

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA EQUIPOS DE BOMBEO CENTRÍFUGOS EN UNA  
ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LA UNIDAD DE  
EXPLOTACIÓN PETROLERA - LOTE 1AB**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**LUIS ÁNGEL LÓPEZ BUSTAMANTE**

PROMOCION 1999-I

LIMA - PERU

2002

A mis padres  
Por su constante e  
inquebrantable apoyo:  
A Dios  
Por todas estas maravillosas  
oportunidades.

A mis padres  
Por su constante e  
inquebrantable apoyo;  
A Dios  
Por todas estas maravillosas  
oportunidades.

# ÍNDICE

	PAG.
PRÓLOGO	1
INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivo	4
1.2 Alcances	4
CAPITULO 2	
<b>FUNDAMENTO TEORICO</b>	
2.1 Fundamentos básicos de la extracción y producción de petróleo	
2.1.1 Origen del Petróleo	5
2.1.2 Localización del Petróleo	9
2.1.3 Tipos de Crudo Peruano	13
2.2 Unidades de Procesos de Explotación Petrolera	14
2.3 Equipos de Bombeo relacionados a procesos en plantas de producción petrolera	14
2.4 Equipos de Bombeo Hidráulico	15
2.4.1 Definición	15

# ÍNDICE

	PAG.
PRÓLOGO	1
INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivo	4
1.2 Alcances	4
CAPITULO 2	
<b>FUNDAMENTO TEORICO</b>	
2.1 Fundamentos básicos de la extracción y producción de petróleo	
2.1.1 Origen del Petróleo	5
2.1.2 Localización del Petróleo	9
2.1.3 Tipos de Crudo Peruano	13
2.2 Unidades de Procesos de Explotación Petrolera	14
2.3 Equipos de Bombeo relacionados a procesos en plantas de producción petrolera	14
2.4 Equipos de Bombeo Hidráulico	15
2.4.1 Definición	15

2.4.2	Clasificación General	15
2.4.3	Bombas de Desplazamiento Positivo	17
2.4.4	Bombas Dinámicas	18
2.4.4.1	Bombas Centrífugas	18
2.4.4.2	Bombas de Flujo radial	18
2.4.4.3	Bombas de Flujo Mixto	19
2.4.4.4	Bombas de Flujo Axial	20
2.4.5	Clasificación según su configuración	21
2.4.5.1	Tipo en voladizo	21
2.4.5.2	Tipo entre rodamientos	22
2.4.5.3	Verticalmente suspendida	23
2.4.6	Componentes principales de las bombas centrífugas	25

### CAPITULO 3

#### ANÁLISIS SITUACIONAL DEL LOTE 1 AB

3.1	Breve reseña histórica del Lote 1AB	26
3.2	Visión de Operación del Lote 1AB	27
3.3	Misión de Operación del Lote 1AB	27
3.4	Actividades en el Lote 1AB	28
3.5	Producción Petrolera Histórica en el Perú	29
3.6	Producción Petrolera del Lote 1AB	30

3.7	Ubicación geográfica del Campamento Petrolero	31
3.8	Estructura del Lote 1AB – Unidades de Negocio	34
3.9	Unidades de Negocio - Operación	36
3.10	Estación de Producción Dorissa	36

#### CAPITULO 4

### **ANÁLISIS SITUACIONAL DEL MANTENIMIENTO EN EL LOTE 1AB**

4.1	Ubicación del Mantenimiento dentro del Diagrama Organizativo de la Empresa	43
4.2	Sistema Integral Computarizado de Mantenimiento	43
4.2.1	Estructura del Sistema de Mantenimiento	44
4.2.2	Modelo Integral del Sistema de Mantenimiento	45
4.3	Inventario de Equipos de Bombeo Centrífugos	46
4.4	Información del Inventario de Equipos de Bombeo Centrífugos	46
4.4.1	Numero de Identificación	47
4.4.2	Caudal	47
4.4.3	Altura dinámica Total	47
4.4.4	Potencia del Motor Eléctrico	47

## CAPITULO 5

### **IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

5.1	Equipos de Bombeo en la Estación Dorissa	48
5.2	Sistemas de criticidad para los equipos de bombeo centrífugo de la estación Dorissa	49
5.3	Frecuencias de inspección del mantenimiento preventivo	53
5.4	Inspecciones del mantenimiento	54
5.5	Inspecciones del mantenimiento preventivo	55
5.6	Procedimientos de tipos de inspección	57
	5.6.1 Inspección rutinaria o semanal	57
	5.6.2 Inspección de 6 meses o 4000 horas	63
	5.6.3 Inspección bianual o cada 16000 horas	65
5.7	Tiempos asignados a cada tipo de inspección	68
5.8	Reportes de inspección	68
5.9	Kit de Repuestos Básicos	69
5.10	Sistema Computarizado de Mantenimiento	70

## CAPITULO 6

### **ANÁLISIS ECONOMICO**

6.1	Costo del mantenimiento actual	71
6.2	Costo del mantenimiento preventivo implementado	71
	6.2.1 Costos de mano obra	72



6.2.1.1	Número total de horas dedicadas al mantenimiento preventivo	73
6.2.2	Costos de repuestos	76
6.3	Resumen económico	79
	<b>CONCLUSIONES</b>	80
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	82
	<b>PLANOS</b>	84
	<b>APÉNDICE</b>	86

## PRÓLOGO

La Industria del Petróleo, es una de las más importantes actividades productivas desarrollada por el hombre. Su influencia e interacción resulta marcada en el Sistema Económico – Energético a nivel mundial.

En tal sentido, en los primeros capítulos del presente informe, doy un enfoque global de la actividad petrolera de los últimos años, en el Perú, así como también los volúmenes de producción histórica de la Unidad de Explotación Petrolera Lote 1ab. Ambas visualizaciones se ambientan en el mismo periodo de tiempo, para tener un marco referencial que muestre la importancia de la producción del Lote 1AB en el Perú.

Luego, continuo con una breve y concreta descripción de la actual Gestión de Mantenimiento, del Sistema Integral computarizado de Mantenimiento, para proseguir con una clara Implementación del Sistema de Mantenimiento Preventivo para equipos de bombeo centrífugo, definiendo de una manera muy sucinta y directa los principales puntos del mismo; esto

es, sistemas de criticidad, frecuencia de inspecciones basadas en la confiabilidad de los equipos, etc.; para terminar con las conclusiones y recomendaciones del caso.

Toda implementación de un planteamiento conlleva a una primera etapa de proceso de aprendizaje y de confrontación con la realidad, desde este punto de vista, todo sistema planteado puede ser mejorado.

Luis Ángel López Bustamante

Mayo de 2002

## INTRODUCCIÓN

Partiendo de que todos los equipos de bombeo de una determinada planta pueden fallar o deteriorarse por causas naturales de antigüedad o por efectos de su uso y en la incidencia de estas fallas en la confiabilidad de un todo llamado sistema. Es posible que las causas de la falla sean inherentes al equipo, es decir por problemas en su diseño, en su fabricación, en el uso de materiales inadecuados, etc. o bien sea la simple consecuencia de factores externos.

El uso de los diversos tipos de Mantenimiento: Correctivo, Preventivo y Predictivo, es de uso común en la actividad empresarial. El nivel detalle alcanzado, su eficiencia y eficacia dependen básicamente de las decisiones tomadas en la Gestión sobre las orientaciones de las mismas.

En el Campamento Petrolero Lote 1ab, se aplican estos tres tipos de mantenimiento, pero sin embargo existen muchas deficiencias en el Sistema

de Mantenimiento que inciden directamente en los costos de mantenimiento.

El presente informe de ingeniería pretende mediante una visión sobre la producción de petróleo, y sobre el análisis de mantenimiento involucrado de equipos críticos, dar una solución significativa en la disminución de costos de mantenimiento y el tiempo y número de paradas de emergencia.

### 1.1 Objetivo

El objetivo del presente Informe de Suficiencia es plantear un sistema de mantenimiento preventivo para equipos de bombeo centrífugo de una estación de producción en la unidad de explotación petrolera Lote 1ab, que disminuya los costos de mantenimiento y el tiempo y número de paradas de emergencia.

### 1.2 Alcances

El presente Informe de Suficiencia describe el planteamiento básico de un sistema de mantenimiento preventivo de equipos de bombeo centrífugo de carácter flexible, concentrando esfuerzos en definir los niveles de criticidad y el desarrollo de un adecuado mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de los equipos.

## CAPITULO 2

# FUNDAMENTO TEORICO

### 2.1 FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA EXTRACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE PETROLEO

#### 2.1.1 ORIGEN DEL PETRÓLEO

Para hablar sobre el Origen del Petróleo, tenemos que recurrir a los hechos que conocen los especialistas en cuestiones petroleras, ya que este asunto constituye uno de los secretos mejor guardados por la naturaleza. Según esto podemos decir, que el petróleo posiblemente se formó de la siguiente manera:

Hace millones de años las distintas regiones de la tierra tenían una distribución diferente a la actual. En aquel entonces existían muchos mares interiores totalmente rodeados de tierra firme y por otra parte grandes zonas que hoy constituyen tierra firme estaban cubiertas por mares y pantanos. Esto ocurrió mucho antes de la aparición del hombre en el mundo y aun la

mayoría de los animales que entonces existían eran muy distintos a los que hoy conocemos.

En las zonas bajas y en sus cercanías, creció una vegetación y una fauna vigorosa impulsadas por la energía del sol, las que más tarde fueron a formar parte de los materiales orgánicos, que al ser arrastrados por las crecientes de los ríos y de los océanos formaron enormes concentraciones.

Durante el transcurso de millones de años, la tierra cambió de forma muchas veces. Dicho material orgánico fue cubierto por el lodo, los sedimentos y las arenas arrastradas por las grandes corrientes, quedando enterrado muy profundamente bajo la superficie terrestre. La mayoría de los mares y pantanos se secaron o se desaguaron en los océanos y se formaron valles y montañas debido a los cambios en la corteza terrestre.

La arena y lodo depositados a la orilla de los antiguos mares fueron sometidos a tremendas presiones por el peso de los materiales acumulados sobre ellos convirtiéndose en arenisca y la materia orgánica que contenía fue lentamente transformándose en petróleo.

El conocimiento de la existencia de petróleo es tan antiguo como la historia misma del hombre. Hace ya muchos miles de años, la gente sentía curiosidad por el ACEITE DE ROCA, que se escurría por las ranuras de la tierra o por los depósitos de sustancias aceitosas en las presiones y hondonadas.

Los egipcios usaron petróleo crudo para preservar sus momias y para engrasar las ruedas de sus carruajes. Lo mismo hicieron los romanos. Los antiguos persas construyeron templos alrededor de los humeantes escapes de petróleo y gas natural, los que probablemente habían sido encendidos por los rayos.

Fueron los chinos quienes cavaron el primer pozo, hace ya muchos miles de años y utilizaron sus productos para uso doméstico y medicinal. Se asegura, asimismo, que transportaban el gas natural mediante caña de bambú para utilizarlo en la calefacción y alumbrado de sus casas.

A los primeros colonizadores les llamó la atención esta sustancia usada por los indios y aunque la mayoría de ellos empleaba grasas minerales para lubricar las ruedas de sus carretas, algunos descubrieron que dicha sustancia que fluía



en forma natural podía sustituirla. Hay evidencias que muestran que los primeros colonizadores de los Estados Unidos se dieron cuenta del enorme valor de este recurso natural. El testamento de George Washington, tenía en su lista un manantial de petróleo como una valiosa propiedad, aunque en aquellos días los usos del petróleo eran muy limitados.

Recién a mediados del siglo XIX fue cuando se aprendió a usar este líquido oscuro en una forma distinta a la de su estado natural. Fue entonces cuando se desarrollaron nuevas técnicas industriales que facilitaron la obtención de sub-productos, iniciándose así el verdadero auge de la industria petrolífera.

No obstante que el petróleo se conoció hace muchos siglos, su nacimiento como industria moderna se considera a partir del 27 de Agosto de 1859, fecha en la cual el Sr. William A. Smith, experto perforador de pozos de sal, que fue contratado por el "Coronel" Edwin L. Drake, encontró petróleo crudo a la profundidad de 69.5 pies en el primer pozo que fue perforando, en la localidad de Titusville, Pennsylvania, Estados Unidos. Desde entonces la industria petrolera ha continuado creciendo

y desarrollándose, hasta llegar a convertirse en pocos años en el negocio que es hoy día.

Otros países, basándose en las experiencias y conclusiones de Edwin L. Drake, se dedicaron a buscar petróleo. En el Perú se desarrolló esta actividad desde 1865, es decir cuatro años más tarde de su descubrimiento en Titusville, fue Don Diego de Lama quien inició los trabajos en Zorritos.

### 2.1.2 LOCALIZACIÓN DEL PETRÓLEO

El petróleo crudo se encuentra contenido en poros de rocas y arenas que en muchos casos son tan minúsculos que no pueden percibirse a simple vista. Las rocas y arenas que contienen petróleo son de origen sedimentario.

El geólogo es un investigador que estudia la superficie de la tierra y la explora con instrumentos especiales en busca de las estructuras rocosas en las que él encuentra que es posible que haya petróleo.

Una vez ubicada la formación petrolífera, el experto en perforación de pozos se encarga de verificar los estudios

realizados por el geólogo. En esta labor participa el técnico en sub-suelos, que es un ingeniero experto en interpretar la composición de las muestras que se van obteniendo durante el proceso de perforación.

El equipo conformado por los geólogos, los perforadores y los técnicos petroleros constituye la base sobre la cual se desarrolla el resto de la industria. Se dan casos en los cuales aún existiendo las posibilidades de haber encontrado formaciones típicamente petrolíferas, éstas pueden ser de tal naturaleza que no justifiquen el costo de perforar un pozo, por lo tanto el aspecto económico es otro factor determinante en la explotación de esta industria, dedicando todos los esfuerzos a zonas con posibilidades de petróleo en cantidades comerciales.

A menudo el petróleo crudo se encuentra en el sub-suelo formando bolsas o trampas dispuestas en forma de arcos en los estratos de las rocas, verdaderas bóvedas de roca no porosa a través de las cuales no puede pasar en su movimiento ascendente. También se da el caso, en el cual el aceite queda atrapado en el sub-suelo debido a una falla causada por el deslizamiento de la tierra formando un estrato

de roca no porosa Y obligando al petróleo a depositarse en grandes cantidades.

No siempre puede el geólogo encontrar en la superficie terrestre suficientes pruebas que le confirmen lo que busca, siendo necesario que recurra al uso de instrumentos muy modernos que le ayuden a delinear mapas de los contornos de las capas a miles de pies bajo la superficie terrestre; dichos instrumentos, tales como el sismógrafo y el gravímetro, son ayudas geofísicas que le permiten realizar su trabajo.

El Sismógrafo es un instrumento que permite tener una comprobación gráfica de los terremotos y temblores. Es con este propósito que lo usa el geólogo, con la diferencia, en este caso, que los temblores que él registre son inducidos mediante la explosión de pequeñas cargas de dinamita estalladas en agujeros que generalmente tienen menos de cien pies de profundidad. La explosión envía ondas hacia el centro de la tierra, que son a su vez devueltas por las capas rocosas y medidas con sismógrafos que le indican al geólogo experimentado el tamaño y profundidad del estrato de la roca en la zona que está explorando.

El Gravímetro es un delicado instrumento que se usa para medir pequeñas diferencias en la atracción de la gravedad produciendo reacciones que pueden interpretarse en términos de disturbios rocosos bajo la superficie de la tierra, tales como fallas donde puede haber petróleo.

Además de esas ayudas, el geólogo se vale de informaciones obtenidas en otros pozos petrolíferos, en estudios de segmentos de rocas y en informaciones electrónicas especiales. Todos estos datos y estudios juntos ayudan a decidir si las condiciones son favorables para la existencia de petróleo en cantidades comerciales, pero ninguna de ellas nos pueden decir con certeza si el petróleo está o no presente.

Una vez que los geólogos han seleccionado una región que consideran favorable, se programan operaciones de perforación para exploración, continuando de esta manera la búsqueda del aceite. Con este fin se instala una torre de perforación en el sitio escogido y se comienza a perforar el pozo.

### 2.1.3 TIPOS DE CRUDO PERUANO

El crudo obtenido en nuestros campos de producción es de dos tipos: High Cold Test (HCT) y Low Cold Test (LCT).

Esta clasificación depende de la temperatura mínima a la cual fluye el residuo que deja una muestra de crudo al ser destilada. Si dicha condición se cumple a una temperatura que se encuentre sobre cero grados

Fahrenheit, el crudo será HIGH COLD TEST (HCT), y si fuera debajo de los cero grados Fahrenheit, el crudo será LOW COLD TEST (LCT).

Los crudos HCT, se caracterizan por contener parafinas, es decir son crudos de base parafínica y los crudos LCT son de base nafténica.

El crudo LCT es ligeramente más denso. El contenido de azufre en ambos tipos es bastante bajo y esto es de gran importancia porque facilita la refinación final de los productos.

El punto de fluidez de las fracciones lubricantes del crudo LTC es mucho más bajo que las del LTC.

## 2.2 UNIDADES DE PROCESOS DE EXPLOTACIÓN PETROLERA

Para un mejor manejo de la actividad petrolera en una determinada operación, esta es subdivida en Unidades de Negocio, que centralizan y zonifican los pozos de producción petrolera y facilitan la identificación de problemas operativos.

## 2.3 EQUIPOS DE BOMBEO RELACIONADOS A PROCESOS EN PLANTAS DE PRODUCCIÓN PETROLERA

La diversidad de los equipos de bombeo, depende exclusivamente de la calidad de crudo, del rango de temperaturas utilizadas en la operación del petróleo, de la capacidad que se necesite transferir, así como también de la naturaleza del mismo.

Siendo frecuente para las calidades de crudo manejadas ( livianos y pesados de acuerdo al Numero API) con grandes capacidades, a temperaturas cercanas a los 200 F y un corte de agua entre 70% y 95%, un mayor uso de equipos de bombeo centrífugo.

## 2.4 EQUIPOS DE BOMBEO HIDRAULICO

Los equipos de bombeo, en la actualidad, tienen una gran aplicación en una extensa variedad de aplicaciones en el campo industrial, minero, plantas de refinerías de petróleo, campos petroleros, etc. es decir donde exista un volumen de líquido, pequeño o grande que necesite aumentar de presión o ser desplazada de una ubicación a otra.

### 2.4.1 DEFINICIÓN

La bomba hidráulica, se puede definir como una máquina a quien se le suministra energía en forma mecánica proveniente de una máquina motriz ( motor eléctrico, térmico, etc. ), y la transforma en otro tipo de energía, transfiriéndola al fluido en forma de presión o de velocidad y que de esta forma permite trasladar el fluido de un lugar a otro, a un mismo nivel y / o a diferentes niveles.

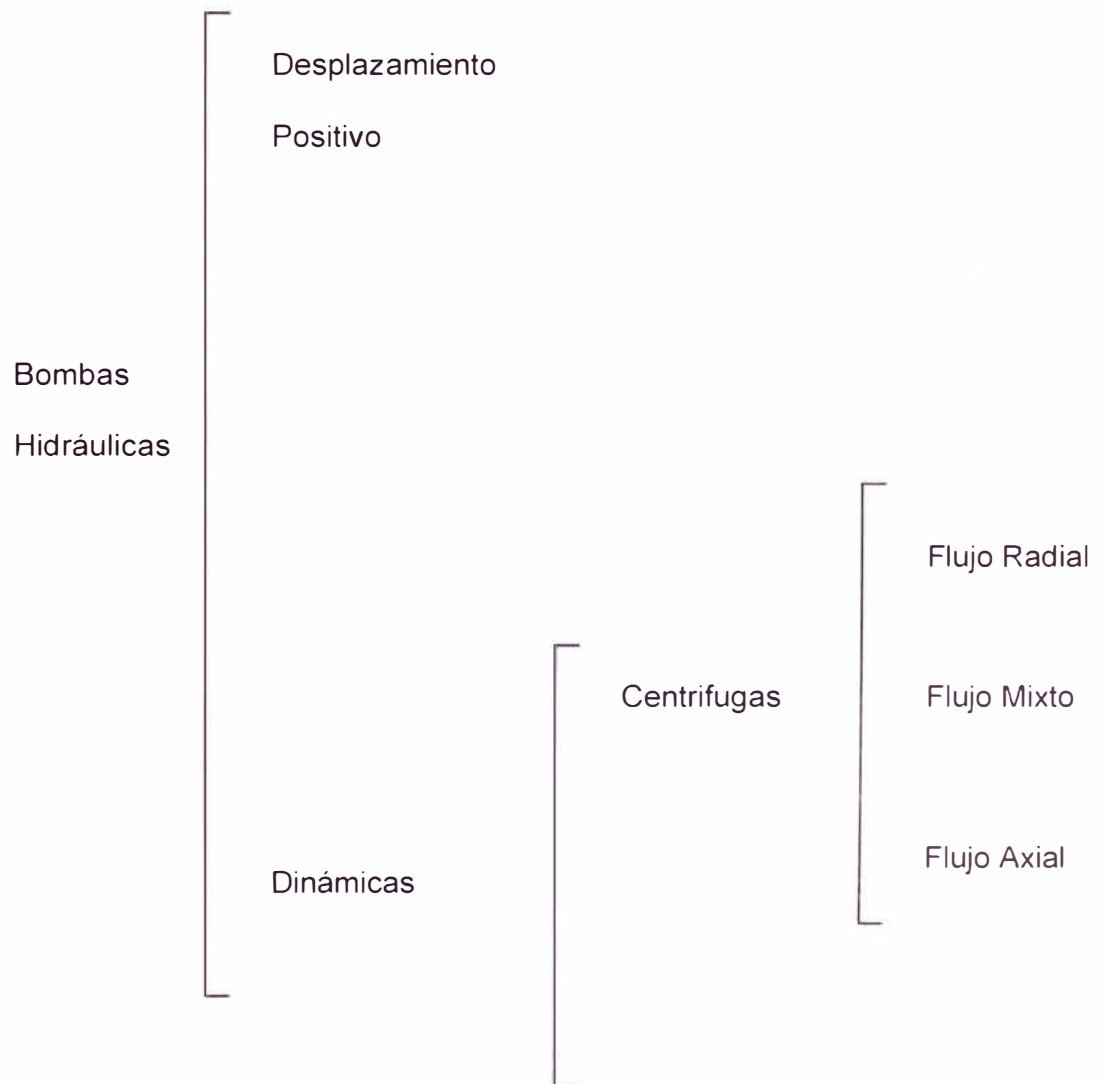
### 2.4.2 CLASIFICACIÓN GENERAL

Podemos encontrar diferentes clasificaciones de bombas hidráulicas debido a la extensa literatura técnica encontrada y debido a la evolución y concepción de la misma. Para dar una



idea mas clara usaremos la que indica el Hidraulic Institute, y que es en la que conciertan la mayoría de fabricantes y usuarios finales.-

Esta clasificación para las bombas centrífugas, esta dada de la siguiente manera:



### 2.4.3 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Estas bombas guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un émbolo, un diente de engranaje, un aspa un tornillo, etc., y la carcasa o el cilindro.

“EL PRINCIPIO del DESPLAZAMIENTO POSITIVO” consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Por consiguiente, en una máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo(émbolo), sino que puede tener movimiento rotatorio(rotor).

Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo, tanto reciprocantes como rotatorias, siempre hay una cámara que aumenta de volumen(succión) y otra que disminuye volumen(impulsión), por esto a éstas máquinas también se les denomina VOLUMÉTRICAS.

#### 2.4.4 BOMBAS DINÁMICAS

Por ser materia de estudio del presente informe desarrollaremos un mayor detalle sobre los equipos de bombeo centrífugo.

##### 2.4.4.1 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Las bombas centrífugas son turbo máquinas que incrementan la energía potencial cinética del líquido, mientras éste está pasando a través del rotor en forma radial, axial o mixtas, debido a la fuerza centrífuga o al impulso del alabes sobre el líquido o una combinación de ellas respectivamente.

##### 2.4.4.2 BOMBAS DE FLUJO RADIAL

Son por lo general de rodetes(impulsores) generalmente angostos de baja velocidad específica, que desarrollan altas presiones, con bajo caudal, donde la presión desarrollada es debida a la fuerza centrífuga.

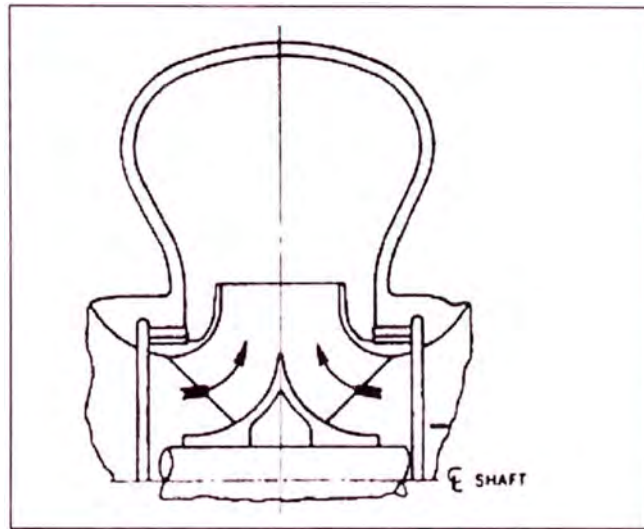


Fig. 1. Flujo Centrífugo Radial

#### 2.4.4.3 BOMBAS DE FLUJO MIXTO

Tiene como característica un cambio del flujo: axial al radial en forma gradual. Son bombas para emplearse en caudales y presiones intermedias con mayor velocidad específica que la radial.

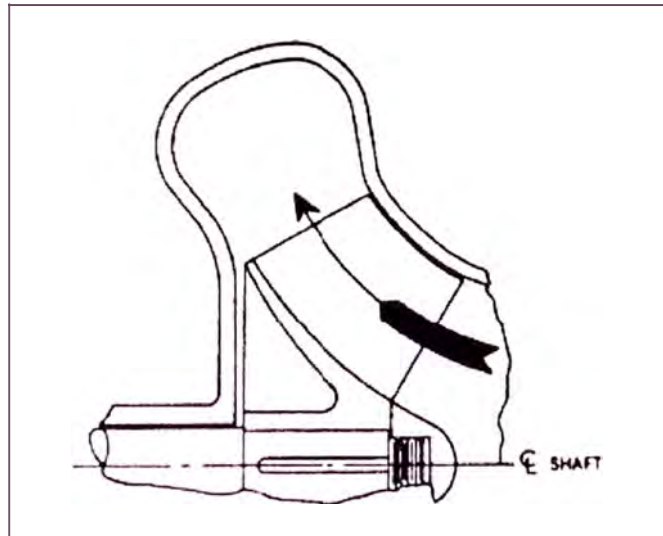


Fig. 2. Flujo Centrifugo Mixto

#### 2.4.4.4 BOMBAS DE FLUJO AXIAL

Su rodete es de alta velocidad especifica y se emplean para pequeñas presiones y altos caudales.

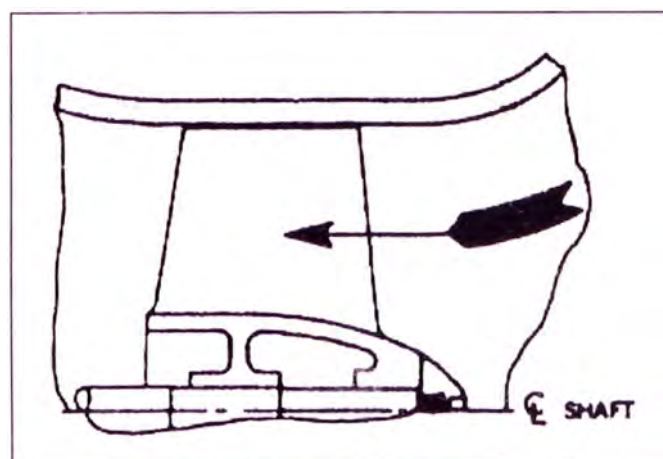


Fig. 3. Flujo Centrifugo Axial

#### 2.4.5 CLASIFICACION SEGÚN SU CONFIGURACIÓN.

Según su configuración los equipos de bombeo pueden clasificarse de acuerdo a tres tipos.

- a) Tipos en Voladizo.
- b) Tipo entre rodamientos; y
- c) Verticalmente suspendida

Para una mejor identificación y entendimiento se detalla a continuación:

##### 2.4.5.1 TIPO EN VOLADIZO

En la cual los puntos de apoyo del impulsor se encuentran a un lado de él.

La configuración básica se muestra en la figura, en la cual se puede apreciar que la caja de rodamientos se encuentra a un lado del impulsor.

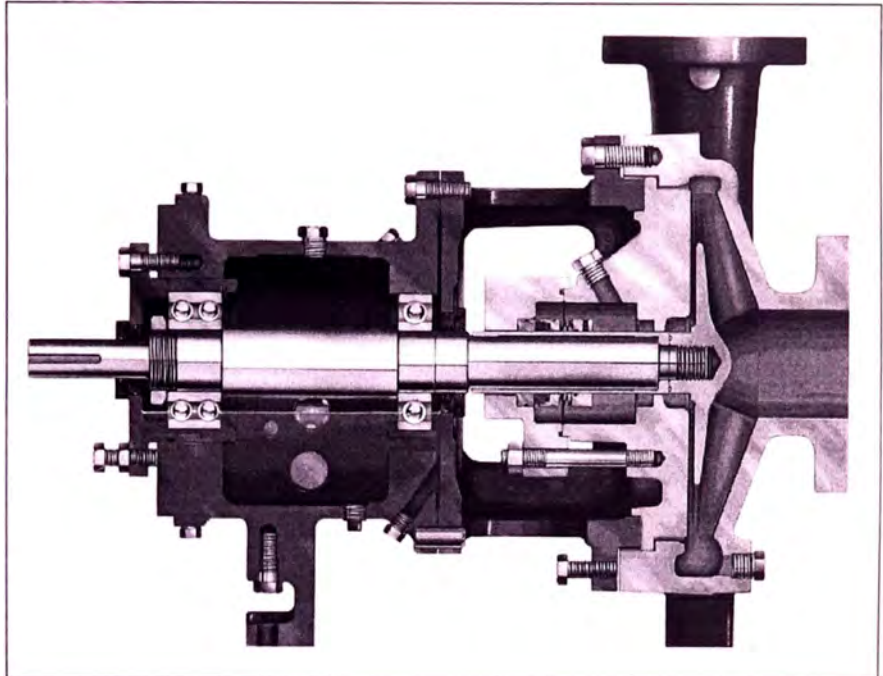


Fig. 4. Configuración en Voladizo

#### 2.4.5.2 TIPO ENTRE RODAMIENTOS

Este tipo de configuración, es en la que el impulsor tiene dos puntos de apoyo, uno a cada lado.

Su configuración se muestra en la figura, en la cual se puede apreciar que el rodamiento está apoyado entre dos rodamientos, los cuales se encuentran localizados al cada lado del impulsor.

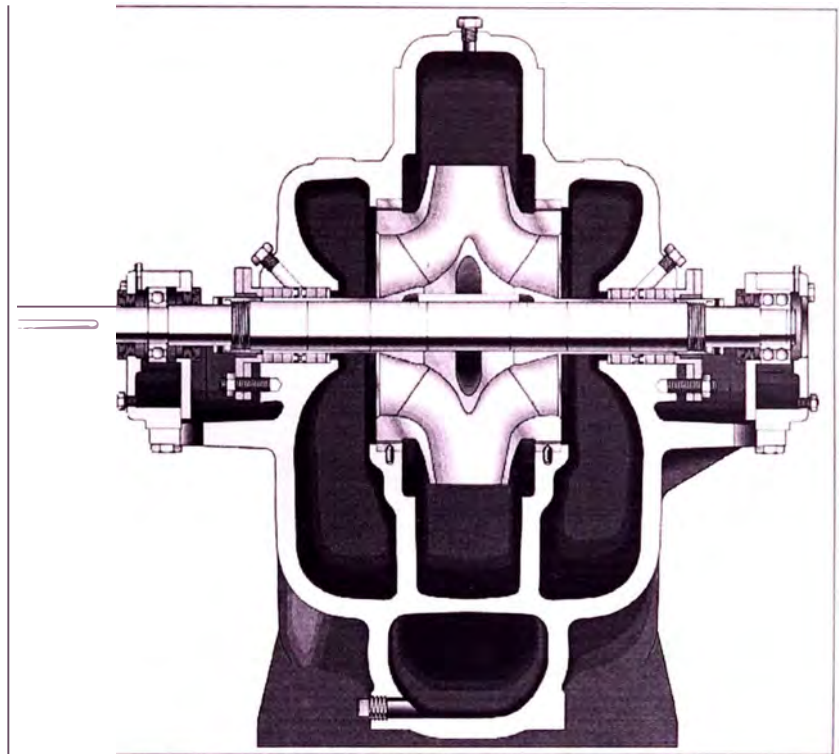


Fig. 5 Entre rodamientos

#### 2.4.5.3 TIPO VERTICALMENTE SUSPENDIDA

Este tipo de bomba, es de configuración vertical, en la cual, el tren de impulsores se encuentra solidaria con el eje de la bomba, el cual soporta todo el peso del tren de impulsores y lo transmite al rodamiento alojado en la parte superior del motor vertical.



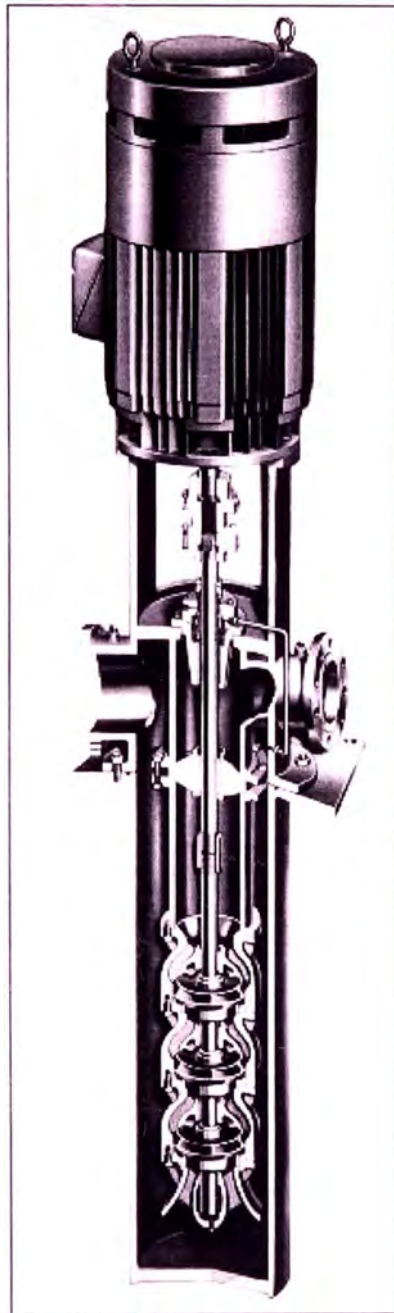


Fig. 6 Verticalmente suspendida

## 2.4.6 COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

Los componentes principales de los equipos de bombeo centrífugos son:

- a) Carcasa
- b) Impulsor
- c) Eje
- d) Sistema de Sellado

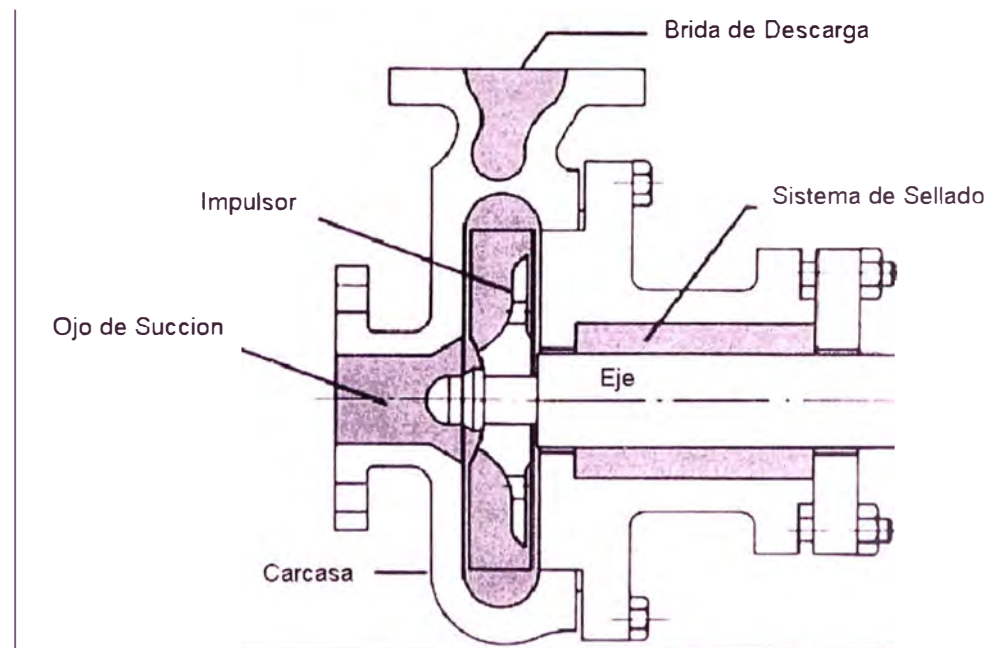


Fig. 7 Componentes Principales de una Bomba Centrífuga

## CAPITULO 3

# **ANÁLISIS SITUACIONAL DEL LOTE 1AB**

### 3.1 BREVE RESEÑA HISTORICA DEL LOTE 1AB

El Campamento petrolero Lote 1AB inicia sus operaciones comerciales en el año 1976, haciendo, un año mas tarde en 1977, nuestro país recupere su condición de exportador de petróleo hasta el año de 1992, año en el cual la producción y el consumo de petróleo aproximadamente se equilibran.

El Lote 1AB llegó a una máxima producción cercana a los 120,000 BOPD, haciendo positiva la balanza comercial petrolera entre los años 1977 y 1992.

### 3.2 Visión de Operación del Lote 1AB

La visión de la Empresa concesionaria del Lote 1AB es:

“Es ser la mejor compañía del mundo en materia de exploración, desarrollo y producción de petróleo y gas”.

### 3.3 Misión de Operación del Lote 1AB

La misión de la Empresa, es la siguiente:

Aumentar el valor de la compañía mediante el descubrimiento a bajo costo y el desarrollo y la producción de las reservas de petróleo y gas que proporcionen un alto nivel de rentabilidad.

Llegar a ser el mejor contratista en materia de exploración, desarrollo y producción para los gobiernos anfitriones y las empresas petroleras estatales.

Atraer y desarrollar un equipo de alta categoría de empleados experimentados, creativos y motivados.

Mantener el compromiso de un centro de trabajo seguro y de prácticas ambientales responsables.

Continuar la mejora en todos los aspectos de nuestro negocio.

### 3.4 ACTIVIDADES EN EL LOTE 1AB

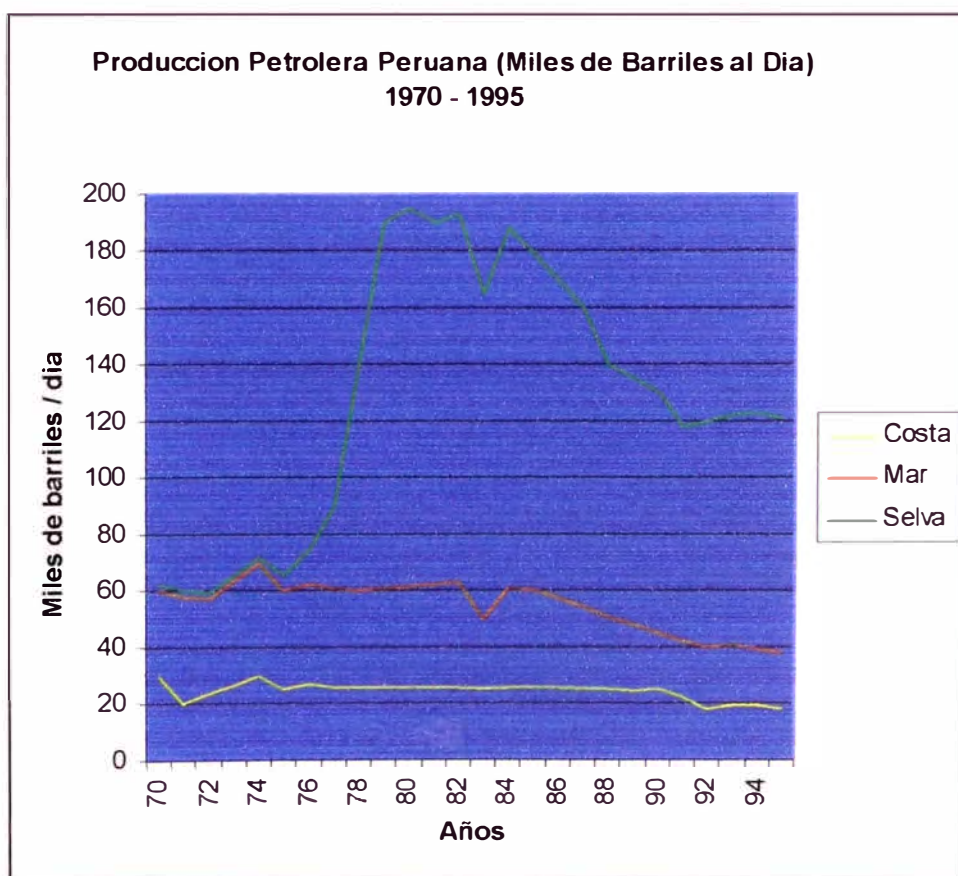
Las actividades desarrolladas en el Lote 1AB son:

- i) Perforación y
  
- ii) Producción.

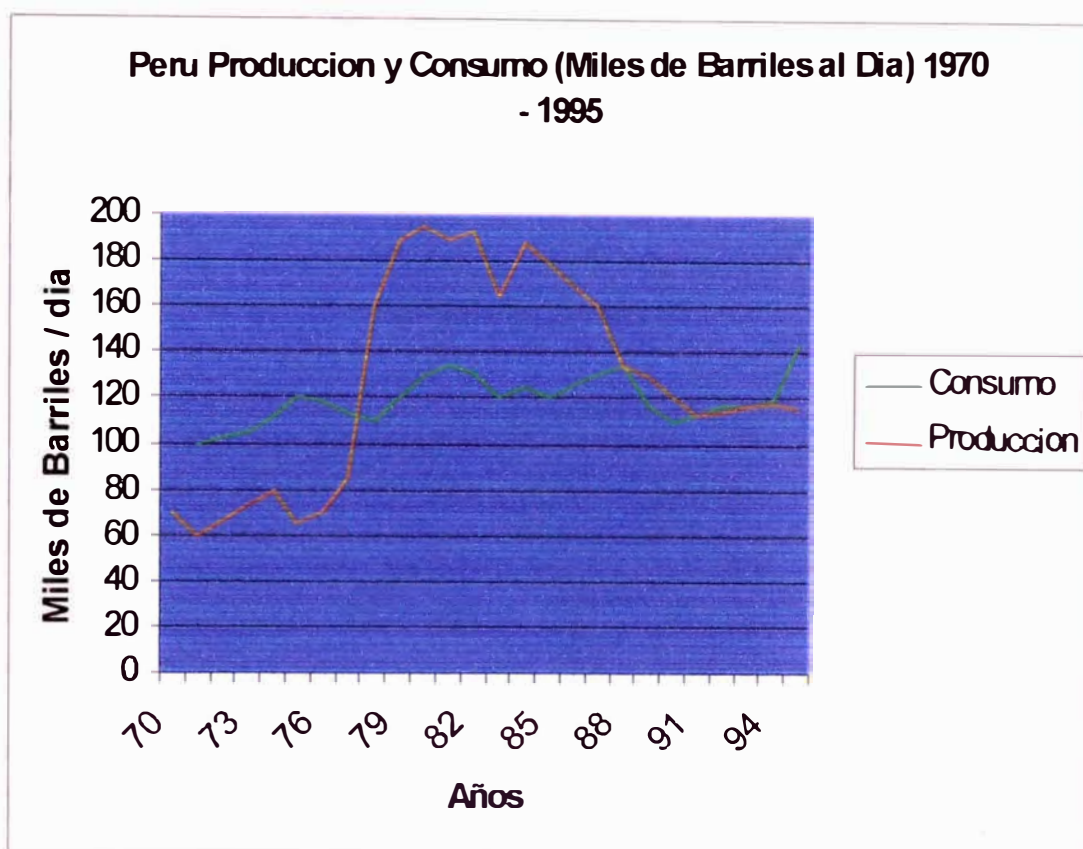
Actualmente ambas actividades se vienen dando en paralelo, la Perforación lleva consigo las tareas relacionadas a la construcción del conducto adecuado para la extracción del Petróleo y Producción, tareas involucradas con el acondicionamiento y trasiego de la mezcla de crudo, agua y gas natural en crudo a las propiedades adecuadas, a unidades de Entrega.

### 3.5 PRODUCCION PETROLERA HISTORICA EN EL PERU

La Evolución de la producción petrolera en el Perú es mostrada en el Cuadro 2. Donde se puede visualizar que entre 1958 y 1977, el Perú fue un país importador neto de hidrocarburos. En 1977 el país recupera su condición de exportador de petróleo hasta 1992, cuando la producción y el consumo aproximadamente se equilibran, en términos de volúmenes, aunque en 1995 el país ya es francamente deficitario.



Cuadro 1 Producción Petrolera Histórica del Perú



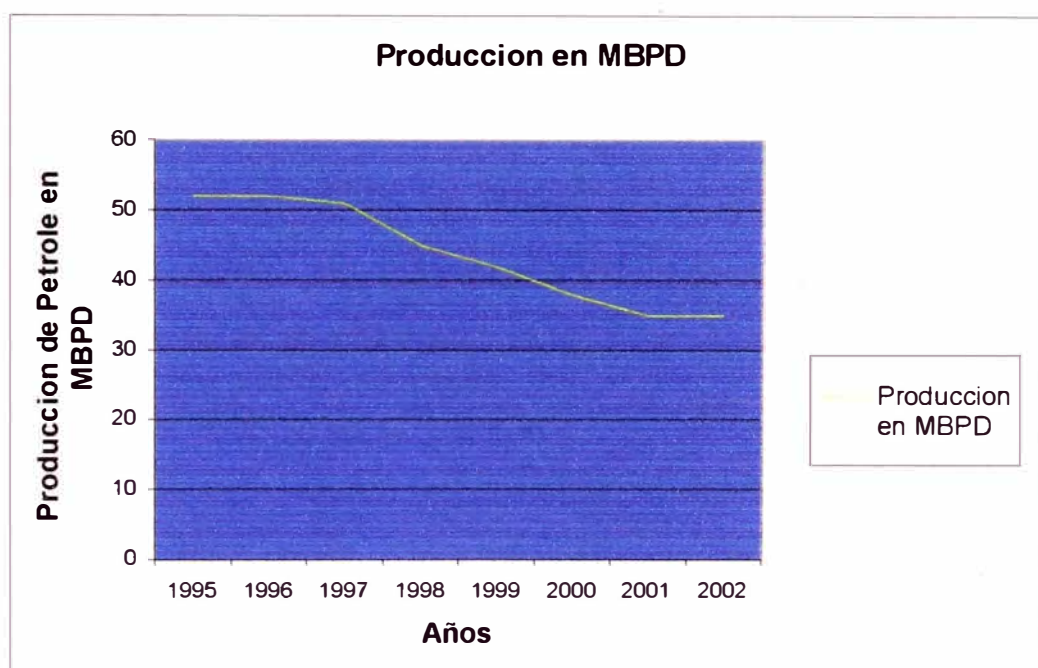
Cuadro 2 Perú Producción y Consumo petrolero Histórico

### 3.6. PRODUCCION PETROLERA DEL LOTE 1AB

La Producción Fiscalizada en el Perú ha ido decreciendo como se puede apreciar en los cuadros anteriores, nuevas fuentes de energía deben aparecer para equilibrar el Balance Energético Nacional

La realidad más inmediata como factor de decrecimiento de la Producción Petrolera en el país, es también la difícil explotación en el

Lote 1ab, esto se hace en fiel reflejo en el siguiente cuadro 3, de los últimos 7 años de operación:



Cuadro 3 Producción Petrolera 1995 - 2002

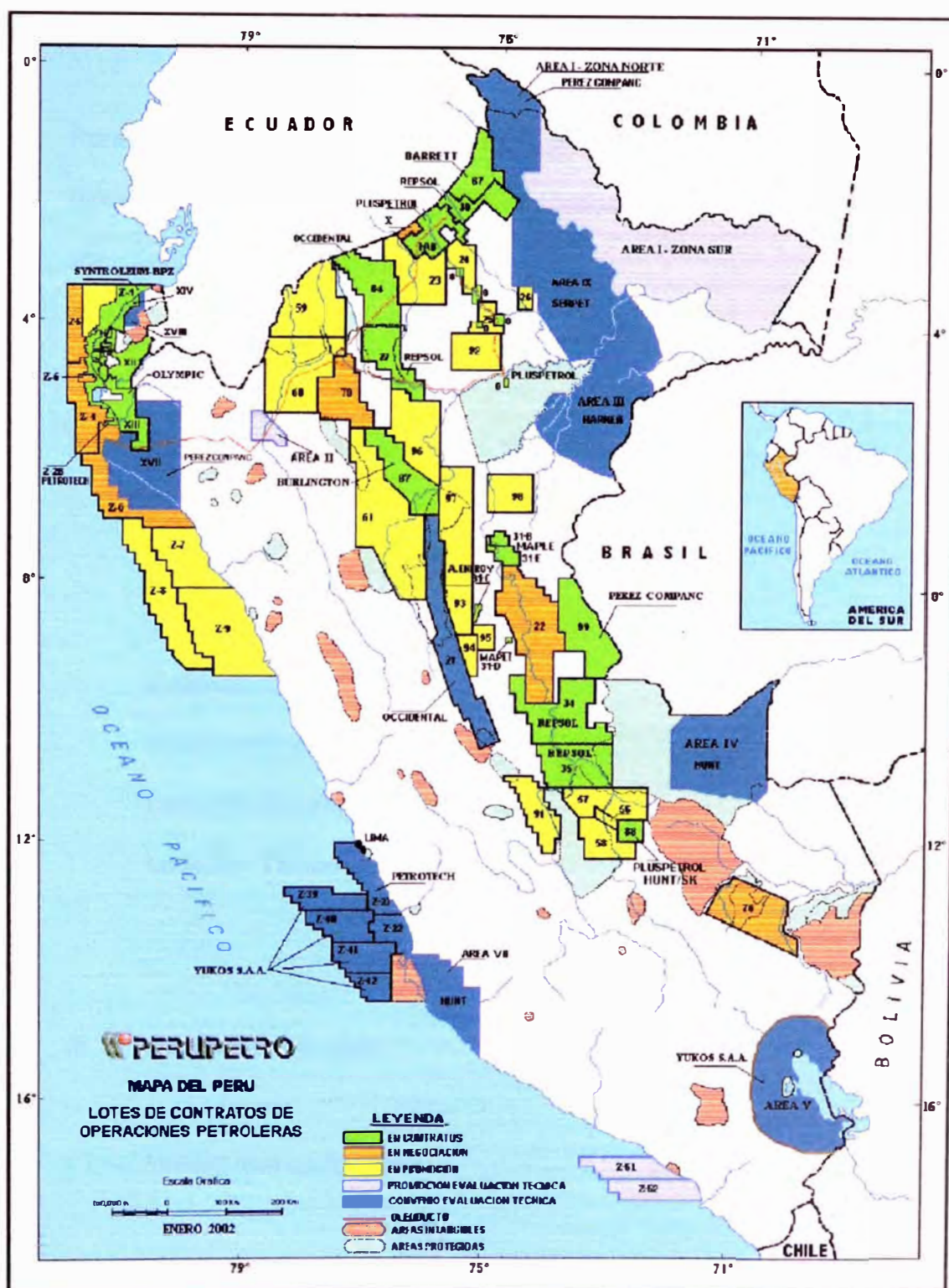
### 3.7 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CAMPAMENTO PETROLERO

El campamento petrolero en cuestión fue dado en concesión con el nombre de Lote 1AB ( también llamado Bloque 1ab) por Petroperú en el año de 1978, un año atrás ya se había terminado la construcción del Oleoducto trasandino con una longitud aproximada de 1106 Km.



Este Lote como parte del Modelo Perú, está ubicado en el departamento de Loreto con una extensión aproximada de 500 000 ha (5 000 Km<sup>2</sup>).

El descubrimiento del Lote 8 en Corrientes y Lote 1AB en Capahuari, localizadas en la cuenca del Marañón fortalecen la producción petrolera en el Perú, compartiendo además una característica: son de petróleo generado en rocas del cretáceo y almacenado en rocas de esta edad.



MAPA DEL PERÚ. Lotes de Contratos de Operaciones Petroleras

### 3.8. ESTRUCTURA DEL LOTE 1AB - UNIDADES DE NEGOCIOS.

Para la facilidad de su operación y administración, internamente el bloque es dividido en Unidades, Sub-Unidades de Operación, estas son:

i) Operación Andoas,

Unidad Central que comprende:

Locación Gathering

Locación Capahuari Sur

Locación Capahuari Norte

Locación Tambo

ii) Operación Shivyacu

Unidad que comprende:

Locación Teniente López

Locación Shivyacu

Locación Huayuri

Locación Topping Plant

Locación Forestal

iii) Operación San Jacinto

Unidad que comprende

Locación San Jacinto

Locación Bartra

iv) Operación Jibarito

Unidad que comprende

Locación Jibarito

Locación Dorissa

En cada operación se ha definido una locación central y es donde se recolecta todo el crudo. De allí por los diferentes oleoductos (shipping lines) son enviados a la Estación Central de Entrega Gathering Station donde se realiza el proceso de adecuación final del crudo y su posterior entrega a las Instalaciones de Petroperu.

### 3.9. UNIDADES DE NEGOCIOS – OPERACIÓN

Las Estaciones de Producción, ubicadas en el bloque 1A en la Selva Peruana, están diseñadas para soportar como máximo un promedio de 25,000 barriles diarios de petróleo crudo liviano.

Los procesos básicos de producción de petróleo y las características operativas de las Estaciones del Lote, son en líneas generales similares. Esto quiere decir que las configuraciones de las Plantas de Producción, Sistemas de Fuerza, Distribución de Pozos Petroleros, son de características análogas.

Información más detallada del diseño de la estación puede encontrarse en los dibujos de la misma.

### 3.10. ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN DE DORISSA

La Estación de Producción de Dorissa está diseñada para producir 25,000 barriles diarios de petróleo crudo liviano, de aproximadamente 30 API, por flujo natural o extracción artificial por gas(gas lift). El petróleo producido en Dorissa es bombeado, a través del sistema de

oleoductos, directamente a la Estación de Recolección(Gathering Station), para el tratamiento de calidad requerida, o hacia una de las estaciones de petróleo crudo pesado para su mezclado y posteriormente hacia la Estación de Recolección para el tratamiento.

El petróleo crudo, conjuntamente con agua producida y gas asociado, es colectado de los pozos y enviado a las facilidades de producción por un sistema de tuberías. La separación de petróleo, gas y agua se realiza en una batería de separadores y tratadores. El petróleo separado fluye hacia un tanque de lavado, donde más agua es removida y eliminada y de este tanque hacia tanques y bombas de embarque(shipping tanks and pumps). Posteriormente es bombeado por el sistema oleoductos hacia el destino final. El gas libre separado es comprimido para la extracción artificial por gas o bombeado hacia el gasoducto para operaciones de extracción artificial por gas en otras estaciones. Si fuere necesario, es posible revertir esta última operación y bombear gas desde Huayuri hacia Dorissa. El agua libre se vuelca en pozas de residuos(disposal pits).

### Tratadores /Separadores

La producción de los pozos es recolectada del sistema de tuberías hacia el múltiple de producción (production manifold) y dirigida a uno de los trenes tratador/ separador paralelos o al separador de prueba.

### Múltiple de Producción

El múltiple de producción consiste de 28 conexiones para tuberías, 3 líneas para flujo a tratadores /separadores y las estranguladores y válvulas necesarias para controlar y dirigir la producción. El múltiple de producción y las tuberías están protegidas contra las sobrepresiones del gas de producción a alta presión por válvulas de seguridad en los cabezales del pozo.

### Tratador/ Separador

Este tratador /separador esta diseñado para recibir la producción del múltiple de producción directamente a 40 psig. También recibe petróleo proveniente del separador de prueba. Un calentador de fuego directo se provee para mejorar la separación. El petróleo fluye desde el tratador/ separador directamente hacia el tanque de lavado. El gas se mide y fluye a través de la válvula de control de contrapresión, hacia las estaciones de compresión de levante(gas booster) y de

extracción artificial por gas. El agua es medida y luego volcada en la poza de residuos.

### Separador de Prueba

Este es un separador de dos fases, el cual recibe la producción de un solo pozo, proveniente del múltiple de producción y es usado para evaluar la capacidad de producción individual del pozo. La presión de operación es de 60 psig. El petróleo y agua mezclados son descargados, a través de un medidor con extractor de muestras, al tratador/ separador. Una tubería conectada al tanque de embarque de reserva (standby shipping tank) permite la calibración del medidor por comparación con el nivel del tanque. El gas es medido y descargado a través de la válvula de control de contrapresión hacia las estaciones de levante y de extracción artificial por gas.

### Tanque de Lavado

El tanque de lavado recibe petróleo del tratador separador y remueve la mayoría del agua libre todavía remanente en el fluido al proveer tiempo de retención adicional y por consiguiente promover mayor separación gravitacional.



El petróleo rebalsa y fluye directamente al tanque de embarque (shipping tank) mientras el agua libre se vuelca en la poza de residuos.

### Tanque de Embarque

El tanque de embarque recibe petróleo ya sea del tanque de lavado o directamente del tratador / separador a través de una derivación (bypass) que anula el tanque de lavado y se usa para separar las operaciones de producción de las de embarque al proveer una adecuada capacidad de almacenaje. El flujo entrante al tanque pasa, primero a una bota externa de gas (gas boot), donde el gas imbuido es liberado a presión atmosférica antes de entrar al tanque. Esto reduce la turbulencia y minimiza el emulsionamiento. Controladores de nivel provistos en el tanque de embarque permiten ajustar el caudal de bombeo con el caudal de producción. Si las operaciones de embarque se vieran interrumpidas por un corto periodo de tiempo, todavía es posible continuar con la producción normal rebalsando el tanque de carga y usando la capacidad de reserva adicional provista por el tanque de embarque de reserva (standby shipping tank). Un interruptor de alto nivel alerta al operador de esta situación especial.

## Tanque de Embarque de Reserva

Este tanque de embarque de reserva provee capacidad adicional de reserva para el tanque de embarque, pero esta instalado con todas las conexiones necesarias de tubería como para ser usado intercambiable o en paralelo con el tanque de embarque. La diferencia básica entre estos tanques es que los controles de nivel de bombeo se encuentran solamente en el tanque de embarque, mientras que el interruptor de alto nivel se encuentra en el tanque de reserva el cual automáticamente cierra las válvulas de emergencia de los tres múltiples de producción y por tanto evita la sobrecarga del tanque cuando existe una interrupción prolongada en la operación de embarque.

## Bombas de Embarque (Shipping Pumps),

Tres bombas horizontales de embarque han sido instaladas para bombear petróleo directamente de los tanques de embarque hacia el sistema de oleoductos, ya sea usando las bombas directamente o en combinación con las bombas reforzadoras. Las bombas de embarque han sido conectadas para permitir la operación en paralelo o en serie, dependiendo de los requerimientos de presión y caudal, las cuales dependen no solo de la capacidad de producción de Dorissa, como

también del caudal de las estaciones de producción mas abajo de Dorissa.

## CAPITULO IV

# **ANÁLISIS SITUACIONAL DEL MANTENIMIENTO EN EL LOTE 1AB**

### 4.1 UBICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DENTRO DEL DIAGRAMA ORGANIZATIVO DE LA EMPRESA

El Mantenimiento tiene un carácter de importancia dentro del organigrama de la empresa, tiene igual rango de acción que el Departamento de Producción.

### 4.2 SISTEMA COMPUTARIZADO INTEGRAL MANTENIMIENTO

El mantenimiento tiene un carácter integral dentro del sistema corporativo, forma parte e interactúa con las demás funciones corporativas.

#### 4.2.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

La estructura del Sistema de Mantenimiento esta concebido para la integración para con las demás funciones corporativas. Su carácter corporativo lo convierte en un lenguaje común y de fácil dominio y acceso desde cualquier plataforma de la corporación.

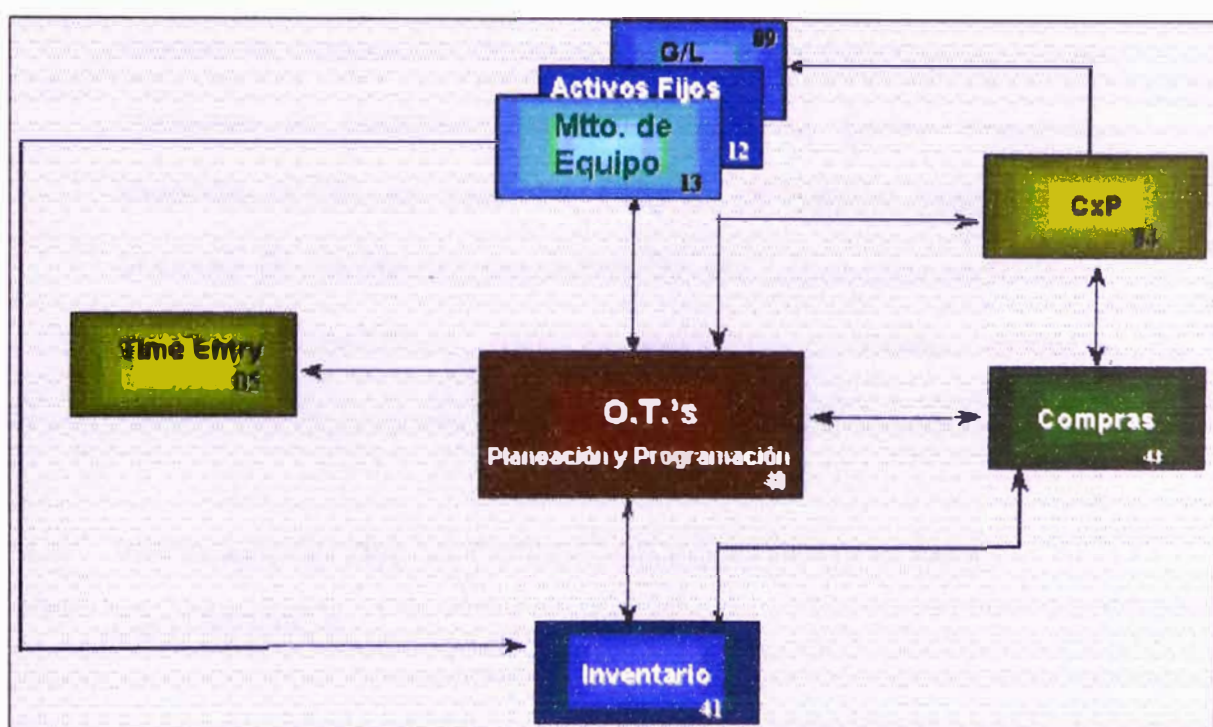
La ventaja de un sistema de este tipo, es la automatización de los procesos, que con procesos predefinidos y evaluados previamente, llevan al desarrollo de los mismos, de una manera rápida, practica y sin contratiempos, pues todos sus pasos fueron ya cuidadosamente definidos.

La Plataforma Básica inicial de base de Datos para la efectiva y eficaz gestión de Mantenimiento comprende:

- i) Alta de Inventarios de Equipos
- ii) Especificaciones Técnicas
- iii) Especificaciones Suplementarias.

#### 4.2.2 MODELO INTEGRAL DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

El Modelo Integral del mantenimiento implantado puede ser visualizado fácilmente en la siguiente Grafica 1



Grafica 1 . Modelo Integral del Mantenimiento

El Sistema de mantenimiento computarizado emite las Ordenes de Trabajo ( Correctivas Programadas, Correctivas, Preventivas, Predictivas), la cual tiene un numero determinado de inventario de insumos asociados, y cuando estos son consumidos en el sistema real, son descargados y comparados

con sus índices de reposición para ser luego ejecutada su cotización y compra.

#### 4.3 INVENTARIO DE EQUIPOS DE BOMBEO CENTRÍFUGOS

Para los procesos de adecuación de crudo, tanto en los Sistemas directos de Adecuación de crudo, como en los Sistemas Auxiliares (Sistemas de Captación de Agua, Sistemas Contra incendios, Sistemas de Retorno Upper Pit, Sistemas de Retorno Safety Basin, Sistemas de Recolección por sumideros, etc. ), el empleo de equipos de bombeo centrífugo para su trasiego y manejo resultan indispensables.

#### 4.4 INFORMACIÓN DEL INVENTARIO DE EQUIPOS DE BOMBEO CENTRÍFUGOS

La información de los equipos es básica para el soporte de cualquier gestión de mantenimiento, para el reporte y análisis de falla. El conocimiento de las condiciones de monitoreo contrastadas con los parámetros de operación normal puede ser corroborado fácilmente teniendo un adecuado soporte de especificaciones técnicas de los equipos involucrados

#### 4.4.1 NUMERO DE IDENTIFICACIÓN

La codificación de los equipos de bombeo está determinada por el uso, el tipo de equipo y por la marca del fabricante.

#### 4.4.2 CAUDAL

La capacidad es uno de los parámetros más importantes de un equipo de bombeo.

#### 4.4.3 ALTURA DINAMICA TOTAL

La Altura Dinámica Total, esta determinada para un equipo de bombeo como la diferencia de energía entre la succión y descarga en unidades de columna de liquido del fluido que esta bombeando.

#### 4.4.4 POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO

Es la potencia del motor acoplado y debe estar expresado en HP.



## CAPITULO V

# IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO

## PREVENTIVO

### 5.1 EQUIPOS DE BOMBEO EN LA ESTACIÓN DORISSA

Los equipos de Bombeo Centrifugo a considerar en el Mantenimiento Preventivo a Implementar son los que se muestran en el siguiente cuadro 4

Ítem	Cód. Corporativo	Ubicación	Nivel de Crit.	Tipo de Bomba	N° Serie
1	BOC-G020-026	Planta de Agua	N3	Bomba Centrifuga	709D203
2	BOC-G028-001	Planta de Producción	N2	Bomba Centrifuga	7850910.3
3	BOC-G028-004	Bomba diesel hacia pozos	N1	Bomba Centrifuga	766B518.2
4	BOC-G028-005	Bomba Recarga diesel	N3	Bomba Centrifuga	766B512.1
5	BOC-G032-004	Pta-Sumideros	N2	Bomba Centrifuga	431A683.1
6	BOC-G032-005	Pta-Sumideros	N2	Bomba Centrifuga	431A683.2
7	BOC-G032-006	Pta de Producción	N3	Bomba Centrifuga	7630424
8	BOC-G032-007	Pta de Producción	N3	Bomba Centrifuga	7260875
9	BOC-G032-009	Pta-Tanque de Agua	N3	Bomba Centrifuga	710D207
10	BOC-G032-011	Planta de Agua	N3	Bomba Centrifuga	7160L92
11	BOC-G032-032	Pta-Bomba Agua Fresca	N2	Bomba Centrifuga	752D726
12	BOC-G032-033	Pta-Bomba Pta de Agua	N3	Bomba Centrifuga	751D902
13	BOC-G032-035	Pta- Z C I- Bomba Jockey	N2	Bomba Centrifuga	744C665
14	BOC-G032-036	Planta de Agua	N2	Bomba Centrifuga	759D528
15	BOC-G032-037	Planta de Agua	N2	Bomba Centrifuga	791B247.1
16	BOC-O032-007	Zona de Bombas de Rio	N2	Bomba Centrifuga	229305
17	BOC-W032-005	Pta ZCI – Bomba de Agua	N1	Bomba Centrifuga	41142

Cuadro 4. Equipos de Bombeo Centrifugos en el Mantenimiento. Preventivo

## 5.2 SISTEMAS DE CRITICIDAD PARA LOS EQUIPOS DE BOMBEO CENTRÍFUGO DE LA ESTACIÓN DORISSA.

En el mantenimiento preventivo actual llevado en el Lote 1ab, a pesar del planeamiento del mantenimiento y de contar con sistema computarizado de administración del mantenimiento, de efectuarse tal cual lo planeado, el sistema computarizado no se sincroniza en tiempo real al desarrollo del mantenimiento preventivo, o peor aun no se logra efectuar todas las actividades relacionadas al Mantenimiento Preventivo establecido, todo el tiempo.

El sistema de criticidad planteado para esta implementación, nos permitirá llevar a cabo las tareas prioritarias del mantenimiento preventivo, y dejando para ser re programadas aquellas cuya importancia no es tan relevante, en caso de no disponer del tiempo necesario o se tuviera que decidir entre dos tareas a realizarse.

Nuestro sistema de criticidad para este caso en particular estará dado por tres niveles:

i) Nivel de Criticidad 1 o Alta criticidad

Este es el nivel asignado a todos los equipos de bombeo que no deben fallar, pues su falla originaria una perdida considerable de producción, o generaría condiciones inseguras para el personal o para otros equipos o también, importantes daños ambientales.

ii) Nivel de Criticidad 2 o Media criticidad

Es el nivel asignado a equipos de bombeo importantes, pero cuya falla no tendrá un fuerte impacto en la producción o no la detiene.

iii) Nivel de Criticidad 3 o Baja criticidad

Es el nivel que se asigna al resto de equipos que van a ser considerados dentro de nuestro mantenimiento preventivo. Estos son los equipos en cuyo caso de no poder realizarse el mantenimiento preventivo, por no disponer del tiempo necesario, personal, etc.; se podrá reprogramar.

El nivel de criticidad asignado a cada uno de los equipos será tomando en cuenta los siguientes criterios: Efectos sobre el servicio de producción, el valor económico del equipo (Costo de reemplazo por uno nuevo), influencia de la falla en la Planta, probabilidad de que la falla ocurra, flexibilidad del equipo en el sistema, facilidad de obtención de componentes, dependencia de la mano de obra, facilidad para la reparación.

Los niveles de ponderación fueron tomados de sistemas de mantenimiento similares. La ficha para la criticidad en equipos es el que se muestra en el cuadro 5

Las fichas de criticidad de los equipos considerados se encuentran en el Apéndice B los niveles de criticidad se muestran como sigue:

- i) Nivel 1 de Criticidad de 15 a 20
- ii) Nivel 2 de Criticidad de 11 a 14
- iii) Nivel 3 de Criticidad de 00 a 10

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

<b>FICHA N00</b>				
<b>1. Datos Técnicos</b>				
Código		N Serie		
Nombre del Equipo		Ubicación		
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
a.	Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
b.	Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
c.	Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
d.	A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extranjera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>			

Cuadro 5. Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

### 5.3 FRECUENCIAS DE INSPECCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los servicios periódicos del mantenimiento preventivo se realizaran según:

- i) Frecuencia en horas trabajadas del Equipo  
Este es el caso en que el equipo y la disponibilidad de espacio permitan ubicar un contómetro, de manera que registre el numero de horas de operación del equipo.
- ii) Frecuencia dada por días calendario  
En caso no se cuente con la facilidad del uso de frecuencia en horas, se puede utilizar esta frecuencia de servicio.

A continuación muestra el tiempo promedio entre fallas de los principales componentes de un equipo de bombeo según las normas ANSI

COMPONENTE	MTBF (YEARS)
Sello Mecánico	1.2
Rodamientos	3.0
Acoplamiento	4.0
Eje	15.0
Sellos de Aceite	0.6

Por lo que de acuerdo a las recomendaciones dadas por los fabricantes, a la Norma y a la experiencia de los operadores de mantenimiento, se dará una frecuencia de 6 meses o 4000 horas de operación continua, lo que ocurra primero.

#### 5.4 INSPECCIONES DEL MANTENIMIENTO

Las Inspecciones del mantenimiento Preventivo a implementar tendrán las siguientes funciones:

- i) Averiguar el estado real del equipo.
- ii) Conservar el equipo en condiciones confiables de operación

Restaurar y llevar el equipo a condiciones confiables.

Para lo cual se compondrá el mantenimiento preventivo, en tres tipos de Inspección:

- i) Inspección de Rutina
- ii) Inspección cada 4000 horas o semestral
- iii) Inspección cada 16000 horas o bianual

## 5.5 INSPECCIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La inspección rutinaria está direccionada a identificar los problemas que pudieran presentar durante la operación, tales como cavitación en el equipo, alta temperatura en rodamientos, ruidos excesivos, fugas por retenes, fugas por sellos mecánicos, alta vibración, etc., mientras se realizan las tareas de limpieza, lubricación. Esta actividad debe ser realizada por los operarios de los equipos de bombeo.

La inspección semestral o cada 4000 horas está direccionada a verificar el normal funcionamiento de algunos componentes del



equipo, en esta inspección se verifica principalmente: estado del sello mecánico y el de su plan de ambientación, revisión de los sellos de aceite y reemplazo en caso ser necesario, reemplazo del aceite lubricante de la caja de rodamientos, revisión del alineamiento.

La inspección anual o cada 8000 horas esta direccionada a efectuar esta orientada a realizar una inspección integral de cada uno de los componentes del equipo de bombeo, antes del iniciar esta inspección integral, se debe confirmar la disponibilidad de un Kit de Mantenimiento.

Durante esta inspección se debe verificar el estado mecánico del impulsor, (corrosión /abrasión), del eje (deflexión), sello mecánico y plan de ambientación, rodamientos, sellos de aceite.

## 5.6 PROCEDIMIENTOS DE TIPOS DE INSPECCIÓN

### 5.6.1 INSPECCIÓN RUTINARIA O SEMANAL

- i) Verificar la presencia de ruido excesivo.

Si el ruido no es excesivo y se presenta como normal, seguir al siguiente paso. Si el ruido es excesivo se tiene las siguientes alternativas:

- a) Cavitación

Puede ser que el equipo este cavitando, si el equipo esta cavitando y anteriormente no lo estaba haciendo, es por que definitivamente el sistema a sido modificado. Puede ser que la tubería succión este obstruida (filtros, válvulas de pie, etc.) o puede ser que la válvula ubicada en la tubería de succión(en caso tuviera una) este semiabierta por que alguien la manipulo. En el primer caso, lo recomendable es limpiar o cambiar el componente sucio. Si el causante fue la válvula semiabierta, coordine con el encargado del área, quizás se este realizando una regulación de

caudal, si este es caso señale la correcta regulación de caudal, abriendo lentamente la válvula de succión y cerrando la válvula ubicada en la descarga. Cualquiera sea el factor, disminución del nivel estático de succión, calentamiento del fluido de operación, etc., se debe realizar un análisis respectivo para ubicar al equipo en una zona de operación confiable.

- b). El Acoplamiento o la bomba y el motor están mal Alineados

Verifique el alineamiento y vuelva alinear si fuera necesario.

Recuerde guíese de las recomendaciones proporcionadas por los equipos de bombeo o equipos motrices ( el más exigente de ambos), las recomendaciones dadas por los acoplamientos deben ser referenciales en el caso de acoplamientos flexibles.

c). Punto de Operación

Verifique que el equipo esta trabando dentro de una zona confiable de operación cerca al BEP de la curva característica del equipo de bombeo.

d). Las partes giratorias se rozan.

Si este es el caso, verificar que las partes internas de desgaste (anillos) tengan los espacios libres apropiados

e) Lubricación impropia de los rodamientos o rodamientos gastados

Inspeccione y cambie según se requiera.

f) Eje flexado

Enderece o cambie según se requiera.

En los casos a, b, d y f coordine con el personal especializado de mantenimiento antes de tomar una acción correctiva sobre el equipo.

- ii) Verificar el nivel y calidad correcta del aceite

Inspeccione y cambie según se requiera.

- iii) Revisar temperatura en cojinetes

La temperatura normal de funcionamiento en rodamientos normales es de hasta 70c. Si la temperatura excede este valor revise las especificaciones técnicas, puede que se trate de un rodamiento especial tratado térmicamente para trabajar en esas condiciones; aunque es muy poco probable que esto ocurra en equipos simples. Si no fuera el caso se tendría las siguientes alternativas:

- a) Lubricación impropia del rodamiento o rodamiento  
Gastados

Inspeccione y cambie según requiera.

- b) El Acoplamiento o la bomba y el motor están mal alineados

Verifique el alineamiento y vuelva alinear si fuera necesario. Recuerde guíese de las recomendaciones proporcionadas por los equipos de bombeo o equipos motrices ( él más exigente de ambos), las recomendaciones dadas por los acoplamientos deben ser referenciales en el caso de acoplamientos flexibles.

- c) Lubricación excesiva

Quite el tapón de alivio para dejar que la grasa excesiva purgue. Si la unidad esta lubricada con aceite, drene el aceite hasta el nivel correcto.

- d) Eje flexado

Enderece o cambie según se requiera.

En los casos b y d coordine con el personal especializado de mantenimiento antes de tomar una acción correctiva sobre el equipo.

vi) Fugas excesivas por sello mecánico

a) El Acoplamiento o la bomba y el motor están mal alineados

Verifique el alineamiento y vuelva alinear si fuera necesario.

b) Sello en mal estado

Inspeccione y cambie de ser necesario

v) Fugas en los sellos de aceite

Revisar y cambiar de ser necesario.

## 5.6.2 INSPECCIÓN DE 6 MESES O 4000 HORAS

Antes de parar la bomba, efectuar la secuencia de inspección rutinaria previamente mencionada.

Luego coordinar con el encargado de planta la desenergización del equipo y su bloqueo de seguridad.

Desacoplar motor-bomba.

i) Estado del acoplamiento.

Inspeccione y cambie de ser necesario

ii) Alineamiento

Verificar el alineamiento cuando la bomba está separada. Usar indicador de carátulas o lecturas láser.

Si la bomba esta desalineada puede ser:

Desalineamiento vertical, puede deberse a que la bomba fue alineada en frío y no se previó tolerancias para



compensar dilataciones del motor y la bomba en caliente. Observar si este es el caso.

Desalineamiento horizontal, puede deberse a que la bomba está siendo afectada por las tuberías. Observar si este es el caso.

iii) Sello mecánico

Retirarlo del seal chamber e inspeccionar el estado del sello o sellos mecánicos.

Revisar la parte elastomérica se encuentre en buen estado, de lo contrario reemplazar lo necesario.

Revisar las caras rotativas y estacionarias, en caso de presentar desgastes dispares u otra anomalía, lapear las caras si es necesario y posible.

Ensamblar nuevamente, tomando los valores del alineamiento.

### 5.6.3 INSPECCIÓN BIANUAL O CADA 16000 HORAS

Antes de parar la bomba, efectuar la secuencia de inspección rutinaria previamente mencionada.

Luego coordinar con el encargado de planta la desenergización del equipo y su bloqueo de seguridad. Toda pieza debe marcarse al desarmar para identificar posteriormente su posición exacta.

i) Acoplamiento

Verificar similitud de dimensiones de los cubos (hubs)

ii) Anillos de desgaste

Medir su juego y reemplazar de ser necesario

iii) Rodamientos

Cambiar

iv) Eje

Verificar la deflexión del eje

Reemplazar o reparar lo necesario.

v) Aros lubricadores

Inspeccionar , no deben estar alabeados ni ovalados. No deben tener desgaste que los convierta en aros asimétricos.

vi) Verificar si los visores nivel tienen orificio respiradero y si éste se encuentra limpio.

vii) Verificar si las aceiteras de nivel constante están reguladas a la altura requerida.

- viii) Balancear el impulsor dinámicamente. Incluyendo el eje y cubo del acople.
  
- ix) Asegurarse de que el cojinete de empuje no tenga juego axial.
  
- x) Asegurarse de que la bomba gire completamente suave.
  
- xi) Efectuar una prueba hidrostática a presión.

El mayor porcentaje de fallas que se encuentran en las bombas centrífugas está relacionadas con los rodamientos y los sellos mecánicos, sin embargo también se presentan fallas por partes flojas tales como aflojamiento del impulsor, erosión /corrosión de la superficie interna de la voluta por alto contenido de sólidos 6 ataque químico por excesiva concentración de compuestos contaminantes, rotura de ejes, daños por cavitación, etc.

## 5.7 TIEMPOS ASIGNADOS A CADA TIPO DE INSPECCIÓN

Los tiempos asignados están basados en la experiencia del personal especializado de mantenimiento, y estos son:

Inspección Rutinaria	25 min.
Inspección Semestral	4 h 30 min.
Inspección Bianual	14 h

## 5.8 REPORTE DE INSPECCION

Los reportes de Inspección están destinados a ser archivados y a formar parte de la vida historial del equipo.

Estos reportes nos serán de gran ayuda en la detección de repetición de fallas o fallas frecuentes, así como también en el descubrimiento de la causa raíz de un análisis de falla efectuado a cualquier equipo.

Estos reportes serán adicionados en la parte de comentario de la Orden de Trabajo Correctiva y también debe ser alimentado al Sistema Computarizado de Mantenimiento.

## 5.9 KIT DE REPUESTOS BÁSICOS

Un Kit de repuestos debe ser asociado a las Inspecciones de 6 meses y Bianuales. El Kit de mantenimiento será asociado a una Orden de Trabajo Preventiva y no se podrá retirar ese material para otro uso a menos que dicho uso sea justificado.

### i) Kit de Mantenimiento Semestral

Este Kit esta compuesto básicamente de:

Sellos de Aceite.

Aceite en cantidad necesaria

Costo Aproximado = 350 USA \$

### ii) Kit de Mantenimiento Bianual

Este Kit esta compuesto básicamente de:

Sellos de Aceite.

Sellos Mecánicos o Empaquetadura

Bocina del Eje ( en caso lo tenga)

Rodamientos

Empaquetadura de la Carcasa

Empaquetadura del Impulsor

Acoplamiento

Aceite en cantidad necesaria

Costo Aproximado = 3,100 USA \$

#### 5.10 SISTEMA COMPUTARIZADO DE MANTENIMIENTO

Este sistema generara las Ordenes de Trabajo Preventivas de acuerdo a los criterios ya establecidos de frecuencias y tendrá una flexibilidad según los niveles de criticidad.

En ella se indicara también, el Kit de repuestos asociados y el procedimiento detallado de inspección descrito anteriormente.

Es el supervisor de mantenimiento cada área operativa, el responsable directo de la ejecución o no de cada orden, así como también de fijar el camino para su viabilidad.

## CAPITULO VI

# ANÁLISIS ECONÓMICO

### 6.1 COSTO DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

El costo de Mantenimiento Actual Bianual promedio de acuerdo a las Ordenes de Trabajo generadas, repuestos, mano de obra y paradas de emergencia, viene dado para las 200 unidades de bombeo por:

Costo Promedio Mantenimiento Bianual 200 unid.= 1 875 000 USA \$

Costo Estimado Promedio Mantenimiento Bianual 17 unidades

= 159 375 USA \$

### 6.2 COSTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO IMPLEMENTADO

En líneas generales y debido a que los principales gastos se soportan en una estructura de mantenimiento preventivo existentes, el costo del actual mantenimiento vendría simplificado por:



- i) Costos de Mano Obra
- ii) Costos de Repuestos.
- iii) Otros.

### 6.2.1 COSTOS DE MANO OBRA

Los costos de Mano de Hora Hombre, vienen dado por la expresión:

$$\text{CHHM} = \frac{\text{Total de planilla Mantenimiento}}{\text{Total de H - H}}$$

Que para el caso de la empresa concesionaria es:

$$\text{CHHM concesionaria} = 18 \text{ USA } \$ / \text{H - H}$$

Y para el caso de la contratista

$$\text{CHHM contratista} = 10 \text{ USA } \$ / \text{H - H}$$

### 6.2.1.1 NÚMERO TOTAL DE HORAS DEDICADAS AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El numero de horas dedicadas al mantenimiento preventivo para 2 años de operación viene dado por la suma de horas dedicadas a cada tipo de inspección.

- i) Inspección semanal o rutinaria

$$\text{Total Horas IR} = \frac{\text{TA} \times \text{PO} \times \text{NE}}{\text{F}}$$

En donde

TA : Tiempo Asignado = 25 min.

PO: Periodo de Operación = 2 años  
= 104 sem.

NE: Numero de Equipos = 17

Frecuencia = 1 sem.

Por lo que el número dedicadas a la inspección tipo rutinaria seria:

$$\text{Total Horas IR} = 736 \text{ Horas} - \text{H}$$

## ii) Inspección semestral

$$\text{Total Horas IS} = \frac{\text{TA} \times \text{PO} \times \text{NE}}{\text{F}}$$

En donde

TA : Tiempo Asignado = 4 h 30 min.

PO: Periodo de Operación = 2 años  
= 104 sem.

NE: Numero de Equipos = 17

Frecuencia = 26 sem.

Por lo que el número dedicadas a la inspección tipo semestral seria:

$$\text{Total Horas IS} = 306 \text{ Horas} - \text{H}$$

## iii) Inspección bianual

$$\text{Total Horas IB} = \frac{\text{TA} \times \text{PO} \times \text{NE}}{\text{F}}$$

En donde

TA : Tiempo Asignado = 14 h

PO: Periodo de Operación	= 2 años
	= 104 sem.
NE: Numero de Equipos	= 17
Frecuencia	= 104 sem.

Por lo que el número dedicadas a la inspección tipo rutinaria seria:

$$\text{Total Horas IB} = 238 \text{ Horas} - H$$

Por lo que el tiempo total dedicado exclusivamente a las tareas de mantenimiento preventivo de los equipos de bombeo propuestos seria:

$$\text{Total Horas} = \text{TH IR} + \text{TH IS} + \text{TH IB}$$

Donde :

THIR : Total Horas Inspección Rutinaria

THIS : Total Horas Inspección Semestral

THIB : Total Horas Inspección Bianual

Entonces:

Total Horas = 1280 H – H

Y el Costo de Mano de Obra seria

Costo de mano de Obra = CHHM contratista x Total Horas

Costo de mano de Obra = 12 800 USA \$

#### 6.2.2 COSTOS DE REPUESTOS.

El costo de repuestos vendria para cada tipo de inspección

i). Inspección Semestral

El costo de repuestos para dos años de operación  
vendría dado por:

Costo de Repuestos IS = CKRS x PO x NE

F

PO : periodo de Operación = 2 años = 104 sem.

CKRS : Costo de Kit de Repuestos = 350 USA \$

NE : Numero de Equipos = 17

F: Frecuencia de Inspección = 26 sem.

Costo de Repuestos IS = 23 800 USA \$

ii). Inspección Bianual

El costo de repuestos para dos años de operación  
vendría dado por:

$$\text{Costo de Repuestos IB} = \frac{\text{CKRB} \times \text{PO} \times \text{NE}}{\text{F}}$$

PO : periodo de Operación = 2 años = 104 sem.

CKRB : Costo de Kit de Repuestos = 3 100 USA \$

NE : Numero de Equipos = 17

F: Frecuencia de Inspección = 104 sem.

Costo de Repuestos IB = 52 700 USA \$

Por lo que el costo total de repuestos sería

Costo Total Repuestos = CR IS + CRIB

Donde

CRIS : Costo de Repuestos IS = 23 800 USA \$

CRIB : Costo de Repuestos IB = 52 700 USA \$

Entonces:

Costo Total Repuestos = 76 500 USA \$

El costo Total seria

Costo Total MP = Costo Total Repuesto + Costo de mano de Obra  
+ Imprevistos

Considerando por Imprevistos como el 10% adicional

Costo Total MP = ( 76 500 + 12 800 ) x 1,1 = 98 230 USA\$

### 6.3. RESUMEN ECONÓMICO

Costo Estimado Promedio Mantenimiento Anual 17 unidades

= 159 375 USA\$

Costo Total MP = ( 76 500 + 12 800 ) x 1,1 = 98 230 USA\$

De estos resultados es evidente concluir que el mantenimiento preventivo no solo debe implementarse en los equipos de bombeo centrífugo de la Estación Dorissa, sino que debe realizarse la evaluación respectiva para implementarse en su totalidad.



## CONCLUSIONES

1. Se concluye por el planteamiento y análisis desarrollado en el presente informe, la viabilidad de cumplir con el objetivo trazado, es decir la reducción de Costos de Mantenimiento por la Aplicación del Mantenimiento Preventivo en equipos de bombeo centrífugo.
2. Del resultado obtenido en el último capítulo, dedicado al análisis económico, se desprende y concluye con la factibilidad de la implementación del Mantenimiento Preventivo en los equipos de bombeo centrífugos en la Estación de Producción denominada Dorissa, el cual conllevará una importante minimización de costos de mantenimiento.
3. El mejoramiento de un sistema de Mantenimiento, se obtiene aplicando adecuadamente las técnicas, herramientas sobre la planificación, programación y ejecución del mantenimiento y su éxito, depende exclusivamente del grado de compromiso desarrollado por todos aquellos que de manera responsable y conciente, cumplen con de sus labores asignadas en la ejecución del planteamiento.

4. Se debe realizar una Auditoria Integral del Mantenimiento, que permita realizar un diagnostico de operación del Área de Mantenimiento, determinando su situación actual y plantear directrices de optimización y de mejoras viables.
5. Se debe realizar una estandarización de equipos de bombeo centrífugos por aplicación de tal manera que aumente la disponibilidad de equipos y disminuya el inventario de componentes en los almacenes.
6. Se debe seguir las recomendaciones dadas por los fabricantes de los equipos y las normas aplicables sobre una adecuada selección, instalación, operación y arranque de los equipos de bombeo centrífugos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Bombas centrífugas y Turbocompresores  
Carl PFleiderer / Editorial Labor S.A.
2. Process, Transfer and Burner Pump Data Book  
Transamerica Delaval
3. Goulds Pumps Manual  
Goulds Pumps Inc.
4. Manual de Servicio de Mantenimiento Preventivo  
Enrique Ferreyros y CIA.
5. Manual de Sellos Mecánicos  
Durametallic Corporation
6. Manual de Acoplamientos Flexibles  
Falk Corporation

7. The Basic Petroleum Industry  
U.S. Drilling Equipment
  
8. Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento  
Kenneth Mc Naughton / Mc Graw Hill
  
9. Planificación y Programación del Mantenimiento  
TECSUP.

## **PLANOS**

### **Plano 1**

PLANO DEL LOTE 1AB

## **APÉNDICE**

### **Apéndice A**

FICHA TECNICA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

### **Apéndice B**

FICHAS DE CRITICIDAD PARA EQUIPOS DE BOMBEO CENTRÍFUGO

## **Apéndice A**

FICHA TECNICA PARA EQUIPOS DE BOMBEO CENTRÍFUGO

### Ficha Técnica de Equipos de Bombeo

<b>1. Datos Técnicos</b>			
	Código	Modelo	3196
	Nombre del Equipo	Tamaño	1x2-10
	Aplicación	Caudal	93 gpm
	Ubicación	TDH	407
	N Serie	RPM	3600
	751D902	Peso	
<b>2. Fechas</b>			
Fecha de Fabricación		Fecha de Instalación	
<input style="width: 100%;" type="text"/>		<input style="width: 100%;" type="text"/>	
Fecha Limite de Garantía			
<input style="width: 100%;" type="text"/>			
<b>3. Costos</b>			
Costo Original			
Costo Kit de Mantenimiento			
<b>4. Datos de Condición</b>			
Estado del Equipo			
Nivel de Criticidad			
Responsabilidad directa			
<b>5. Documentación Disponible</b>			
		Si / No	Ubicación
Curva Característica del Equipo		SI	Dorissa
Manual de Mantenimiento		NO	
Plano del Sello Mecánico		NO	
Lista de Componentes		SI	Planea
Dibujo en Sección		NO	
Plano de Instalación		NO	
<b>6. Componentes principales</b>			
Item	Nombre	N de Parte	Características
1			
2			
3			
4			
5			
<b>7. Otras</b>			



## **Apéndice B**

FICHAS DE CRITICIDAD PARA EQUIPOS DE BOMBEO CENTRÍFUGO

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N01**

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G020-026	N Serie	709D203
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderació	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logística</b>			
		Extranjera	2	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>10</b>	<b>N3</b>

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N02**

1. Datos Técnicos				
Código	BOC-G028-001	N Serie	7850910	
Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA	
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
a.	Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
b.	Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
c.	Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
d.	A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>12</b>	<b>N2</b>

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N03**

<b>1. Datos Técnicos</b>				
	Código	BOC-G028-004	N Serie	766B518
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
<b>Ítem</b>	<b>Variables</b>	<b>Concepto</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total</b>		<b>15</b>	
	<b>Nivel de Criticidad</b>		<b>N1</b>	

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N04**

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G028-005	N Serie	766B522.1
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Ítem	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>10</b>	<b>N3</b>

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N05

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-004	N Serie	431A683
	Nombre del Equipo	SUMP PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extranjera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>13</b>	<b>N2</b>

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N06

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-005	N Serie	431A683_2
	Nombre del Equipo	SUMP PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extranjera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total</b>		<b>13</b>	
	<b>Nivel de Criticidad</b>		<b>N2</b>	

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N07**

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-004	N Serie	7630424
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variabes	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detier	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extranjera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>10</b>	<b>N3</b>



**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N08**

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-007	N Serie	7260875
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total</b>		<b>10</b>	
	<b>Nivel de Criticidad</b>		<b>N3</b>	

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N09**

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-009	N Serie	710D207
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Ítem	VARIABLES	CONCEPTO	ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>9</b>	<b>N3</b>

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N10

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-011	N Serie	7160L92
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local/Ext	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total</b>		<b>8</b>	
	<b>Nivel de Criticidad</b>		<b>N3</b>	

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N11

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-032	N Serie	752D726
	Nombre del Equipo	CENTRIF. PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 US\$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 US\$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local / Ext,	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>11</b>	<b>N2</b>

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N12

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-032-033	N Serie	751902
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Ítem	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Único	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logística</b>			
		Extranjera	2	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>8</b>	<b>N3</b>

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N13

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-035	N Serie	744C665
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Ítem	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total</b>		<b>12</b>	
	<b>Nivel de Criticidad</b>		<b>N2</b>	

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N14

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-036	N Serie	759D528
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extraniera	2	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>11</b>	<b>N2</b>

### Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

**FICHA N15**

1. Datos Técnicos				
	Código	BOC-G032-037	N Serie	
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	
			791B247.1 DORISSA	
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al operador ?
		No	0	
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras personas o equipos cercanos?
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logistica</b>			
		Extranjera	2	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>11</b>	<b>N2</b>



## Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo

FICHA N16

### 1. Datos Técnicos

	Código	BOC-O032-007	N Serie	229305
Nombre del	Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA

Item	Variables	Conce to	ponderació	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	4	
		Reduce	2	
		No lo detien	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	2	
		Ba o	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	2	
		Ba'a	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	2	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logística</b>			
		Extran'era	2	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	1	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	2	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total</b>		<b>11</b>	
	<b>Nivel de Criticidad</b>		<b>N2</b>	

**Ficha de Nivel de Criticidad en los Equipos de Bombeo**

**FICHA N17**

<b>1. Datos Técnicos</b>				
	Código	BOC-W032-005	N Serie	41142
	Nombre del Equipo	CENTRIFU. PUMP	Ubicación	DORISSA
Item	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Detiene	<b>4</b>	
		Reduce	2	
		No lo detiene	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico</b>			
		Alto	3	Mas de 40,000 USA \$
		Medio	<b>2</b>	
		Bajo	1	Menos de 2,000 USA \$
<b>3</b>	<b>La falla afecta :</b>			
	a. Al equipo en si.	Si	<b>1</b>	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio	Si	1	Origina problemas a
		No	0	otros equipos?
	c. Al operador	Si	1	Posibilita un accidente al
		No	0	operador ?
	d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilita un accidente a otras
		No	0	personas o equipos cercanos?
<b>4</b>	<b>Probabilidad de la falla</b>			
		Alta	<b>2</b>	
		Baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el sistema</b>			
		Unico	<b>2</b>	
		By pass	1	
		Stand By	0	
<b>6</b>	<b>Dependencia Logística</b>			
		Extranjera	<b>2</b>	
		Local / Ext.	1	
		Local	0	
<b>7</b>	<b>Dependencia mano de Obra</b>			
		Terceros	<b>1</b>	
		Propia	0	
<b>8</b>	<b>Facilidad para la reparación (Mantenibilidad)</b>			
		Baja	<b>2</b>	
		Alta	0	
<b>9</b>	<b>Total Nivel de Criticidad</b>		<b>16</b>	<b>N2</b>