONFIGURACION BOMBA JET	P.INY (PSI)	Q. INY (BPH)	P.Ret (Psi)	Horas Operación	Q. INY (BPD)
Potrillo 1	12 - L Directa	2,600	71	60	24.00	1,704

1.1.3. Campo Carupana

El campo Carupana actualmente se encuentra cerrado desde abril de 2015. Desde entonces se ha realizado una prueba de flujo a cada uno de los pozos del bloque, para revisar su estado y cumplir con compromisos con la ANH.

El Campo Carupana está compuesto de cuatro (4) pozos productores y 1 pozo inyector de agua. Los cuatro pozos productores tienen como sistema de levantamiento artificial una *Jet Pump*, la cual es alimentada desde superficie con una bomba recíproca (UBH) que en condiciones normales de operación inyecta crudo, pero que para las pruebas de pozo realizó el levantamiento con agua de producción proveniente de la Planta de tratamiento.

A continuación en la Tabla N. 5 se muestran los resultados de las pruebas de producción de los pozos y en la Tabla N.6 se muestran los parámetros operativos del bombeo con *Jet Pump* en cada uno de los Pozos.

En la estación Carupana se recibe la producción en dos separadores trifásicos, uno de los cuales es de Producción y el otro de pruebas, antes de entrar a los separadores llegan los cuatro pozos productores y el Pozo Potrillo, en el *Manifold* se direccionan los pozos hacia el separador de prueba o al de producción según se requiera.

El separador de producción realiza la primera separación y envía el crudo a un *Gunbarrel* de 500 Bbl para realizarle lavado al crudo y posteriormente llevarlo a los tanques de almacenamiento para su posterior venta. El agua de producción de dicho separador, se envía a un *Skim Tank* vertical de 500 Bbls del que se dispone en la planta de tratamiento de agua de producción. Del separador de prueba, se envía el crudo hacia un tanque de almacenamiento para realizar la liquidación de la prueba y luego es retornado al separador de producción para finalizar el tratamiento del mismo.

Tabla 5. Reporte de prueba de producción de los pozos Carupana.

CAMPO CARUPANA								
POZO	BRUTO (Bbls)	NETO (Bbls)	AGUA (Bbls)	GAS (MSCFD)	BSW (%)	°API	HORAS OP.	% BSW RETORNO
Car-3	718.80	90.00	628.80	7.43	87.48	32.4	24	93.00
Car-4	522.67	232.00	290.67	10.09	55.61	32.6	24	90.60
Car-5	1,342.00	72.86	1,269.14	6.15	94.57	32.5	24	97.00
Car-7	1,345.02	42.17	1,302.85	6.16	96.86	32.5	24	97.61
Campo	3,928.48	437.03	3,491.45	29.83	88.88	32.5	24	378.21

Tabla 6. Parámetros Jet Pump pozos Carupana.

PARAMETROS DE OPERACIÓN						
POZO	CONFIGURACION BOMBA JET	P. INY (PSI)	Q. INY (BPH)	P.Ret (Psi)	Horas Operación	Q. INY (BPD)
Car-3	12-Q	1,355	67.93	36	24.00	1,630
Car-4	12-Q	1,600	70.00	40	24.00	1,680
Car-5	11 - O	1,392	43.54	44	24.00	1,045
Car-7	11 - N	1,400	52.82	41	24.00	1,268

Adicional en la estación se cuenta con una capacidad de almacenaje nominal de 12.600 Bbls de Crudo y 1500 bbl de Agua. Ésta capacidad de almacenaje se encuentra distribuidos tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Descripción almacenamiento estación Carupana.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (BBL)	CANTIDAD	CAPACIDAD TOTAL (BBL)
1	Tanque Vertical para almacenamiento de Crudo	500	10	5000
2	Tanque Vertical para almacenamiento de Crudo	3800	2	7600
3	Tanque Vertical para almacenamiento de Agua	500	3	1500

El agua que se desprende del proceso es enviada en su totalidad hacia un *Skim Tank* que se encuentra ubicado a la entra de la planta de tratamiento de agua, allí se realiza el retiro de las trazas de aceite que pueda llevar y posteriormente es enviada a un tanque de almacenamiento, de donde es llevada hacia un sistema de filtros de cascara de nuez, se trata de dos filtros en paralelo, uno operativo y el segundo *backup*, asegurado la filtración incluso durante el retrolavado, dichos filtros tiene una capacidad según diseño de 20.000 BWPD. El paso a través de los filtros se realiza mediante unas bombas centrífugas que toman el agua del tanque de almacenamiento, para pasarla a presión por los filtros y posteriormente ser llevada a uno de los dos tanques de almacenamiento donde es cuantificada. El listado de equipos que componen la planta se muestra a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8. Listado de equipos, Planta de Tratamiento de Agua.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
1	Tanque Vertical para almacenamiento de Agua	500	BBL	3
2	Skimming Tank	500	BBL	1
3	Filtros de Cáscara de nuez	20000	BPD	2
4	Bombas Centrífugas de 20 Hp	4000	BPD	3

De la planta de tratamiento de agua, la misma se envía hacia el tren de inyección, para realizar su disposición en el pozo Carupana 2, la cual se realiza mediante el uso de bombas reciprocantes, que se encuentran operando en paralelo. El agua almacenada en los tanques de la Planta de tratamiento es enviada hacia el tren de compresión por medio de tres bombas centrífugas de 25 Hp que elevan a 50 psig la presión para entregarla a la succión de las bombas reciprocantes; las bombas de inyección toman el agua a 40 psig y la elevan hasta 1600 psig para ser inyectada en el pozo. En la tabla 9 se muestra el registro de la última prueba de inyección que se realizó al pozo Carupana 2, el cual se estima reciba hasta 14.000 BWPD.

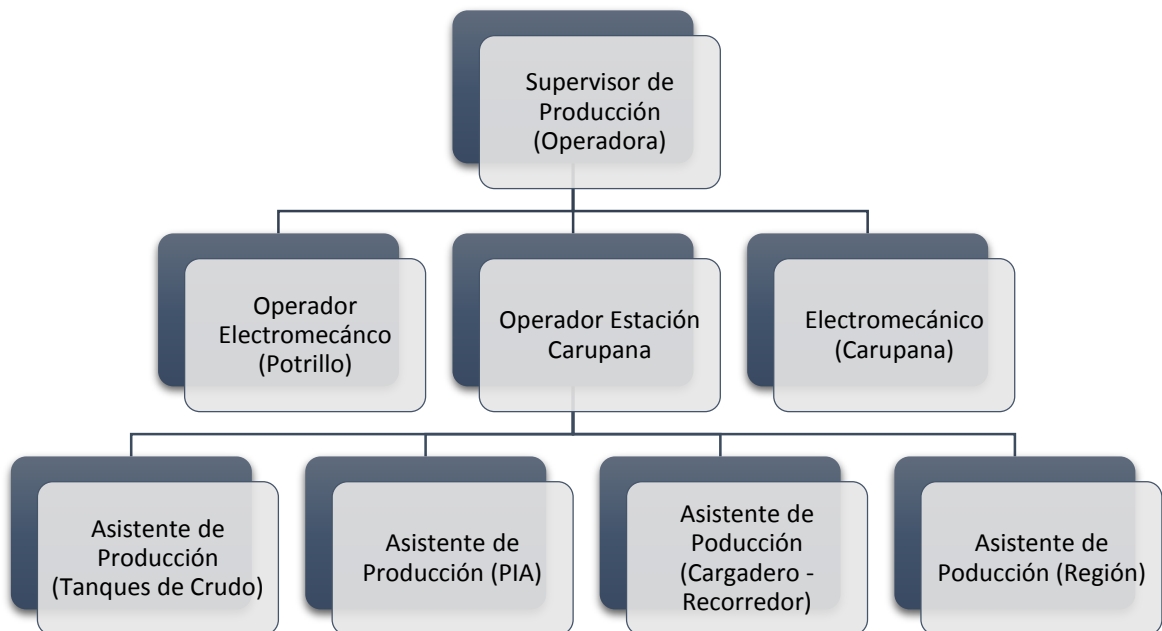
Tabla 9. Data de inyección del pozo Carupana 2.

INYECCIÓN DE AGUA					
POZO	P. Prom Iny (psi)	Vol. Iny (BPD)	Q. Prom Iny (BPH)	Horas Oper.	P.Anular (psi)
Car-2	1,400	6,869.27	286	24	0
TOTAL	1,400	6869.27	286	24	0

El esquema de la estación se muestra en la Figura 2, que obedece al PFD de la estación. Como se observa, es una estación con un número significativo de equipos, que hasta el

momento de cierre fue Operada por una empresa prestadora de servicios petroleros, SAR Energy, quienes además de realizar la operación de la estación, también son dueños de los equipos que se encuentran en la estación, por los que cobra una renta mensual. El esquema Operativo se muestra en la Figura 3.

Figura 5. Organigrama del personal Operativo.



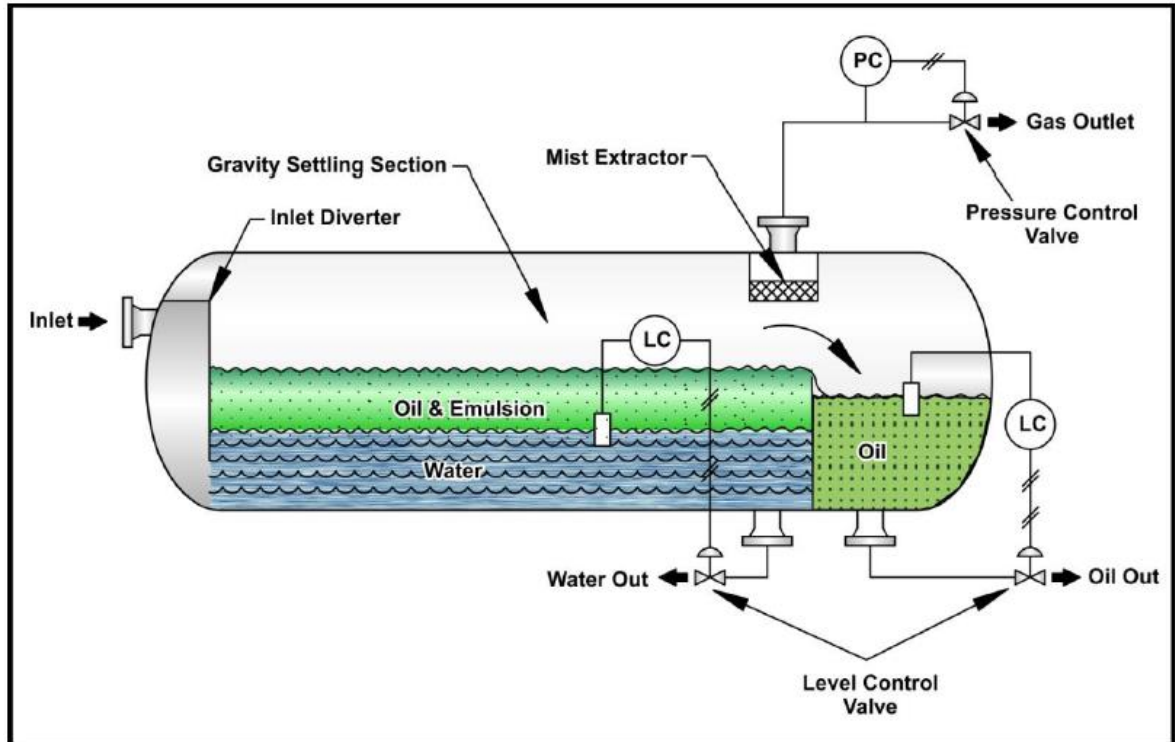
1.2. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS EXISTENTES

1.2.1. Separadores

Son equipos utilizados para separar corrientes de aceite y gas que provienen directamente de los pozos. Las relaciones gas-aceite de estas corrientes disminuyen en

ocasiones, debido a las cabezadas de líquido que repentinamente se presentan, siendo estas más frecuentes cuando los pozos producen artificialmente.²

Figura 6. Separador Trifásico.



Fuente: Tomado de SANTOS, Nicolás. “Sistemas de Separación”. Especialización en Producción de Hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bogotá, 2015.

El separador trifásico en muchas estaciones es quizás el equipo más importante en la operación, toda vez que en muchas estaciones dicho equipos solamente puede ser operado por el Operador de la estación y sus asistentes únicamente realizan monitoreo de las variables, también es el equipo en que se recibe y se separan los tres fluidos principales de la estación (Aceite – Agua – Gas) y de allí la importancia que el mismo

² Mendoza May L. Andrés. “Separación y Medición de Aceite y Gas en una Plataforma de Producción del Campo Cantarell”. Facultad de Ingeniería. UNAM . Tesis Profesional; Nov.1984

tenga un diseño que cumpla con las necesidades de separación de fluido y que tenga la capacidad para manejar todo el flujo que llegue de los pozos.

Al realizar el análisis del esquema operativo de la estación Carupana, se realizó el dimensionamiento de los separadores que actualmente se encuentran en sitio, teniendo en cuenta dos aspectos, las dimensiones de la vasija y las boquillas y/o tubería de salida de la que disponen, así pues se encontraron los siguientes resultados para cada uno de los cuatro separadores que se encuentran en la estación. El resumen de éste análisis se encuentra en las tablas 10, 11, 12 y 13.

Tabla 10. Dimensionamiento separador actual del Pozo Yamú 2, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.

Restricción por Dimensiones		Restricción por Boquillas	
Dimensiones		Dimensiones	
Diámetro	60 in	Diámetro	60 in
Longitus SS	14 ft	Longitus SS	14 ft
Q total	6600 BPD	Q total	6043 BPD
Q oil	3300 BPD	Q oil	3021 BPD
Q water	3300 BPD	Q water	3021 BPD
Q gas	12.5 MMscfd	Q gas	1.02 MMscfd
δ relativa oil	33.2 °API	δ relativa oil	33.2 °API
S.G gas	0.75	S.G gas	0.75
Trw	5 min	Trw	5 min
Tro	5 min	Tro	5 min
P diseño	124.7 psia	P diseño	124.7 psia
T diseño	120 °F	T diseño	120 °F
Altura líquido	60 %	Altura líquido	60 %
Altura agua	47 %	Altura agua	47 %
BOQUILLAS		BOQUILLAS	
ϕ in	30 in	ϕ in	12 in
ϕ out gas	22 in	ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	4 in	ϕ out oil	3 in
ϕ out water	4 in	ϕ out water	3 in

Tabla 11. Dimensionamiento separador actual del Pozo Potrillo, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.

Restricción por Dimensiones		Restricción por Boquillas	
Dimensiones		Dimensiones	
Diámetro	42 in	Diámetro	42 in
Longitus SS	15 ft	Longitus SS	15 ft
Q total	3500 BPD	Q total	3500 BPD
Q oil	1750 BPD	Q oil	1750 BPD
Q water	1750 BPD	Q water	1750 BPD
Q gas	13 MMscfd	Q gas	4.07 MMscfd
δ relativa oil	32.7 °API	δ relativa oil	32.7 °API
S.G gas	0.7	S.G gas	0.7
Trw	5 min	Trw	5 min
Tro	5 min	Tro	5 min
P diseño	124.7 psia	P diseño	124.7 psia
T diseño	120 °F	T diseño	120 °F
Altura líquido	60 %	Altura líquido	60 %
Altura agua	47 %	Altura agua	47 %
BOQUILLAS		BOQUILLAS	
ϕ in	30 in	ϕ in	16 in
ϕ out gas	12 in	ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	3 in	ϕ out oil	3 in
ϕ out water	3 in	ϕ out water	3 in

Tabla 12. Dimensionamiento separador de producción actual del Campo Carupana, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.

Restricción por Dimensiones		Restricción por Boquillas	
Dimensiones		Dimensiones	
Diámetro	72 in	Diámetro	72 in
Longitus SS	25 ft	Longitus SS	25 ft
Q total	17000 BPD	Q total	6043 BPD
Q oil	8500 BPD	Q oil	3021 BPD
Q water	8500 BPD	Q water	3021 BPD
Q gas	32.5 MMscfd	Q gas	1.02 MMscfd
δ relativa oil	32.5 °API	δ relativa oil	32.5 °API
S.G gas	0.75	S.G gas	0.75
Trw	5 min	Trw	5 min
Tro	5 min	Tro	5 min
P diseño	124.7 psia	P diseño	124.7 psia
T diseño	120 °F	T diseño	120 °F
altura líquido	60 %	altura líquido	60 %
altura agua	47 %	altura agua	47 %
BOQUILLAS		BOQUILLAS	
ϕ in	48 in	ϕ in	12 in
ϕ out gas	34 in	ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	6 in	ϕ out oil	3 in
ϕ out water	6 in	ϕ out water	3 in

Tabla 13. Dimensionamiento separador de prueba actual del Campo Carupana, tomando en cuenta las dimensiones del equipo y la restricción de las boquillas con las que cuenta.

Restricción por Dimensiones		Restricción por Boquillas	
Dimensiones		Dimensiones	
Diámetro	48 in	Diámetro	72 in
Longitus SS	16 ft	Longitus SS	25 ft
Q total	4800 BPD	Q total	4800 BPD
Q oil	2400 BPD	Q oil	2400 BPD
Q water	2400 BPD	Q water	2400 BPD
Q gas	13.5 MMscfd	Q gas	1.02 MMscfd
δ relativa oil	33.2 °API	δ relativa oil	33.2 °API
S.G gas	0.75	S.G gas	0.75
Trw	5 min	Trw	5 min
Tro	5 min	Tro	5 min
P diseño	124.7 psia	P diseño	124.7 psia
T diseño	120 °F	T diseño	120 °F
altura líquido	60 %	altura líquido	60 %
altura agua	46 %	altura agua	46 %
BOQUILLAS		BOQUILLAS	
ϕ in	30 in	ϕ in	12 in
ϕ out gas	24 in	ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	3 in	ϕ out oil	3 in
ϕ out water	3 in	ϕ out water	3 in

1.2.2. Gunbarrel³

El *gunbarrel*, a veces llamado tanque de lavado, es el equipo más antiguo usado en instalaciones pesado, y para aplicaciones con bajas tasas de flujo en aplicaciones en tierra para crudos de todas las gravedades. Debido a que los *gunbarrels* tienden a tener diámetros mayores que los tratadores térmicos verticales, muchos tienen un sistema de distribución (*spreader*) que ayuda a crear uniformidad en el flujo ascendente de emulsión para aprovechar al máximo toda la sección transversal del equipo. La emulsión, que fluye desde un separador corriente arriba (o posiblemente desde un calentador) entra por la parte superior del *gunbarrel* a la sección de separación de gas (bota de gas). La sección

³ SANTOS SANTOS, Nicolás. "Operación de Tratamientos de Crudo". Especialización en Producción de Hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2013.

de asentamiento gravitacional remueve el gas liberado como consecuencia del calentamiento de la emulsión. La emulsión fluye hacia el distribuidor, el cual está localizado debajo de la interfase crudo – agua. Al salir del fondo, la emulsión asciende a la parte superior de la capa de agua. El nivel de agua se controla con la pierna de agua o con un controlador de nivel automático.

Figura 7. *Gunbarrel* estación Carupana.



La emulsión pasa a través del agua (lavado) lo cual ayuda a recolectar el agua atrapada y convertir la emulsión en dos capas diferentes: una de crudo y otra de agua. El crudo acumulado en la parte superior sale a través de una línea de descarga en la sección de asentamiento de crudo. El agua fluye desde el fondo del *gunbarrel* hacia arriba a través de la pierna de agua y entra a un tanque clarificador. El tiempo de asentamiento en los *gunbarrels* para la corriente total de fluido usualmente está entre 12 y 24 horas.

El *gunbarrel* de la estación Carupana tiene bota externa de Gas, la cual tiene una longitud de 9 metros y 17” de diámetro, el *gunbarrel* se conecta a la misma por una tubería de 8” que conecta directamente al sistema de distribución (*spreader*) para realizar el lavado del crudo. El *gunbarrel* está provisto también de una bota de agua que tiene una altura de 5 metros y la cual se conecta con un tanque de almacenamiento de agua que sirve de tanque de potencia a unas bombas centrífugas Cobra para enviar el agua hacia el *Skim Tank* ubicado en la Planta de Tratamiento de Agua.

1.2.3. Skim Tank⁴

El agua producida siempre tiene alguna forma de atención primaria antes de su eliminación. Este sistema podría adoptar la forma de un tanque de desnate, un recipiente de desnatado, un CPI, un separador de flujo cruzado, una unidad de flotación. (*Skim tank, skim vessel, CPI, crossflow separator, or gas flotation unit.*). La mayor parte de estos dispositivos emplean técnicas de separación por gravedad. Dependiendo de la eficiencia, es probable que se requiera un tratamiento secundario.

La Tabla 14 enumera los diversos métodos empleados en el tratamiento de agua producida, los sistemas y los tipos de equipos que emplean cada método.

Lo más comúnmente utilizado en equipos de tratamiento de agua depende de las fuerzas de gravedad para separar las gotas de aceite de la fase continua acuosa. Las gotas de

⁴ FORERO SANABRIA, Jorge Enrique. “Sistemas de Tratamiento de Agua”. Especialización en Producción de Hidrocarburos. . Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2013.

aceite, generalmente son más livianas que el volumen de agua que desplazan, generan una fuerza de empuje hacia arriba. Esta es opuesta a la fuerza de arrastre causada por su movimiento vertical. Cuando las dos fuerzas son iguales, se alcanza una velocidad constante y puede calcularse a partir de la ley de Stokes.⁵

Tabla 14. Equipos de tratamiento de agua de producción.

Method	Equipment Type	Aproximate Minimum Drop Size Removal Capacities (Microns)
Gravity separation	Simmer tanks and vessels API separators Disposal piles Skimpiles	100 - 150
Plate coalescence	Parallel plate interceptors Corrugated plate interceptors Cross-flow separators Mixed-flow separators	30 - 50
Enhanced coalescence	Precipitators Filters/coalesces Free-flow turbulent coalesces	10 - 15
Gas Flotation	Disolved gas Hydraulic dispersed gas Mechanical dispersed gas	10 - 20
Enhanced gravity separation	Hydrocyclones Centrifuges	15 - 30
Filtration	Multimedia membrane	1+

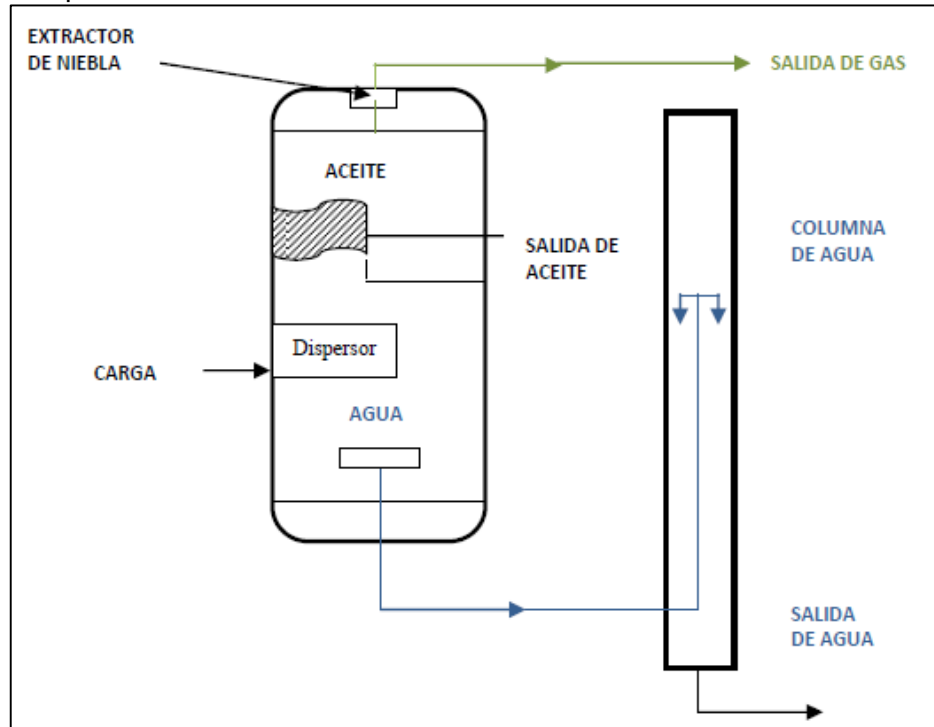
Fuente: Tomada de FORERO SANABRIA, Jorge Enrique. “Sistemas de Tratamiento de Agua”. Especialización en Producción de Hidrocarburos. . Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2013.

El equipo más simple de tratamiento primario es un tanque desnatador. Estas unidades pueden ser a presión o atmosféricas, son diseñadas para proporcionar un alto tiempo de

⁵ FORERO SANABRIA, Jorge Enrique. “Sistemas de Tratamiento de Agua”. Especialización en Producción de Hidrocarburos. . Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2013.

retención durante el cual pueda ocurrir la coalescencia y la separación gravitacional. En los desnatadores verticales las gotas de aceite deben ascender en sentido contrario al flujo de agua que es descendente.⁶

Figura 8. Esquema interno de un Skim Tank.



Fuente: Tomado de JAIMES CAMPOS Diana. PICO JIMENEZ, María. “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales y de producción, evaluando las diferentes alternativas nacionales y extranjeras – Aplicación Campo Colorado”. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2009.

La planta de tratamiento de agua de la estación Carupana cuenta con un *Skim Tank* de 500 Bbl con un diámetro de 3.5m y una altura de 7.2m, internamente cuenta con una platina de desnate, y la entrada de líquido se encuentra en la mitad del mismo, con un diámetro de 4”. La salida de agua en la parte inferior tiene un diámetro igualmente de 4”

⁶ JAIMES CAMPOS Diana. PICO JIMENEZ, María. “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales y de producción, evaluando las diferentes alternativas nacionales y extranjeras – Aplicación Campo Colorado”. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2009

por la cual se envía dicha agua hacia el primer tanque de almacenamiento antes del filtrado.

La entrada de agua se encuentra a una altura de 4 m y la platina de rebose se encuentra sobre los 6m, así que el tiempo de retención para el agua será medido por la velocidad o caudal a través del Skim Tank en un tiempo determinado. De allí que según la cantidad de agua inyectada. Así, tenemos que el tiempo de retención del Skim Tank del Campo Carupana es de 77 minutos, tal como se muestra en la Tabla 15.

1.2.4. Filtro de Cascarilla

Son tanques cerrados y a presión, que se usan para filtrar sólidos y aceites contenidos en el agua los cuales son indeseables o perjudiciales en la operación de inyección y/o vertimiento. Al pasar el fluido sucio a través del filtro la mayoría de los sólidos y aceites son removidos. El fluido una vez ha sido filtrado fluye a la descarga de agua limpia. El flujo continúa de esta forma hasta que el lecho filtrante deba ser regenerado. Para limpiar los filtros se usa un ciclo de retrolavado, durante este proceso el aceite es despojado del lecho, el cual se vuelve a depositar en el interior del filtro y el proceso se repite.⁷

El diseño de estos sistemas de filtración es secreto industrial y cada fabricante maneja un criterio de diseño distinto, por este motivo y teniendo en cuenta que los Filtros de Cascarilla de la Estación Carupana son propiedad de SAR Energy, se debe tomar la

⁷ JAIMES CAMPOS Diana. PICO JIMENEZ, María. “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales y de producción, evaluando las diferentes alternativas nacionales y extranjeras – Aplicación Campo Colorado”. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2009

información que SAR Energy suministra de los mismos, en ésta, la capacidad de los filtros es de 20.000 BFPD a 60 psig de presión de operación.

Tabla 15. Dimensionamiento Skim Tank Campo Carupana.

DIMENSIONES SKIM TANK		
Volumen Nominal	500	Bbl
Altura	7	m
Diámetro	3.5	m
Altura boquilla entrada	6	m
Diámetro Boquilla de Entrada	4	in
Altura Boquilla de salida Agua	0.3	m
Diámetro Boquilla de salida Agua	4	in
Altura Platina de desnate	6	m
Diámetro salida desnate	4	in
Tiempo de Retención	77	min
Volumen Manejado	6830	BPD

1.2.5. Bombas Reciprocantes

Son bombas de desplazamiento positivo que manejan altas presiones de descarga, pero que por sus características requiere una presión mínima de succión. Para el caso específico de estudio, las bombas que se manejan son Gardner Denver de 5 pistones (Quíntuplex) y de 3 pistones (Tríplex) con motor Diésel. Las mismas se ubican en paralelo para cumplir con los requerimientos de inyección de fluido de la estación.

Para realizar el análisis, se tomaron las fichas técnicas de las bombas para conocer sus capacidades en cuanto a caudal y presión, el resumen de dicho análisis se muestra en la Tabla 16, allí se muestran 5 unidades de bombeo que actualmente se encuentran en la estación y que en los últimos meses de operación presentaron algunos inconvenientes por cavitación.

Figura 9. Filtro de Cascara de Nuez SAR Energy.



Figura 10. Unidad de Bombeo Hidráulico. Bomba Quíntuplex.



Fuente: Tomada en Campo Carupana, *Shelter* de Unidades de Bombeo Hidráulico.

Tabla 16. Resumen datos técnicos UBH Estación Carupana.

ITEM	TAG	MARCA	TIPO	CAPACIDAD (BFPD)	PISTÓN (in)	CAUDAL (GPM)
1	Q1	Gardner Denver	Quíntuplex	6600	2.250	193.6
2	Q2	Gardner Denver	Quíntuplex	6600	2.250	193.6
3	Q4	Gardner Denver	Quíntuplex	5900	2.125	172.7
4	Q5	Gardner Denver	Quíntuplex	5900	2.125	172.7
5	Q7	Gardner Denver	Quíntuplex	5900	2.125	172.7

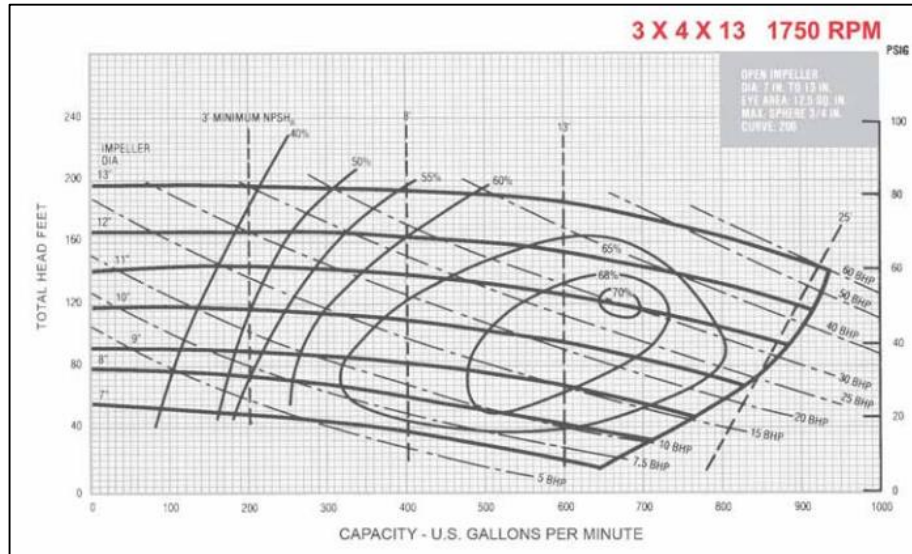
1.2.6. Bombas Centrífugas

Éstas 5 bombas con alimentadas por 3 bombas centrífugas con motor eléctrico de 20 Hp que se encarga de transportar el agua desde la planta de tratamiento hasta el tren de inyección a través de una línea de 3" y 150 m de longitud aproximadamente a 50 psig de presión. A estas condiciones y teniendo en cuenta que las bombas toman el agua de los tanques de almacenamiento que siempre tienen una altura de 5 m de agua es decir una cabeza de 6 psi aproximadamente, el caudal que cada bomba proporciona es de 350 Gpm (12.000 BPD).

1.3. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS HIDRÁULICO

Luego del dimensionamiento de equipos, se realiza la simulación del proceso, con el ánimo de identificar si la configuración de equipos y su secuencia son los apropiados para el tipo y volumen de fluidos, incluyendo también el cálculo de la tubería actual, según los criterios hidráulicos de velocidad en tubería.

Figura 11. Curva de eficiencia Bombas Cobra.



Fuente: Tomado del catálogo “Cobra Rig Products”.

El reporte de simulación se encuentra en el Anexo 2, en él se evidencia que las líneas de flujo del separador de Producción y la Planta de tratamiento tienen un diámetro insuficiente ya que la velocidad del fluido dentro de la tubería es cercana a los 10 ft/s, que es mayor que el máximo permisible de 4 ft/s. Adicional, se evidencia que la línea de Potrillo hacia la estación Carupana es insuficiente para enviar todo el fluido hasta la estación ya que el mismo excede incluso la máxima caída de presión por pie de tubería, y la velocidad del líquido excede el máximo permisible.

La línea de tea no fue susceptible de realizarle análisis por simulación toda vez que el gas que maneja la estación es poco y las líneas hacia tea tienen un diámetro apropiado (4”).

En la simulación se evidencian las dificultades que se presentan en la estación cuando se tienen en producción los 4 pozos, ya que desde el mismo separador de producción se presentan problemas hidráulicos para el flujo del mismo. La Planta de tratamiento también presenta inconvenientes por cuenta de la tubería, que por haberse incrementado en los

últimos años el caudal de agua manejado, ha dificultado la operación de la misma, sobre todo en el Skim Tank.

Figura 12. PFD Esquema de simulación Estación Carupana en Hysys.

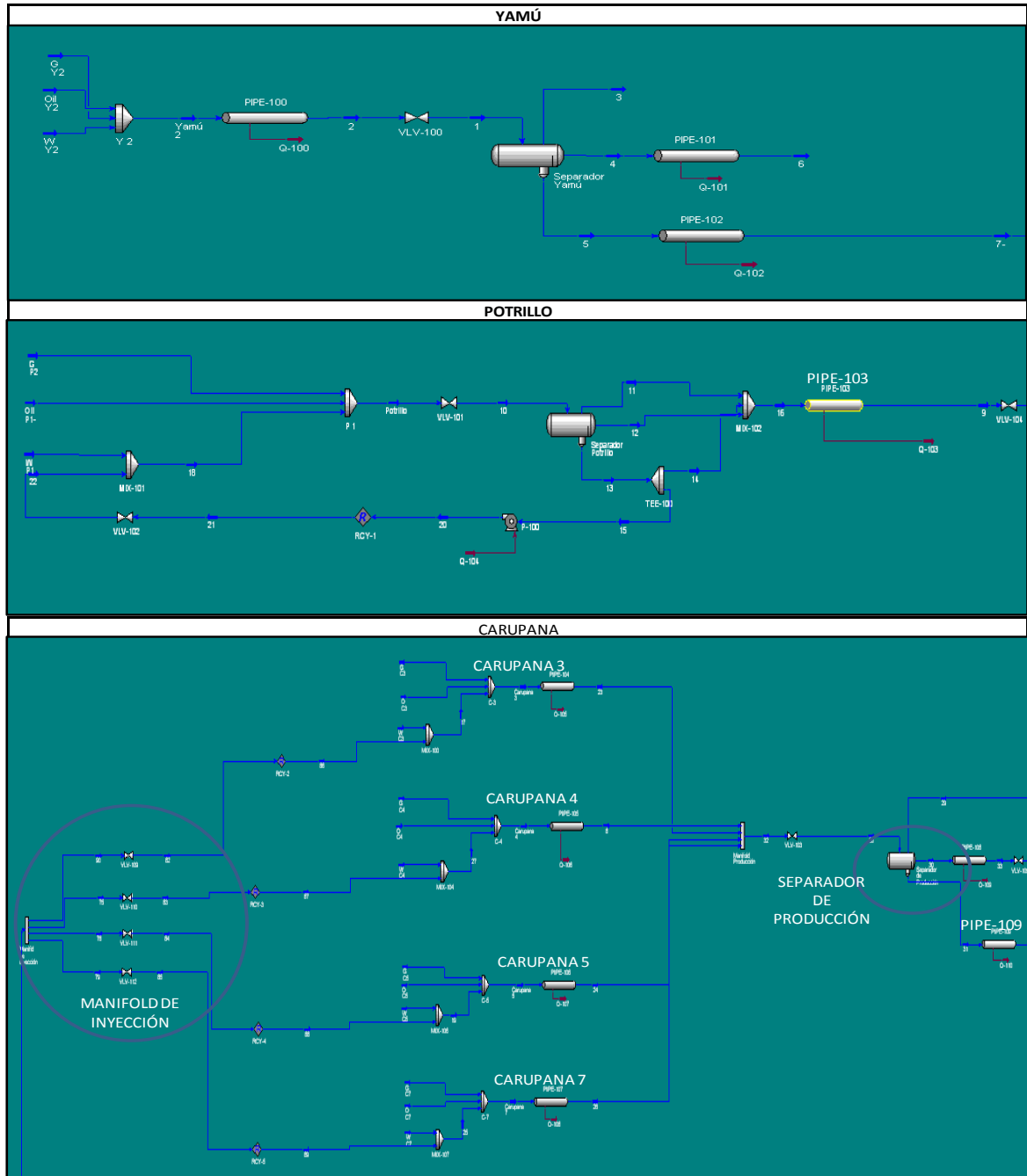
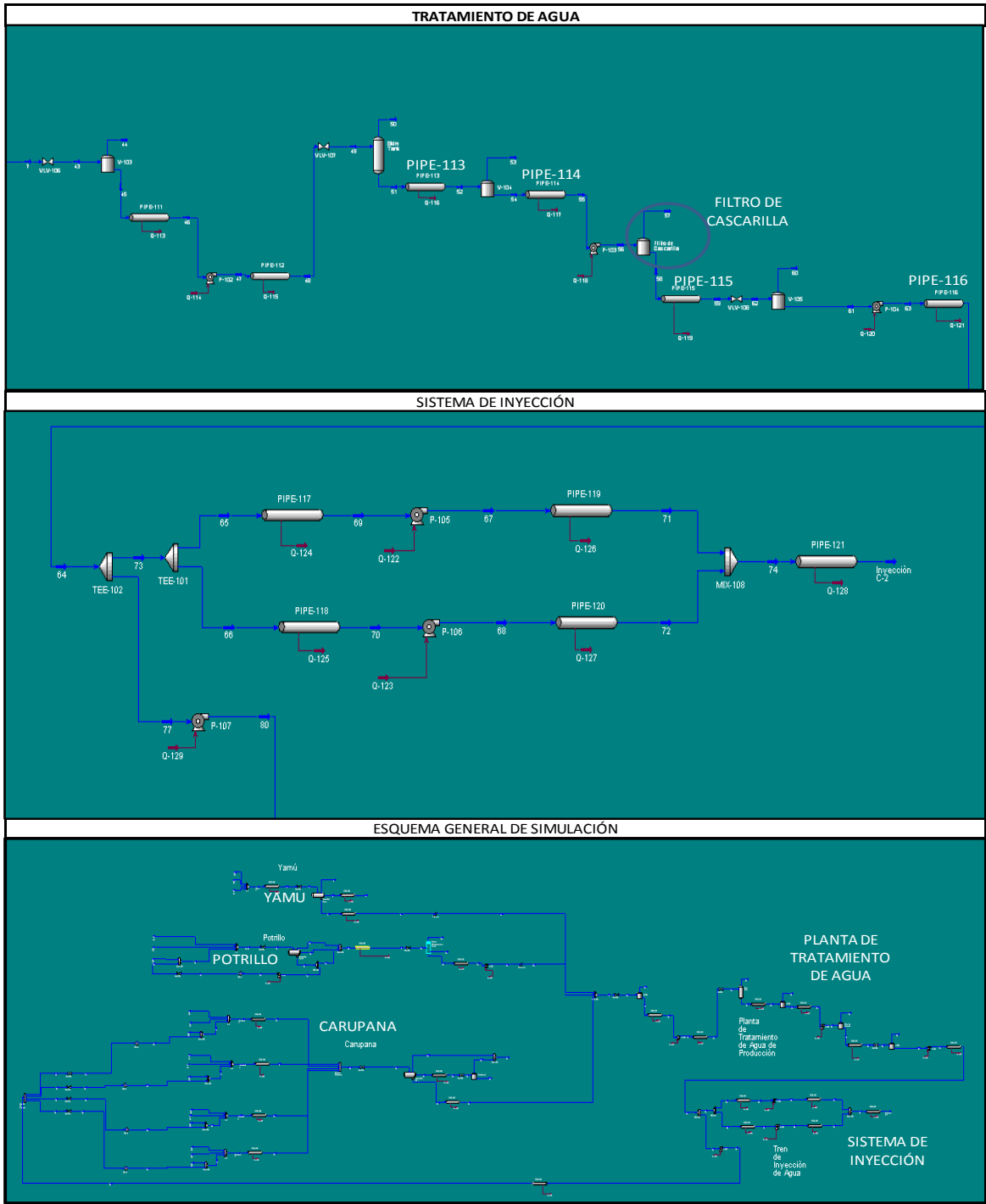


Figura 13. Esquema de simulación Estación Carupana



1.4. COSTOS OPERATIVOS

A continuación se realiza el análisis de OPEX del campo Carupana, teniendo en cuenta la cantidad de equipos, su costo de renta diario, y teniendo en cuenta el esquema operativo al momento en que se cerró el campo.

Tabla 17. Listado de personal y valor de servicio por cargo.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD EQUIPO	VALOR UNITARIO DIARIO	VALOR DIARIO	VALOR MENSUAL
1	Operador de Proceso Senior	2	\$ 350,000	\$ 700,000	\$ 21,000,000
2	Electromecanico	1	\$ 350,000	\$ 350,000	\$ 10,500,000
3	Auxiliar de Producción (Día)	3	\$ 230,000	\$ 690,000	\$ 20,700,000
4	Auxiliar de Producción (Noche)	2	\$ 230,000	\$ 460,000	\$ 13,800,000
5	Auxiliar de la región en entrenamiento "Compromiso social"	1	\$ 250,000	\$ 250,000	\$ 7,500,000
POTRILLO					
6	Electromecanico	1	\$ 350,000	\$ 350,000	\$ 10,500,000
TOTAL				\$ 2,800,000	\$ 84,000,000

1. PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE EQUIPOS Y ESQUEMA DE OPERACIÓN

1.1. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS HIDRÁULICO

Luego de evidenciar los problemas de tipo hidráulico que presenta la estación, éste será nuestro punto de partida para para iniciar con la propuesta de optimización de la estación. Para realizar dicho análisis se toma como base la simulación actual, en base a la misma el primer paso es realizar la modificación de diámetros de tubería.

En la Tabla 19 se encuentra el listado de tubería sensible de modificación, mostrando su longitud y diámetros actuales enfrentados a la propuesta técnica de modificación. Con dicho cambio se protege la integridad de la tubería y se reducen las restricciones

permitiendo un mejor desempeño de los equipos de proceso incluyendo los equipos de bombeo.

Tabla 18. Listado de equipos y valor de alquiler.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD EQUIPO	UNIDAD	VALOR UNITARIO DIARIO	VALOR DIARIO	VALOR MENSUAL
1	Separador de produccion	1	UN	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 12.000.000
2	Separador de Prueba	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
3	Separador Yamú	1	UN	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 12.000.000
4	Scrubber horizontal Tea	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
5	Gun Barrel	1	UN	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 3.300.000
6	Tanque almacenamiento aceite 500 bbls	10	UN	\$ 90.000	\$ 900.000	\$ 27.000.000
7	Bomba centrifuga despacho sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
8	Bomba centrifuga despacho sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
9	Bomba centrifuga inyección fluido motriz	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
10	Bomba centrifuga inyección fluido motriz	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
11	Bomba centrifuga transferencia agua sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
12	Bomba centrifuga recirculacion sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
13	Bomba centrifuga sistema filtracion	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
14	Bomba centrifuga sistema filtracion	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
15	Bomba centrifuga sistema inyección agua	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
16	Bomba centrifuga sistema inyección agua	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
17	Bomba centrifuga sistema inyección agua	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
18	Bomba centrifuga sistema de cargue TK 3800 bbls	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
19	Bomba centrifuga sistema de cargue TK 3800 bbls	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
20	Bomba Quintuplex diesel iny fluido motriz Gardner Denver Q 1	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
21	Bomba Quintuplex diesel iny fluido motriz Gardner Denver Q 2	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
22	Bomba Quintuplex Diesel iny de agua Gardner Denver C 1 Q 5	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
23	Bomba Quintuplex Diesel iny de agua Gardner Denver C 1 Q 6	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
24	Bomba Triplex diesel iny fluido motriz Gardner Denver T7	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
25	Skimming Tank 500 bbls	1	UN	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 3.000.000
26	Tanque almacenamiento agua 500 bbls sistema general	1	UN	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 2.700.000
27	Tanque almacenamiento agua 500 bbls	1	UN	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 2.700.000
28	Tanque almacenamiento agua 500 bbls	1	UN	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 2.700.000
29	Tanque almacenamiento agua 500 bbls	1	UN	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 2.700.000
30	Filtro cascara de nuez N° 1	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
31	Filtro cascara de nuez N° 2	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
32	Gas Scrubber	1	UN	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 2.100.000
33	Caldera 200 Hp	1	UN	\$ 530.000	\$ 530.000	\$ 15.900.000
34	Generador Caterpillar 725 Kw/480 v	1	UN	\$ 750.000	\$ 750.000	\$ 22.500.000
35	Generador Caterpillar 725 Kw/480 v	1	UN	\$ 750.000	\$ 750.000	\$ 22.500.000
36	Bomba Wildern M-8	1	UN	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 600.000
37	Equipo de laboratorio	1	UN	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 2.400.000
38	Sistema contraincendio	1	UN	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 4.500.000
39	Turbinas de los pozos 3-4-5	3	UN	\$ 10.000	\$ 30.000	\$ 900.000
40	Compresor de Aire	1	UN	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 600.000
POTRILLO						
41	Generador	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
42	Tablero de Distribución Electrica	1	UN	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 3.000.000
43	Unidad UBH Triplex	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
44	Unidad UBH Triplex	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
45	Separador ANSI 600 spi	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
46	Contenedor	1	UN	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 900.000
47	Consumo de Diesel promedio en la locación	600	Gls	\$ 7.600	\$ 4.560.000	\$ 136.800.000
TOTAL					\$ 18.560.000	\$ 556.800.000
TRM					\$	3.000
DOLARES					\$ 6.187	\$ 185.600

En el análisis hidráulico se evidencia que en la Planta de Tratamiento de Agua de proceso se presenta la mayor cantidad de inconvenientes, por ello, se propone realizar el cambio

de tubería de conexión en la Planta de 4" a 6", con ello se evitarían caídas de presión excesivas y problemas en la tubería por desgaste de la misma.

En el caso de la tubería que lleva el agua al tanque pulmón para las UBH, se proponen 4 escenarios, el primero, es cambiar la tubería actual por tubería de 6", esto saldría bastante costoso, toda vez que son 180 metros de tubería que rodean la estación, cabe resaltar que actualmente ésta línea es de 3". Quizá la modificación más práctica sea el segundo escenario en que se propone mejor, realizar el paso de la tubería de 4" o de 6" subterránea, que atraviese la estación desde la Planta de Agua hasta el *shelter* de las UBH, lo que tendría una longitud de 60 metros y una caída de presión bastante baja, soportando incluso el aumento de agua, escenario que es muy común en los pozos del llano.

Luego de solucionar los inconvenientes hidráulicos de la estación, se procede a realizar el análisis de los equipos necesarios para realizar el tratamiento del crudo, teniendo en cuenta que la manera más económica sería emplear los equipos ya existentes en la estación aunque reduciendo su número, para evitar el costo de movilización y desmovilización de los mismos.

1.2. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

Teniendo en cuenta las últimas pruebas de pozos, se realiza un nuevo dimensionamiento de equipos, teniendo en cuenta que desde la apertura del campo y durante su desarrollo, solamente se ha realizado adición de equipos sin realizarle una reingeniería a la facilidad.

Tabla 19. Listado de tubería susceptible de cambio.

Item	1	2	3	4	5
Tag (Simulación)	PIPE 103	PIPE 109	PIPE 113	PIPE 114	PIPE 115
Descripción	Línea de separador de Potrillo hasta Tanque de almacenamiento	Línea de agua del separador de producción hasta cabezal de entrada de agua al Skim Tank	Línea de Agua de Skim Tank hacia TK-12	Línea de agua de TK-12 hacia bombas de filtración.	Línea de filtro de cascarilla hacia TK-13 y TK-14
Diámetro Actual (inch)	3	3	4	4	4
Longitud Actual (m)	3000	90	5	30	30
Velocidad (ft/s)	2,02	10,08	8,36	8,36	8,36
ΔP Actual (psi)	33,17	22,89	6,03	2,395	10,84
Diámetro Propuesto (inch)	4	6	6	6	6
Longitud Propuesto (m)	3000	90	5	30	30
Velocidad (ft/s)	1,18	2,58	3,68	3,68	3,68
ΔP Propuesto (psi)	7,848	8,92	5,682	0,3	8,749
Observaciones	Aunque no supera el límite de velocidad en tubería para un líquido, su caída de presión es bastante grande.	Supera la velocidad máxima permisible	Supera la velocidad máxima permisible	Supera la velocidad máxima permisible	Supera la velocidad máxima permisible

Item	6	6.1	6.2	6.2
Tag (Simulación)	PIPE 116	PIPE 116	PIPE 116	PIPE 116
Descripción	Bombas Booster hacia cabezal de succión UBH	Bombas Booster hacia cabezal de succión UBH	Bombas Booster hacia cabezal de succión UBH	Bombas Booster hacia cabezal de succión UBH
Diámetro Actual (inch)	3	3	3	3
Longitud Actual (m)	180	180	180	180
Velocidad (ft/s)	14,39	14,39	14,39	14,39
ΔP Actual (psi)	59,38	59,38	59,38	59,38
Diámetro Propuesto (inch)	6	4	4	6
Longitud Propuesto (m)	180	180	60	60
Velocidad (ft/s)	3,68	8,35	8,35	3,68
ΔP Propuesto (psi)	1,881	14,83	6,425	0,8
Observaciones	La velocidad excede el máximo permisible y la caída de presión es demasiado grande por lo que las bombas cavitan.	La velocidad excede el máximo permisible y la caída de presión es demasiado grande por lo que las bombas cavitan.	La velocidad excede el máximo permisible y la caída de presión es demasiado grande por lo que las bombas cavitan.	La velocidad excede el máximo permisible y la caída de presión es demasiado grande por lo que las bombas cavitan.

1.2.1. Separadores

A continuación se muestra el dimensionamiento de los separadores principal y de prueba de los pozos Carupana, y del separador del Pozo Yamú 2 ya que el crudo de estos dos campos no se puede mezclar por disposición de la ANH.

Tabla 20. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente del campo Yamú.

Separador Requerido		Separador Disponible	
Dimensiones		Dimensiones	
Diámetro	36 in	Diámetro	60 in
Longitus SS	12 ft	Longitus SS	14 ft
Q total	1941 BPD	Q total	6043 BPD
Q oil	41 BPD	Q oil	3021 BPD
Q water	1900 BPD	Q water	3021 BPD
Q gas	0.005 MMscfd	Q gas	1.02 MMscfd
δ relativa oil	33.2 °API	δ relativa oil	33.2 °API
S.G gas	0.75	S.G gas	0.75
Trw	5 min	Trw	5 min
Tro	5 min	Tro	5 min
Presión	74.7 psia	Presión	74.7 psia
Temperatura	120 °F	Temperatura	120 °F
Altura líquido	60 %	Altura líquido	60 %
Altura agua	46 %	Altura agua	46 %
BOQUILLAS		BOQUILLAS	
ϕ in	3 in	ϕ in	12 in
ϕ out gas	1 in	ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	1 in	ϕ out oil	3 in
ϕ out water	3 in	ϕ out water	3 in

Según los datos obtenidos luego del dimensionamiento (Tabla 20), se observa que para el caso del separador dispuesto para el Campo Yamú, el mismo tiene dimensiones suficientes para el procesamiento adecuado del fluido, incluso si llegara a incrementarse la producción. Para el caso de éste separador, lo recomendable sería seguir utilizándolo.

Como se hizo evidente en la simulación, se tiene una restricción por parte del separador en cuanto a la boquilla de salida (Tabla 21), por lo que se hace necesaria la modificación de la misma para seguir empleando dicho separador, aunque por tratarse de un separador que funciona también como tanque de potencia de la UBH, podría manejarse la una parte del agua junto con el crudo, teniendo en cuenta que el mismo es enviado junto por una línea de 3" hacia la estación Carupana, que como ya se observó en el análisis hidráulico, es sensible de cambio.

Tabla 21. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente del campo Potrillo.

Separador Requerido		Separador Disponible	
Dimensiones		Dimensiones	
Diámetro	42 in	Diámetro	42 in
Longitus SS	15 ft	Longitus SS	15 ft
Q total	3361.2 BPD	Q total	5800 BPD
Q oil	103.2 BPD	Q oil	2900 BPD
Q water	3258 BPD	Q water	2900 BPD
Q gas	0.004135 MMscfd	Q gas	4.07 MMscfd
δ relativa oil	32.7 °API	δ relativa oil	32.7 °API
S.G gas	0.7	S.G gas	0.7
Trw	5 min	Trw	3 min
Tro	5 min	Tro	3 min
Presión	74.7 psia	Presión	74.7 psia
Temperatura	132 °F	Temperatura	132 °F
Altura líquido	60 %	Altura líquido	60 %
Altura agua	47 %	Altura agua	46 %
BOQUILLAS		BOQUILLAS	
ϕ in	4 in	ϕ in	12 in
ϕ out gas	1 in	ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	1 in	ϕ out oil	3 in
ϕ out water	4 in	ϕ out water	3 in

Como se muestra en la Tabla 22, el separador de producción aunque tiene las dimensiones suficientes para procesar el crudo de los 4 pozos, tiene una restricción por la

salida del agua, por lo que la sugerencia es ampliar la salida, realizando el cambio de línea y de válvula controladora, sin necesidad de cambiar el equipo.

Tabla 22. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente de producción del campo Carupana.

Separador Requerido		Separador Disponible	
Dimensiones		Dimensiones	
Diámetro	54 in	Diámetro	72 in
Longitus SS	25 ft	Longitus SS	25 ft
Q total	8344.1 BPD	Q total	6043 BPD
Q oil	442.1 BPD	Q oil	3021 BPD
Q water	7902 BPD	Q water	3021 BPD
Q gas	0.02052 MMscfd	Q gas	1.02 MMscfd
δ relativa oil	32.5 °API	δ relativa oil	33.2 °API
S.G gas	0.75	S.G gas	0.75
Trw	5 min	Trw	5 min
Tro	5 min	Tro	5 min
P diseño	64.7 psia	P diseño	124.7 psia
T diseño	120 °F	T diseño	120 °F
Altura líquido	60 %	Altura líquido	60 %
Altura agua	47 %	Altura agua	46 %
BOQUILLAS		BOQUILLAS	
ϕ in	6 in	ϕ in	12 in
ϕ out gas	1 in	ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	2 in	ϕ out oil	3 in
ϕ out water	6 in	ϕ out water	3 in

El separador de prueba tiene las dimensiones suficientes para manejar cualquiera de los 4 pozos en prueba, por lo que para éste separador no se requiere realizar cambio de líneas en el sistema de pruebas.

1.2.2. Gunbarrel

Se continúa con el análisis del Gunbarrel, para éste equipo se realiza el cálculo de tiempo de retención y el diseño de la pierna de agua manteniendo el del agua de lavado sobre el 50% del nivel del Gunbarrel. El resumen del análisis se muestra en la Tabla 24.

Tabla 23. Dimensionamiento de separador y comparación con el separador existente de pruebas del campo Carupana.

Separador Requerido	
Dimensiones	
Diámetro	36 in
Longitus SS	14 ft
Q total	1690 BPD
Q oil	240 BPD
Q water	1450 BPD
Q gas	0.01 MMscfd
δ relativa oil	32.5 °API
S.G gas	0.75
Trw	5 min
Tro	5 min
P diseño	54.7 psia
T diseño	120 °F
altura líquido	60 %
altura agua	47 %
BOQUILLAS	
ϕ in	3 in
ϕ out gas	1 in
ϕ out oil	1 in
ϕ out water	3 in

Separador Disponible	
Dimensiones	
Diámetro	72 in
Longitus SS	25 ft
Q total	4800 BPD
Q oil	2400 BPD
Q water	2400 BPD
Q gas	1.02 MMscfd
δ relativa oil	33.2 °API
S.G gas	0.75
Trw	5 min
Tro	5 min
P diseño	124.7 psia
T diseño	120 °F
altura líquido	60 %
altura agua	47 %
BOQUILLAS	
ϕ in	12 in
ϕ out gas	6 in
ϕ out oil	3 in
ϕ out water	3 in

1.2.3. Skim Tank

Sumado a los cambio de tubería propuestos para la Planta de Tratamiento de Agua de producción también se realiza un dimensionamiento del Skim Tank, el cual presenta un tiempo de retención bastante corto, lo que ocasiona una saturación bastante frecuente de los filtros de cascarilla, la idea es tratar de evitar el empleo de nuevos equipos dentro de la estación, pero para el caso específico del Skim Tank, se requiere, en aras de evitar la mayores cambios en el dique y la placa de los equipos, otro equipo de las mismas características pero con el diseño apropiado de la bota de agua, teniendo en cuenta que la restricción por tubería ha sido solucionada y no se tendría ninguna restricción adicional al nivel del Skim Tank distinta a la bota de agua. En la tabla 25 se muestran los resultados del análisis realizado a éste equipo.

Tabla 24. Dimensionamiento Gunbarrel.

GUNBARREL		
Capacidad	500	Bbl
Altura	7.00	m
Diámetro	3.50	m
Altura salida W	0.30	m
Altura salida O	6.09	m
Caudal W	8000	BPD
Caudal O	500	BPD
Densidad Oil	32.5	°API
Altura Interfase	3.05	m
Tr Oil	10.44	hr
Tr Water	0.59	hr
Altura pierna	5.67	m

Tabla 25. Dimensionamiento *Skim Tank*.

CON 2 SKIM TANK			CON 1 SKIM TANK		
Capacidad	500	Bbl	Capacidad	500	Bbl
Altura	7.00	m	Altura	7.00	m
Diámetro	3.50	m	Diámetro	3.50	m
Altura salida W	0.30	m	Altura salida W	0.30	m
Altura rebose O	6.09	m	Altura rebose O	6.09	m
Caudal W	7500	BPD	Caudal W	13000	BPD
Caudal O	5	BPD	Caudal O	10	BPD
Densidad Oil	32.5	°API	Densidad Oil	32.50	°API
Altura Interfase	5.94	m	Altura Interfase	5.94	m
Tr Oil	52.20	hr	Tr Oil	26.10	hr
Tr Water	1.29	hr	Tr Water	0.74	hr
Altura pierna	6.07	m	Altura pierna	6.07	m

1.2.4. Sistema de Inyección

Según lo observado dentro de la estación, otro punto crítico del proceso se encuentra en la inyección de agua, ya que se presenta cavitación en las bombas de inyección (UBH) ocasionando daños frecuentes en la empaquetadura de los pistones, al revisar el

esquema, se evidencia una restricción importante por la tubería que ya fue identificado en el cálculo hidráulico, pero adicional, éste tipo de bombas de inyección requieren un tanque de potencia presurizado, que garantiza que el flujo de agua a la bomba sea continuo, protegiendo incluso las válvulas de succión que se ven gravemente afectadas por la cavitación.

1.3. ESQUEMA DE PROCESO Y OPERACIÓN PROPUESTOS

Dentro de la reingeniería propuesta del campo, es necesario evaluar el flujo de proceso y su secuencia, a continuación se muestra un esquema de proceso que requiere menos equipos y por ende requiere menos personal para su operación, esto afecta directamente los costos teniendo en cuenta, como se indicó anteriormente, que la mayoría de los equipos son alquilados. A continuación se muestra el PFD del proceso propuesto.

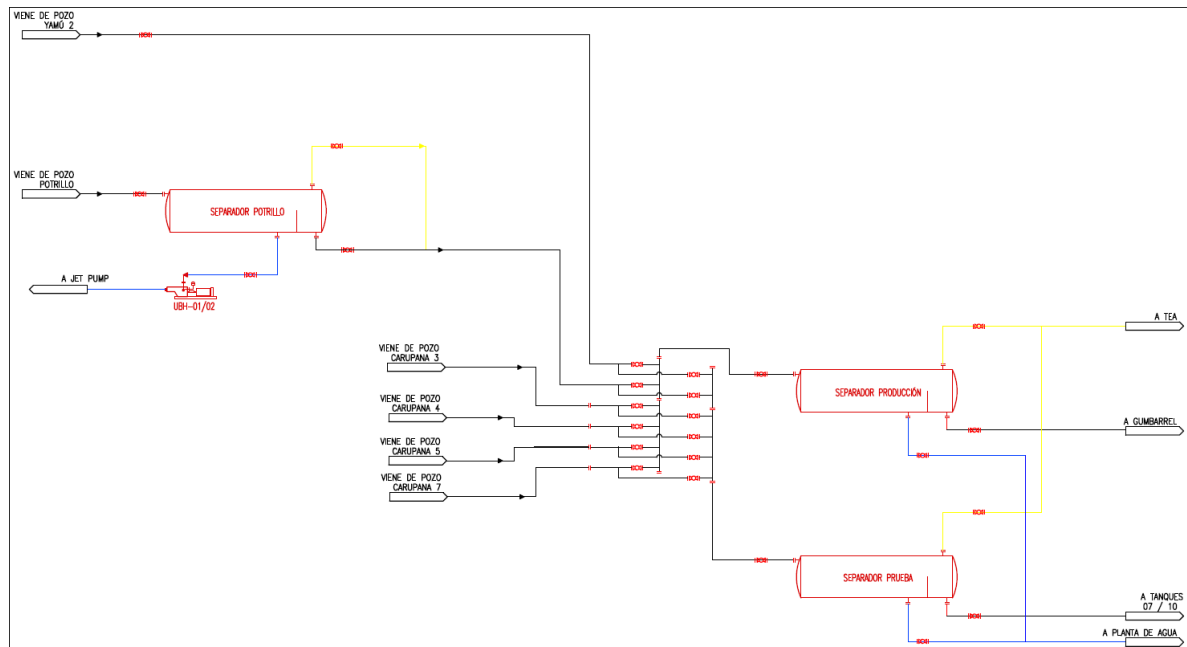
Tabla 26. Descripción tanque de potencia sistema de inyección de agua.

TANQUE DE POTENCIA		
Capacidad	24.8	Bbl
Diámetro	40	in
Altura	5	m
Entrada de Agua	6	in
Salida de Agua	4	in
Tiempo de Retención	2.74	min
Caudal	13000	BPD
Presión	50	psig

Luego del análisis realizado a los equipos y las líneas, se enfatiza el los hallazgos hechos a la planta de tratamiento de agua y al separador de producción, ya que son los puntos

más críticos en la estación por la deficiencia en los equipos y las líneas con que se cuenta en ellos.

Figura 14. PFD Estación propuesta, separadores.



Para el caso del separador de producción se propone realizar el cambio en la línea de agua a una de 6", con el fin de tener mayor capacidad de manejo de agua, ya que con la línea actual ha presentado inconvenientes operativos. Como se evidencia también, el separador de producción tiene capacidad incluso para manejar el pozo Yamú y el Pozo Potrillo, por lo que se propone realizar la Gestión con la ANH para poder mezclar el crudo de los tres pozos, realizándoles pruebas con ayuda del separador dispuesto para ello, y reduciendo así la cantidad de tanques dentro de la estación. Se realiza ésta propuesta teniendo en cuenta que el API de los crudos es muy similar y que sus envoltentes también lo son, como se muestra más adelante, por ello se cree que al realizar el análisis de compatibilidad de crudos, no habría ningún inconveniente.

Figura 15. PFD Estación propuesta, tren de tanques

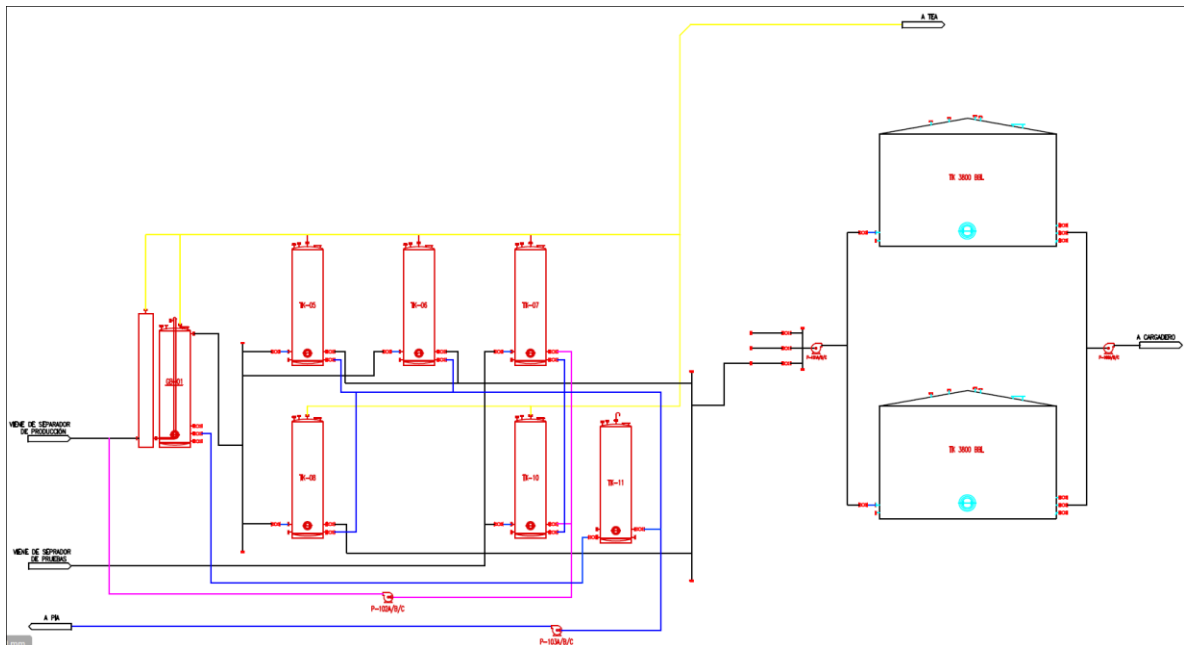
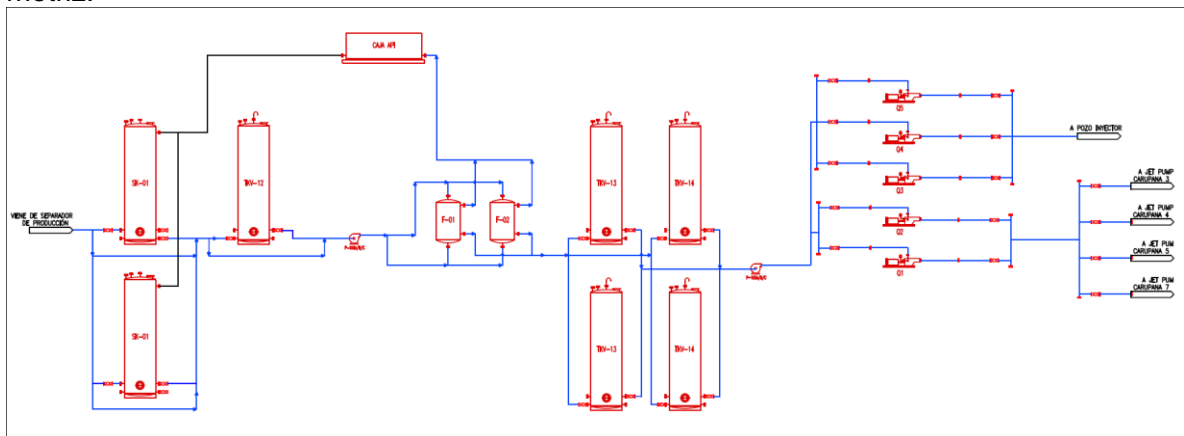


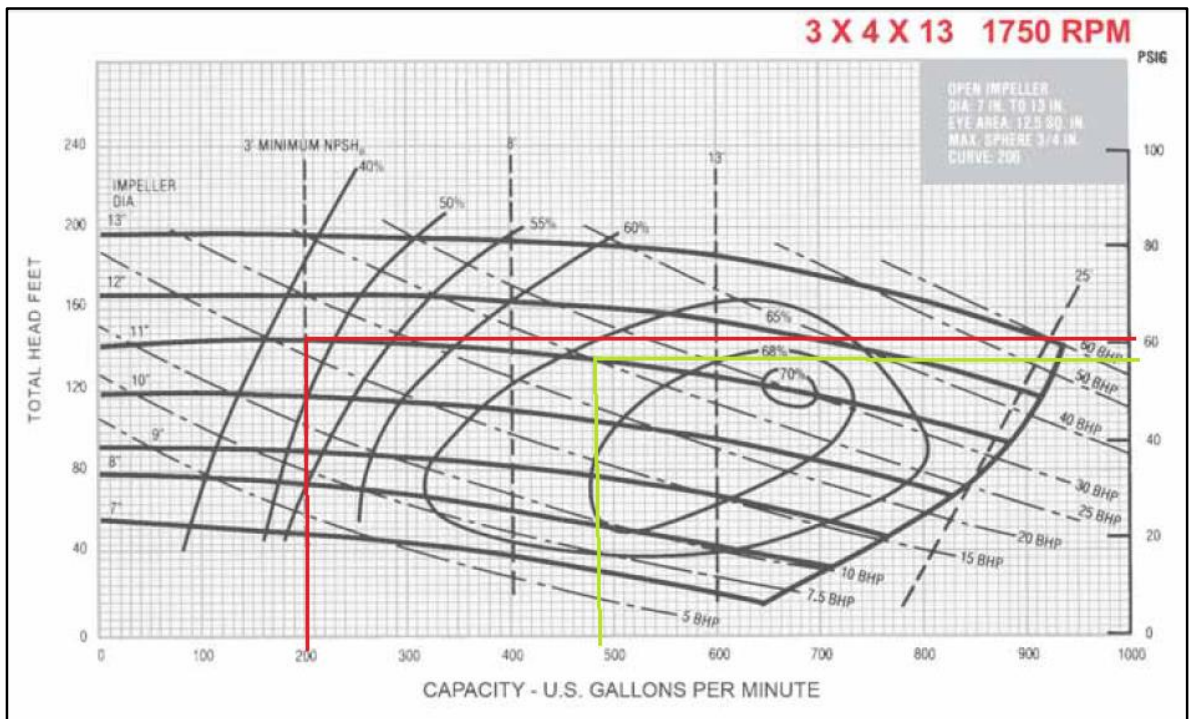
Figura 16. PFD Estación propuesta, Planta de tratamiento e inyección de agua y fluido motriz.



En la Planta de tratamiento de agua, se hace necesario contar con un segundo *SkimTank*, lo que daría más tiempo de residencia al agua proveniente de separadores y *Gunbarrel*, lo

que repercute en que el agua sale más limpia hacia el sistema de filtración, alargando los tiempos entre retrolavados y dándole más vida útil al lecho filtrante.

Figura 17. Curva de eficiencia bomba centrífuga Cobra, modificando la presión de cabeza.



Se propone ubicar dos tanques más en el sistema de almacenamiento de agua, esto con el fin de recibir el agua proveniente del sistema de filtración en 4 tanques, que operativamente funcionarían de a 2 en paralelo, dando mayor tiempo de llenado de los mismos, dándole más tiempo al asistente entre mediciones, lo que repercute directamente en la cantidad de personal al día. Adicional, se propone colocar una línea de aire manta proveniente de los compresores de aire, que le daría presión constante de 10 psig a los tanques de almacenamiento de agua, aumentando la cabeza de las bombas centrífugas, con lo que se mejoraría su eficiencia, teniendo en cuenta su empeller de 11" y el motor de

25 Hp, evitando utilizar dos bombas a la vez, con éste esquema, se tendrían solo dos bombas, la operativa y el *backup* reduciendo en 1 la cantidad de bombas *booster* para las UBH.

Para el sistema de inyección de agua, se propone instalar un tanque presurizado que sirva de tanque de cabeza para las bombas reciprocantes, el mismo tanque debe tener una presión de 50 psi mínimo y sea alimentado por medio de las bombas centrífugas a través de una línea de 6” que atravesaría la estación bajo tierra, modificación que se ha propuesto para mejorar la hidráulica de dicha línea, con esto se reduce la cavitación en las bombas, protegiendo los pistones, camisas y válvulas y aumentando el tiempo entre mantenimientos, disminuyendo así la cantidad de repuestos y permitiéndole al proveedor reducir la tarifa de alquiler.

Tabla 27. Nueva capacidad de almacenamiento

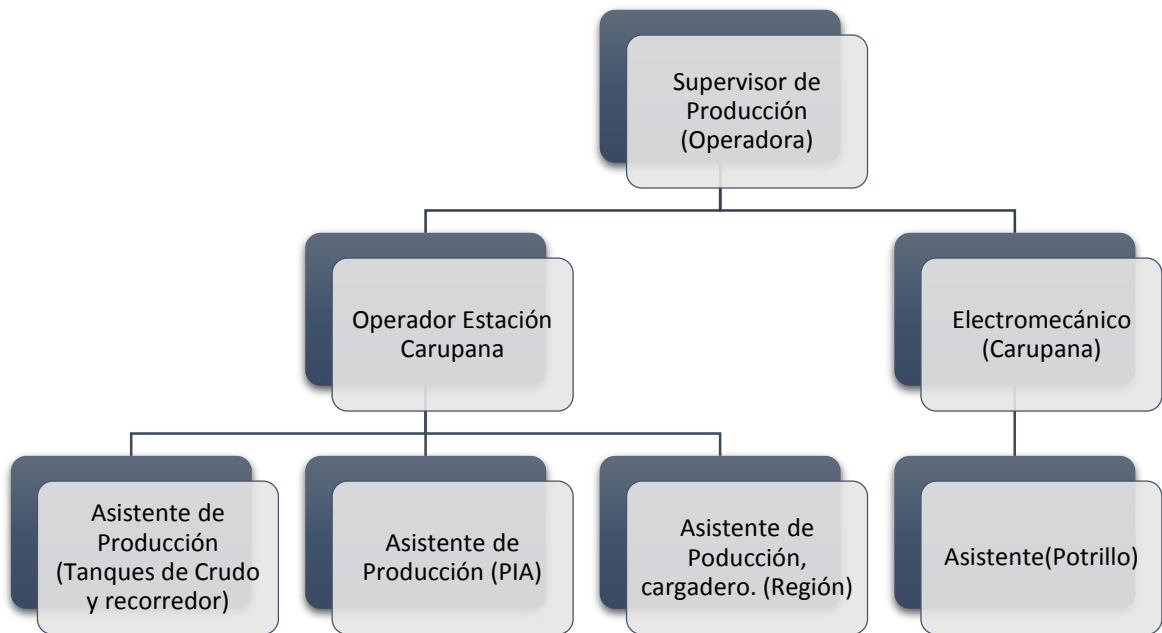
ITEM	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (BBL)	CANTIDAD	CAPACIDAD TOTAL (BBL)
1	Tanque Vertical para almacenamiento de Crudo	500	3	1500
2	Tanque Vertical para almacenamiento de Crudo	3800	2	7600
3	Tanque Vertical para almacenamiento de Agua	500	5	2500

Debido al aumento en el tiempo de residencia en la Planta de Agua y al manejo en un solo separador de la producción, es posible realizar una reducción de personal importante, teniendo a un asistente solamente en el día para cargue, y en tanques a otro, que por la reducción en el número de tanques, puede colaborar en oras labores propias de la estación. Adicional, y teniendo en cuenta que los tiempos de mantenimiento de las bombas UBH deben extenderse, solamente se requiere un electromecánico con

disponibilidad 24 horas, y se maneja en la estación Potrillo, un asistente de producción que opere la UBH y el separador en dicha estación.

1.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Figura 18. Nuevo esquema operativo.



Teniendo en cuenta el nuevo esquema de equipos y operativo propuesto para la estación, a continuación se muestra los costos asociados del proyecto y la relación de reducción en barriles de crudo, debido a que no fu posible obtener los valores operativos de la operadora ni más información de las formaciones e IP para establecer un nuevo tiempo de abandono.

Tabla 28. Costo de alquiler de equipos con la reducción propuesta.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD EQUIPO	UNIDAD	VALOR UNITARIO DIARIO	VALOR DIARIO	VALOR MENSUAL
1	Separador de produccion	1	UN	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 12.000.000
2	Separador de Prueba	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
3	Scrubber horizontal Tea	0	UN	\$ 50.000	\$ -	\$ -
4	Gun Barrel	1	UN	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 3.300.000
6	Tanque almacenamiento aceite 500 bbls	3	UN	\$ 90.000	\$ 270.000	\$ 8.100.000
7	Bomba centrifuga despacho sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
8	Bomba centrifuga despacho sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
9	Bomba centrifuga inyección fluido motriz	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
10	Bomba centrifuga inyección fluido motriz	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
11	Bomba centrifuga transferencia agua sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
12	Bomba centrifuga recirculacion sistema general	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
13	Bomba centrifuga sistema filtracion	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
14	Bomba centrifuga sistema filtracion	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
15	Bomba centrifuga sistema inyección agua	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
16	Bomba centrifuga sistema inyección agua	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
17	Bomba centrifuga sistema inyección agua	0	UN	\$ 50.000	\$ -	\$ -
18	Bomba centrifuga sistema de cargue TK 3800 bbls	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
19	Bomba centrifuga sistema de cargue TK 3800 bbls	1	UN	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 1.500.000
20	Bomba Quintuplex diesel iny fluido motriz Gardner Denver Q 1	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
21	Bomba Quintuplex diesel iny fluido motriz Gardner Denver Q 2	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
22	Bomba Quintuplex Diesel iny de agua Gardner Denver C 1 Q 5	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
23	Bomba Quintuplex Diesel iny de agua Gardner Denver C 1 Q 6	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
24	Bomba Triplex diesel iny fluido motriz Gardner Denver T7	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
25	Skimming Tank 500 bbls	2	UN	\$ 100.000	\$ 200.000	\$ 6.000.000
26	Tanque almacenamiento agua 500 bbls sistema general	1	UN	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 2.700.000
27	Tanque almacenamiento agua 500 bbls	2	UN	\$ 90.000	\$ 180.000	\$ 5.400.000
28	Tanque almacenamiento agua 500 bbls	2	UN	\$ 90.000	\$ 180.000	\$ 5.400.000
29	Tanque almacenamiento agua 500 bbls	1	UN	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 2.700.000
30	Filtro cascara de nuez N° 1	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
31	Filtro cascara de nuez N° 2	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
32	Gas Scrubber	1	UN	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 2.100.000
33	Caldera 200 Hp	1	UN	\$ 530.000	\$ 530.000	\$ 15.900.000
34	Generador Caterpillar 725 Kw/480 v	1	UN	\$ 750.000	\$ 750.000	\$ 22.500.000
35	Generador Caterpillar 725 Kw/480 v	1	UN	\$ 750.000	\$ 750.000	\$ 22.500.000
36	Bomba Wildem M-8	1	UN	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 600.000
37	Equipo de laboratorio	1	UN	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 2.400.000
38	Sistema contraincendio	1	UN	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 4.500.000
39	Turbinas de los pozos 3-4-5	3	UN	\$ 10.000	\$ 30.000	\$ 900.000
40	Compresor de Aire	1	UN	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 600.000
POTRILLO						
41	Generador	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
42	Tablero de Distribución Electrica	1	UN	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 3.000.000
43	Unidad UBH Triplex	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
44	Unidad UBH Triplex	1	UN	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000
45	Separador ANSI 600 spi	1	UN	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 9.000.000
46	Contenedor	0	UN	\$ 30.000	\$ -	\$ -
47	Consumo de Diesel promedio en la locación	600	Gls	\$ 7.600	\$ 4.560.000	\$ 136.800.000
TOTAL					\$ 17.680.000	\$ 530.400.000
TRM					\$	3.000
DOLARES					\$ 5.893	\$ 176.800

A continuación se muestra de nuevo la tabla de costos con el nuevo número de equipos que se podría tener, allí se manejan precios locales en pesos colombianos y se emplea para su conversión a dólares una Tasa representativa del mercado (TRM) de COP\$3000, en la Tabla 27 se aprecia también el costo del combustible Diésel, que se encuentra en promedio a COP\$7600 el galón puesto en sitio, y que registra un consumo promedio del campo de 600 Gls día. Se realiza el análisis de costos del personal operativo teniendo en cuenta el nuevo esquema de operación.

Tabla 29. Costo de personal operativo propuesto

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD EQUIPO	VALOR UNITARIO DIARIO	VALOR DIARIO	VALOR MENSUAL
1	Operador de Proceso Senior	2	\$ 350.000	\$ 700.000	\$ 21.000.000
2	Electromecanico	1	\$ 350.000	\$ 350.000	\$ 10.500.000
3	Auxiliar de Producción (Dia)	2	\$ 230.000	\$ 460.000	\$ 13.800.000
4	Auxiliar de Producción (Noche)	2	\$ 230.000	\$ 460.000	\$ 13.800.000
5	Auxiliar de la región en entrenamiento "Compromiso social"	1	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 7.500.000
POTRILLO					
6	Auxiliar de Producción	2	\$ 230.000	\$ 460.000	\$ 13.800.000
TOTAL				\$ 2.680.000	\$ 80.400.000

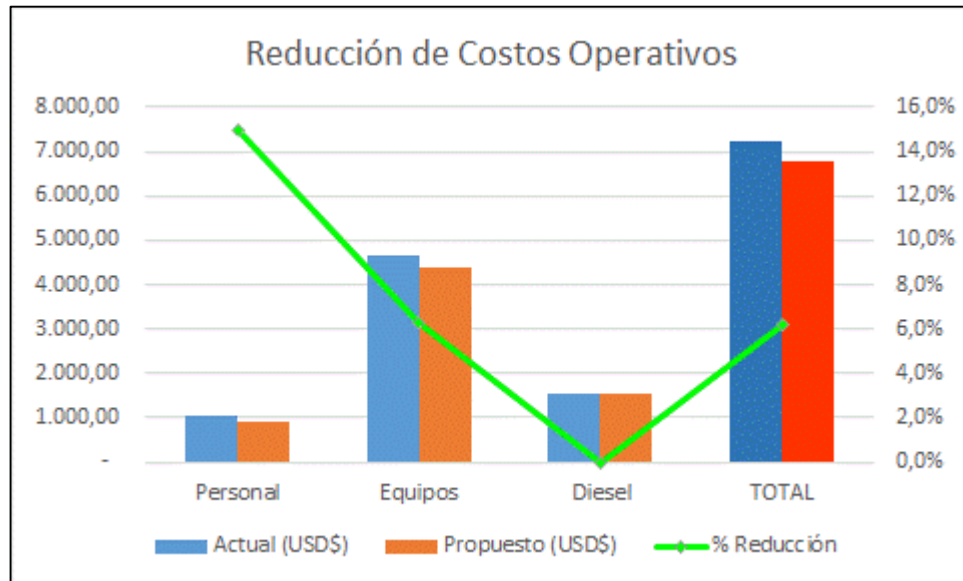
En las Tablas 28, 29 y 30 se muestra un resumen de los costos asociados a la operación y una gráfica que muestra aparte de la reducción de costos en dólares, la reducción en porcentaje de cada uno de los costos, la cual puede ser mayor en cuanto a equipos si se logra negociar una reducción de tarifas con el proveedor.

Tabla 30. Resumen de costos.

	Actual (COP\$)	Actual (USD\$)	Propuesto (COP\$)	Propuesto (USD\$)	% Reducción
Personal	3.150.000	1.050,00	2.680.000	893,33	14,9%
Equipos	14.000.000	4.666,67	13.120.000	4.373,33	6,3%
Diesel	4.560.000	1.520,00	4.560.000	1.520,00	0,0%
TOTAL	21.710.000	7.236,67	20.360.000	6.786,67	6,2%

Analizando la información obtenida, podría darse una reducción importante si se logra realizar un cambio de combustible para la generación de energía, y un cambio de motores de las UBH a motores eléctricos, pero esto acarrearía un costo inicial de inversión bastante alto, que en éste momento la operadora no estaría dispuesta a asumir, ya que así lo ha expresado, y por ello éste análisis se enfoca en una optimización con los recursos que se tienen y sin requerir una inversión mayor.

Figura 19. Gráfica resumen de costos.



3. CONCLUSIONES

Se realiza una propuesta Técnico – Económica para la Optimización de la Producción del Campo Carupana mediante la modificación del esquema de proceso y cantidad de Equipos de la Estación.

Se realiza un análisis del estado actual del campo, evaluando el proceso existente y estableciendo las condiciones de los equipos existentes en campo.

Se realiza la simulación del proceso y se identifican los problemas hidráulicos dentro de la locación, y mediante su análisis se realiza la propuesta de modificación de líneas.

Se propone un escenario operativo y de optimización de equipos empleando los equipos ya existentes dentro de la locación tratando de minimizar los costos asociados a movilizaciones.

Se explica detalladamente el esquema operativo de la nueva estación enfatizando en las modificaciones propuestas al proceso.

BIBLIOGRAFÍA

FORERO SANABRIA, Jorge Enrique. **“Sistemas de Tratamiento de Agua”**. Especialización en Producción de Hidrocarburos. . Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2013.

JAIMES CAMPOS Diana. PICO JIMENEZ, María. **“Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales y de producción, evaluando las diferentes alternativas nacionales y extranjeras – Aplicación Campo Colorado”**. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2009

MENDOZA MAY, L. Andrés; **“Separación y Medición de Aceite y Gas en una Plataforma de Producción del Campo Cantarell”**; Facultad de Ingeniería. UNAM . Tesis Profesional; Nov.1984.

SANTOS SANTOS, Nicolás. **“Operación de Tratamientos de Crudo”**. Especialización en Producción de Hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga, 2013.