

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



Facultad De Ciencias De La Tierra

“Repotenciación del poliducto Tres Bocas - Pascuales”

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO EN PETROLEOS

Presentada por:

Adriana Gabriela Morales Delgado

**GUAYAQUIL – ECUADOR
AÑO 2012**

AGRADECIMIENTO

A todo el personal de la Estación Tres Bocas por su desinteresada colaboración y confianza. Agradezco además a mis amigos que me dieron fuerzas para mantener mi confianza y culminar este trabajo.

DEDICATORIA

A mis Padres.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ph. D. Paul Carrión M.
DECANO DE LA FICT

Ing. Heinz Terán M.
VOCAL
Ing. Jorge Duque R
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Adriana Morales Delgado

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La Gerencia de Transporte y Almacenamiento de la Empresa Estatal de Hidrocarburos del Ecuador (EP Petroecuador), busca transportar eficientemente el petróleo crudo, así como sus productos refinados a través de la red Nacional de oleoductos y poliductos.

El ámbito del petróleo y sus derivados en el Ecuador debe ser atendido con premura y gran interés ya que estos son el eje de la economía, así como también del sector productivo nacional, en referencia a que los combustibles de origen fósil son fuente energética primaria.

En la Costa ecuatoriana se cuenta con los poliductos Libertad – Manta, Libertad – Pascuales y Tres Bocas – Pascuales. Estos

poliductos se vuelven estratégicos para la planificación de la importación y distribución de combustibles por su ubicación geográfica, poliductos que transportan los derivados de petróleos entre los terminales la Libertad, Tres Bocas, Barbasquillo y Pascuales, dándoles la condición a los dos primeros de Terminales Marítimos, debido a las buenas condiciones que presentan las áreas donde se acoderan los buques. La existencia de estos Terminales Marítimos se justifica con la necesidad de importación de productos derivados del petróleo.

El Poliducto tres Bocas Pascuales es el más importante del Distrito Sur, debido a que es el encargado de provisionar de combustible al Terminal Pascuales, el centro de acopio y distribución más grande del País. Actualmente éste, transporta alrededor del 65% de los productos que llegan a Pascuales.

Con lo anteriormente expuesto, se pone en manifiesto la importancia de la Estación de bombeo Tres Bocas y el Poliducto Tres Bocas – Pascuales, por lo que el correcto funcionamiento de sus instalaciones debe ser procurado. En la actualidad se presentan inconvenientes en

las instalaciones de la Terminal, identificando los más críticos en los grupos de bombeo, considerando que tienen 28 años en operaciones.

Esta situación compromete los despachos de la Terminal Pascuales, pudiendo generar en algún momento desabastecimientos y un poco más profundo, complicar la planificación.

El actual estudio pretende mejorar el rendimiento del sistema del poliducto Tres Bocas Pascuales en la descarga de combustibles, buscando principalmente devolver la confiabilidad de los sistemas de bombeo y mejorar los parámetros de operación, con el fin de disminuir los tiempos de descarga de productos limpios hacia la Terminal Pascuales.

Esta tesis ha sido realizada en dos fases que servirán para validar las Suposiciones generadas por la Autora:

La primera fase estudia la posibilidad de repotenciar la Terminal de Bombeo Tres Bocas basados en el crecimiento de la demanda de combustibles a nivel nacional para efectuar posteriormente un análisis

zonal abarcando a totalidad el área de influencia de la Terminal Pascuales. Se busca demostrar que el caudal máximo de bombeo actual no satisface las necesidades futuras de la Terminal Pascuales.

La segunda fase presenta la necesidad de repotenciar las instalaciones de la Estación de Bombeo Tres Bocas, basados en la falta de confiabilidad de los equipos y la necesidad de reducir los tiempos de transferencia.

Para el análisis de las fases se presenta la aplicación de la hidráulica de fluidos, con lo cual se establecen parámetros operacionales adecuados, tales como la presión de descarga y el caudal necesarios para que las bombas trabajen sobre una eficiencia del 75%. Basados en las proyecciones se determinará un caudal que reduzca significativamente el tiempo de descarga de un buque de 50000 barriles de capacidad. Y posteriormente se selecciona la bomba que preste las condiciones escogidas.

Los escenarios propuestos para alcanzar la repotenciación de la Estación Tres Bocas se analizan con tres diferentes sistemas en los

que se varían los diámetros del ducto y se elige el más económico en términos de inversión y consumo energético.

La estructura contextual de esta Tesis comprende cinco capítulos en los cuales se citan los diferentes aspectos necesarios para conseguir la repotenciación del poliducto y que se detallan a manera descriptiva a continuación:

- El primer capítulo provee una descripción del estudio de manera general, citando los objetivos y la metodología a seguir para el desarrollo del mismo, así como el planteamiento de la hipótesis a validar al final del mismo.
- El segundo capítulo consiste en la presentación de las características generales y específicas actuales de la Estación de Bombeo Tres Bocas y del Poliducto Tres Bocas – Pascuales, así como las condiciones vigentes de sus equipos.

- En el Capítulo Tres se presenta el análisis del aparato productivo nacional y la determinación de la demanda nacional y zonal, sur del país, de productos limpios proyectados al 2020.
- El cuarto capítulo se concentra en la presentación de las alternativas de diseño para conseguir repotenciar el poliducto Tres Bocas – Pascuales, además se presenta una clara visualización de los resultados obtenidos y su respectivo análisis, obtenidos con un software de aplicación libre, Epanet. Además del estudio económico, sobre los gastos involucrados en la ejecución de cada alternativa y un estudio energético para conocer el costo en razón de energía por descarga realizada en la estación.
- Y finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones del análisis realizado a este estudio.

1.1. Antecedentes

A partir de los últimos años la empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador ha iniciado estudios para el mejoramiento de las instalaciones de la red nacional de poliductos, es así que en el año 2008 se empezó con la Región Norte.

El consumo actual de combustibles de origen fósil es creciente en nuestro país en un promedio anual del 7.6%, estos son productos de baja producción nacional, por lo que se hace necesario importarlos.

En la figura 1.1 se observa que el consumo de combustibles blancos, incluyendo GLP, ha aumentado casi de manera lineal. Marcada diferencia se aprecia en la curva de producción que está muy por debajo de satisfacer el mercado interno por lo que las importaciones desde el año 2004 alcanzan el 50% del volumen anual de combustibles requerido.

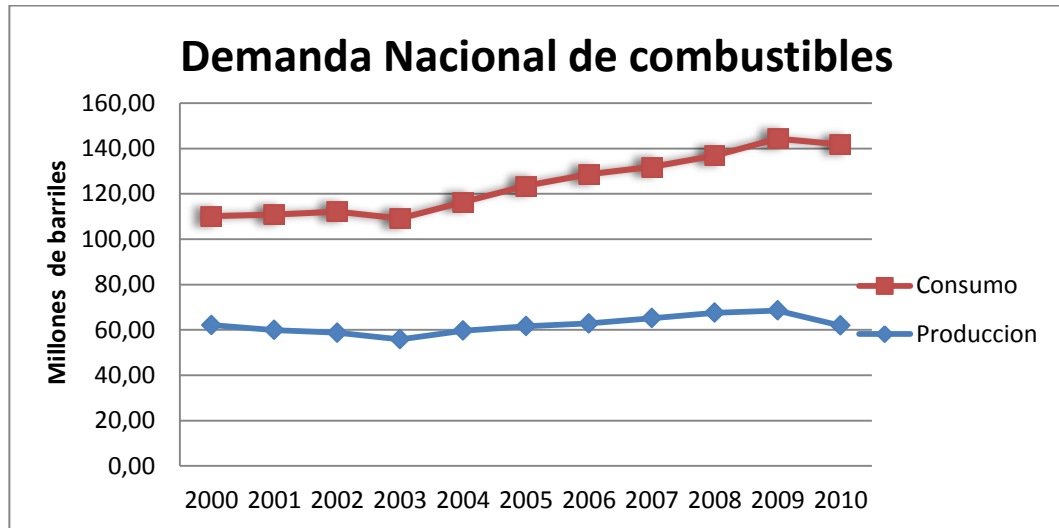


Figura 1.1.- Historial de Demanda y Producción de Combustibles a Nivel Nacional

Elaboración Propia

Fuente: Estadístico Anual, 2006-2011, EP- Petroecuador.

Las importaciones llegan a nuestro país por medio de Buques tanques (B/T) de gran capacidad llamados Buques Madres, pueden albergar un volumen de 45 Toneladas métricas en promedio, alrededor de 300.000 barriles.

Estos Buques son de gran calado, dificultando la entrada de estos hacia las terminales, por lo cual se ha visto la necesidad de contratar una flota de Buques de menor calado llamados

alijadores con un volumen de almacenamiento de 50.000 barriles en promedio.

Detrás de esto se encuentra una organizada planificación para el arribo de los buques extranjeros y la entrega del producto con la ayuda de los alijadores, con lo que se entiende el interés de mejorar las descargas hacia la Terminal Pascuales a través del Poliducto naciente en Estación Tres Bocas.

La Estación de Bombeo Tres Bocas Posee 28 años en Operaciones, en los últimos 4 años los grupos motor – Bomba han presentado serios inconvenientes en su funcionamiento, principalmente en los motores de combustión interna.

Al reducir los mantenimientos que en la actualidad son de carácter correctivo, es decir que involucran reparaciones en la que la compra de repuestos e insumos incrementan enormemente los costos a comparación de los mantenimientos de tipo preventivo que exige un equipo nuevo, se ahorra un rubro significativo y se mejora la eficiencia operativa de los mismos.

El caudal de diseño del poliducto es de 4100 BPH. Los grupos de bombeo son el P100-A, P100-B. Existe un tercer grupo de respaldo, P100-C, que se encuentra fuera de servicio.

En la actualidad, descarga completa de un buque de 50.000 barriles se la realiza en un tiempo promedio de 14 horas, sin incluir las maniobras dentro del canal.

A continuación se resumen los problemas encontrados con los motores durante la investigación de campo.

- A. Se presenta desgaste y serias averías en las partes constitutivas de los motores.
- B. Perdida del motor de respaldo por las altas vibraciones, lo que causó la rotura del cigüeñal.
- C. Trabajo sobrexigido de los equipos al no contar con un grupo de respaldo, estos sobrepasan actualmente las 9000 horas de bombeo sin mantenimiento.

- D. Los repuestos se encuentran descontinuados del mercado, por lo que se reutilizan partes.
- E. Fallas imprevistas de los grupos operativos lo que obliga a realizar los bombeos con un solo grupo, incrementando los tiempos de descarga severamente.
- F. Si los tiempos de descarga se incrementan incumpliendo la planificación, la empresa se obliga a pagar Demorajes.
- G. Al tratarse de Motores Mecánicos, se posee grandes emisiones de Ruido y gases producto de la combustión dentro de una reserva de Manglar.

En el Anexo 1 se presenta la tabla 1 resumen de las condiciones actuales de los grupos motor – bomba instalados en la estación Tres Bocas, Este informe fue presentado a las autoridades pertinentes en el mes de Noviembre del 2011.

El literal G. de la lista, se encuentra soportado por la Auditoría Ambiental presentada en el año 2009, presentada por el Centro de Estudios del Medio Ambiente, CEMA, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Sobre el pago de Demorajes se presenta la siguiente información proporcionada por la Unidad de Marítima y comercio Internacional de la Estación Tres Bocas.

Año	Valor (USD)
2008	725 880.21
2009	551 888.59
2010	785 797.91
Total	2 073 546.71

Tabla 1.- Pago de Demorajes en los Últimos años

Elaboración Propia

Fuente. Comercio Internacional

Desde el año 2009 el tránsito marítimo en Tres Bocas ha aumentado, debido a que la zona demanda más volumen de combustibles, por lo que de los 30 días mes promedio, 9 días llegan dos buques a la estación, particular que exige que las transferencias se realicen en el menor tiempo posible respetando las planificaciones.

Otro de los inconvenientes que presentan los grupos de bombeo es que son mecánicos, es decir, el funcionamiento de sus motores es a base de combustible, Diesel tipo II, lo que hace su funcionamiento más costoso respecto a la energía eléctrica, conociendo que se importa Diesel y su costo en el mercado nacional se encuentra subvencionado por el Estado ecuatoriano.

De la serie de proyectos que el estado se encuentra ejecutando en la actualidad para poder recuperar, o en mejores términos, incrementar soberanía energética, se ha planificado la recuperación y optimización de las Refinerías Estatales, la principal de ellas es la refinería Esmeraldas que tiene programado para el mes de Agosto del año 2012 hasta el mes de marzo del 2013, el paro de sus actividades, esto repercute directamente en la producción de derivados y las importaciones de estos productos se verán incrementadas en la medida que se requieran para satisfacer la demanda interna, durante el tiempo de cierre de actividades de la refinería, dispuesto en 7 meses. Este escenario hace más crítica la necesidad de repotenciar los poliductos costeros y sus Estaciones de bombeo.

1.2. Problema

Con los antecedentes presentados se procede en esta sección a realizar un análisis para establecer la situación conflicto y el problema a resolver, haciendo uso de un cuadro comparativo de causas y consecuencias de las necesidades mostradas.

CAUSA	CONSECUENCIAS
Salida de un grupo de bombeo	Descargas realizadas sin soporte
Falla de uno de los Grupos Operativos	Incremento en los tiempos de descarga.
Disminución del Caudal óptimo de descarga	Incremento en el tiempo de descarga
Mal estado de los grupos motor - bomba	Mantenimientos Frecuentes y Propensión a falla.
	Altos costos en mantenimiento
Falta de Repuestos en el mercado	Reutilización de repuestos y demora en los mantenimientos.
Uso de motores Diesel	Contaminación Sonora y del Aire de la Reserva
Incremento de los tiempos de descarga	Incumplimiento de la planificación y pago de Demorajes

Tabla 2.- Presentación de Causas consecuencias del Problema.

Elaboración Propia

Según los planteamientos anteriores se establece como **el problema** la poca capacidad de bombeo de la Estación Tres Bocas debido principalmente al mal estado en el que se encuentran los conjuntos mecánicos, específicamente los motores Diesel, con este último se deja por sentado además, la **situación conflicto**.

Es imprescindible corregir la situación actual mediante la repotenciación del Poliducto Tres Bocas Pascuales, mejorando los parámetros de operación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Repotenciar el poliducto Tres Bocas – Pascuales para mejorar el transporte de combustibles líquidos derivados de Hidrocarburos mediante el estudio de parámetros fluido – dinámicos y las proyecciones de demanda regional.

1.3.2. Objetivos Especificos

- Aumentar la capacidad de bombeo del Poliducto Tres Bocas – Pascuales.
- Mejorar la confiabilidad en la Unidad de Operaciones para atender la demanda requerida de combustibles.
- Proponer parámetros óptimos de operación, para un eficiente transporte de derivados de petróleo.

1.4. Justificación

La demanda creciente de combustibles y demás proyectos en cercana ejecución hace forzoso el incrementar la capacidad de transferencia de estos productos de forma rápida, segura, y a bajo costo.

Lo que se pretende en el presente trabajo es demostrar que la repotenciación del Poliducto Tres Bocas – Pascuales es necesaria toda vez que las bombas han cumplido su ciclo de

vida y es forzoso corregir los problemas a los que esta situación conlleva.

Es importante conocer la importancia del fortalecimiento de la red de Nacional de Poliductos, ya que esta es la manera más eficiente, segura y económica de transportar combustibles; además garantiza el pronto abastecimiento de estos recursos en la extensión nacional.

La ejecución de este proyecto presentará principalmente beneficios económicos y sociales de gran impacto, ya que se disminuiría las probabilidades de ocasionar desabastecimientos a la Terminal Pascuales lo que podría golpear seriamente la economía del Estado.

Finalmente se lograría fortalecer la misión de la empresa EP-Petroecuador.

1.5. Metodología

Este Trabajo sigue un amplio proceso de recopilación de información en las distintas instalaciones de la Gerencia de Transporte y almacenamiento, ubicada en la Ciudad de Guayaquil y sus alrededores.

La presente tesis plantea el análisis de los procedimientos y los parámetros operacionales actuales tales como: caudal, tiempo de descarga, presiones de cabeza, características de la tubería, entre otros, con la finalidad de seleccionar una bomba que cumpla con los requerimientos de la estación Cabecera Tres Bocas, luego de revisar los escenarios propuestos.

Los datos anteriormente expuestos se emplean para la determinación de la solución, así como el análisis de las alternativas propuestas más viables y aplicables que garantice su efectividad en tiempo.

Primeramente se establecen los parámetros a corregir, es decir, las condiciones actuales, además se utilizan las proyecciones de demanda realizadas para definir un caudal de bombeo que

permita la disminución de los tiempos de descarga en un 40% respecto del tiempo actual.

Las condiciones vigentes se analizarán con la ayuda de un Software de Aplicación libre llamado EPANET, que permite analizar las presiones en la longitud total del poliducto, brindando la posibilidad de obtener un perfil de presiones, herramienta que es importante para poder establecer las presiones máximas de operación en la línea.

Una vez establecido el caudal adecuado congruente con la demanda, se realizará la selección de la bomba que cumpla con lo acogido hasta el momento, esto con el soporte del programa PUMP SELECTION SYSTEM de la compañía Goulds Pumps inc.

Los sistemas que se proponen para alcanzar la Repotenciación de la Estación Tres Bocas son tres, en los que se encuentra contemplada la bomba escogida y arreglos distintos de tubería detallados como sigue:

- I. Tubería actual de 12 pulgadas
- II. Tubería nueva de 14 pulgadas
- III. Tubería actual de 12 pulgadas y nueva de 14 pulgadas en tramos específicos

Estos arreglos serán simulados con EPANET para analizar su comportamiento hidráulico. Finalmente se realizará la selección del escenario más adecuado en términos económicos y energéticos.

1.5.1. Diseño de la Investigación

Esta tesis tiene carácter descriptivo y analítico, y será apoyada por una investigación bibliográfica y de campo.

La investigación será de carácter descriptivo porque se discutirán las diferencias entre los combustibles transportados por el poliducto, finalizando en la selección de uno que posea características promedio entre todos los citados para la realización de los cálculos hidráulicos.

Se Presentarán también las propiedades de la tubería y de los equipos de bombeo soportadas con la documentación proporcionada por el fabricante.

Investigación Bibliográfica.- Porque se documentará en la recolección de datos y demás información, mediante revisión bibliográfica,

La información para realizar el presente trabajo será obtenida de la base informativa con que cuenta la compañía EP Petroecuador - Estación Tres Bocas, además de las citas bibliográficas necesarias, libros, tesis, revistas, mapas y cuadros, para ampliar y profundizar los conocimientos, de los que se puedan inferir resultados que se enmarquen dentro del transporte de derivados de hidrocarburos por poliductos. Contando además, con el soporte del cuerpo técnico de la empresa.

Investigación de Campo.- Consiste en interrelaciones directas con el medio y con la gente que lo forman para

realizar los estudios de observación de campo lo cual otorga al investigador el material de estudio para su trabajo.

Mediante la investigación de campo se realizarán actividades tales como: la toma de datos de presiones manométricas en la carga y la descarga de la bomba, caracterización de accesorios según información que puede obtenerse en la estación de bombeo Tres Bocas, una encuesta que evidencie la experiencia práctica de los operadores de la estación, fotografías que muestren el estado de los equipos y la observación de su rendimiento.

También se utilizarán fuentes primarias y secundarias.

- Reportes Estadísticos anuales
- Registros del Historial de presiones.
- Registros de operaciones.
- Parámetros de construcción.
- Obtención de Propiedades de los fluidos por ensayos de Laboratorio de calidad.

- Planificación de proyectos similares.
- Libros
- manuales de operación
- revistas técnicas
- investigación en el Internet.

Técnicas para análisis y discusión de datos.- El procesamiento de datos se realizará elaborando tablas y gráficos estadísticos, hojas de cálculo todos elaborados en un utilitario básico como Excel.

CAPITULO 2

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TERMINAL MARÍTIMO Y ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA TRES BOCAS

En el presente capítulo se realiza un detalle de las instalaciones de la Estación Tres Bocas así como de la Terminal Pascuales, y los poliductos asociados al sistema de ambas Terminales, lo que permite crear una idea general del funcionamiento de las mismas. Además, en la parte final se presentan las condiciones actuales del Poliducto y sus equipos, parte del análisis de este trabajo de grado.

El Terminal Marítimo Tres Bocas inició sus operaciones en 1981. Está calificado como tal ante la Autoridad Marítima Nacional; DIRNEA, (Dirección Nacional de Espacios Acuáticos) y posee una Certificación Internacional PBIP (Protección de Buques e Instalaciones Portuarias), esto le da las garantías y condiciones para

el arribo de buques petroleros. Pertenece a la Gerencia de Transporte y Almacenamiento de EP Petroecuador. Se representa por la Intendencia de Poliductos Tres Bocas-Pascuales-Cuenca.

A través de este puerto ingresan los combustibles importados para cubrir la demanda de más del 45% de productos limpios que requiere el país diariamente. Bombea productos Blancos en una tasa de 2 millones de galones por día, gas licuado de petróleo (GLP), 2600 toneladas por día y fuel oil alrededor de un millón de galones cada tres días para el sector eléctrico e industrial.

Desde este centro se realizan transferencias a través del poliducto Tres Bocas-Pascuales, el cual transporta productos limpios (diesel oil 2, naftas de alto y bajo octano, gasolina base y jet fuel) hacia el Terminal Pascuales, este poliducto es el que en mayor escala abastece la Terminal, proveyendo un valor del 65% aproximadamente de los combustibles que recibe diariamente.

Conociendo su importancia, la coordinación de las importaciones, descargas y transferencias es vital para el equilibrio económico del País.

Adicionalmente este Terminal tiene operativo desde el año 1989 el gasoducto (GLP-ducto) Tres Bocas-Salitral que transporta actualmente el 80% de la demanda nacional de gas licuado de petróleo (GLP) y desde 1991 el fuelducto o bunkerducto Tres Bocas-Fuel - Oil que es utilizado por las termoeléctricas de Guayaquil en su mayor parte y algunas industrias que lo usan como combustible de hornos, secadores, etc.

El espacio destinado al ingreso de los buques es de más de 300 metros, con una profundidad de por lo menos 20 metros, donde pueden acceder buques de hasta 160 metros de eslora (longitud) y 5000 toneladas de peso muerto. La limitación de espacio en el canal impide que los buques extranjeros (Buques madre) ingresen o lleguen a la cercanía de los terminales marítimos; las tareas de descarga se realizan por medio de una flota de buques llamados alijadores, provistos por la empresa de economía mixta FLOPEC.

El estuario del Estero Salado se encuentra balizado e iluminado en una longitud de 7,2 millas náuticas, que permiten las operaciones nocturnas con total seguridad en la actualidad, sin que afecte el nivel de las mareas o las condiciones atmosféricas imperantes. Este

Terminal consta de un muelle para la recepción de productos limpios y un muelle con dos atracaderos para trabajar indistintamente con Bunker o GLP.

Para la recepción de Productos Limpios, cuenta con un amarradero para buques con capacidad de 2'100.000 galones aproximadamente (equivalentes a 50.000 barriles). Las naves que ingresan se sujetan a los cuatro duques de alba que se encuentran en las orillas, para mantenerse en el centro del canal. La descarga se efectúa por medio de una línea de mangueras marinas (conjunto de mangueras flotantes y submarinas).

2.1. Ubicación Geográfica

Está ubicada cartográficamente en las coordenadas geográficas 2° 13' 29,4" (Latitud Sur) y 79° 57' 22,8" (Longitud Oeste) en la provincia del Guayas cantón Guayaquil, kilómetro 39 de la vía Perimetral.

Implantada en el estuario formado por el Estero Salado en la confluencia con los Esteros Plano Seco y Mongón, al sudoeste de la ciudad, como se observa en la figura 2.1.



Figura 2.1.- Vista Panorámica Satelital de la Terminal Tres Bocas.

Fuente: Google Earth



Figura 2.2.- Vista aérea del Terminal Tres Bocas

Fuente: Portal EP-Petroecuador

El acceso marítimo es directamente por el Estero Salado, en el sitio denominado Cuarentena (Boca del Rosario).

La Terminal se encuentra dentro de una zona sensible ambientalmente con una extensión de 5.309 hectáreas, cuyo sistema ecológico posibilita gran diversidad de flora y fauna, que sirve incluso para el consumo humano. Desde el 22 de enero del 2003 fue declarada “**Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado**”, mediante Acuerdo del Ministerio del Ambiente No. 142 – R.O. No. 5.

2.2. Sistema de Poliductos Tres Bocas

En la Estación de Bombeo Tres Bocas se realiza la descarga de diferentes productos derivados del petróleo, provenientes de fabricación nacional, es decir, obtenido en las refinerías del País, y de importación. Debido a las diferencias en las propiedades físicas de cada uno de ellos, se tiene dentro de la Estación tres ductos diferentes, ya mencionados previamente, para realizar las tareas de descarga y transporte. Cada uno posee su propia unidad de bombeo y estación de recepción.

2.2.1. Poliducto Tres Bocas – Pascuales

El Poliducto Tres Bocas Pascuales inició sus operaciones en 1984, es el sistema más antiguo de todos los instalados en la Estación, transporta combustibles desde la estación de bombeo Tres Bocas hasta la Terminal Pascuales.

Existe una clasificación en el diseño de oleoductos que tiene que ver con el riesgo inherente del producto a transportar. En el caso de este poliducto, transporta combustibles de categoría A, son aquellos que a temperatura ambiente permanecen líquidos, como petróleo crudo, condensado, gasolina, productos derivados del petróleo crudo y subproductos líquidos del petróleo. Específicamente los productos que se transportan por el Poliducto Tres Bocas – Pascuales son:

- Diesel 2 (Diesel Oil)
- Destilado (Diesel 1)
- Gasolina Extra
- Gasolina Base (Nafta de bajo octanaje)

- NAO (nafta de alto octano),
- y muy ocasionalmente Jet Fuel.

El ducto es de acero al carbono y tiene una longitud de 20 km + 600m con un diámetro nominal de 12 pulgadas. Bombea combustibles limpios a un caudal operativo de 75.000 BPD con una presión en la descarga de la bomba de 400 – 550 PSI. En el empaquetado se mantienen 10.000 barriles.

En la Figura 2.3 se muestra el recorrido del Poliducto Tres Bocas – Pascuales.



Figura 2.3.- Recorrido del Poliducto Tres Bocas - Pascuales

Fuente: Estudio de Integridad Rev. 0- Poliducto de 12" D.N. – Tres Bocas – Pascuales.

La Terminal posee tres grupos de bombeo, la capacidad de bombeo del sistema es de hasta 4.100 barriles por hora, el bombeo se realiza con dos bombas y se deja una de soporte. A continuación se tabulan algunas de las características más relevantes del poliducto.

POLIDUCTO TRES BOCAS - PASCUALES		
Longitud	20.6	Kms.
Diámetro nominal	12	Pulg.
Espesor	0.336	Pulg.
Vol. Empaquetado	10.000	BBL
Tubería	Acero al carbono API 5L X52 GRADO B - SCH 40.	
Tasa de Bombeo	90 - 100	M BPD
Temperatura	Diesel: 88 Gasolinas: 84.1	Fahrenheit

Tabla 3.- Características Del Poliducto Tres Bocas – Pascuales

Fuente: Portal de Petrocomercial

2.2.2. Instalaciones De Apoyo

El funcionamiento de la Estación Tres Bocas bajo la jurisdicción Ep Petroecuador, está conformado de la siguiente manera:

- Equipo de Trabajadores de Bombeo: Jefatura de Estación, Operaciones de salas de bombeo de productos limpios, sala de bombeo de GLP, sala de bombeo de fuel oil.
- Equipos de trabajadores de Apoyo: Mantenimiento Eléctrico y Mecánico con jefatura y talleres.
- Seguridad Industrial y Protección Ambiental (PASI).
- Movimiento de Productos (MOPRO).
- Transporte Marítimo Petrocomercial.
- Protección de Buques e Instalaciones Portuarias (PBIP).
- Seguridad Física.
- Unidad Médica y Odontológica.

- Cuadrilla de mantenimiento civil menor. Personal de cocina, comedor y limpieza.

En el Anexo 2 se muestra el organigrama de la Intendencia de Polducto 3B – P – C.

2.2.3. Glp Ducto Tres Bocas – Salitral

El gasoducto Tres Bocas – Salitral transporta gas licuado de petróleo desde la estación de bombeo Tres Bocas hacia el Terminal El Salitral.

El GLP que ingresa por la Terminal, proviene de importación que se almacena en un buque flotante en Punta Arenas (cerca de la isla Puná) y por medio de dos buques alijadores de 2500 TM de capacidad (equivalentes a aproximadamente 1'220.000 galones) se transporta hasta el Terminal Tres Bocas que luego es despachado por el gasoducto hasta el Terminal y Planta El Salitral de Gas licuado de petróleo de EP PETROECUADOR.

Tiene una longitud de tubería de 5 km. + 650 m, con un diámetro de 8 pulgadas. Bombea GLP con un caudal operativo promedio de 160 toneladas/hora, 300 PSI de presión de salida y 50 PSI de llegada. Posee un volumen empaquetado de 95 Toneladas métricas (TM).

Este ducto posee dos bombas centrífugas con un cabezal de 686 pies. Maneja un caudal de 1500 GPM a una velocidad de 3550 RPM. Funcionan con un motor eléctrico de 250 HP con una velocidad de 3575 RPM. La tubería se encuentra aérea en su totalidad, a excepción del cruce con la vía perimetral y el cruce con el derecho de vía. Cuenta con 3 válvulas de bloqueo.

Actualmente está en ejecución el proyecto Monteverde, que incluye la construcción del almacenamiento en tierra de GLP, en Monteverde provincia de Santa Elena y el gasoducto para su transporte hacia Chorrillo en la provincia del Guayas. Con esto se planea el abandono de la Terminal el Salitral.

GASODUCTO TRES BOCAS - SALITRAL		
Longitud	5,650	Kms.
Diámetro	8	Pulg.
Espesor	0.28	Pulg.
Vol. Empaquetado	42.042	BBL
Tubería	Acero al carbono API 5L GRADO B / ASTM A 106 / A53 - SCH 40	
Tasa de Bombeo	150-161	Tm3/hora
Temperatura	6	°C

Tabla 4.- Características del Gasoducto Tres Bocas – Salitral

Fuente: Portal de Petrocomercial

2.2.4. Fuelecto Tres Bocas – Fuel Oil

Este ducto transporta el producto Fuel Oil (Bunker 4) desde la Estación de bombeo de Tres Bocas hasta el Terminal Fuel Oil de EP PETROECUADOR. El Bunker es transportado en buques tanque de hasta 1'000.000 de galones provenientes del Terminal y Cabecera La Libertad.

La tubería del poliducto tiene una longitud de 5 km. + 400 m., su diámetro es de 14 pulgadas. Posee un caudal operativo promedio de 1416 BPH y 200 PSI de presión.

Abastece de este hidrocarburo a las termoeléctricas de Guayaquil en su mayor parte y algunas industrias en su zona de influencia. En el empaquetado mantiene 2.723 barriles. La tubería se encuentra aérea en su totalidad a excepción del cruce con la vía perimetral y el cruce con el derecho de vía. Cuenta con 3 válvulas de bloqueo.

Tiene a disposición una bomba centrífuga y maneja un caudal 1300 GPM a una velocidad de 3600 RPM alimentada por un motor eléctrico de 50 HP.

FUELDUCTO TRES BOCAS – FUEL OIL		
Longitud	5.4	Kms.
Diámetro	14	Pulg.
Espesor	0.24	Pulg.
Vol. Empaquetado	42.042	BBL
Tubería	API 5L GRADO B / ASTM A 106 / A53 - SCH 40	
Tasa de Bombeo	75.000-112.000	gls/hora
Temperatura	112-157	Fahrenheit

Tabla 5.- Características del Fuelducto Tres Bocas – Fuel Oil

Fuente: Portal Petrocomercial

2.3. Terminal Pascuales

El Terminal de Pascuales inició sus operaciones en el año de 1985, para el funcionamiento de sus instalaciones posee un área aproximada de 85 hectáreas, esta área incluye a la Reductora Pascuales.

Este Terminal de productos limpios es el más grande del país, la capacidad de almacenamiento es de 49'391.889 galones repartidos en 29 tanques, destinados a los siguientes combustibles: Gasolina Extra, Gasolina Súper, Pre-mezcla – Biocombustible, Etanol, Diesel 2, Diesel Premium, Nafta Base, Destilado, Jet Fuel y Slop.

Los productos que se almacenan y distribuyen en este Terminal, los abastece:

- La Refinería Esmeraldas a través del poliducto Esmeraldas - Santo Domingo - Pascuales;
- La Refinería La Libertad, por medio del poliducto Libertad - Pascuales

- Y desde el Terminal Marítimo Tres Bocas, a través del poliducto Tres Bocas - Pascuales

Para el despacho de los combustibles el Terminal dispone de 9 islas de carga, como se observa en la figura 2.4, cada una con 2 brazos de carga que son controlados por Tableros, para el despacho de combustible hacia los Autotanques. Estos se distribuyen de acuerdo al siguiente cuadro:

Producto	Nº de brazos de carga	Prom desp diario(Glns)
G. Súper	3	250.000
G. Extra	5	700.000
Diesel Oil	7	1.200.000
Destilado y Diesel Premium	1	80.000
Jet fuel	2	250.000

Tabla 6.- Distribución de los Brazos De Carga Terminal Pascuales

Fuente: Portal de Petrocomercial



Figura 2.4.- Islas de Carga de Diesel y Gasolinas

Fuente: Portal de Petrocomercial

En la sala de bombas existen 16 grupos para cubrir los despachos por medio de las islas de carga de productos limpios

2.3.1. Laboratorio de Calidad

El Laboratorio certifica la calidad de los productos que llegan al Terminal provenientes de los poliductos Santo Domingo - Pascuales, Libertad - Pascuales y Tres Bocas - Pascuales; verifica el cumplimiento de las especificaciones INEN y ASTM de los combustibles que son despachados. Son el apoyo técnico del sector operativo del Terminal Marítimo y de Comercialización.

También determina el porcentaje de naftas y colorante en la preparación de gasolinas y asesora a la Jefatura en la recuperación de productos de Slop de la Estación Reductora.

Los parámetros que verifican son: Gravedad específica, gravedad API, presión de vapor, punto de inflamación, agua y sedimentos, viscosidad cinemática, índice de Cetano calculado, contenido de azufre, corrosión a lámina de cobre, destilación ASTM d- 86, número de octano referencial.

Análisis de Aguas: Ph, Temperatura, color, turbidez, cloro libre, cloruros, sulfatos, nitratos, hierro, bario, plomo, fenoles, TPH, Conductividad, alcalinidad total, dureza total.

Productos químicos: Kits para determinación de análisis de agua, ORBECO y HATCH, Etanol Anhidro, Cloroformo, Ácido sulfúrico, sulfato anhídrido de sodio, silica gel.

2.3.2. Clientes

El Terminal Pascuales atiende la demanda de los sectores automotriz, naviero, industrial a través de las siguientes comercializadoras:

Petróleos & servicios	Mobil	Tripetrol	Petrolrios	Transmabo
Comdecsa	Guelfi	Vepamil	Sercompetrol	Distrisel
Repsol	Oil trader	Parcechi	Masgas	Dispetrol
Corpetrolsa	Tecplus	Andivel	Ecuador	Clyan
Lutexa	Primax	Oil Trader	Petrocean	Ocean Oil
Tansmabo	Distrisel	Vepamil	Sercompetrol	Oceanbant
Petrocomercial				

Tabla 7.- Clientes de la Abastecedora

Fuente: Portal de Petrocomercial

Además de las comercializadoras, también atiende al sector eléctrico proporcionando diesel a las siguientes empresas: Celec, Electroquil y Alcatec; y a través de transferencias terrestres a las provincias de Azuay, Loja, El Oro, Manabí, Santo Domingo, Bolívar, Los Ríos y a toda la provincia del Guayas.

2.3.3. Distribución de la Tanquería

La Terminal empezó su funcionamiento con la instalación de 26 tanques que fueron construidos en el año 1980. Debido al aumento de su área de influencia, y por ende de la demanda, sobre todo de los combustibles para uso en transporte terrestre se han añadido tanques a el conjunto, de esta forma en 1994 se incrementó el TK - 18 para almacenamiento de Diesel, en el 2002, el TK – 19, también para Diesel y en el 2006, el TK – 15 para Gasolina.

El punto de convergencia de la red de Poliductos que alimentan a esta Terminal es la Reductora Pascuales que se encuentra dentro de la misma área de construcción.

La lista que se cita en el Anexo 3, incluye los tanques de El Terminal y La Reductora, con su distribución y características.

2.4. Descripción de la Estación Reductora Pascuales

Específicamente, La estación Reductora recibe su nombre de las válvulas que cumplen la función de estrangular el fluido con la finalidad de regular la presión con la que llega el mismo.

La válvula reguladora o reductora instalada para el Poliducto Tres Bocas – Pascuales es del tipo Bola. Posee un indicador de apertura en porcentaje con lo que se verifica la constricción que esta genera.

La estación reductora recibe productos provenientes de tres poliductos:

- A. Poliducto Santo Domingo- Pascuales
- B. Poliducto Libertad - Pascuales
- C. Poliducto Tres Bocas Pascuales

Además la Estación Reductora realiza las operaciones de filtrado de Jet-Fuel y mezcla de nafta de alto octanaje (de importación) y nafta de bajo octanaje (proveniente de REE) para

preparar gasolina extra, según las especificaciones que brinde el laboratorio de calidad. Posee tableros de control para el control en la recepción de producto y servicios auxiliares de iluminación.

2.4.1. Poliducto Libertad – Pascuales

El Poliducto Libertad – Pascuales tiene una tubería de 10” de diámetro con una longitud de 126,627 Km y tiene un volumen empaquetado de 42.042 bls, la tubería se encuentra enterrada en toda su extensión. Transporta los siguientes combustibles:

- Gasolina Súper
- Nafta
- Diesel
- Destilado 1
- Jet Fuel

La operación hacia el terminal Pascuales se lo realiza con 2 bombas principales, la B-304 Y B-305 las que trabajan alternativamente, el caudal promedio es de 700

BPH con una presión de salida de 400 PSI. Tiene 5 válvulas de compuerta o bloqueo en varios sectores las que podrían cerrarse de acuerdo a las necesidades operativas; además 5 válvulas de retención. Se envía producto al terminal Pascuales a una tasa de 283.000 barriles por mes.

2.4.2. Poliducto Santo Domingo – Pascuales

Poliducto Santo Domingo-Pascuales posee una tubería de 10 pulgadas de diámetro con una longitud de 276.479 Kilómetros y un volumen empaquetado de 91.800 barriles. La tubería se encuentra enterrada y cuenta con 12 válvulas de bloqueo y 8 válvulas de retención. Por este se envían:

- Gasolina Súper y Extra
- Diesel 1
- Diesel 2

Se transfiere producto a la Terminal Pascuales a una tasa de 385.000 barriles por mes.

2.5. Características Y Condiciones Actuales Del Poliducto Tres Bocas – Pascuales

Hasta el momento se ha proporcionado información general de la Estación Tres Bocas, incluyendo del Terminal Pascuales, esto de manera introductoria para brindarle al lector una idea normalizada de las instalaciones, permitiendo comprender su funcionamiento e importancia.

Con lo preliminar se inicia el detalle de las características mecánicas y otros factores que se involucran en el diseño y estudio de esta tesis.



Figura 2.5.- Vista frontal del Poliducto 3B-P en la cota 0.0

Fuente: Portal de Petrocomercial

Los fluidos que se transportan a través de este ducto son derivados del petróleo que poseen trazas de agua y azufre que con el tiempo han producido un leve desgaste interno a la tubería.

Debido a la falta de un sistema de control y monitoreo de desgaste interno, esta condición se reveló en el año 2009 con un estudio de integridad realizado por la empresa Petroenergy, los resultados serán detallados más adelante.

El poliducto Tres Bocas – Pascuales está constituido por la Estación de Bombeo (Tres Bocas), 20,6 Km de tubería y la estación reductora de presión en el Terminal de Pascuales. No posee subestaciones de bombeo a lo largo de su recorrido, el fluido llega a la estación reductora en pascuales únicamente con la energía que le imprime la estación de bombeo Tres Bocas.

El Poliducto posee 12 válvulas de bloqueo y 3 válvulas de retención. Tiene una ramificación de 6" (T de distribución de 6 x 4) en el Punto Kilometrado (PK) 2, hacia la planta de

Electroguayas con la que se surten de Diesel 2. En el PK 7 el tubo tiene una curvatura de 90 grados por 20 m de largo, a la subida hacia la ESPOL. Es en esta sección donde se registra la elevación máxima que atraviesa el poliducto que es de 216,20 metros a los 10 Km + 836,56 m de línea.

En la tubería de este ducto se envía esporádicamente rascadores de limpieza, obteniéndose pequeñas cantidades de sedimento y lodo luego de cada envío. Las Trampas de lanzamiento y recepción de rascadores se encuentran en la Estación Cabecera de Tres Bocas y Terminal de Pascuales, respectivamente.

Actualmente se opera con una presión de bombeo en línea de 550 psi y un caudal de 120.000 a 170.000 galones por hora dependiendo de las condiciones operativas.

El derecho de vía del poliducto está comprendido por 30 metros de terreno libre por donde atraviesa la línea. Esta servidumbre es precautelada por la cuadrilla del cuerpo de ingenieros del ejército, dirigida por el departamento de mantenimiento de línea de la Estación Tres Bocas. Estos deben realizar revisiones

periódicas detectando anomalías para cautelar la integridad del poliducto. Además, atraviesa una zona de alta densidad poblacional, a pesar de ello no se ha registrado atentados contra la integridad de la línea ni robos.

2.5.1. Propiedades de la Tubería del Poliducto Tres Bocas – Pascuales

La Tubería del poliducto Tres Bocas – Pascuales fue importada desde Italia y su elaboración esta soportada por las normas API 5L. Para este tipo de construcciones se emplean tuberías con resistencia a altas presiones. El material empleado es acero al carbono de 0,336 pulgadas de espesor en promedio y 12 pulgadas de diámetro nominal.

Su especificación Completa: Acero al carbono API 5L
X52 SCH 40

Diámetro Externo	Espesor de Pared		Sch.	Peso (Lb/ft)	Presión de Prueba (PSI)
	mm	pulg			
12	10,31	0.406	40	53.57	2460

Tabla 8- Propiedades Físicas de la Tubería del P 3B-P

Fuente: Industrias Unicon

La tubería usada en el poliducto es la misma desde su instalación, lo que resulta en corrosión y desgaste interno debido al tipo de fluidos que transporta. El poliducto no posee revestimiento interno ni tampoco un sistema de monitoreo de corrosión que revele la condición del material.

Para reducir el desgaste por corrosión (externo) el poliducto cuenta con un sistema de protección catódica y un revestimiento con cinta de tipo polyken de dos tipos, uno con resistencia a la humedad y el segundo protege el ducto de daños por esfuerzos mecánicos como rasguños de maquinarias.

La protección catódica fue seleccionada como método para prevención de la corrosión (externa), debido a que el poliducto atraviesa zonas con alto nivel freático, es decir, se cuenta con la intromisión de agua de tipo salino en la vía del ducto.

2.6. Resultados del Estudio de Integridad

Mediante contrato N° 2008929, firmado en diciembre del 2008 entre PETROCOMERCIAL y PETROENERGY, en representación de T.D.Williamson - Latinoamericana SA de CV (TDW), esta empresa presentaron los resultados del estudio completo de integridad de los Poliductos Libertad-Manta, Libertad-Pascuales y Tres Bocas-Pascuales.

Fue inspeccionado en abril del 2009, mediante una herramienta de fuga de flujo magnético.



Figura 2.6.- Herramienta de flujo magnético empleada en el estudio

Fuente: Reporte de Integridad TD. Williamson

La inspección interna detectó 3.329 anomalías:

- 3.218 indicaciones de pérdida de metal externa.
- 111 indicaciones de pérdida de metal interna.

Al finalizar este estudio se realizó el plan de excavaciones presentado por la empresa Petroenergy, Anexo 4, con esta planificación se procura verificar el estado de la tubería y realizar los correctivos a tiempo para alargar la utilidad de la misma, considerando que esta se encuentra en un área sensible ambientalmente y de igual forma de alta densidad poblacional.

2.6.1. Descripción de las Indicaciones de Pérdida de Metal

De las 3.218 indicaciones de pérdida de metal externa se encontraron 3 con una profundidad del 80% a los 580, 602 y 638 metros de línea, los que corresponden al tramo de cruce de la perimetral. Estos 3 puntos en el plan de excavaciones presentaron un factor de reparación estimado de 0,863 (MPO/PS) (*Máxima Presión de Operación, 550 psi / Presión Segura de acuerdo con la ASME B31G, 580 psi*), lo que determina una investigación inmediata.

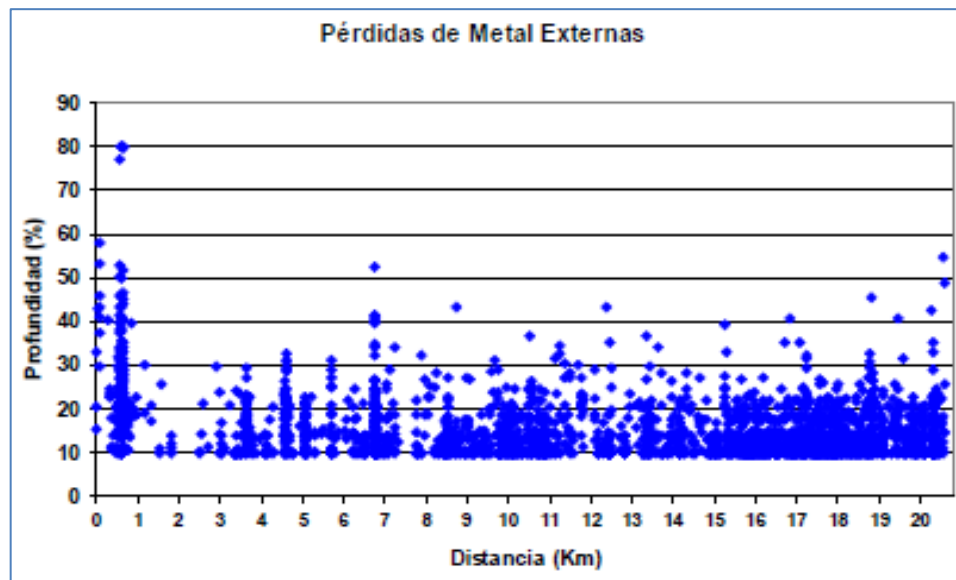


Figura 2.7.- Concentración de Pérdidas de Metal Externas por Pk.

Fuente: Petrocomercial, Estudio de integridad, TD Williamson inc.

El mes de Enero del 2010 se realizó la excavación y descubrimiento del tubo en el sector del cruce de la perimetral, confirmando los resultados presentados por el estudio de integridad. Las pérdidas de metal son atribuidas a excavaciones realizadas sin precaución en las cercanías del poliducto.

Esta es la razón por la cual la empresa TD Williamson estableció la máxima presión de operación (MPO) en 550 psi. Buscando resolver este problema, se instaló una tubería de las mismas características para reemplazar el tramo del poliducto que se encuentra corroído, pero aún no se ha realizado el empate, debido a que esta intervención implica tareas de corte, vaciado y soldadura correspondiendo suspender las operaciones del poliducto. Esta situación coloca a la estación en una encrucijada debido a que se debe cumplir con la planificación y normal abastecimiento de la terminal Pascuales.

La empresa prevé que realizando el empate del poliducto con la tubería nueva la presión de operación fácilmente podría superar los 1250 psi, condición que mejora el panorama de repotenciación.

El desgaste interno del ducto a pesar de sus años de servicio no es considerable, no hay que olvidar que los combustibles líquidos son derivados del petróleo, por lo que poseen una propiedad lubricante que ha permitido el mantenimiento del acero, incluyendo la corrosión debida a las trazas de azufre y agua que podrían acarrear los mismos en su transporte no ha sido significativa.

2.7. Resumen de Características Técnicas y Operativas del Poliducto

- Longitud: 20+600 Km.
- Diámetro: 12”
- Espesor: 0,328”, 0.344”
- Especificación: 5LX-X52
- Rata de flujo: 120.000 – 170.000 GPH
- Presión de Succión: 70 – 80 PSI

- Presión de Descarga: 400 – 550 PSI
- Temperatura línea: 85 °F
- Productos: Gasolinas, Jet Fuel y Diesel

El Poliducto en toda su extensión posee 15 válvulas, 10 de bloqueo, 3 de retención y 2 de compuerta, estas últimas instaladas recientemente. Las válvulas de Bloqueo son del tipo esférico, estas se usan solo para aislar el producto que se encuentra en la línea en caso de necesitar hacer alguna intervención en la que se encuentre de por medio la evacuación de la misma. Se encuentran completamente abiertas (fully open) y no presentan variaciones en su diámetro, es decir son del tipo fullbore.



Figura 2.8.- Válvulas Esféricas de alta Presión

Fuente: WINDMILL VALVES

Las válvulas de retención (anti retorno), se encuentran ubicadas en el segmento del ducto que se encuentra antes del cerro de la ESPOL, estas poseen disco Basculante.

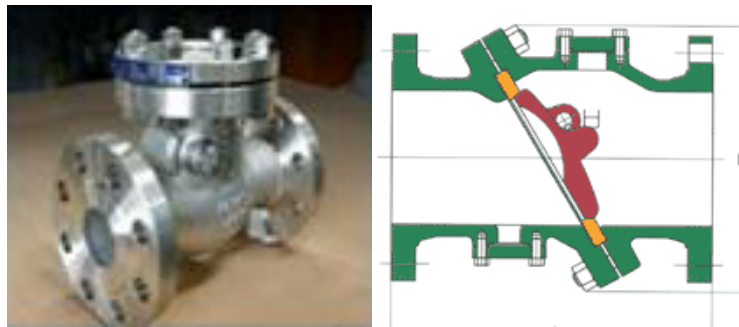


Figura 2.9.- Válvulas de retención de disco basculante

Fuente: WINDMILL VALVES

De las Tres Válvulas de Retención instaladas solo una se encuentra operativa, La placa de las otras dos han sido retiradas.

A continuación se presenta el listado completo de la valvulería del Poliducto y su posición en la línea.

Simbología Válvulas:

VB = Válvula de Bloqueo

VR = Válvula de Retención

VC = Válvula de Compuerta

TIPO	Km
VB	0+00 Tres Bocas
VB	0+247
VC	0+500
VC	0+550
VR	03+653
VR	03+837
VB	03+907
VB	05+100
VB	05+103
VB	07+381
VB	10+285
VB	11+870
VB	16+597
VB	20+593
VB	20+596 Pascuales

2.8. Características del Sistema de Bombeo de la Estación Tres Bocas

La estación de bombeo Tres Bocas se encuentra comprendida por Tres grupos de bombeo mecánico, un medidor másico de caudal, válvulas de operación automática, además manifold de entrada y salida de productos de la Estación.



Figura 2.10.- Filtros y Medidor Másico de Caudal.

La estación de bombeo posee un área de almacenamiento que consta de tres tanques, dos para diesel 2, que se utiliza para consumo interno de motores y un tanque de destilado 1 para bombeo de interface. A continuación se listan sus capacidades:

- TK-103 Diesel 2, capacidad 5500 Gal
- TK-104 Diesel 2, capacidad 24.950 Gal
- TK-105 Destilado, capacidad 60.000 Gal



Figura 2.11.- Tanques de Almacenamiento de Combustibles Estación Tres Bocas.

El tanque 103 es el que provee el combustible a los generadores eléctricos de la estación, el 104 está destinado para los motores de los grupos de bombeo y el 105 almacena el producto para realizar el “bacheo”.

2.8.1. Área de Bombas

La sala de Bombeo de Productos Limpios Posee tres grupos de bombeo, dos operativos y otro de respaldo (Back up). Los grupos de bombeo se encuentran compuestos por: Bomba, incrementador y motor.



Figura 2.12.- Grupo de bombeo P100-A

Las bombas empleadas en los tres grupos de bombeo son de iguales características, marca Ingersoll Rand.

PROCEDENCIA	Italia
APLICACIÓN	Bomba para tubería
TAMAÑO	6x11 DA-5
UNIDAD MOTORA	Motor externo de 800 hp
ROTACIÓN DE LA BOMBA	Siniestrógira
PRESIÓN DE ASPIRACIÓN	56.565 psi
TEMPERATURA DE BOMBEO	80.6 fahrenheit
NPSHA	49.2 pies
PRESIÓN EN LA SUCCIÓN	55.56 psi
POTENCIA REQUERIDA	1000 HP
RPM	3560
EFICIENCIA HIDRÁULICA	70%
TDH	1578 pies

Tabla 9.- Características de las Bombas

Fuente: Unidad de Mantenimiento Mecánico, Estación Tres Bocas.

	DIESEL 2	DIESEL 1	GASOLINA
CAUDAL GPM	1574.07	1547.07	1547.07
RPM	3560	3400	3300
S. G.	0.865	0.80	1.615
PRESIÓN DE DESCARGA PSI.	648.320	543.893	477.175
TDH PIES	1578.161	1405.909	1312.400

Tabla 10.- Propiedades de la Bomba según características del fluido.

Fuente: Unidad de operaciones Terminal Tres Bocas

La velocidad mínima de funcionamiento de las bombas es de 1800RPM y un caudal mínimo de 661 GPM, bajo estos parámetros la bomba resultará en una falla por el calentamiento del líquido debido a su alta potencia. La eficiencia de las bombas se encuentra en alrededor del 70%.

Una fuente motora externa provee energía para su funcionamiento. Los motores usados en cada grupo de bombeo son de combustión interna. Se encuentran instalados dos motores de Marca MTU (Detroit Diesel) y uno MWM, todos de fabricación alemana.

Cada grupo es denominado como sigue: grupo P100-A, P100-B y P100-C. La capacidad de bombeo del grupo P100A es de 120.000 Gal/hora y grupo P100B es de 120.000 – 165.000 Gal/hora, con el grupo P100C es de 110.000 Gal/hora, este último es el de respaldo.

	A	B	C
Potencia (HP)	1200	1000	1000
RPM	1350	1350	1350
Marca	Detroit Diesel	MWM	Detroit Diesel
Arranque	eléctrico	neumático	eléctrico

Tabla 11.- Características de los Motores de la Estación 3B.

Fuente: Mantenimiento Eléctrico - Mecánico ETB

El incrementador eleva la capacidad de giro del motor de 1 a 3, es decir, que la bomba delante del mismo trabaja a 3400 RPM aproximadamente.

Los mantenimientos de los motores MTU se realizan cada 3000 y 5000 horas de trabajo, y del motor MWM cada 1000 horas.

Actualmente los tres motores no se encuentran funcionando en óptimas condiciones, de esta forma, el motor del grupo P100A está funcionando con normalidad, el del grupo P100B entra en mantenimiento frecuente y el motor del grupo P100C está fuera de servicio. Su salida

se debe a la ruptura del cigüeñal debido a la alta vibración y desalineación.



Figura 2.13.- Vista General de los grupos de bombeo

Esta situación resulta en que las operaciones de descarga de producto se realicen sin respaldo alguno.

Los reportes de falla de los motores diesel revelan que el 45% de las fallas de tipo mecánico que poseen los

equipos se presentan en el sistema de combustible y un 25% en el sistema de enfriamiento. Las reparaciones muestran gran desgaste de piezas derivando en la solicitud de parte del equipo de mantenimiento de una reconstrucción del motor.

Las mayores dificultades se encuentran en el arranque, grandes emisiones de humo (inclusive en baja carga), fugas de lubricantes, bajas o altas temperaturas del líquido de enfriamiento, cascabeleos y vibración del motor, entre otros.

Como se dijo antes, se necesitan de dos unidades de bombeo para realizar las tareas de transferencia a un caudal de 4000 – 4100 BPH, esto conlleva a que los mantenimientos no se realicen al tiempo adecuado. De esta forma, según revela el Informe sobre el “Estado Actual de los Grupos de bombeo de Productos Limpios de La Estación Tres Bocas”; Anexo 1, Presentado en Noviembre del 2011, el grupo P100-A lleva 9526 horas de trabajo, el P100-B 6546 horas de trabajo continuo.

Lo que hace más crítica la situación en el caso de fallar alguno de los equipos, al no poseer respaldo, ya que se incrementara importantemente el tiempo de descarga con un solo grupo funcionando.

Las intervenciones frecuentes al motor MWM se deben a que los repuestos ya no se consiguen en el mercado, el modelo se encuentra discontinuado y la única forma de conseguirlos es bajo pedido de construcción a la empresa, proceso que tarda unos 6 meses. Esta situación ha obligado a reutilizar las partes, lo que no garantiza el correcto funcionamiento del equipo predisponiéndolo a fallas.

2.9. Simulación del Estado Actual de los Grupos de Bombeo

Con las características de cada grupo y con la facilidad de tratarse de bombas gemelas, es decir que poseen las mismas características hidráulicas, se buscó la curva típica del sistema con la ayuda del programa PSS de Goulds Pumps.

La Potencia obtenida para este modelo, en promedio 1244 HP y una eficiencia del 75%, corresponde a lo que se obtuvo en campo.

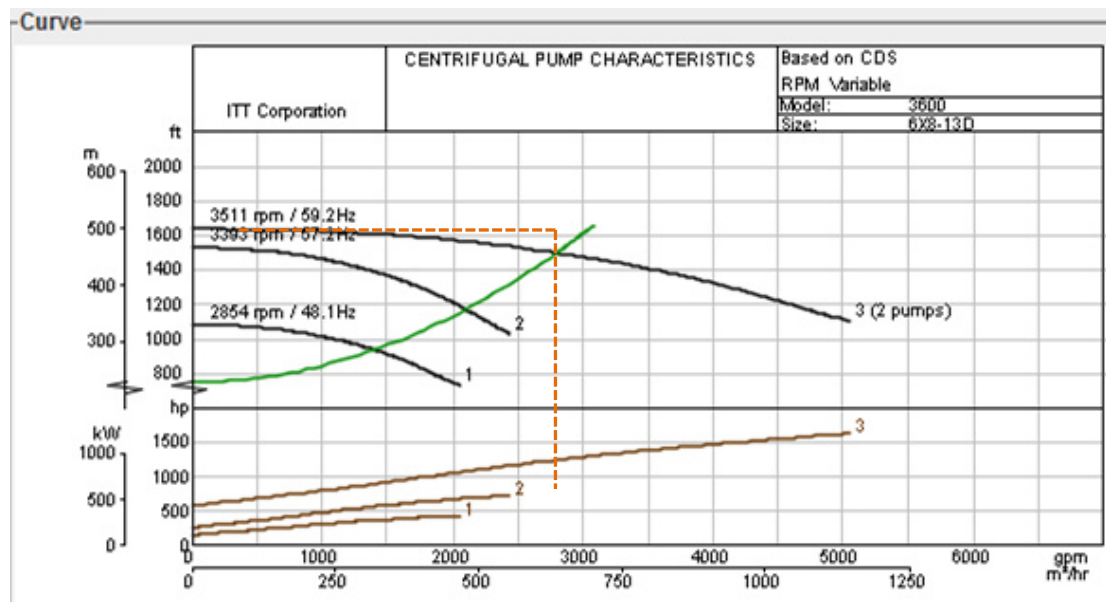


Figura 2.14.- Curva Equivalente del sistema de Bombeo Tres Bocas

Elaboración Propia

Con la información provista por la curva se procedió a realizar la primera simulación con EPANET, Anexo 5, permite observar el comportamiento actual de las presiones y el caudal transportable por el Poliducto Tres Bocas – Pascuales, el patrón de tiempo que se introdujo en el programa se basó en la

descarga de un Buque de 50000 barriles de capacidad, descargado en un promedio de 14 horas.

En el Anexo 6, se muestra el perfil de presiones obtenidos con el programa. Los puntos obtenidos poseen mucha cercanía a los datos recolectados en campo; de esta forma, para la descarga se obtuvo una presión de 520 PSI, y al arribo en la reductora 27 PSI. Un punto crítico de análisis en el ducto, es el punto en la cota más alta del recorrido, 216. 2 m, en la cúspide del cerro de la ESPOL. En este punto la presión adquirió un valor de 18 PSI.

Estos equipos se encuentran trabajando en su máximo, además que las sobrexigencias operativas agravan su estado actual. En la figura 2.14 se observa que el punto de mejor eficiencia; BEP por sus siglas en inglés (Best Efficiency Point) de la bomba; al incrementar el caudal, el TDH disminuye y el punto de operación se aleja de la intersección.

En cuanto el punto de trabajo se aleja del BEP, la velocidad cambia. Los daños que pueden ocasionarse son:

- una duración menor de cojinetes o la rotura del eje
- un averío a la bomba puede ser provocado por la excesiva velocidad y turbulencia
- Los remolinos pueden crear daños de cavitación capaces de destruir el cuerpo de la bomba en brevísimo tiempo.

La cavitación de descarga ocurre cuando una bomba se encuentra funcionando a menos del 10% de su punto de eficiencia óptima, esto es por debajo del 58% de eficiencia a 1200 GPM o bordeando los 4000 GPM.

2.10. Encuesta Aplicada

La siguiente encuesta fue aplicada al personal de la Estación de bombeo Tres Bocas con la finalidad de conocer la percepción de los empleados para los problemas de funcionamiento que son objeto de discusión en este trabajo, reconociendo que su labor diaria ofrecería información que justifique el proyecto de Repotenciación.

La encuesta es un método de la investigación que sirve para obtener información específica de una muestra de población y verificar una hipótesis o suposición mediante el uso de cuestionarios estructurados. El tipo de encuesta empleado fue la entrevista, en el que se puede interactuar directamente con el encuestado.

Las preguntas fueron diseñadas para obtener respuestas de si o no, pese a esto la encuestadora pudo manejar la entrevista de manera que se pudo obtener más información añadiendo un porque al final de cada respuesta cuando esta ameritaba una investigación más profunda, permitiendo conocer más ampliamente la opinión del entrevistado. El cuestionario se presenta en el Anexo .7

La encuesta fue aplicada y respondida a totalidad por 10 trabajadores de la Estación, equipo de operaciones (4), equipo de mantenimiento (4) y personal de supervisión (2).

PREGUNTA 1.

¿Cuántos años lleva usted laborando en la Estación cabecera Tres bocas?

Resultados

Esta pregunta demuestra la experiencia de los encuestados y por lo tanto el conocimiento que poseen de los equipos y del manejo de las instalaciones en general.

De la muestra, el 70% de los encuestados poseen un tiempo mayor a 5 años trabajando en la Estación.

PREGUNTA 2.

¿Conoce usted la importancia de la Estación?

Resultados

En este estudio se ha hecho énfasis en el grado de la estación Tres Bocas debido a la dependencia que posee la Terminal de abastecimiento Pascuales, esto, con base en las estadísticas presentadas anteriormente.

Es necesario conocer si los trabajadores de la estación reconocen la relevancia del buen funcionamiento del poliducto y sus instalaciones. El 100% de los encuestados respondieron que si conocían la importancia de la estación.

PREGUNTA 3.

¿Considera usted que los equipos y las instalaciones de la Estación se encuentran en condiciones óptimas para realizar las descargas de combustibles?

Resultados

Con esta interrogante se arranca a poner en evidencia la confianza de los empleados en los equipos y las instalaciones del poliducto.

El 80% de los encuestados respondió que las instalaciones y los equipos de bombeo de la estación no se encuentran en buen estado para realizar de manera segura las descargas de combustibles.

Indagando un poco más, se tuvo un aporte importante debido a que hasta el momento se desconocía el mal estado de las

instalaciones del ducto, comprendidas por el manifold, tubería y el medidor másico, en este último se han detectado fugas de producto a pesar de que no se encuentra operativo.

PREGUNTA 4.

Conociendo las necesidades de la Estación, ¿Cree usted que los equipos satisfacen las mismas?

Resultados

En esta pregunta el 60% de los encuestados respondió que no, saliendo de lo esperado, el 40% restante reconocía que los equipos satisfacen las necesidades de la estación lo que también ha podido ser demostrado con las estadísticas.

La evidencia de que los equipos son suficientes se demuestra con la capacidad de abastecer normalmente la Terminal Pascuales.

PREGUNTA 5.

¿Qué tan frecuentes son los mantenimientos de los grupos de Bombeo?

Resultados

Las respuestas se obtuvieron en frecuencia, categorizada como baja, media o alta. Añadiéndole el carácter de los mantenimientos como correctivos o preventivos.

El 50% considera que los mantenimientos tienen una frecuencia alta lo que entorpece, a su parecer los bombeos de producto, este porcentaje está basado en las respuestas del equipo de operaciones. El otro 50%, conformado por el equipo de mantenimiento piensa que los mantenimientos tienen una frecuencia media, dentro de los parámetros normales y en su totalidad los mantenimientos son de carácter correctivo.

PREGUNTA 6.

¿Con cuántos grupos se realizan las descargas normalmente?

Resultados

La totalidad de encuestados respondió que con 2 grupos. Revisando los historiales de bombeo se puede rescatar que en un 95% de las descargas realizadas desde la Estación se usan dos grupos.

Lo que no le quita gravedad al asunto es que en ocasiones se realizan dos descargas diarias, lo que obliga a realizar maniobras pasadas las 18h00, lo que se encuentra prohibido por seguridad de los buques

PREGUNTA 7.

¿Cuántos grupos de bombeo se encuentran operativos actualmente?

Resultados

La respuesta general fue 2 grupos, pero no se cuenta con el grupo de respaldo, lo que impide de realizar los mantenimientos de los equipos a tiempo.

PREGUNTA 8.

¿Confía usted en el funcionamiento de los equipos?

Resultados

Nuevamente se tuvo opiniones contrarias. El equipo de operaciones correspondiente al 50% de los entrevistados, contestaron que no. Y el otro 50%, correspondiente al equipo de mantenimiento respondieron que sí.

Las respuestas no son difíciles de entender, los integrantes del grupo de mantenimiento conocen los equipos que reparan y saben hasta donde pueden estos responder, es decir sus limitaciones. El grupo de operaciones necesita maquinas que respondan a sus exigencias por lo que se encuentran inconformes con el rendimiento de los conjuntos motor-bomba.

PREGUNTA 9.

¿Conoce usted sobre los proyectos de repotenciación que la Empresa se encuentra ejecutando?

Resultados

El 90% respondió que no, a pesar de que en la actualidad ya se encuentra contratado el estudio técnico para lograr la repotenciación de la Estación Tres Bocas. El 10% restante, indicó que a pesar de conocerla y entender completamente el proyecto el tiempo para ejecutarlo en la estación era lejano aún mostró disconformidad con el tema.

PREGUNTA 10.

¿Piensa que deberían cambiarse los grupos de bombeo?

Resultados

El 90% de los encuestados respondió que sí, por los problemas anteriormente mencionados. El 10% restante, indicó que no, debido a que los equipos satisfacen las necesidades de bombeo actuales de la estación, además, que realizando un overhaul (revisión) completa se lograría que los motores, principalmente, trabajen adecuadamente.

A pesar de que no se incluyeron en el cuestionario preguntas sobre medio ambiente y satisfacción con el entorno, los

encuestados brindaron sus opiniones sobre las afectaciones que cada uno percibe en la estación, como el ruido y las emisiones de humo de los motores mecánicos.

Además, la urgencia de implementar un sistema contra incendios por tratarse de combustibles.

Una encuesta no precisamente brinda resultados confiables sobre el tema tratado, pero si refleja lo que cada individuo muestreado opina sobre el asunto, valorando la experiencia de los encuestados se determina la necesidad de cambiar los grupos de bombeo, contra un 10% de negativa.

CAPITULO 3

3. PRODUCCIÓN NACIONAL Y CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN EL ECUADOR

La Empresa Ep – Petroecuador a través de la Gerencia de Refinación se encarga de la industrialización del petróleo crudo para la obtención de los combustibles necesarios para satisfacer la demanda interna de energía secundaria, usada ampliamente en todos los sectores económicos del país.

La Tendencia de consumo de Combustibles es imparablemente creciente, el Ecuador con sus centros de refinación lamentablemente no es capaz de abastecer la demanda interna desde el año de 1991 debiendo suplir el déficit con importaciones.

Los productos que se importan son aquellos de consumo masificado como el Diesel, las Gasolinas y el GLP; minoritariamente Jet Fuel y

disolventes como el Cutter stock y VGO, generando un gasto total de \$3.925'373.917,95 en el año 2010.

En este capítulo se presentarán las capacidades productivas de los centros de refinamiento existentes en el territorio nacional y los volúmenes de producción ofertados por los mismos.

Se citarán brevemente los combustibles producidos nacionalmente, centrandó la atención en aquellos que son del interés de este trabajo; es decir aquellos que son transportados por el poliducto Tres Bocas – Pascuales. Conociendo que Los productos transportados por este poliducto son principalmente provenientes de importación a través de convenios, lo que se explicará más adelante.

Se señalará la procedencia de los combustibles importados y volúmenes comprados anualmente, esto como preámbulo a las proyecciones de la Demanda nacional y regional en los siguientes 20 años. Esto se usará para validar la primera suposición propuesta al inicio de este trabajo de Tesis, que soporta la necesidad de repotenciar el poliducto Tres Bocas – Pascuales ya que el caudal actual de la estación no permitirá manejar los volúmenes futuros requeridos por la Terminal Pascuales.

3.1. Refinerías Nacionales

La Gerencia de Refinación posee 3 refinerías bajo su competencia a las cuales llega el petróleo crudo que se obtienen principalmente en los campos de la Amazonía y en menor proporción en los campos de la península.

La refinación es el conjunto de procesos físicos y químicos mediante los cuales se separan y luego se transforman los distintos componentes que conforman el petróleo crudo para finalmente obtener productos que requiere el mercado.

3.1.1 Refinería Esmeraldas (REE)

Está situada en la provincia de Esmeraldas, en el sector Noroccidental del país a 3.8 Km de distancia del Océano Pacífico. La REE fue diseñada y construida entre 1975 y 1977 para procesar 55.600 barriles por día (BDP).

Su primera ampliación, a 90.000 BDP se produjo en 1987. En 1999 concluyó su ampliación a 110.000 BDP, adaptándose para procesar crudos más pesados (de menor calidad), e incorporando nuevas unidades para

mejorar la calidad de los combustibles y minimizar el impacto ambiental.

La REE produce gasolina, diesel, kerosene, gas licuado de petróleo (GLP), jet fuel, fuel oil No. 4, fuel oil No. 6, asfaltos 80/100 y RC-2, además de butano, propano y azufre sólido. La figura 3.1 muestra una vista frontal de la Refinería.



Figura 3.1.- Refinería Esmeraldas

Fuente: Portal Ep petroecuador

3.1.2 Refinería La Libertad (RLL)

Este complejo industrial está ubicado en la península de Santa Elena, provincia del mismo nombre, en la figura 3.2 se muestra una toma de la refinería La Libertad.

En 1940, la Anglo Ecuadorian Oilfields instaló la refinería, inicialmente con dos plantas: Foster y Stratford, cerca del actual terminal de derivados, que se alimentaron con la producción de 7 000 barriles diarios de crudo proveniente de Ancón que en esa época eran transportados por vía férrea hasta las instalaciones de refinación.

Se producen Gasolina Extra, Diesel 1 y 2, Fuel Oil #4, Jet A1, GLP, Spray Oil, Solventes y Absorber Oil.



Figura 3.2.- Refinería La Libertad

Fuente: Portal Ep petroecuador

3.1.3 Complejo Industrial Shushufindi (CIS)

Este centro industrial está conformado por la Refinería Amazonas y la Planta de Gas Shushufindi, figura 3.3. La Refinería inició su operación en el año 1987.



Figura 3.3.- Refinería Amazonas

Fuente: Portal Ep petroecuador

- **Refinería Amazonas**

El Complejo Industrial Shushufindi se compone de dos unidades de destilación atmosférica de 10.000 BPD de capacidad cada una, la Refinería-1 inició su operación en 1987 y la Refinería-2 en 1995 de las cuales se obtiene como productos finales gasolina extra, diesel-1, jet-fuel, diesel-2 y residuo.

- **Planta de Gas Shushufindi**

La Planta de Gas inició sus operaciones en 1981, fue instalada para procesar el gas asociado que se quemaba en las teas de los campos de producción de petróleo del Campo Shushufindi - Aguarico, Limoncocha y Libertador de Petroproducción.

3.2. Capacidad de Procesamiento

Las condiciones actuales de los centros de procesamiento de petróleo con los que se cuenta no son óptimos. En la tabla 12 se resumen las capacidades operativas instaladas de las refinерías nacionales.

Refinería	Capacidad Instalada (Barriles Por Día)	Capacidad Instalada (Galones Por Día)
Refinería Esmeraldas	110.000	4.620.000
Refinería La Libertad	46.000	1.932.000
Complejo Industrial Shushufindi	20.000	840.000

Tabla 12.- Refinerías Nacionales y Capacidad Instalada

Fuente: Portal Petrocomercial

Según la zona donde fueron instaladas, todos los complejos industriales del país manejan crudos de determinadas gravedades API, la REE recibe crudo para su procesamiento de 25° API, la RLL y CIS de 29°API, todas en promedio.

Las capacidades de carga de los centros citados y sus cargas operativas reales presentan una diferencia en respuesta a los paros programados o no programados por mantenimiento o mal funcionamiento debido al tiempo operacional que cada uno ha prestado.

Para el año 2010, se tiene que la Refinería de Esmeraldas recibió 29'313.512 Bbl, la refinería La Libertad 14'172.944 Bbl y el Complejo Industrial Shushufindi 6'357.082 Bbl, procesando un total de 49'843.528 barriles de petróleo crudo, obteniendo una capacidad operativa del 73%, 89% y 91% respectivamente, como se muestra en la figura 3.4.

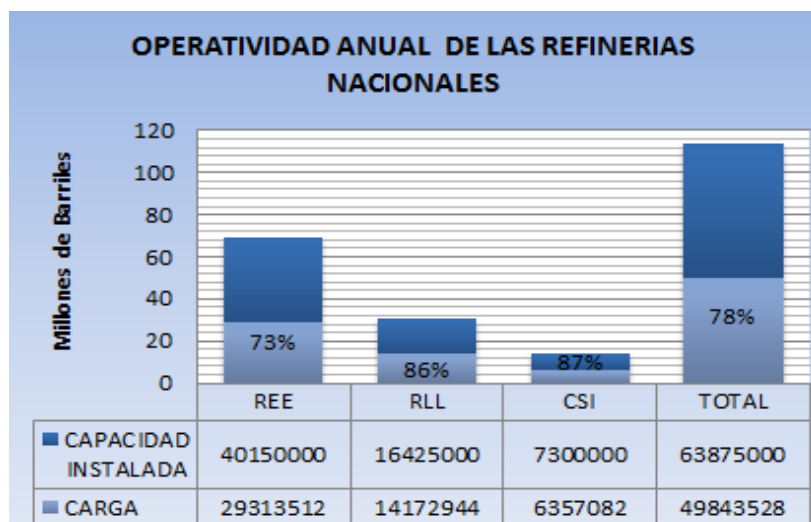


Figura 3.4.- Operatividad anual de las Refinerías Nacionales

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP - Petroecuador

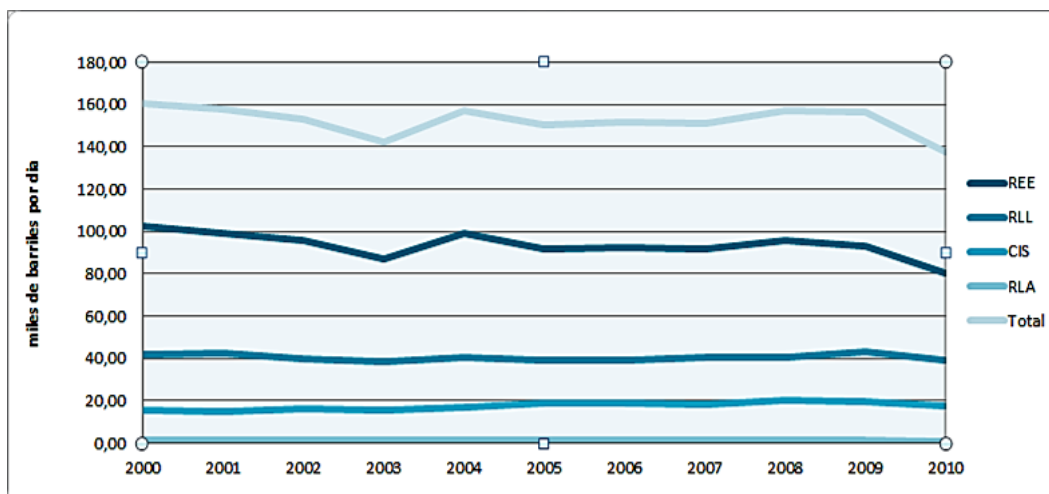


Figura 3.5.- Historial de carga de las Refinerías Nacionales

Elaboración propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP - Petroecuador

En la figura 3.5 se observa que desde el año 2009 se evidencia un descenso en la carga operativa de las refinerías nacionales con lo que se soporta el aumento en las importaciones.

Para el primer trimestre del año 2011 se tuvo un aumento en la operatividad de las refinerías comparada con el primer trimestre del año anterior (2010), la REE trabajó al 91.43%, la RLL al 92.30% y el CIS al 96%, reportando una variación porcentual con respecto al 2010 (11/10) del 79.6% para la REE, 49.17% para la RLL, y 4.95% para el CIS.

Este aumento en la capacidad operativa de las refinerías se debe principalmente a que en el Plan Operativo Anual del año 2011, en el que no se encuentran programados paros por mantenimiento para las refinerías de Shushufindi y la Libertad.

En la Figura 3.6 se observa un historial extraído del portal de la empresa con el que se soportan el continuo funcionamiento de las refinerías nacionales y su alta capacidad operativa.

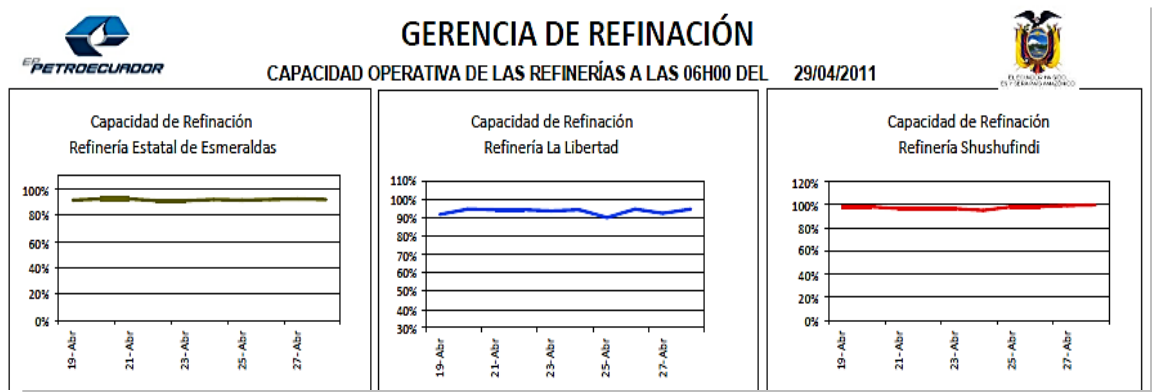


Figura 3.6.-Historial De Capacidad Operativa Del Mes De Abril del 2011

Fuente: EP - Petroecuador

Del volumen procesado en el año 2010 se obtuvieron 61'886.288 barriles de derivados de los cuales el 56.9% provienen de la REE, el 22.54% de RLL y el 10.79% del CIS.

En lo presentado se puede observar claramente la importancia de los centros de refinación nacional, principalmente la Refinería Esmeraldas, siendo esta la más grande del país su incidencia en la oferta interna de derivados es considerable, por esto la prioridad que debe darse a su mantenimiento para su óptima operación.

Dentro de los proyectos programados para el año 2012 por parte de Ep-Petroecuador y el plan nacional de Soberanía

Energética, se encuentra la Repotenciación de la Refinería Esmeraldas con lo que se prevé el paro de sus actividades por un lapso de 7 a 8 meses situación que conlleva al incremento de las importaciones de combustibles.

3.3. Tipos de Combustibles Producidos

En esta sección se presentará los Tipos de combustibles más demandados en el país y principalmente aquellos que son objeto de este estudio; es decir, los que son transportados por el poliducto Tres Bocas – Pascuales.

3.3.1. Gasolinas Extra (81 Octanos) Y Súper (92 Octanos)

Las gasolinas son productos formados por mezclas de hidrocarburos líquidos volátiles, se utilizan como combustibles de motores de combustión interna que son parte de los vehículos de transporte liviano. Las gasolinas pueden contener pequeñas cantidades de aditivos como agentes antidetonantes, anticorrosivos, detergentes, colorantes u otros que sirven para mejorar las condiciones de operación y mantenimiento de los motores.

Gran Porcentaje de la gasolina que llega a los consumidores es producida (mezclada) en la refinería Esmeraldas y transportada por la red de poliductos nacionales, otra parte es obtenida directamente en los terminales donde se tiene tanques destinados a su preparación.

Estos refinados son los que poseen una mayor demanda en nuestro país debido al crecimiento acelerado del parque automotor particular.

	EXTRA	SUPER	UNIDAD
API	60,7	61	grados
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.73	0.74	-
PESO ESPECIFICO	6.67		kN/m ³
DENSIDAD	0,7362	0,7351	Kg/m ³
CONTENIDO DE AZUFRE	0,020	0,01	%en peso
CONTENIDO DE PLOMO	0.013	0.013	g/l

Tabla 13.- Propiedades de la Gasolina

Elaboración Propia.

Fuente: Laboratorio de calidad, Terminal Pascuales.

3.3.2. Nafta

Las naftas son como disolventes. Están entre la gasolina y el combustible JP. Las naftas se clasifican en *ligeras* y

pesadas. Las *naftas ligeras* eran anteriormente las gasolinas. Se emplean como disolventes, procesos de síntesis, productos de limpieza.

Las Naftas de Alto Octanaje se emplean para la elaboración de gasolinas súper y extra en mezcla con la gasolina base (62 octanos) producida en las refinerías del Ecuador. Se importa de 2 a 3 cargamentos por mes que tiene como destino Esmeraldas o La Libertad.

3.3.3. Diesel

Es un destilado medio que se utiliza como combustible en motores de vehículos terrestres, motores estacionarios, calderas, calefacción y otros equipos técnicos de uso doméstico e industrial, se importa entre 3 a 4 cargamentos por mes llegando a Esmeraldas y/o La Libertad.

- **Diesel 1**

Se lo conoce también como Kérex o keroseno, muy usado antiguamente como combustible doméstico.

Debido a su alto poder calorífico, es utilizado como combustibles de uso industrial, especialmente en la industria de la cerámica y de uso domésticos en las áreas rurales. Además se utiliza como diluyente en la preparación de capa de rodadura de las carreteras; en el transporte de hidrocarburos por poliductos se utiliza como interface para la separación de productos mientras son bombeados por el ducto.

- **Diesel 2**

Es la fracción más pesada que se obtiene del petróleo por destilación atmosférica, por lo tanto es la fracción que se destila entre la temperatura en que termina la destilación del Diesel 1 y aquella temperatura hasta la cual se puede calentar sin que se produzca rompimiento de moléculas (craqueo).

Los hidrocarburos presentes en este combustible son de carácter saturado como los parafínicos, nafténicos, así como, aromáticos y de carácter mixto. Tiene resistencia baja al autoencendido, es decir, se enciende por compresión y su tensión superficial baja permite la fácil pulverización en los inyectores.

- **Diesel Premium**

El diesel ecológico Premium es un combustible obtenido de la destilación primaria del petróleo. Es un destilado medio que se encuentra entre el Kérex y el aceite lubricante. Sus componentes elementales son el carbono, el hidrógeno y el azufre. El producto ecológico tiene un máximo del 0.05% de azufre, es decir 0.65% menos que el diesel 2.

Esta característica cumple con la Ordenanza Municipal que prohíbe el expendio de diesel que esté fuera de las especificaciones de la Norma INEN 1489. Es utilizado en el Distrito Metropolitano de Quito y en la ciudad de Cuenca.

El menor porcentaje en peso de contenido de azufre en el diesel Premium hace posible:

Reducir las emisiones gaseosas tóxicas como el dióxido de azufre (SO₂) y trióxido de azufre, (SO₃); gases que cuando entran en contacto con el agua, H₂O, forman la

llamada lluvia ácida", cuyo efecto es tóxico y nocivo para los ecosistemas.

Disminuir el efecto corrosivo en los motores y accesorios metálicos de los vehículos, aumentando la vida útil de los mismos y mejora la calidad del aire.

Este combustible no se transporta por el poliducto Tres Bocas – Pascuales.

	DIESEL 1	DIESEL 2	DIESEL PREMIUN	UNIDAD
API	41,7	34,5	36,3	Grados
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.81	0.86		-
DENSIDAD	0,8170	0,8524	0,8433	g/cm3
VISCOSIDAD CINEMATICA	1,6	3,6	3,2	cSt
CONTENIDO DE AZUFRE	0,11	0,38	0,05	%en peso

Tabla 14 .- Propiedades Físicas del Diesel

Elaboración propia.

Fuente: Laboratorio de Calidad, Terminal Pascuales

3.4. Comercialización y Distribución.

Para transportar derivados de petróleo se emplean poliductos, gasoductos, buque-tanques y los autotanques. La política del transporte de la Ep Petroecuador aplica el principio de

abastecer a todas las zonas de consumo, en el menor tiempo y al más bajo costo. El sistema de poliductos garantiza el abastecimiento de la demanda nacional, disminuyendo los riesgos que representa el transporte por autotanques.

Para garantizar el abastecimiento oportuno de combustibles a nivel nacional y prevenir problemas de escasez, la Gerencia de Comercialización cuenta con instalaciones para la recepción y despacho de productos limpios, ubicados estratégicamente en el territorio nacional cubriendo más del 80% del mismo.

Esta infraestructura la conforman: 6 Terminales, 4 Depósitos, 2 Terminales de Gas Licuado de Petróleo GLP y 3 Envasadoras de GLP. La capacidad total de almacenamiento que suman los Terminales y Depósitos de productos limpios es de 105 millones de galones, que es igual, a 2,5 millones de barriles. Pero considerando los márgenes de seguridad que se requiere para operar, esta capacidad se reduce a casi 97 millones de galones ó 23 millones de barriles.

Este volumen le permite mantener a Petrocomercial varios días de autonomía según el tipo de producto y el área de cobertura

del Terminal o Depósito. Los Terminales y Depósitos con su ubicación se detallan a continuación:

- **Terminales (surtidos por medio de poliductos):**
 1. Beaterio: Pichincha
 2. Ambato : Tungurahua
 3. Santo Domingo : Santo Domingo de los Tsáchilas
 4. Pascuales : Guayas
 5. Barbasquillo: Manta
 6. Fuel Oil : Guayas

- **Depósitos (Atendidos por transferencias vía terrestre o marítima):**
 1. Riobamba : Chimborazo
 2. La Toma : Loja
 3. Baltra : Galápagos
 4. Chaullabamba: Cuenca

- **Terminal de GLP**
 1. Salitral: Guayas
 2. Oyambaro : Pichincha

En el Anexo 8, se observa la importancia del Terminal pascuales, este almacena 44.678.036 galones de combustibles que representan el 45% de la capacidad total de almacenamiento nacional. Este es el volumen promedio despachado en un mes desde Pascuales hacia la Región sur del país por lo tanto su abastecimiento debe ser oportuno.

3.5. Producción Nacional

La producción de derivados, se basa en el esquema de producción de cada una de las Refinerías y de conformidad con la calidad de crudo que se espera procesar.

Las producciones de refinerías no son suficientes ni de la calidad necesaria para lograr obtener los volúmenes necesarios de gasolinas y diesel que se consumen en el Ecuador; así tenemos que el diesel 2 se importa para ser usado directamente como combustible, pero para el caso de las gasolinas Extra y Súper se importan naftas (gasolinas) de alto octanaje que son mezcladas con las producciones propias de PetroIndustrial (nafta base de bajo octanaje) para dar como resultado las gasolinas mencionadas.

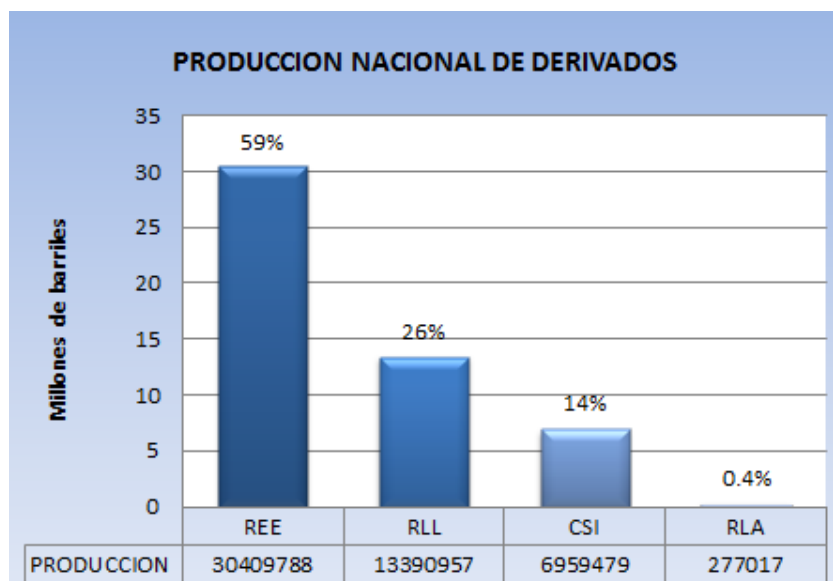


Figura 3.7.-Produccion Nacional de Derivados año 2010

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP - Petroecuador

La producción nacional de derivados en el año 2010 fue de 61.886.288 BBL (se encuentran consideradas las mezclas de naftas para la obtención de gasolinas), de los cuales, el 56.23% procede de la REE, el 26 % de RLL, 14% de CSI y por último un porcentaje de apenas 0.44% corresponde a la Refinería de Lago Agrio, esta mínima elaboración no se la dispone a el mercado interno, se la utiliza para el abastecimiento propio de Petroproducción, donativos y para consumo de otras compañías.

Con lo presentado en la figura 3.7, se evidencia el estado de las refinerías estatales y de igual manera la poca capacidad productiva de derivados, con estas cifras se estima que la oferta de combustibles de Petroecuador alcanza el 49% de la demanda nacional debiendo cubrir este restante con los productos importados. Lamentablemente la producción de combustibles es variable en gran medida como se observa en la figura 3.8

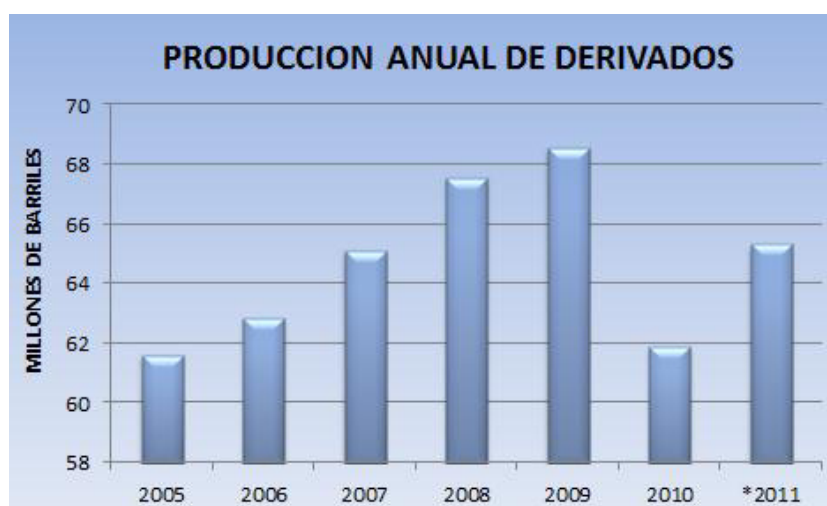


Figura 3.8.- Historial de Producción Nacional de Derivados

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP - Petroecuador

La producción del año 2010 se vio afectada no únicamente por la salida de servicio de las refinerías, el problema trasciende a la transportación del crudo, el Oleoducto de Crudos Pesados

(OCP) se construyó para trasladar crudo entre 18 y 24 grados API hacia Esmeraldas, y evitar la mezcla de crudo liviano de 28^oAPI con crudo pesado de 20^oAPI, generando el crudo Oriente.

Esto reduce los volúmenes de crudo liviano (de mejor calidad) que la refinería Esmeraldas recibe por lo que baja su producción en un 30% aproximadamente, disminuyendo por ende la producción de productos blancos (los de mayor consumo). Al procesar crudo pesado se genera mayor cantidad de residuos.

En 2010 produjo el 56% del total de derivados que se elaboran en el país. Sin embargo, también fue la que más redujo su producción, pasó de alrededor de 39 millones de BBL de producto en 2009 a 34,8 millones en 2010, es decir, produjo alrededor de 4,2 millones de BBL menos. La elaboración de gasolina extra fue la que más descendió.

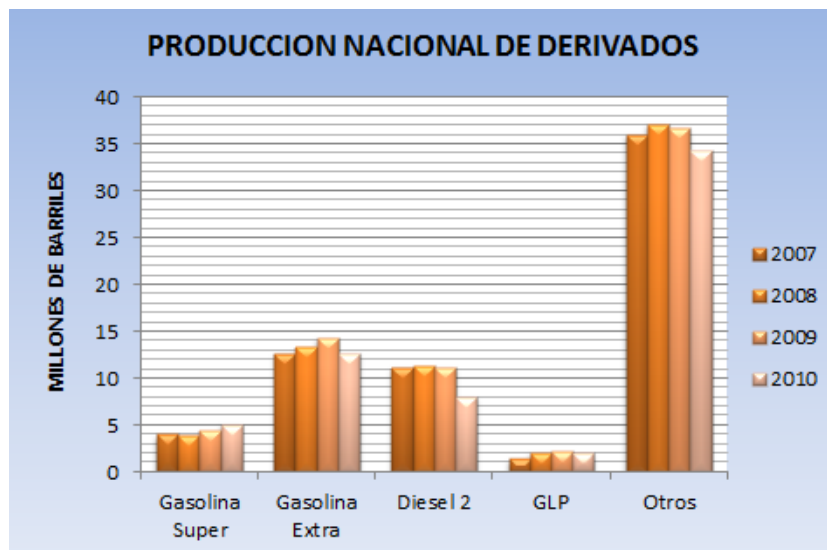


Figura 3.9.- Distribucion de la Produccion por Productos

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP - Petroecuador

La mezcla de naftas de importación (NAO) y de elaboración propia (nafta de bajo octanaje) para preparar gasolina extra se realiza en Refinería, figura 3.10, o también en las Terminales de Pascuales o El Beaterio, figura 3.11

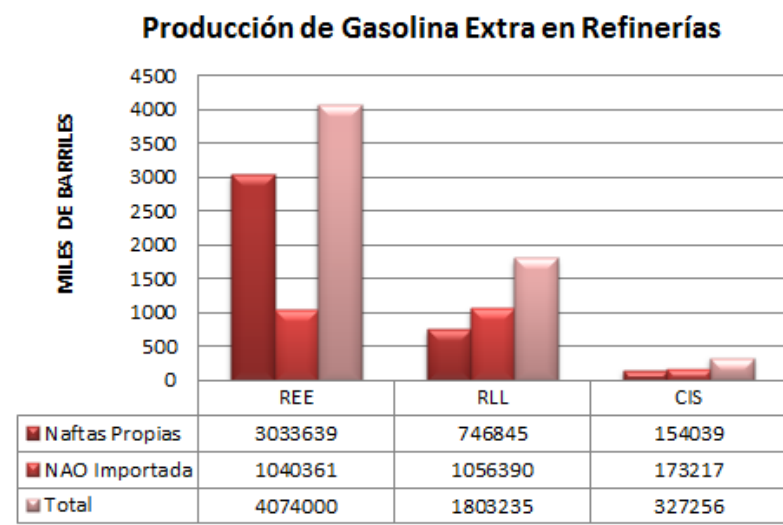


Figura 3.10.- Producción de Gasolina Extra por Mezcla de Naftas en Refinería – 2010

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP – Petroecuador

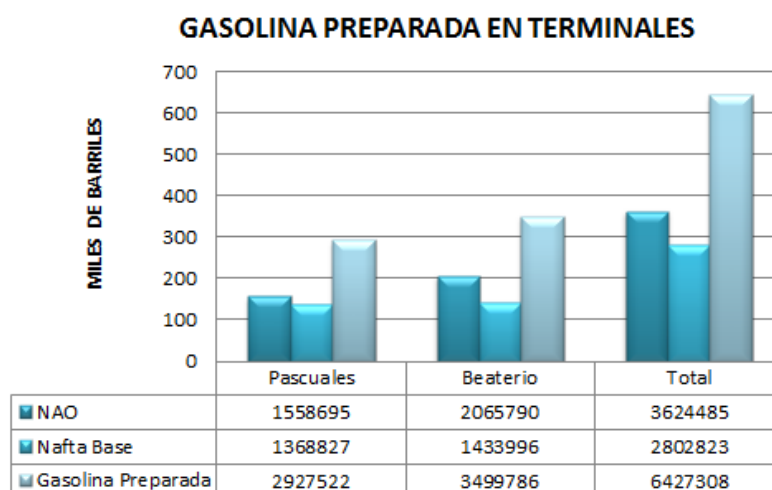


Figura 3.11.- Producción de Gasolina extra por mezcla de Naftas en Terminales – 2010

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP - Petroecuador

El total de Gasolina Extra producida en el año 2010 fue de 12.631.799 barriles. De todo este volumen la nafta de importación representa el 47% (5.894.453 BBL) de su composición y la Gasolina Base (Nafta de bajo octanaje) el 53% (6.737.346 BBL).

La gasolina Súper dispuesta al mercado en el año 2010 provino mayoritariamente de importación, ofertando 5.060.802 barriles.

Las Gasolinas, Súper y Extra, conforman un 29% de la producción nacional, siendo la capacidad de obtención de las mismas solo del 38%, es decir, el 62% de materia para obtener este tipo de carburantes debe ser importada. La Producción de Diesel Tipo II en el 2010, alcanzó los 7'692.132 barriles, de Diesel ecológico (Premiun) llamado así por su bajo contenido de Azufre, 2.861.996 barriles con una, Diesel Tipo I; más conocido como Kérex, 240.427 barriles.

Los derivados especiales o de consumo dirigido, como solventes, asfaltos, etc, y otros de consumo minoritario alcanzan un 49,6% de la producción total de derivados.

Los combustibles líquidos derivados del petróleo son la base de la matriz energética del país, como se pudo apreciar con las estadísticas presentadas; esto no hace sino reafirmar la característica de nuestro país como exportador de bienes primarios de bajo valor agregado (petróleo crudo y bunker) e importador de bienes industrializados (combustibles blancos en general).

3.6. Mercado Nacional

El mercado nacional se divide en los siguientes sectores: doméstico, transporte, industrial, residencial, comercial y servicios.

Según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, la demanda doméstica se compone principalmente de derivados de petróleo 79%, electricidad 13%, biomasa -leña, bagazo y otros- 5%, y el restante 3% productos no energéticos como carburantes y otros. Desde una perspectiva sectorial la demanda doméstica nacional se concentra en los sectores transporte 54%, industria 22% y residencial 20%, el faltante 4% corresponde a los sectores comercial y servicios.

Es importante destacar que el sector transporte es el mayor consumidor de energía en el país, pues representa el 54% del

consumo final total, aunque solamente participa con un 10% en la generación del PIB a escala nacional.

La Gerencia de Transporte y Almacenamiento distribuye tres tipos de derivados del petróleo. Los básicos, o de consumo masivo, (gasolinas, diesel, gas) que por su fácil combustión son de gran demanda y se expenden a través de estaciones de servicio y de manera directa para el consumo eléctrico e industrial, los especiales, son productos que se entregan a clientes específicos; y, los residuos, que resultan del proceso de refinación y tienen demanda en la industria eléctrica principalmente.

Los derivados especiales y residuos se expenden desde los centros de despacho de la gerencia, ubicados en las Refinerías Esmeraldas y La Libertad, y en los terminales Pascuales y El Beaterio.

A continuación se presentan los usos de cada tipo de derivado según su clasificación,

Básicos

Gasolina Súper 92	automotriz
octanos	
Gasolina Extra 81	automotriz,
octanos	
comercial	
Diesel Oil 1	transporte terrestre, industria
Diesel 2	eléctrico, industria
Nafta base	Industria hidrocarburífera.
Fuel oil	eléctrico y naviero

Especiales

Gasolina 100/130	transporte aéreo
octanos	
Jet fuel A-1	transporte aéreo
Jet fuel JP-4	transporte aéreo
Diesel	marino pesquero
Avgas	transporte aéreo

Residuos

Spray oil	industria de Pinturas
Mineral turpentine	agrícola (fumigación)

Solvente 1	industria de pinturas
Asfaltos AP-3	obras públicas
RC-250 y oxidado	obras públicas
Azufre	industria agrícola.
Gas licuado de petróleo	industrial, residencial

Fuente: Gerencia de Producción de Petroindustrial

Actualmente se alcanza a producir el 86% de la oferta energética total; este porcentaje incluye la mezcla de naftas -, y está concentrada en un 96% en petróleo crudo y gas natural, quedando las energías renovables (hidroelectricidad y biomasa) relegadas a un 4% de la producción nacional.

El segundo componente de la oferta energética, las importaciones –que son el 14% restante de la oferta–, corresponden en más del 90% a derivados de petróleo (GLP, diesel, nafta de alto octano y otros), además, dependiendo de las circunstancias se importa electricidad y otros productos no energéticos (lubricantes, etc).

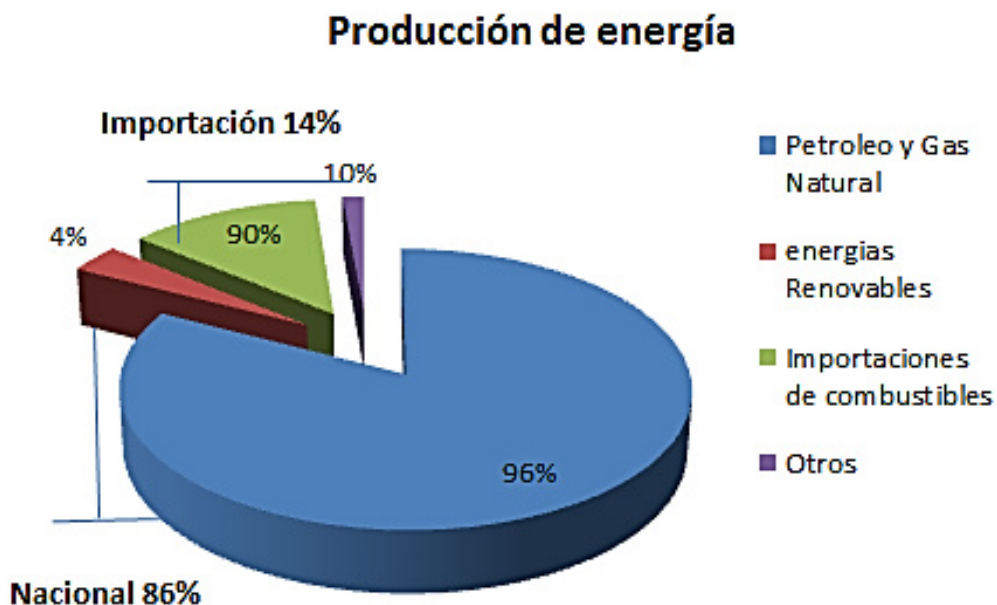


Figura 3.12.- Concentración del Consumo de Energía Nacional

Elaboración Propia

Fuente: Ministerio de electricidad y Energía Renovable

Con esto se demuestran las necesidades de mejorar las condiciones que se involucran en la comercialización y distribución de combustibles para no hacer sufrir el aparato económico nacional, incluidos todos sus sectores; doméstico, transporte, industrial, residencial, comercial y servicios; hasta que, se diversifiquen las fuentes de energía del país.

3.6.1. Precios y Subsidios

De acuerdo al art. 72 de la Ley de Hidrocarburos, aprobada en julio del 2010, el Presidente de la República tiene la potestad de determinar el precio de venta al consumidor de los derivados de los hidrocarburos.

Desde el 2000, los gobiernos de turno realizaban ajustes a estos precios a comienzos de cada año, luego de lo cual el precio permanecía temporalmente fijo hasta el siguiente año, cuando se lo volvía a incrementar de acuerdo a la tendencia de los precios internacionales y a las necesidades fiscales.

En 2005, se realizó el último ajuste al precio de venta interna de los derivados de petróleo y desde esa fecha se mantienen congelados.

Productos	Precios USD/Glns
Gasolina Extra	1.309
Gasolina Súper	1.68
Diesel 2	0.901
Diesel Premium	0.901
GLP doméstico	0,10

Tabla 15.- Precios de los combustibles en Terminales

Fuente: Portal EP Petroecuador

Esto, mientras desde 2003 el precio internacional se incrementó considerablemente: el WTI pasó de \$ 31,1 por barril, en 2003, a \$ 99,3 en 2008. Al estar congelados los precios internos el monto de subsidio se ha incrementado considerablemente, lo que representa pérdida de recursos que el Estado podría destinar a otros usos.

La importación de combustibles alcanza el 17% del gasto anual del Estado. Esto significa, que de los USD 24.000 millones que se destinan al presupuesto, más de USD 4.100 millones corresponden a subsidios, cifras correspondientes al año 2011. Este rubro ha

representado en promedio un 3,4% del Producto Interno Bruto (PIB) ecuatoriano.

Esta característica de los subsidios y también el precio constante de los combustibles, han causado que el consumo aumente y por tanto las importaciones. Otra justificante del incremento del consumo de combustibles en el país, se debe a los bajos costos con respecto a los países fronterizos, lo que provoca el desvío ilícito de los mismos hacia estos.

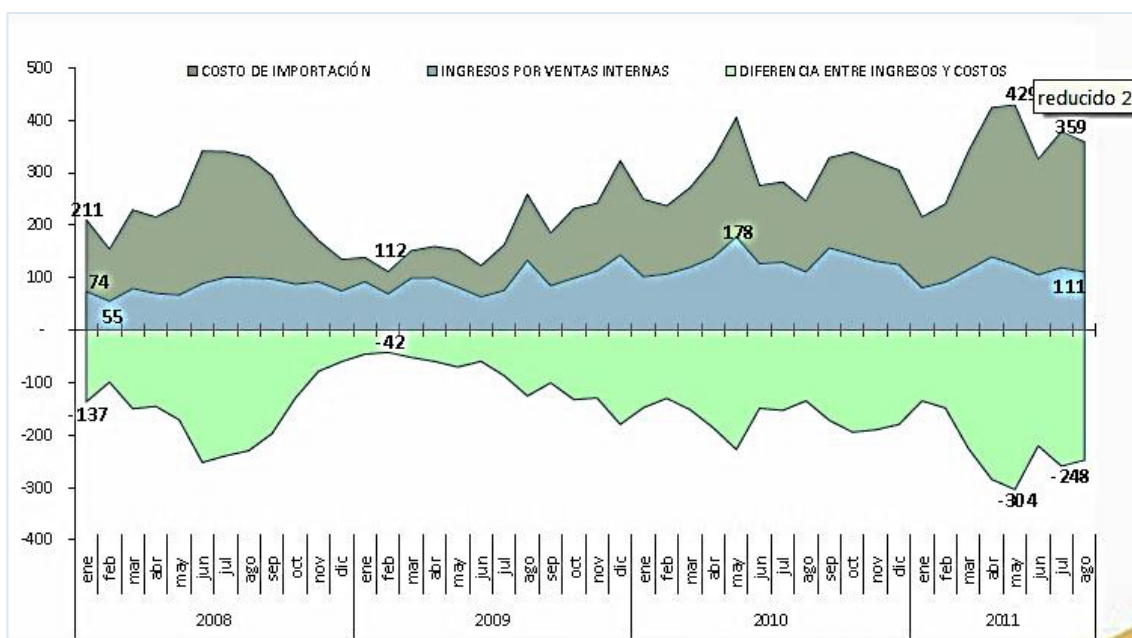


Figura 3.13.- Diferencial Entre Ingresos Y Egresos Por Comercialización Interna De Derivados Importados Enero 2008 – Agosto 2011

Fuente: Banco Central del Ecuador

COMERCIALIZACIÓN INTERNA DE DERIVADOS IMPORTADOS	2008	2009	2010	2011
DIFERENCIA INGRESOS Y EGRESOS (M USD)	-1424638,1	-543220,3	-1280483,5	-1826311,8
Costos Totales Importaciones (M USD)	2059294,9	1257617,3	2291917,2	2713852,6
Ingresos Totales Ventas Internas (M USD)	634656,8	714397	1011433,6	887540,9
Nafta Alto Octano				
Diferencia Ingreso y Costo (M USD)	-323099,1	-126943,2	-336064,6	-638941,4
Volumen Importado (M BBL)	4821,5	6314	7798	8001,6
Precio Importación (USD/BBL)	122,2	75,2	98,2	134,4
Costo Importación (M USD)	589074,7	474848,2	766134	1075389,6
Precio Venta Interna (USD/BBL)	55,2	55,1	55,2	54,5
Ingreso Venta Interna (M USD)	265975,6	347904,9	430059,4	436448,1
Diesel				
Diferencia Ingreso y Costo (M USD)	664057,8	-226499,9	-691949,8	-756927,5
Volumen Importado (M BBL)	6913,9	7632,7	12676,9	8513,8
Precio Importación (USD/BBL)	138,5	69	94,5	131,6
Costo Importación (M USD)	957490,9	526789	1198489,5	1120041,2
Precio Venta Interna (USD/BBL)	42,4	39,3	40	42,7
Ingreso Venta Interna (M USD)	293433,1	300289,1	506539,9	363113,8
Gas Licuado de petróleo				
Diferencia Ingreso y Costo (M USD)	-437481,2	-189777,2	-252469,2	430442,9
Volumen Importado (M BBL)	6242,9	6095,1	6101,5	6605,3
Precio Importación (USD/BBL)	82,9	42	53,6	78,5
Costo Importación (M USD)	512729,2	255980,2	327293,6	518421,8
Precio Venta Interna (USD/BBL)	12,1	10,9	12,3	13,3
Ingreso Venta Interna (M USD)	75248,1	66202,9	74824,4	87979

Tabla 16.- Diferencia entre Ingresos y Egresos por Comercialización Interna
De Derivados Importados.

Elaboración Propia

Fuente: Banco central del Ecuador

Con el expendio de combustibles en el Ecuador se alcanza a recaudar apenas el 35% del costo total invertido.

Ya conociendo el problema de los costos de los combustibles, es crucial para la economía del Estado focalizar los esfuerzos en reducir los precios de manejo administrativo y operativo de los combustibles, mejorando los sistemas de transporte con la finalidad de reducir las transferencias vía terrestre.

El costo por galón transportado por auto-tanque es de 0,0707 centavos de dólar, mientras por poliducto es de 0,0306 centavos.

El área de influencia de la terminal Pascuales, lugar de arribo de los productos bombeados por el poliducto Tres Bocas – Pascuales, está en aumento. Se necesita mejorar la entrega de los combustibles a las provincias aledañas, esto se hace actualmente por vía terrestre.

3.7. Volúmenes Importados de Naftas, Diesel y Glp.

Como se ha mencionado anteriormente, para la producción de gasolinas tipo Extra y tipo Súper, se requieren de naftas de alto octanaje para ser mezcladas con la gasolina base que se elabora en nuestras refinerías y que logran aumentar el

parámetro Octanaje en la Extra hasta 80 y en la Súper hasta 90 como valores promedio.

OCTANAJE DE GASOLINAS	
GASOLINA	OCTANAJE
Base	62
Naftas importadas	95
Gasolina extra	81
Gasolina súper	91

Tabla 17.- Valores de Octanaje para las Gasolinas del mercado ecuatoriano
Elaboración Propia.

Fuente: EP – Petroecuador

Los volúmenes importados de nafta en los últimos años son de más de 7.4 millones de barriles o su equivalente de 326 millones de galones para su uso en gasolinas extra y súper.

AÑO	VOLUMEN	PRECIO PROMEDIO	COSTO DE IMPORTACIÓN
	Miles de Barriles	USD / Barril	Miles de Dólares
2004	4.649	53,4	295.702
2005	6.038	79,8	648.293
2006	6.175	83,9	949.953
2007	7.785	92,19	717.649.639
2008	7.413	108,78	806.372.322
2009	8.380	80,36	753.497.879
2010	8.856	98,19	869.583.861

Tabla 18.-Historial de Volúmenes Importados de Nafta de Alto Octano

Elaboración Propia.

Fuente: Banco Central del Ecuador

El Diesel 1 al igual que el Premium, son enteramente de producción nacional, mientras que el Diesel 2 se importa como producto terminado para su comercialización.

AÑO	VOLUMEN	PRECIO PROMEDIO	COSTO DE IMPORTACIÓN
	Miles de Barriles	USD / Barril	Miles de Dólares
2007	11.844	91,41	1 082.695.097
2008	11.160	125,96	1 405.651.599
2009	14.399	75,67	1 089.612.057
2010	19.453	96,40	1 875.387.451

Tabla 19.-Historial de Volúmenes Importados de Diesel

Elaboración Propia.

Fuente: Banco Central del Ecuador

3.8. Procedencia de los Derivados Transportados por el Poliducto Tres Bocas – Pascuales.

La Gerencia de Comercio Internacional de Petroecuador es el ente estatal encargado del abastecimiento, vía importaciones, de los derivados de los cuales el país es deficitario.

Según las producciones reportadas por las refinerías Nacionales en los últimos 5 años, los derivados que son entregados para el consumo nacional no abastecen si no en menos de un 50% la demanda.

Se ha firmado convenios de colaboración para la importación con compañías que tiene una capacidad de refinación superior que garantice la entrega de productos que solicita nuestro país.

En febrero del 2007 se firma con Venezuela un convenio de intercambio de petróleo por derivados, con la empresa estatal venezolana PDVSA, que ofrece una ventaja financiera al País que a enero de 2008 alcanza un monto de 52 millones de dólares por la eliminación de intermediarios y la optimización de fletes, de esta forma se entregan de un volumen del 100% de petróleo crudo ecuatoriano un 75% en derivados venezolanos sin cobro alguno al Estado ecuatoriano por su procesamiento.

Desde Venezuela se recibe Diesel Oil, Gasolina Extra y Nafta de Alto Octano, Ep – Petroecuador debe cubrir todos los gastos de transporte y pago de impuestos por nacionalización de los combustibles importados, cabe recalcar que este es el único convenio de este tipo que tiene el Estado con entidades internacionales.

De los convenios firmados con la Chilena ENAP y la Uruguayana ANCAP también se reciben Diesel Oil, Gasolina Extra y Naftas de Alto Octano.

La Gasolina Extra, como producto terminado, es importada de manera esporádica, únicamente cuando se necesita suplir un déficit superior al calculado, debido al descenso del nivel operativo de las refinerías ecuatorianas solo se registran importaciones del combustible en el año 2010.

EL Gas Licuado de Petróleo se lo importa a través del convenio con la Holandesa TRAFIGURA BEHEER BV.

(Barriles)	PDVSA	ENAP	ANCAP	TRAFIGURA
DIESEL OIL	8.285.132	222.067	2.871.418	
GASOLINA EXTRA	500.832		1.794.874	
NAO	2.383.226	250.401	2.667.435	
GLP				9.406.892

Tabla 20.- Importaciones de Productos Limpios Realizadas por
Petroecuador en el Año 2010

Elaboración Propia.

Fuente: EP – Petroecuador

3.9. Consumo Nacional de Combustibles

Se considera necesario establecer la diferencia entre demanda y consumo. La demanda en economía se define como la cantidad, calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos en el mercado por un consumidor, en el tema de combustibles la demanda se encuentra marcada por dos factores, el precio y la disponibilidad del producto.

El consumo, por otro lado, es la acción de adquirir un bien o servicio con la finalidad de satisfacer una necesidad primaria o secundaria.

En la demanda doméstica de combustibles se había presentado que el sector transporte es el mayor consumidor de combustibles, alcanzando el 54% de los productos destinados al mercado.

A continuación, se analiza la demanda nacional en base a los estadísticos presentados por el Banco Central del Ecuador y con detalle en los estadísticos anuales de la Empresa Ep Petroecuador, se citarán historiales desde el año 1972.

La finalidad de este análisis es el de poder establecer la importancia de los combustibles en el aparato económico nacional, esto para encaminar el estudio a el sistema de transporte de productos limpios nacional y zonal.

Para el mes de agosto del 2011 se registra un incremento total de en la demanda de combustibles del 17% con respecto al mismo mes del 2010, como se observa en la figura 3.14.

En igual período de análisis, la demanda de Gasolina se incrementó en un 9.3%, de Diésel en un 8.5%. Por su parte, el consumo de GLP y el de Otros Derivados se incrementa en 5.4% y 22.3%, respectivamente.

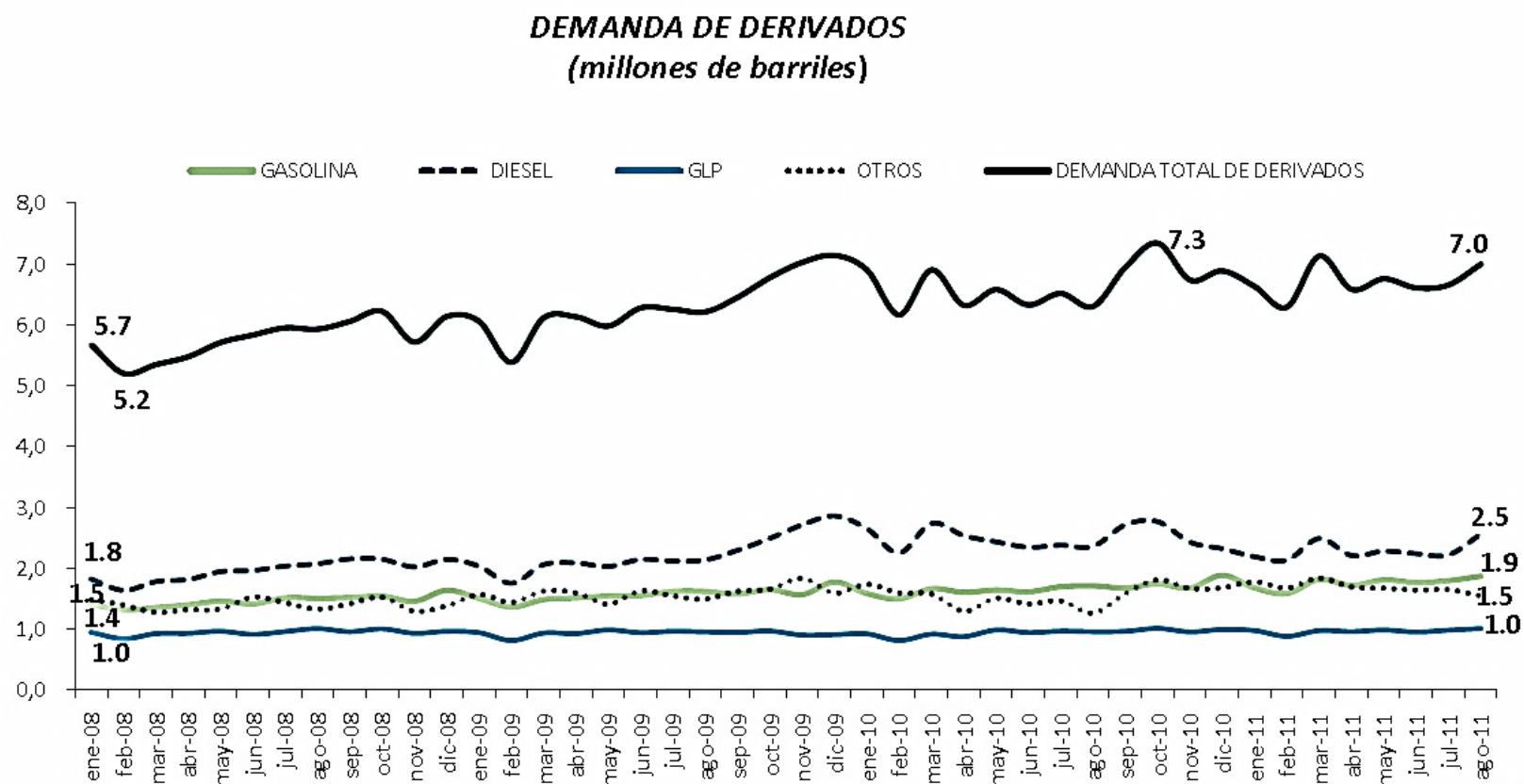


Figura 3.14.- Demanda Nacional De Derivados. 2008-2011

Fuente: Banco Central del Ecuador.

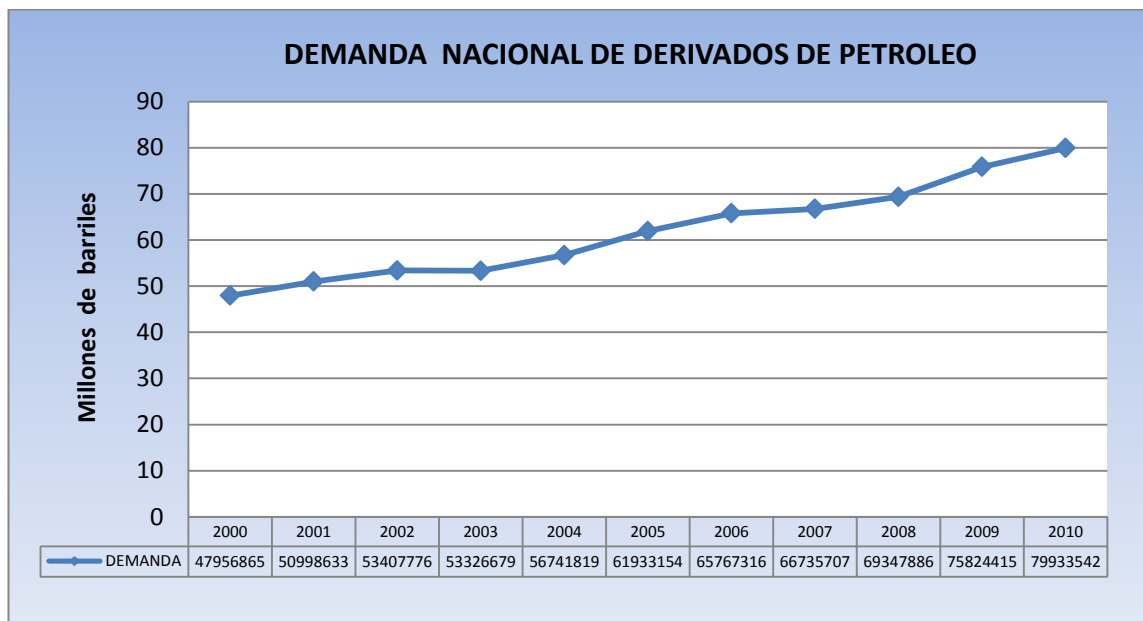


Figura 3.15.- Demanda Nacional Anual De Derivados, 2000 - 2010.

Elaboración Propia

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP Petroecuador

Para fines prácticos en esta sección se igualarán los volúmenes despachados y la demanda nacional ya que estos valores no tienen una diferencia exagerada, según lo reportan los estadísticos anuales de la compañía.

Los volúmenes despachados son ligeramente mayores debido a que incluyen el remanente de combustibles que queda en stock en las instalaciones de cada punto de comercialización.

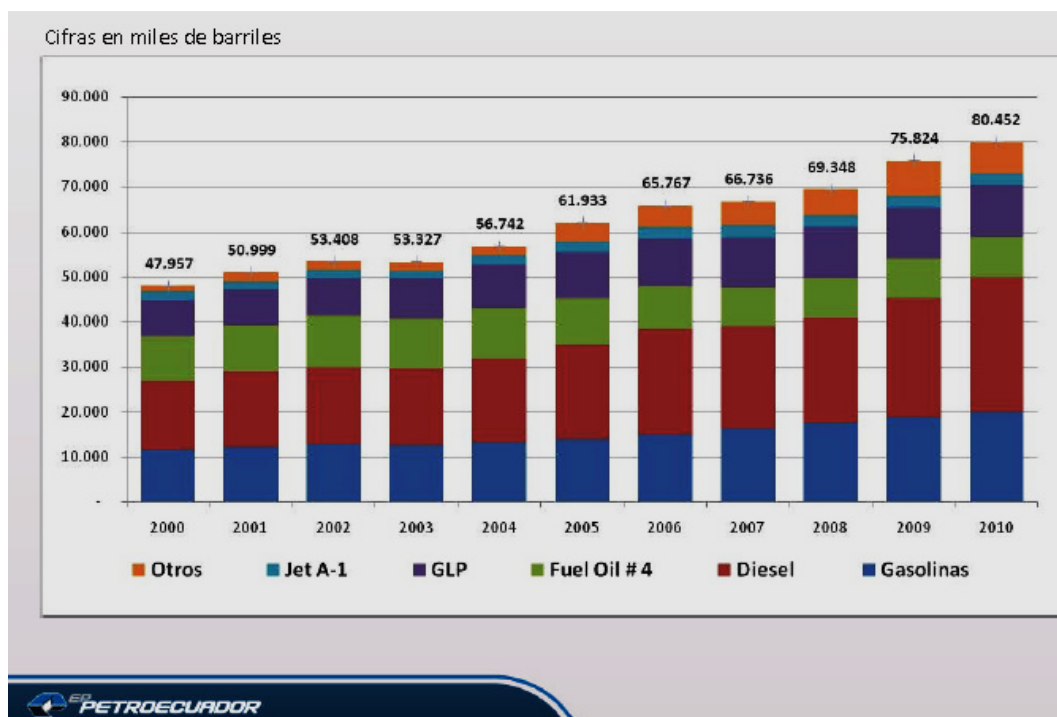


Figura 3.16.- Despacho Total de Derivados Periodo 2000 - 2010

Fuente: EP – Petroecuador Reporte de actividades 2000 - 2010

Desde el terminal Pascuales se despacharon en el año 2010 la cantidad de 999.022.980 galones de derivados que equivalen al 32% del total nacional.

En la Tabla 21 se muestra la demanda nacional de derivados para el año 2010 que alcanzó los 79.850.000 barriles ó 3 353.700.000 galones, teniendo un consumo diario promedio de 218.690 barriles de refinados, equivalentes a 9.184.980 galones.

DERIVADO	MILES DE BARRILES
Gasolina Súper	4721,2
Gasolina Extra	14792,4
Diesel	29943,7
Fuel Oil # 4	9046,4
Gas Licuado de Petróleo	11339,4
Otros (*)	9997,9
TOTAL	79850,0

(*) Incluye Asfalto, Solventes, Spray Oil, Jet Fuel, Nafta Base 90, Combustible Pesca Artesanal y Residuo

Tabla 21.- Consumo Interno de Derivados – 2010

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP – Petroecuador

3.9.1. Historiales 1972 – 2010

La historia petrolera del Ecuador prácticamente inicia en el año 1972 con la perforación del primer pozo petrolero en la zona oriental del país, recordando que existía explotación en la Península de Santa Elena desde 1925.

Para la fecha la Refinería La Libertad era la única encargada de facilitar combustibles al mercado con lo que se necesitó la importación de los mismos durante más de una década.

La demanda de derivados líquidos de petróleo presenta un crecimiento vertiginoso a la actualidad. El consumo de productos hidrocarburíferos aumentó con el boom petrolero de la época y la mayoría de proyectos energéticos del país se basaron en la capacidad productiva de crudo nacional. Esta es la razón por la que el consumo presenta fluctuaciones inesperadas, ya que se encuentra sujeto a los requerimientos de las Eléctricas principalmente.

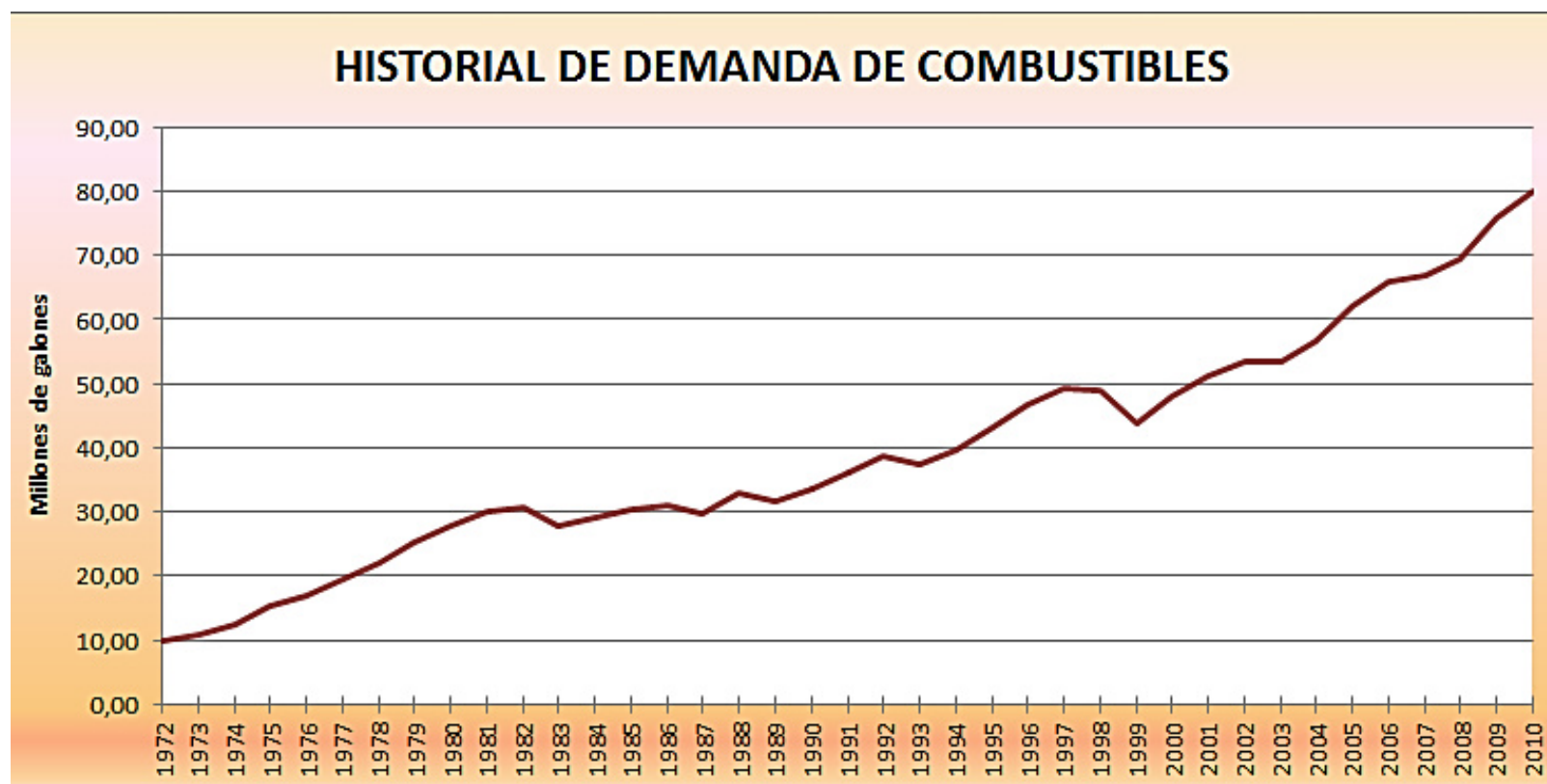


Figura 3.17.- Historial de Demanda de Combustibles

Elaboración Propia

Fuente: Estadístico anual 2006, EP Petroecuador

3.9.2. Proyección 2011 – 2020

Analizando el comportamiento de la demanda desde el año de 1985 se concluyó que ésta tiene un comportamiento exponencial, sin embargo para realizar la proyección de la demanda nacional se utilizó una función de ajuste Polinómica. En la tabla 22 se muestran los cálculos realizados para estimar el consumo de combustibles desde el año 2011, empleando el método de evaluación de las ecuaciones cuadrática y exponencial obtenidas con los puntos graficados desde el año 1985 hasta el 2010.

Se verificó además el porcentaje de error de cada ecuación, considerando un error aceptable, igual o menor a 7%. El valor de correlación o rango (R) en ambos casos fue cercano a la unidad, pero el R arrojado por la función polinómica es igual a 0,9729, también el error relativo es más bajo-

CONSUMO NACIONAL DE DERIVADOS

	AÑOS	PRODUCCION	DEMANDA	POLINOMICA	ERROR RELATIVO	EXPONENCIAL	ERROR RELATIVO
1	1985	31032439,00	30403589	30574066	-0,56	31152589,81	-2,46
2	1986	34677064,00	30922009	31243644	-1,04	32349461,72	-4,62
3	1987	29322011,00	29803575	32008734	-7,40	33592317,05	-12,71
4	1988	41443083,00	32853969	32869336	-0,05	34882922,46	-6,18
5	1989	37800756,00	31666877	33825450	-6,82	36223112,49	-14,39
6	1990	42994539,00	33536151	34877076	-4,00	37614792,16	-12,16
7	1991	44968214,00	36163511	36024214	0,39	39059939,7	-8,01
8	1992	44915215,00	38554010	37266864	3,34	40560609,31	-5,20
9	1993	45364543,00	37394309	38605026	-3,24	42118934,14	-12,63
10	1994	48014861,00	39725448	40038700	-0,79	43737129,28	-10,10
11	1995	48926297,00	42997026	41567886	3,32	45417494,93	-5,63
12	1996	57608544,00	46527732	43192584	7,17	47162419,65	-1,36
13	1997	50843602,00	49225050	44912794	8,76	48974383,79	0,51
14	1998	53906939,00	49026447	46728516	4,69	50855962,98	-3,73
15	1999	50737563,00	43823311	48639750	-10,99	52809831,8	-20,51
16	2000	62161150,00	47956865	50646496	-5,61	54838767,59	-14,35
17	2001	59922247,00	50998633	52748754	-3,43	56945654,41	-11,66
18	2002	58769255,00	53407776	54946524	-2,88	59133487,11	-10,72
19	2003	55817362,00	53326679	57239806	-7,34	61405375,59	-15,15
20	2004	59678157,00	56741819	59628600	-5,09	63764549,26	-12,38
21	2005	61620473,00	61933154	62112906	-0,29	66214361,58	-6,91
22	2006	62854544,00	65767316	64692724	1,63	68758294,85	-4,55
23	2007	65138728,00	66735707	67368054	-0,95	71399965,18	-6,99
24	2008	67553239,00	69347886	70138896	-1,14	74143127,58	-6,91
25	2009	68575829,00	75824415	73005250	3,72	76991681,35	-1,54
26	2010	61886288,00	79933542	75967116	4,96	79949675,59	-0,02

Tabla 22.- Proyección de la Demanda de Combustibles a Nivel Nacional.

Elaboración Propia

Fuente: Estadístico Gerencial Ep – Petroecuador 2006 - 2010

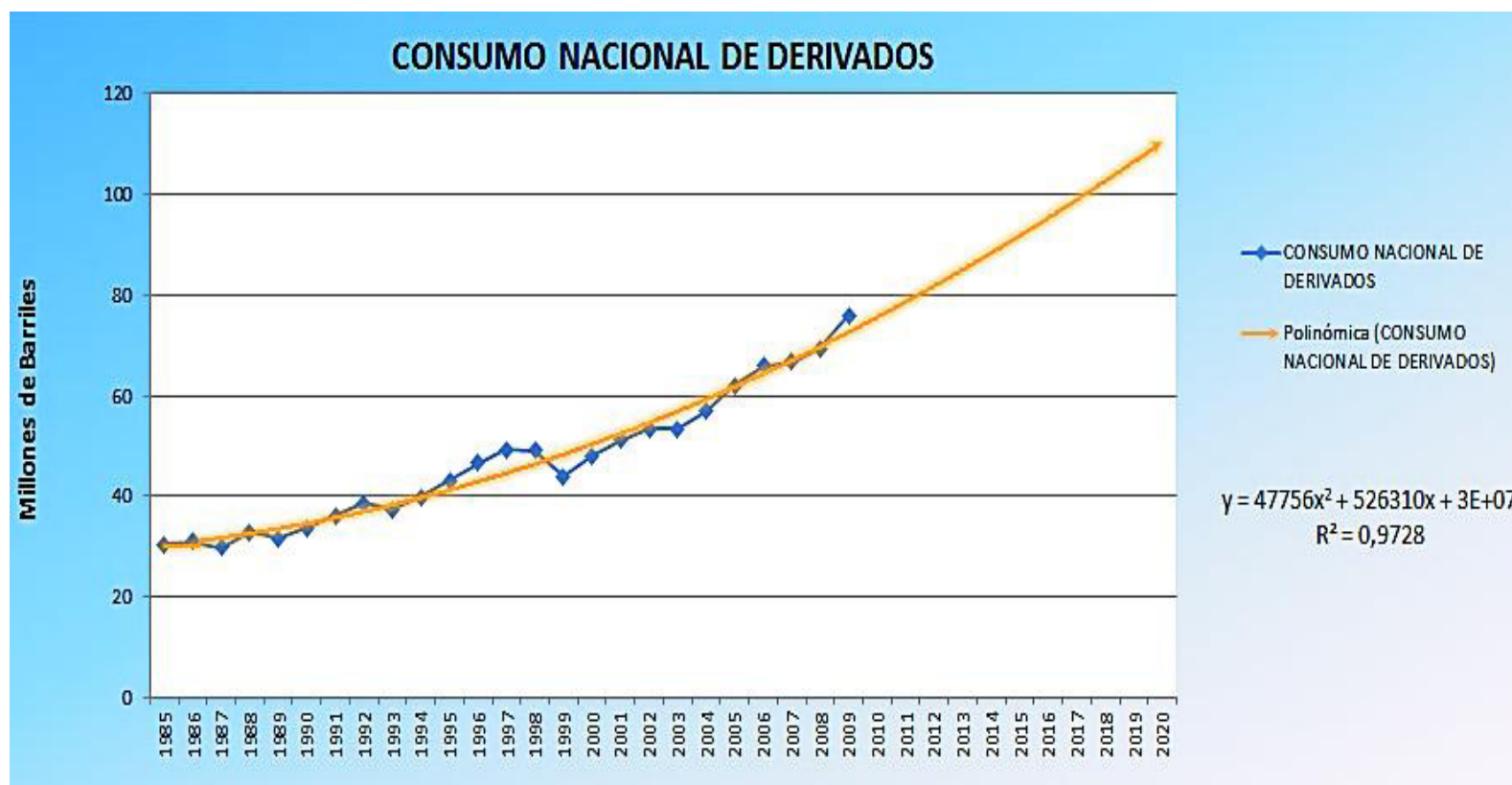


Figura 3.18.- Proyección del Consumo Nacional de Combustibles al Año 2020

Elaboración Propia

Fuente: Comercialización, Informe Estadístico Gerencial Ep – Petroecuador 2006 - 2010

Se observa que la curva presenta un buen ajuste al comportamiento previo al 2010.

La demanda estimada, correspondiente a la proyección realizada desde el 2011 presenta una tasa de crecimiento promedio del 3,62%, mientras que en los años anteriores se registra una tasa promedio del 3,87%.

La tasa de crecimiento de la demanda desde 1985 hasta el año 2010 ha sido bastante variable, ya que está sujeta a los cambios en las necesidades del país; por ejemplo, en el año 2008 se presentó un incremento en el consumo con respecto al anterior del 9.34%, debido al estiaje de las Hidroeléctricas por lo que se requirió incrementar las importaciones de Diesel para provisión de las Termoeléctricas, y otra serie de sucesos que generaron crisis en el ámbito político, económico y natural, que inciden directamente en el sector energético.

La demanda estimada para los siguientes 20 años se detalla a continuación:

AÑOS	PRODUCCION	DEMANDA ESTIMADA
2011	70588955,83	79024494
2012	71981491,19	82177384
2013	73374026,54	85425786
2014	74766561,9	88769700
2015	76159097,25	92209126
2016	77551632,61	95744064
2017	78944167,97	99374514
2018	80336703,32	103100476
2019	81729238,68	106921950
2020	83121774,03	110838936
2021	84514309,39	114851434
2022	85906844,74	118959444
2023	87299380,1	123162966
2024	88691915,45	127462000
2025	90084450,81	131856546
2026	91476986,16	136346604
2027	92869521,52	140932174
2028	94262056,87	145613256
2029	95654592,23	150389850
2030	97047127,58	155261956

Tabla 23.- Demanda Nacional Estimada para los Próximos 20 Años.

Elaboración Propia

Se empezó justificando el proyecto de repotenciación del Poliducto Tres Bocas – Pascuales con el crecimiento del consumo interno de derivados.

Pascuales al ser el centro de distribución más grande del territorio nacional, exige descargas oportunas de productos por medio de los tres poliductos que lo alimentan.

El poliducto Tres Bocas – Pascuales es el que provee más del 65% de producto para la Terminal, esto debido a que es el de mayor cercanía y potencial que los otros dos, Santo Domingo – Pascuales y Libertad - Pascuales.

Debido a la importancia, en razón de su área de influencia-, que ha adquirido la Terminal Pascuales en los últimos 10 años, los volúmenes bombeados se han incrementado congruentemente con el crecimiento de la demanda.

Un breve análisis sobre las partidas descargadas en Tres Bocas por el poliducto hacia Pascuales es necesario para observar el comportamiento que estas poseen, y mostrar el valor que posee este poliducto.

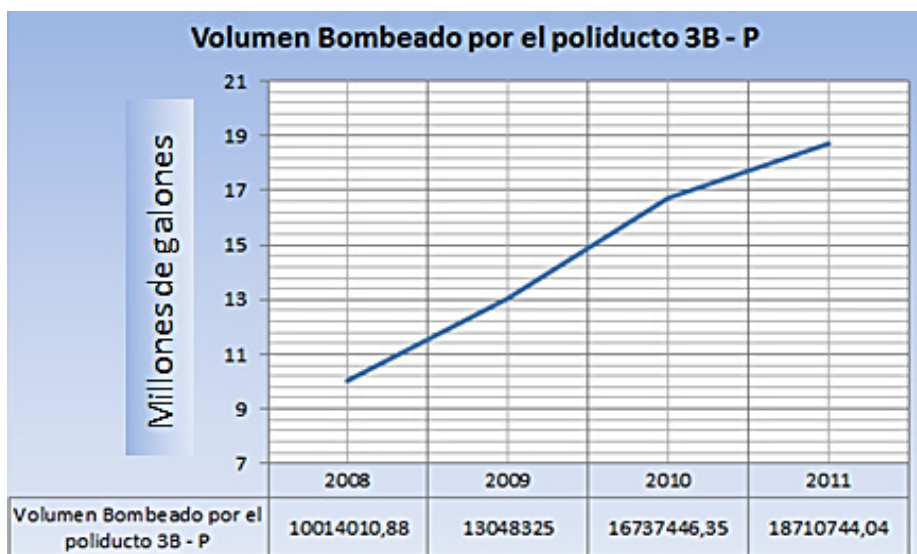


Figura 3.19.- Historial de Volumen Bombeado por el Poliducto 3B - P, Años 2008 – 2011

Elaboración Propia

Fuente: Departamento de Operaciones de Productos Limpios, Est. 3B

El valor correspondiente a la demanda del año 2011, ha sido extraído de las proyecciones realizadas.

Con base en las proyecciones de la demanda nacional presentadas se puede determinar el volumen en porcentaje de productos limpios que es transportado por el ducto costero, de esta forma se tiene:

	Demanda Nac. BBL	Demanda Nac. Gln	Vol. Bombeado 3B-P	% en Vol
2008	69347886	2773915440	10014010,88	14,44
2009	75824415	3032976600	13048325,00	17,20
2010	79933542	3197341680	16737446,35	30,00
2011	79024494	3160979760	18710744,04	23,72

Tabla 24.- Volúmenes Bombeados por el P3B-P con Respecto al
Conglomerado Nacional.

Elaboración Propia

Fuente: EP Petroecuador

Los volúmenes bombeados por el poliducto Tres Bocas-Pascuales son crecientes en relación a la Demanda interna de derivados de hidrocarburos. Para el año 2011, se usó como base la programación operativa realizada previamente por la unidad de planificación.

Según lo arrojan los datos, el 30% de los combustibles consumidos en el país se transportan por este poliducto, en los que se incluyen, Gasolinas súper y extra, además de Diesel del tipo 1 y 2.

En los capítulos siguientes se analizará el caudal máximo transportable por el poliducto y la determinación

de su utilidad efectiva según la demanda estimada en los 20 años subsiguientes.

3.9.3. Estadísticas por Producto

Analizando las estadísticas nacionales de consumo de combustibles se observa con claridad que las gasolinas y el diesel de uso automotor son las más solicitadas en nuestro medio, esto debido, en gran parte, al incremento del parque automotor¹ en la ciudad de Guayaquil, y de igual forma en las áreas de influencia. A nivel nacional el panorama no cambia en gran margen.

Tomando información publicada por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, otro factor que ha inferido en el consumo, ha sido el estiaje que afecto el rendimiento de las hidroeléctricas desde finales del 2009 a inicios del 2010; así como, la reactivación del sector pesquero.

¹ Según datos de la Comisión de Transito Nacional, muestra que el crecimiento del parque automotor en la ciudad de Guayaquil desde el año 2004 ha sido del 15% – 20 % anual.
<http://www.ctg.gov.ec/index.php?mod=15&news=7>

CONSUMO NACIONAL DE DERIVADOS - 2010

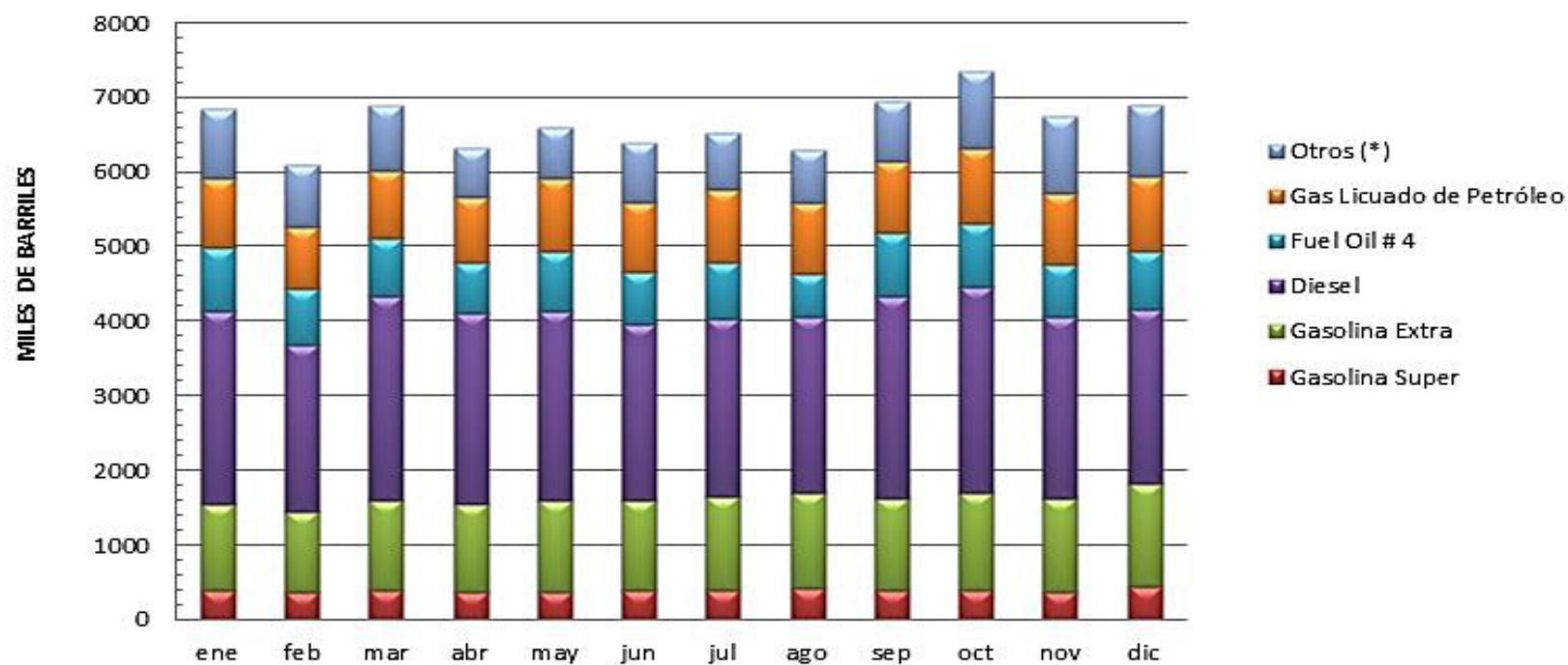


Figura 3.20.- Consumo Nacional de Derivados - 2010

Elaboración Propia.

Fuente: Estadístico Anual 2010, EP – Petroecuador

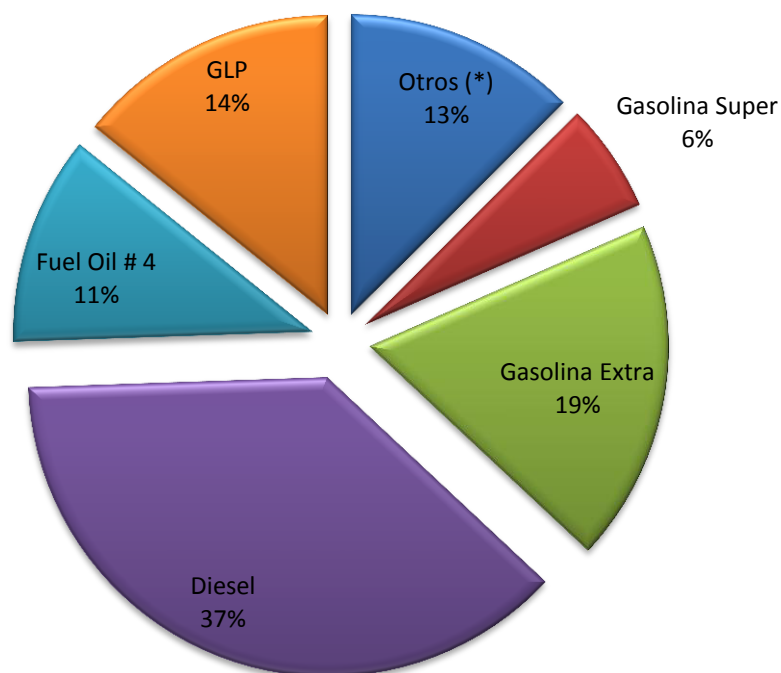


Figura 3.21.- Consumo Nacional de Derivados – 2010

Elaboración Propia.

Fuente: EP - Petroecuador

3.9.4. Estadísticas de Consumo de Productos Limpios y sus Proyecciones en la Región Sur del País

Para este análisis se contemplan las provincias que forman parte del área de influencia de la Terminal Pascuales.

Estas Provincias son:

Guayas	Manabí	Chimborazo
Loja	El Oro	Bolívar
Azuay	Los Ríos	Santa Elena

A los siguientes cantones:

24 de mayo	Gral antonio Elizalde	Mocache
A.baquerizo moreno	Guayaquil	Montalvo
Arenillas	Huaquillas	Montecristi
Baba	Isidro ayora	Naranjal
Babahoyo	Jipijapa	Naranjito
Balao	Junin	Naranjito
Balsas	La libertad	Pajan
Balzar	Las lajas	Palenque
Caluma	La troncal	Pallatanga
Calvas	Loja	Paltas
Camilo ponce enrique	Lomas de sargentillo	Pasaje
Catamayo	Macara	Pedro carbo
Celica	Machala	Piñas
Centinela del condor	Manta	Playas
Chone	Milagro	Portoviejo
Colimes	San miguel	Pueblo viejo

Cumanda	Santa ana	Puerto López
Daule	Santa elena	Puyango
Duran	Santa lucia	Quevedo
El guabo	Santa rosa	Rocafuerte
El pangui	San vicente	Salinas
El triunfo	Simón Bolívar	Samborondón
Sucre	Ricaurte	Yaguachi
Tosagua	Ventanas	Zapotillo
Urdaneta	Vinces	Zaruma

Existen dos modalidades para realizar la entrega de estos productos a los cantones nombrados, la primera es vía transferencia; es decir, que la abastecedora Petrocomercial se encarga de llevar el combustible asumiendo los gastos de transporte terrestre o marítimo. La segunda es por despacho normal a las comercializadoras que son las que asumen el costo de transporte comprando el combustible a precio de terminal.

El Terminal Pascuales posee la capacidad para almacenar el 45% de la demanda nacional, y maneja más del 30% de productos limpios que se requieren a

nivel nacional, esto es aproximadamente, 40.000.000 millones de galones al mes de combustibles, permitiendo a demás tener días de seguridad.

ALMACENAMIENTO TERMINAL PASCUALES			
Producto	Almacenamiento Pascuales	Demanda Diaria Estimada	Días de stock
Diesel 2	18.618.574	924.000	20
Diesel Premiun	3.956.877	100.000	14
Gasolina Extra	11.300.534	750.000	15
Gasolina Súper	4.828.488	400.000	12

Medidas en galones Datos actualizados al 2011

Tabla 25.- Almacenamiento Total del Terminal Pascuales y Días de Stock Por Producto

Elaboración Propia

Fuente: Planificación Estación Tres Bocas

Los días de stock presentados en la tabla 25 están basados en la capacidad operativa total de los tanques. La demanda estimada es el valor que se ha calculado para el año 2011, e incluye despachos y transferencias a los cantones antes listados. En la figura 3.22, se muestran los volúmenes producidos y los importados comparados con la oferta nacional.

OFERTA DE DERIVADOS (millones de barriles)

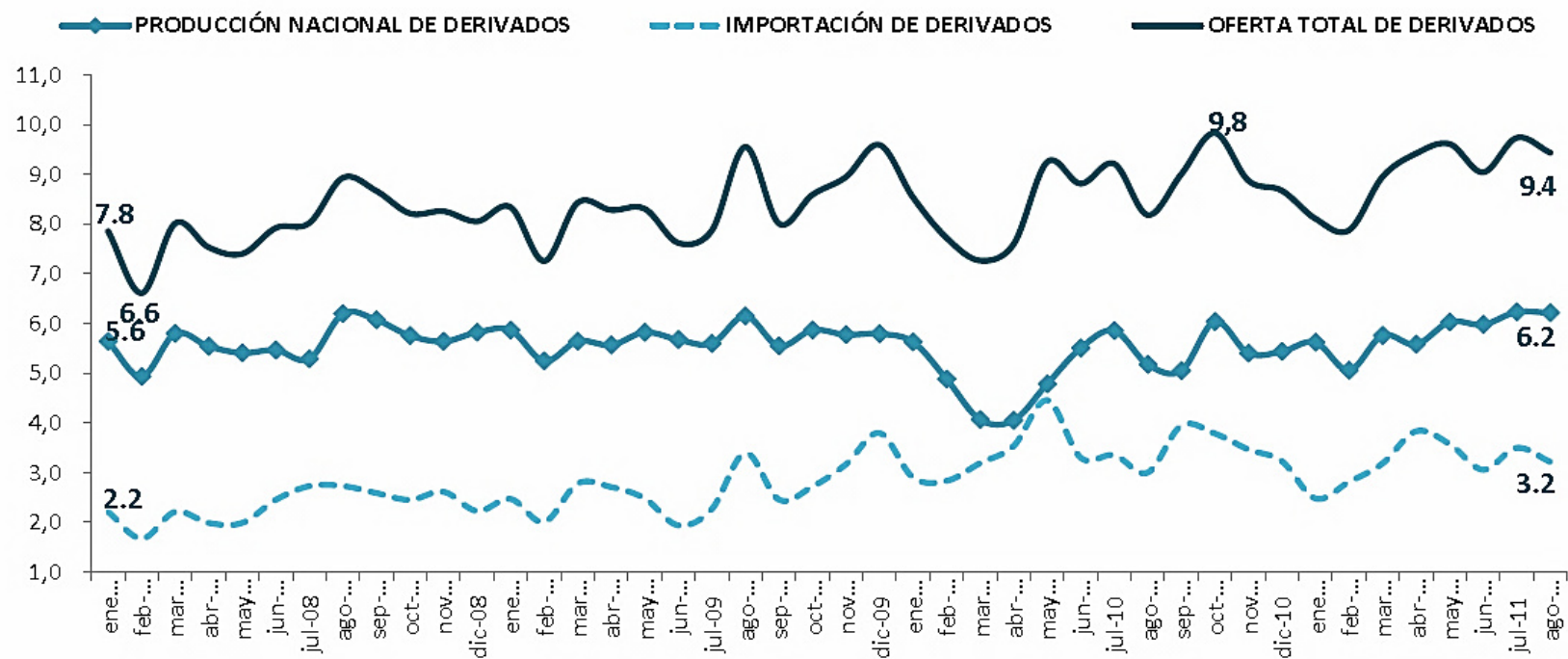


Figura 3.22.- Oferta Nacional de Derivados en el País.

Fuente: Banco Central del Ecuador.

Al igual que se hizo con la demanda nacional, usando el mismo criterio de análisis, se determina la demanda regional en base a los volúmenes programados por la unidad de Planificación.

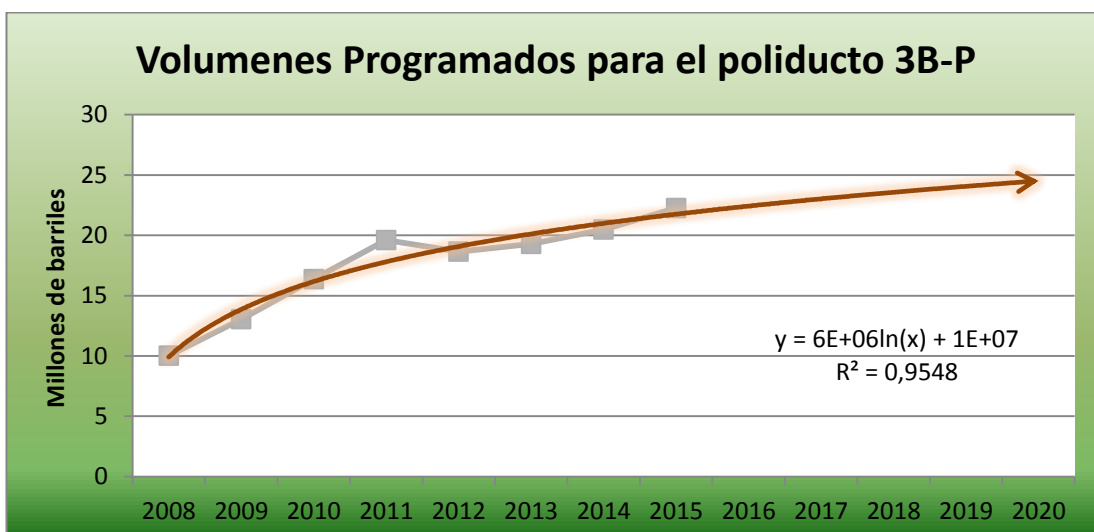


Figura 3.23.- Proyección de las Descargas por el Poliducto 3B-P

Elaboración Propia

Fuente: Planificación Operativa Norte

El caudal efectivo, según los balances de la Estación de Bombeo tres Bocas, se encuentra en promedio en 3875 barriles por hora en el año 2010, este valor varía según las condiciones en las que se encuentren trabajando los equipos.

BARRILES POR HORA			
3 B-P	caudal estimado	caudal operativo	eficiencia
1. Enero	2,500.00	3950,00	158.00%
2. Febrero	2,500.00	3593,00	143.72%
3. Marzo	2,500.00	3873,00	154.92%
4. Abril	2,500.00	3721,00	148.84%
5. Mayo	2,500.00	3877,22	155.09%
6. Junio	2,500.00	3901,08	156.04%
7. Julio	2,500.00	4002,11	160.08%
8. Agosto	2,500.00	3837,61	153.50%
9. Septiembre	2,500.00	4057,48	162.30%
10. Octubre	2,500.00	3984,98	159.40%
11. Noviembre	2,500.00	3978,27	159.13%
12. Diciembre	2,500.00	3731,43	149.26%
PROMEDIO ANUAL			3875,60

Tabla 26.- Caudal Promedio Poliducto 3B-P, 2010

Fuente: Resumen Ejecutivo Poliducto 3 B-P-C, 2010

Se puede observar que el caudal de diseño, 4100 barriles por hora, es duramente alcanzado en un par de ocasiones en la tabla 26. Se toma para el siguiente análisis el caudal promedio de operaciones del poliducto, ya que estos son datos reales obtenidos en un año para la estación.

Usando las proyecciones de combustibles obtenidas para el área de influencia de la Terminal Pascuales, se procede a calcular el caudal promedio de descarga

necesario para cumplir con lo planificado en un año de 350 días y considerando 20 horas de trabajo al día para los grupos de bombeo.

Años	Volumen (BBL)	Caudal (BPH)
2008	10014011	1431
2009	13048325	1864
2010	16359203	2337
2011	19601000	2800
2012	18646011	2664
2013	19283762	2755
2014	20482866	2926
2015	22256998	3180
2016	23183347	3312
2017	23815511	3402
2018	24387372	3484
2019	24909440	3558
2020	25389696	3627
2021	25834344	3691
2022	26248301	3750
2023	26635532	3805
2024	26999280	3857
2025	27342231	3906
2026	27666634	3952
2027	27974394	3996
2028	28267135	4038
2029	28546255	4078
2030	28812965	4116

Tabla 27.- Volúmenes Descargados por el Poliducto 3B-P, Proyección para

los Próximos 20 Años

Elaboración Propia

En la tabla 27, se observa que el caudal promedio de la estación es casi alcanzado en el año 2024. Lo que significaría que la capacidad de bombeo actual instalada de la Estación Tres Bocas sería capaz de garantizar descargas oportunas hasta el año 2024.

CAPITULO 4

4. ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL POLIDUCTO TRES BOCAS-PASCUALES

En esta unidad se discuten las alternativas de diseño que se evalúan para incrementar la capacidad de bombeo de la Estación Tres Bocas. Primeramente se establece la justificación real del proyecto basado en el análisis de las suposiciones propuestas en el capítulo primero.

En el Capítulo Tres se realizaron las proyecciones con las que se buscaba validar la primera suposición planteada, que se refería a que la repotenciación de la Estación Tres Bocas debía ejecutarse por que la capacidad de bombeo actual no podría abastecer oportunamente la

Terminal Pascuales en un futuro cercano, basados en el crecimiento de la demanda de Productos limpios en su zona de influencia.

La segunda trataba de que los equipos de la Terminal de Bombeo Tres Bocas se encuentran obsoletos y no brindan las condiciones adecuadas para realizar las descargas de productos limpios de manera segura y oportuna. En el Capítulo dos se realizó la presentación de las condiciones actuales de las Instalaciones y de los equipos, además de la encuesta que se aplicó al personal de operaciones; con toda la evidencia citada podría decirse que la confiabilidad de los equipos es baja.

La segunda presunción se fija entonces como el motivo por el que debe realizarse el cambio de los equipos de bombeo y repotenciar ya que a pesar de que el caudal actual satisface la demanda por 12 años más, los tiempos de descarga deben ser reducidos.

Una vez seleccionado el caudal adecuado se realiza el dimensionamiento del equipo capaz de brindar las condiciones de bombeo deseadas, escogiendo la alternativa más conveniente en razón económica, principalmente basado en la reducción del consumo

energético, además del costo de la ejecución del proyecto a manera referencial.

4.1. Estimación del Caudal de bombeo y Dimensionamiento del Equipo de Bombeo.

Como principal objetivo se tiene la disminución de los tiempos de descarga, que actualmente es de 14 horas promedio, al que se adiciona el tiempo de acoderamiento, fiscalización y desamarre del buque, este en promedio suma 2 horas. Se cuentan 16 horas actualmente para la tarea completa.

Dentro de los antecedentes de este trabajo se cuenta el incremento del tránsito marítimo en Tres Bocas, hecha esta consideración se fija el porcentaje de reducción de los tiempos de descarga en un 40%. Para el año 2011 se descargaron por el poliducto Tres Bocas Pascuales un promedio de 54000 barriles por día en 14.05 horas (cifras oficiales), aplicando la reducción propuesta, el tiempo de descarga se reduce a 8.4 horas, lo que resulta en un caudal de 6500 barriles por hora.

Este caudal permitirá asegurar el ingreso de dos buques por día de manera segura como lo exige la DIRECCIÓN NACIONAL DE

LOS ESPACIOS ACUÁTICOS, ya que existe una limitación impuesta por esta autoridad que restringe las maniobras de buques petroleros, pasadas las 18:00 horas.

En la tabla 28, se presentan Los tiempos de descarga estimados usando el caudal promedio actual de la Estación fijado en 3875 barriles por hora, además de los tiempos para el nuevo caudal..

	Volumen (Bbl)	Bbl/día	T (h) Caudal promedio	T (h) Caudal propuesto
2008	10014010,88	27816,70	7,18	4,28
2009	13048325,00	36245,35	9,35	5,58
2010	16359203,00	45442,23	11,73	6,99
2011	19601000,00	54447,22	14,05	8,38
2012	18646011,00	51794,48	13,37	7,97
2013	19283762,00	53566,01	13,82	8,24
2014	20482866,00	56896,85	14,68	8,75
2015	22256998,00	61824,99	15,95	9,51
2016	23183347,46	64398,19	16,62	9,91
2017	23815510,56	66154,20	17,07	10,18
2018	24387371,64	67742,70	17,48	10,42
2019	24909439,90	69192,89	17,86	10,65
2020	25389696,14	70526,93	18,20	10,85
2021	25834343,98	71762,07	18,52	11,04
2022	26248301,21	72911,95	18,82	11,22
2023	26635532,33	73987,59	19,09	11,38
2024	26999280,06	74998,00	19,35	11,54
2025	27342230,55	75950,64	19,60	11,68
2026	27666633,87	76851,76	19,83	11,82
2027	27974393,64	77706,65	20,05	11,95
2028	28267134,63	78519,82	20,26	12,08
2029	28546254,72	79295,15	20,46	12,20
2030	28812965,30	80036,01	20,65	12,31

Tabla 28.- Tiempos de descarga con Caudal Propuesto

Elaboración Propia

Es necesario también determinar las propiedades del fluido a bombear para realizar una correcta selección del equipo. Se seleccionó el diesel tipo 2 para la modelación, debido a que presenta características promedio de entre todos los

combustibles transportados por el poliducto; además este es el de mayor viscosidad, razón por la cual opone mayor resistencia a moverse en las paredes de la tubería y requiere de mayor gasto energético para su transporte. En la tabla 29 se citan las principales propiedades de este combustible.

PRODUCTO	DIESEL
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.859
GRADO API	34.3
VISCOSIDAD CINEMATICA, CST	3.6
DENSIDAD, GR/CM3	0.856
PRESION DE VAPOR, PSI	137.5 @ 85°F

Tabla 29.- Propiedades del Diesel 2 a la Temperatura de Transporte.

Fuente: Laboratorio de Calidad – Terminal Pascuales

Con el caudal escogido y demás características, se procede a buscar la bomba con la ayuda del programa PSS, Pump Selection System de La compañía Goulds Pumps, debido a que asiste de una manera sencilla a la selección de una bomba para servicios particulares.

El estándar más aplicado para bombas de servicios petroleros es la norma API 610, que incluye el transporte de fluidos por

ductos. La cabeza dinámica usada es igual a 1500 pies, con esta información más las propiedades del fluido se ingresa a la ventana de criterio del programa como se muestra en la figura 4.1.

The screenshot shows the 'Criteria' tab of the Pump Selection System software. The interface is divided into several sections:

- Basic Criteria:** Includes input fields for *Flow (4550.0 gpm), *Total Dynamic Head (1500.0 ft), Cycles (60Hz), Suction Pressure (psi g), Max Suction Pressure (psi g), and Ambient Temp (deg F). A 'Run Slurry Correction Process' button is also present.
- Liquid Properties and Operating Conditions:** Includes Name (Diesel 2), Item No (ITEM 001), Sp.Gr. (0.856), NPSHa (ft), Viscosity (3,600 cp), Temp(R) (85.0 deg F), Vapor press. (137.50 psi abs), and Service (Principal). Radio buttons for 'Lethal or Toxic' and 'Non Hazardous' are also shown.
- Optional Selection Criteria:** Includes % Headrise to Shut Off min to max, Nss less than (gpm(US) ft), Allow Near miss selections, Operating Point to be % BEP min to max, Impeller diam (No constraint), Max NPSHr Margin %, and Max. Allowable Shut Off Pressure (psi g).
- Speed and Model Selection:** A list of speeds (3600, 1800, 1200, 900, 720, 600, 515, 450) and a table of models are shown. The 3600 RPM model is selected, and the API BB3 model is highlighted in the table.

*Speed:	*Models
<input checked="" type="checkbox"/> 3600	<input type="checkbox"/> 3420 Double Suction, Impeller Between Bearing, Horizontal
<input type="checkbox"/> 1800	<input type="checkbox"/> 3498 Double Suction, Impeller Between Bearing, Horizontal
<input type="checkbox"/> 1200	<input checked="" type="checkbox"/> 3600 API BB3 Impeller Between Bearing, Horizontal Split Ca
<input type="checkbox"/> 900	<input type="checkbox"/> 3610 API BB1 Impeller Between Bearing, Horizontally Split, S
<input type="checkbox"/> 720	<input type="checkbox"/> 3620 API BB2 Impeller Between Bearing, Radially Split, Sing
<input type="checkbox"/> 600	<input type="checkbox"/> 3640 API BB2 Impeller Between Bearing, Radially Split, 2 sta
<input type="checkbox"/> 515	<input type="checkbox"/> 3655 Overhung Impeller, Horizontal, General Purpose, Clos
<input type="checkbox"/> 450	<input type="checkbox"/> 3700 API OH2 Overhung Impeller, Centerline Mounted

Figura.4.1.- Ventana de criterio de Pump Selection System

El programa usa la información ingresada para seleccionar de su base de datos una bomba cuya curva contenga el punto de operación requerido.

Se tuvo algunas consideraciones al realizar la selección de la bomba siguiendo las recomendaciones de fabricantes, tales como:

- Eficiencia superior al 75%
- Punto de Funcionamiento Óptimo (BEP), entre el 80%–110%.
- A mayor potencia requerida más alto el costo del equipo y su consumo energético.

PSS - US Item # ITEM 001

File Actions Settings Help

Items Criteria Results Curves

Criteria Results PumpSmart Calculator

Criteria Match for Q = 4550.0 gpm, H = 1500.0 ft 8 Pump Sizes Found

Add By Model

Models	Size	Speed
3910	1X1.5-8	360
3935	2.5X3-8	360
3996	1.5X2-11	360
5500	1.5X2-8	360
5500S	1X1.5-6	360
7200CB	1.5X3-6	360
9100	1X1-5	360
9800	1X1-8	180
AF		

Add By Curve No

Curve No:

Add

Model	Type	Group	Size	Stg No	RPM	Feature	%BEP	Power	Eff	NPSHr	Nss	Ns	%Shutoff	Dia	Min Dia	Max Dia	Consis
<input checked="" type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		8x10-13D	3	3570	Goulds S...	112,00	1.813,6	82,0	46,5	10.990	1.820	38,4	12.9063	10,0000	13,3800	
<input checked="" type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		8x10-13D	3	3570	API Clear...	112,00	1.855,0	80,0	46,5	10.990	1.820	38,4	12.9063	10,0000	13,3800	
<input type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		10x12-15...	2	3570	Goulds S...	85,00	1.889,0	78,0	29,3	10.453	1.610	13,2	13.8750	12,1640	15,5000	
<input type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		10X12-17...	2	3560	Goulds S...	102,00	1.840,0	80,0	37,4	10.922	1.290	18,2	15.1250	14,0000	17,5000	
<input type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		10x12-15...	2	3570	API Clear...	85,00	1.915,5	77,0	29,3	10.453	1.610	13,2	13.8750	12,1640	15,5000	
<input type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		10X12-17...	2	3560	API Clear...	102,00	1.875,1	78,5	37,4	10.922	1.290	18,2	15.1250	14,0000	17,5000	
<input type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		10x12-14...	3	3570	Goulds S...	104,00	1.870,7	79,0	36,7	10.945	1.183	28,1	12.5313	11,0000	14,5000	
<input type="checkbox"/> 3600	Multi-Stage		10x12-14...	3	3570	API Clear...	104,00	1.902,6	77,5	36,6	10.945	1.183	28,1	12.5313	11,0000	14,5000	

10x12-14.5AD

Select All Select None View Selected Remove Selected Remove Unselected Done Copy to Excel

Figura.4.2.- Ventana de Resultados de Pump Selection System

Estos criterios llevaron a la Bomba centrífuga de Goulds Pumps modelo 3600, tamaño 8x10 – 13 D.

Caudal Max. GPM	Caudal Max. BPH	TDH ft	RPM	%EF	POT HP	%BEP
4550	6500	1500	3557	83	1800	112

Tabla 30.- Características Hidráulicas de la Bomba Seleccionada.

Elaboración Propia

En la figura 4.3, se muestra la curva de trabajo de la bomba escogida, las líneas punteadas indican el punto de funcionamiento óptimo del equipo, se observa además que el diámetro del impulsor requerido es de 12.906 pulgadas.

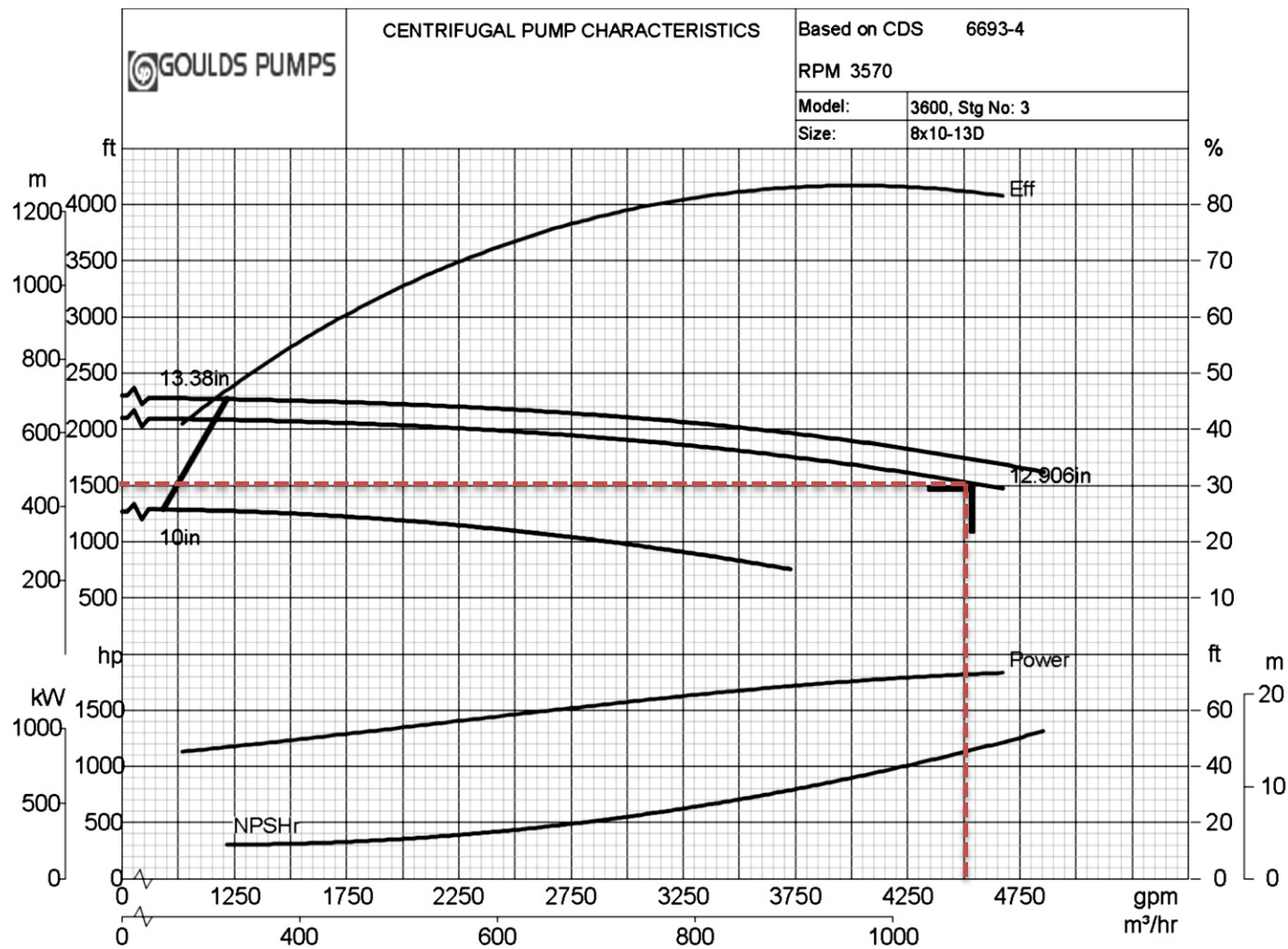


Figura 4.3.- Curva de Trabajo de la Bomba Seleccionada.

4.2. Análisis de Escenarios

Conociendo las características hidráulicas de la bomba, se procede a analizar su rendimiento en los diferentes escenarios planteados como sigue:

Escenario 1: Tubería actual de 12 pulgadas

Escenario 2: Tubería nueva de 14 pulgadas

Escenario 3: Tubería nueva de 14 pulgadas y actual de 12 pulgadas en tramos específicos

Para empezar, de la geometría de la tubería se deben conocer la longitud del ducto, el perfil del ducto; que facilitará los puntos que oponen mayor resistencia, en este caso, que presenten mayor elevación y las cotas en los extremos de estudio “z” y por último las características de la tubería.

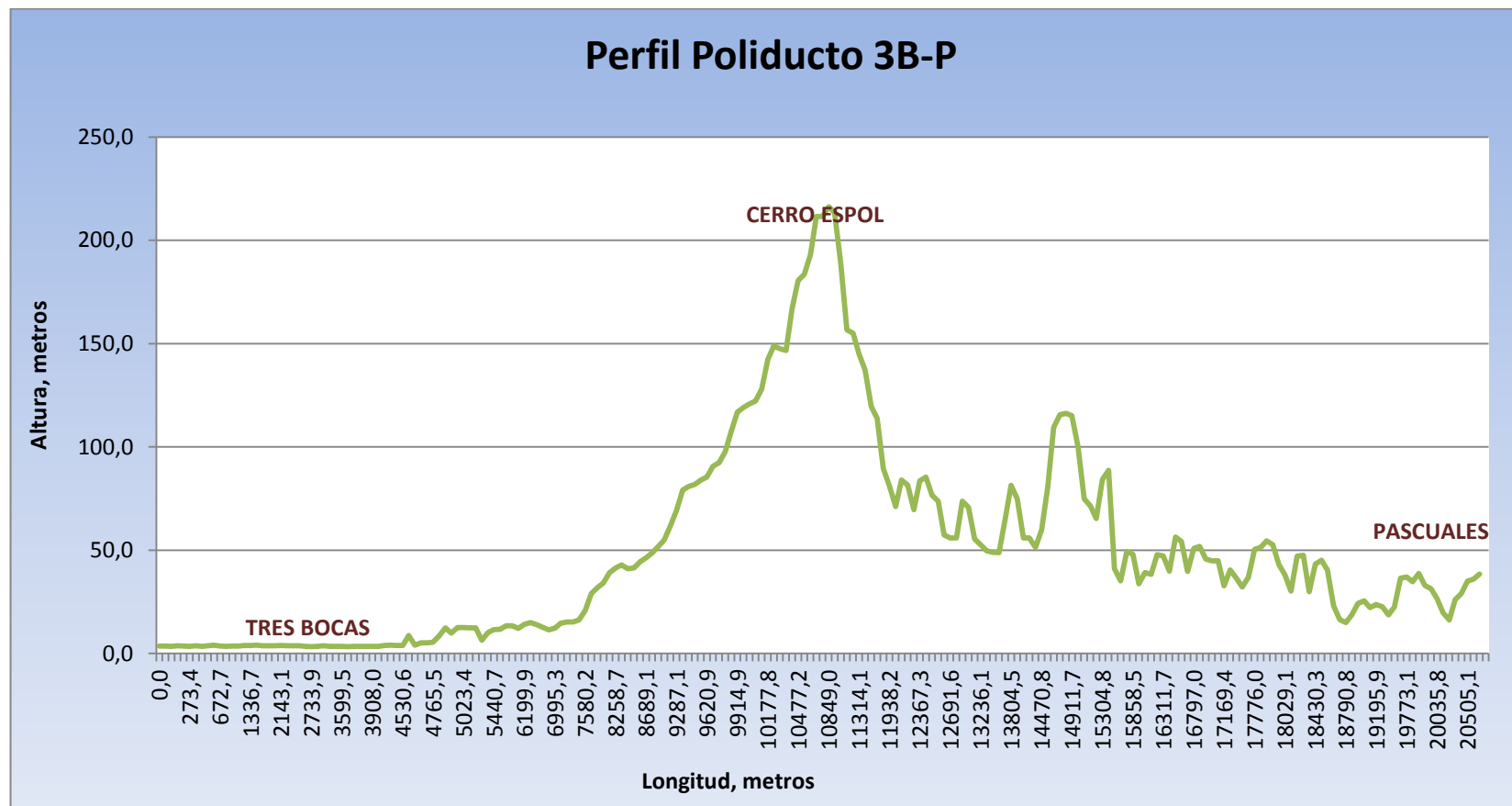


Figura 4.4- Perfil del Poliducto Tres Bocas – Pascuales

Elaboración Propia

Fuente: Gerencia de Proyectos

Punto de salida	Tres Bocas(0 km; 0 m)	Temp media de salida: 88 grados F.
Punto de llegada	Pascuales(20,6 km; 37m)	Temp media de llegada: 82 grados F
Punto más alto	Cerro de la ESPOL (10,837 Km; 216,20)m	
Longitud hidráulica (km)	20,6	
Diámetro Nominal (pulg)	12	Diámetro exterior: 12,750 pulgadas.
Diámetro Interno (Pulg)	12,094	
Especificación del acero de tubería	API-5L- X52	Esfuerzo de fluencia 52 000 psig
Espesor Nominal de pared (pulg)	0.219	

Tabla 31.- Características del Poliducto Tres Bocas - Pascuales

Fuente: Reporte de Inspección Interna de la tubería – T.D. Williamson

Para los otros dos escenarios de estudio se emplearán las características de una tubería de acero al carbono de 14 pulgadas de diámetro nominal, con sus propiedades inalteradas.

Diámetro nominal	Diámetro Interior	Cédula	Grado	MOP, PSI
14	13,123	40	X52	1487

Tabla 32.- Características físicas Tubería de 14 PUL.

Fuente: Norma API 5L

El programa EPANET, permite realizar una simulación del comportamiento hidráulico de redes de distribución sometidas a presión. Las simulaciones realizadas con Epanet servirán para obtener un perfil de presiones a lo largo de la línea para cada escenario planteado, de esta forma se podrá verificar un criterio de diseño de Oleoductos y Poliductos que establece que, para ductos cortos la presión de descarga siempre será la mayor y esta no debe sobrepasar la Máxima presión de operaciones de la tubería, conocido como criterio MOP.

EPANET, principalmente se usa en diseños de redes de agua, pero presenta la posibilidad de cambiar las propiedades del fluido extendiendo su versatilidad. El programa solicita el ingreso de las propiedades del fluido, características de la tubería, valvulería, método para determinar las pérdidas de energía, (Darcy – Weisbach), y características de la bomba.

El patrón de tiempo que se introdujo en el programa corresponde a la descarga de un buque de 50000 barriles de capacidad. El caudal de 4550 GPM ó 6500 BPH, se mantuvo constante para cada uno de los escenarios a simular con

Epanet, con la finalidad de observar el comportamiento del sistema y cumplir con el criterio MOP.

Los resultados obtenidos con EPANET a pesar de ajustarse bastante a la realidad deben ser corregidos, esto debido a las limitaciones del programa. Existe una inexactitud de las longitudes ingresadas para cada tramo de tubería, además, las pérdidas de presión debidas a los cambios de dirección, influyen directamente en las presiones de descarga por lo que deben ser consideradas a totalidad.

Por este motivo se realizó una corrección de los parámetros obtenidos con el software empleando una hoja de cálculo. A continuación se citan las ecuaciones más importantes que fueron usadas y el procedimiento de obtención se presenta en el Anexo 9

- **Factor de Fricción**

Se usó la ecuación de *White–Colebrook*, esta se aplica para flujo en régimen turbulento según los números críticos de Reynolds.

Ecuación 1

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3,7 d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

- **Pérdidas por fricción**

La ecuación de Darcy-Weisbach se utiliza para realizar los cálculos de flujos en las tuberías.

Ecuación 2

$$h_f = f \frac{Lv^2}{2dg}$$

Ecuación 3

$$h_f = 0,0826 f \left(\frac{Q^2}{d^5} \right) L$$

- **Pérdidas secundarias**

Las pérdidas por accesorios se consideran mínimas debido a que todas las válvulas instaladas se encuentran totalmente abiertas, además dependen de la velocidad media del fluido en la tubería

$$\text{Ecuación 4} \quad h = k \frac{v^2}{2g}$$

- **Pérdidas por cambio de dirección**

Las desviaciones a considerar se encuentran en el Anexo 11, se determinaron con la ayuda del trazado el poliducto y el perfil longitudinal del mismo, Anexo 10

$$\text{Ecuación 5} \quad k = 0,946 \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2} + 2,047 \operatorname{sen}^4 \frac{\alpha}{2}$$

- **Bernulli**

La ley principal de la mecánica de fluidos.

$$\text{Ecuación 6} \quad \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + Z_B + h_l$$

4.2.1. Tubería actual de 12 Pulgadas

En este escenario se hace uso de la tubería actual instalada del Poliducto, tiene una MOP igual a 1333 Psi, ésta limitación se debe a las bridas y accesorios que se encuentran bajo la norma ANSI 600.

La simulación de este escenario con EPANET, Anexo 12, muestra las presiones que se tienen a lo largo del poliducto manejando el caudal de 4550 GPM, La presión en la descarga se calcula en alrededor de 993 PSI y en el arribo a Pascuales en 37 PSI.

La presión en la cima del cerro de la ESPOL, se encuentra por los 284 PSI en promedio.

4.2.2. Tubería nueva de 14 Pulgadas

El incremento del diámetro nominal de la tubería se contempla entre las alternativas de repotenciación, dado que el diámetro influye directamente en el caudal transportado.

Se considera que al tener una tubería nueva las pérdidas por fricción se reducen. Las pérdidas por singularidades y accesorios se mantienen, es decir se conserva el recorrido original del Poliducto y la disposición de las válvulas. La tubería conservará las mismas especificaciones de fabricación que la instalada, y los

accesorios se Regirán a la Norma ANSI 800 lo que permite una MOP de 1487 PSI.

La simulación para los 4550 GPM, Anexo 13, presentó que la presión en la descarga no sobrepasa los 488 PSI y en el arribo 26 PSI. En el punto más alto arroja una presión promedio de 45 PSI.

4.2.3. Tubería nueva de 14 y actual de 12 Pulgadas en Tramos Específicos.

La Tercera alternativa plantea la posibilidad de instalar un tramo de tubería de 14 pulgadas al arranque del Ducto con una longitud que será determinada de tal forma que la presión en el punto de reducción, P_c , sea capaz de admitir el ascenso del producto al punto más alto registrado en el perfil, 216.2 metros.

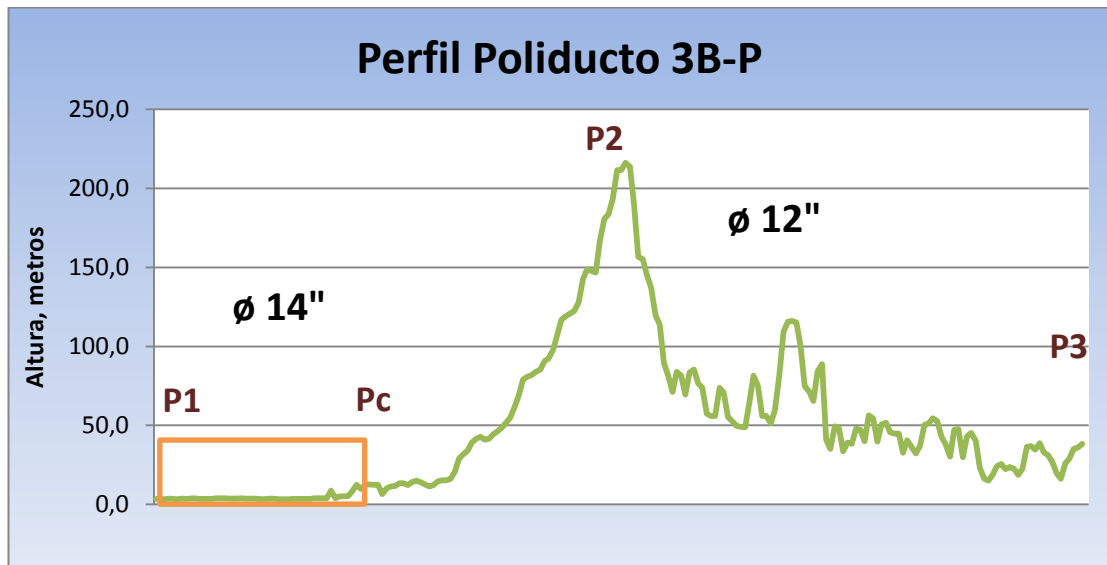


Figura 4.5.- Puntos de Análisis en Escenario 3 del Poliducto 3B-P

Fuente: Inspección Interna Poliducto Tres Bocas – Pascuales, TD Williamson.

Para usar el criterio MOP para este escenario, se empleara la presión mínima que el ducto soporta, en este caso la misma presión de la tubería actual de 12 pulgadas, 1333 PSI

Con la ayuda de una hoja de cálculo se determinó que la longitud del tramo de 14 pulgadas; P1-Pc, sería de 5500 metros. Los restantes 15100 metros de tubería se mantendrían con la tubería actual de 12 pulgadas. Los

resultados de este escenario, Anexo 14, arrojan que la presión en la descarga es de 855 PSI, en el arribo 39 Psi aproximadamente y en el punto más alto 293 PSI

4.3. Análisis de Resultados

Las simulaciones realizadas para cada uno de los sistemas se presentan dentro de los parámetros de presión permisibles, las presiones se incrementaron pero continúan por debajo de la MOP.

Realizando una comparación con los resultados obtenidos en la simulación presentada en el capítulo 2, condiciones Actuales, se puede determinar que las presiones de descarga se incrementaron un 117% para la tubería actual, 11% para la tubería de 14 pulgadas y un 89% para la combinación de diámetros.

En la tabla 33, Se procede a realizar el ajuste de los resultados obtenidos con Epanet.

CAUDAL	ESCENARIO	DIÁMETRO	PRESIÓN DE	VELOCIDAD	PERDIDAS	MOP	HOLGURA DE
			DESCARGA	MEDIA DEL	TOTALES		PRESIÓN CON
BBL/h		PULGADAS	PSI	m/s	m	PSI	RESPECTO A
							LA MOP
6500	1	12	1009,42	3,68	771,5	1333	323.58
	2	14	709,05	3,13	524,8	1487	777.95
	3	12-14	930,12	3,40	706,4	1333	402.88

Tabla 33.- Corrección de resultados

Elaboración Propia

Nuevamente se cumple la condición de la presión de operaciones, a pesar de que son mayores a las obtenidas anteriormente las presiones en todos los escenarios se encuentran por debajo de la MOP

En todas las corridas se aprecia que la velocidad media del fluido para los parámetros escogidos se encuentran entre los 0.5 y 3 metros por segundo, en unidades inglesas corresponden a 1.64 y 9.84 pies por segundo respectivamente, encontrándose dentro de lo recomendable para líneas de trabajo a presión por la influencia de la velocidad del fluido en la fricción, lo que incrementa las pérdidas de energía del sistema.

Las pérdidas son notablemente mayores en los diseños que utilizan la tubería instalada de 12 pulgadas, lo que se justifica con su edad y un factor de fricción más alto. Otra causa para esta diferencia es la velocidad del fluido transportado, pues esta varía inversamente al cuadrado del diámetro interno de la misma. De esta forma se puede apreciar en la tabla 33 de resultados que las pérdidas totales son mayores en la primera propuesta, disminuyen significativamente en el segundo arreglo con 14 pulgadas y la última alternativa por presentarse como una combinación posee valores intermedios.

Las variaciones en porcentaje con respecto a la presión máxima de operaciones se calculan a continuación:

P Simulada	P corregida	MOP	%Dif/MOP
980	1009,42	1333	24,27
488	709,05	1487	52,32
850	930,12	1333	30,23

Tabla 34.- Diferencias Porcentuales de las Presiones Corregidas con respecto a la MOP.

Elaboración Propia

Los resultados de las simulaciones para estas corridas se encuentran en los Anexos 12 - 14. Con seguridad se podría decir que la presión en ningún sector del Poliducto va a ser superior a la registrada en la descarga.

Los tres escenarios se prestan para usar el equipo seleccionado que ofrece un caudal de 6500 barriles por hora establecido al inicio de este capítulo. Sin embargo, el segundo escenario presenta presiones muy por debajo de la máxima permisible, lo que indica que el caudal que este sistema podría operar es mucho mayor al sugerido.

Con un proceso similar de cálculo al usado en el Anexo 9, se realizó la estimación del caudal máximo que podría manejar la línea y se fija en los 9400 barriles por hora, el sistema de bombeo con lo que se tendría un presión en la descarga de 1400 PSI aproximadamente, este escenario sobrepasa los requerimientos actuales y futuros de la estación presentados en la Tabla 28.

Otra negativa para este escenario es el volumen de llenado de la tubería o empaquetado, ya que se perdería de transferir a Pascuales un volumen significativo de producto.

El escenario número 3 también se presenta como una buena opción pues se puede manejar el caudal propuesto y las presiones en la línea son aceptables al criterio MOP.

4.4. Análisis Económico - Energético

Lo económico también es un criterio importante para la selección y ejecución de un proyecto para la empresa pública, debido a que los costos invertidos no se recuperan con el cobro de un servicio, los beneficios son prácticamente de interés social.

El análisis económico para la selección de tuberías involucra los siguientes criterios:

- El valor neto de construcción
- Características de la tubería

- Costos de instalación
- La inversión en los equipos de bombeo
- Demanda futura de combustibles
- Costos de mantenimiento de línea y equipos
- Volumen de llenado de la línea

No es difícil distinguir entre las alternativas que se plantean la más costosa en términos de inversión. En la tabla 35 se presenta un balance de los costos referenciales a invertir en cada opción. Se incluyen los costos de la tubería, la bomba a instalarse y la valvulería. Otros rubros son también considerados como la obra civil y la mecánica dentro de las más relevantes.

Dentro de la obra civil se incluyen precios por cimentación del área de bombas, topografía, la apertura de la zanja e instalación de la tubería en sitio, tapado de la zanja, adaptación de la tubería al terreno, soldadura, cruces de vías, asfaltado, instalación de válvulas de retención, calibración de la tubería, y lo concerniente a las pruebas hidrostáticas.

La obra mecánica estaría conformada por la instalación de la bomba y válvulas en superficie.

	Esc 1	Esc 2	Esc 3
<i>Tubería</i>	0	6.000.000	1.300.000
<i>Bomba</i>	600.000	600.000	600.000
<i>Valvulería</i>	0	29.0000	90.000
<i>Obra civil</i>	150.000	20.000.000	6.000.000
<i>Obra mecánica</i>	48.000	90.000	90.000
<i>Total</i>	798.000	26.980.000	19.780.000

Tabla 35.- Costos de Inversión por Escenario

Elaboración Propia

La alternativa más económica es la que no requiere del cambio de la tubería, uno de los costos más altos. A continuación se presentan los cálculos de energía requeridas por el equipo siguiendo el diagrama de Sankey, presentado en el Anexo 15.

La tabla 30 muestra la potencia de la bomba escogida en su máximo punto de eficiencia en 1800 HP; esta es la potencia hidráulica, es decir, la transferida al flujo. Transformado a Kilowatios se tiene 1343 KW.

De aquí la potencia que se requiere en el eje del motor con una eficiencia del 83% es:

$$P_{eje} = \frac{1343}{0,83} = 1617,83 \text{ KW}$$

Como dato adicional el programa Pump Selection System provee la eficiencia del motor eléctrico, para este caso en particular la eficiencia es del 95%, por lo tanto la potencia requerida por el motor debe ser:

$$P_{consumida} = \frac{1617,83}{0,95} = 1702,98 \text{ KW}$$

Esto revela que la Terminal de bombeo debe poseer una Estación Eléctrica de por lo menos 1703 Kilovatios de potencia. Con esto, se podrían calcular los costos de operación de la estación. En la primera sección se determinó el caudal y por lo tanto el tiempo de descarga de un buque de 50000 barriles de capacidad. La descarga se realizaría en 7,7 horas con la nueva

bomba, asumiendo un costo de 0,08 centavos para el kilovatio hora:

$$\begin{aligned} \text{Energía consumida} &= 1703KW \times 7,7 h \times 0,08 \frac{ctv}{KWh} \\ &= 1049,03 USD \end{aligned}$$

Para conocer el costo de operación de los grupos de bombeo actuales debe conocerse la cantidad de combustible que estos requieren por descarga, este es aproximadamente de 500 galones en promedio para cada descarga de 14 horas. Si se considera el precio del galón de diesel al mercado nacional actual, 0,90 centavos de dólar, el costo por operación de descarga resulta en:

$$\text{costo de operación} = 500 Gal \times 0,90 \frac{USD}{Gal} = 450 USD$$

Ahora, el precio para el sector eléctrico de diesel se encuentra subvencionado por el estado en casi un 80%, si se estima el costo real de operaciones sin subsidio, se tiene:

$$\text{costo de operación} = 500 \text{ Gal} \times 4,37 \frac{\text{USD}}{\text{Gal}} = 2185 \text{ USD}$$

El ahorro por descarga tomando el costo de operación sin subsidio sería de 1135.96 USD por descarga. La tabla 36 muestra el ahorro anual en dólares calculado para el volumen proyectado a descargar en la Estación Tres Bocas.

Con lo anteriormente expuesto se decide que la alternativa más conveniente para alcanzar la repotenciación del Poliducto Tres Bocas – Pascuales se obtuvo con el primer escenario de análisis, este es, la bomba seleccionada y la tubería actual instalada de 12 pulgadas.

	Volumen (Bbl)	Ahorro USD	Ahorro Acumulado, USD
2008	10014010,88	227511,31	
2009	13048325,00	296448,80	
2010	16359203,00	371669,63	
2011	19601000,00	445320,99	445320,99
2012	18646011,00	423624,31	868945,29
2013	19283762,00	438113,56	1307058,85
2014	20482866,00	465356,36	1772415,22
2015	22256998,00	505663,40	2278078,62
2016	23183347,46	526709,41	2804788,03
2017	23815510,56	541071,71	3345859,74
2018	24387371,64	554064,00	3899923,74
2019	24909439,90	565925,02	4465848,76
2020	25389696,14	576836,11	5042684,87
2021	25834343,98	586938,19	5629623,06
2022	26248301,21	596343,01	6225966,08
2023	26635532,33	605140,63	6831106,71
2024	26999280,06	613404,73	7444511,44
2025	27342230,55	621196,32	8065707,76
2026	27666633,87	628566,54	8694274,29
2027	27974393,64	635558,62	9329832,92
2028	28267134,63	642209,49	9972042,41
2029	28546254,72	648550,91	10620593,32
2030	28812965,30	654610,38	11275203,70

Tabla 36.- Ahorro Anual en Dólares para Volúmenes Proyectados.

Elaboración Propia

A continuación se resumen las nuevas características del sistema:

Bomba centrífuga**Etapas:** 3**Velocidad mínima:** 2000 RPM**Velocidad Máxima:** 3600 RPM**Tamaño:** 8 x 10 Pul**Diámetro Impeller:** 12.91 Pul**Caudal máximo:** 4550 GPM**TDH:** 1500 FT**Potencia Hidráulica:** 1800 HP**Motor Eléctrico****Potencia:** 1703 KW**Eficiencia del motor:** 95%**Diámetro de Tubería:** 12 Pul**MAOP:** 1333 PSI***Presión en la descarga: 1084 PSI***

La inversión realizada para esta opción se calculó en 790173 USD, la recuperación de la misma se alcanzaría en máximo 2 años de ejecutado el proyecto. Esto solo con respecto al ahorro que se alcanzaría en cuanto a energía.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. Cambio de los Grupos de Bombeo

Luego de analizar el contexto de los equipos actualmente instalados en la Estación, se concluye que, su utilización para proyectos futuros no satisface los requerimientos de la Terminal Tres Bocas, pues las condiciones mecánicas de los motores son poco confiables; por lo que, el cambio de los grupos motor – bomba es necesario siempre que se piense en repotenciar el Poliducto, es decir, incrementar la tasa de flujo.

Las proyecciones realizadas demostraron que el caudal de diseño, únicamente alcanzado cuando los grupos P100 – A y P100 – B actúan juntos, es suficiente para suplir las necesidades de bombeo de la Terminal Marítima Tres Bocas

hasta el año 2024; sin embargo la propensión a falla de las fuentes motoras es alta, y esto llega a incrementar el tiempo de descarga de un buque promedio en un 50%, hasta 18 horas motivo con el que se soporta el principal interés de este trabajo.

5.1.2. Disminución de los Tiempos de Transferencia

El propósito principal de este estudio se resume en la disminución de los tiempos de descarga de los productos que arriban a la Estación de bombeo Tres Bocas para poder soportar una mejor planificación Operativa de las mismas.

Se consideró una reducción del 40% en los tiempos efectivos de descarga (sin considerar los tiempos de maniobra y fiscalización del Buque) con esto se asegura el ingreso de un segundo buque para maniobrar en el canal del Terminal Tres Bocas sin correr ningún riesgo, antes de las 18h00 según las disposiciones de la Dirección Nacional de Espacios Acuáticos.

Se seleccionó con base en las proyecciones la nueva tasa de bombeo de 6500 barriles por hora, para cumplir con la reducción antes propuesta.

5.1.3. Selección del Nuevo Equipo de Bombeo

La bomba seleccionada posee una unidad motora externa de tipo eléctrico de 1703 KW de potencia aproximadamente, esto significa un incremento en la potencia de las fuentes de apenas el 4%, ya que la estación cuenta con dos motores de combustión interna operativos en la actualidad de 1000 HP y 1200 HP respectivamente.

5.1.4. Selección de Escenarios

Debido a que la tubería instalada no presenta serias averías, se selecciona el escenario 1 para el plantear el sistema de transporte para productos limpios, además en la comparación económica de ejecución de escenarios es la alternativa más económica. Su costo referencial estaría por los 790 000 dólares, vale enfatizar, que existen costos que no han sido contemplados.

La presión Máxima de operaciones para la tubería seleccionada se encuentra en los 1333 PSI, mientras que la presión de descarga calculada con el nuevo equipo se encuentra por los 1009.42 PSI, un 24,3% por debajo de la MOP lo que permitiría operar de manera segura.

Las simulaciones realizadas con Epanet demuestran que la presión a lo largo del ducto no supera la presión máxima admisible de la tubería, con lo que se tendría otro factor para realizar las descargas de manera segura, considerando que el ducto atraviesa una zona de alta densidad poblacional.

La presión en el punto más alto del recorrido con el sistema seleccionada se encuentra bordeando los 284 PSI, valor superior a la presión de vaporización del combustible, 137.5 PSI a la temperatura de transporte, lo que asegura que el producto llegue a la cúspide y libera de problemas a los grupos de bombeo.

El escenario numero 2 brinda condiciones de operación que sobrepasan los requerimientos de la Estación, esto aplicando el criterio de la MOP, es decir aprovechando la capacidad de admisión de presión que brinda la tubería.

Siguiendo los criterios económicos de selección de tubería para oleoductos no sería viable la utilización de un caudal menor pues la tubería quedaría subutilizada.

5.1.5. Análisis Económico - Energético

Con el equipo seleccionado se consume apenas 1049 USD por descarga durante las 7.7 horas de descarga de un buque, contando con un costo de 0.08 centavos el kilovatio hora. Mientras que con los grupos actuales el costo de operación se eleva a 2185 USD por descarga con un galón de Diesel de 4,37 USD, correspondiente al precio internacional.

La inversión en el proyecto de repotenciación se podría recuperar en un tiempo máximo de dos años, solo contando con el ahorro en términos de energía

calculados anteriormente. Las inversiones a realizar en proyectos como este se encuentran justificados dado el valor estratégico de este Terminal en específico.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Mejoramiento de las Redes de Distribución

Nacionales

El fortalecimiento de las redes nacionales de distribución de hidrocarburos crudos o refinados es importante dado su valor estratégico para la economía del país. Los costos de transporte por tubería son inferiores a los obtenidos con el transporte por vía terrestre, permitiendo realizar otro análisis económico para sustentar la inversión en proyectos de este tipo.

Otra opción para incrementar el rendimiento de la Estación de bombeo Tres Bocas es el incremento de la tasa de bombeo usando un ducto paralelo. Dado que proyectos como la construcción del almacenamiento en tierra de GLP en Monteverde, descongestionaría la Terminal Marítima Tres Bocas, dejando un muelle

disponible para su utilización en la descarga de productos limpios, cabría realizar un estudio de factibilidad.

Los costos por maniobras de traslado de producto por medio de Alijes es costosa, se debe estudiar la posibilidad de permitir el ingreso de los buques internacionales al Terminal, construyendo un muelle hacia donde las condiciones de fondo marino sean beneficiosas o realizar el dragado del canal.

5.2.2. Proyecciones Nacionales y Regionales

Las proyecciones realizadas fueron basadas en los datos estadísticos de la empresa, sin embargo podría ser necesario realizar un ajuste ya que no se contemplaron imprevistos como estiajes o descenso en la producción de combustible para las termoeléctricas.

5.2.3. Cambio de los Grupos de Bombeo

Se recomienda el cambio de los grupos de usando una fuente externa del tipo eléctrico para entrar en las

consideraciones ambientales que la zona demanda por tratarse de una reserva. Actualmente se encuentran en construcción una serie de proyectos hidroeléctricos que permitirían obtener energía eléctrica más barata. Con esto se soporta los resultados obtenidos en ahorro por descarga presentados.

5.2.4. Escenario Escogido

EL sistema con la tubería de 12 pulgadas propuesto, fue escogido en términos económicos. Sin embargo se recomienda analizar la posibilidad de cambiar la tubería a un diámetro mayor en años posteriores, ya que la tasa de corrosión no fue especificada para la tubería actual y esta posee ya 28 años en operaciones.

Un nuevo estudio de integridad de la tubería debería realizarse una vez se concluyan todos las reparaciones recomendadas con el informe presentado en el año 2009 por la compañía TD williamson.

El cambio de los motores mecánicos se debe realizar para cumplir con las regulaciones ambientales que la zona demanda.