



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“Estudio Actual de la Eficiencia Operativa de las Bombas  
Eléctricas Sumergibles (BES) en el Campo V.H.R. en Base a las  
Curvas de Operación”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO DE PETROLEOS**

**Presentada por:**

**Christian Xavier Ruiz Peralta**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2009**

---

## AGRADECIMIENTO

“En la vida tienes un camino lleno de alegrías y dificultades, pero el éxito está en saber resolver las dificultades para luego convertirlas en alegrías y saber sobrellevar las alegrías para poder enfrentar nuevas dificultades.”

Mi más gran agradecimiento es para Dios, mi Señor, aquel que probó mi paciencia lealtad y fuerza por mil y una ocasiones pero que al final del camino me guió y mostró la salida correcta hacia el pabellón del triunfo, aquel donde solo llegan los ganadores.

A mis padres, hermana, y a todos mis familiares, amigos y compañeros, que supieron apoyarme con su tiempo, paciencia y dedicación a todas las labores que conllevaron a conseguir este gran anhelado logro.

A todos los Ingenieros de Petroproducción encargados del Área del Cuyabeno y Tipishca que fueron personas imprescindibles, y que supieron compartir su experiencia y sabios consejos. Al Ing. Christian Vaca, que con su paciencia e incondicional apoyo facilito el camino a la meta. Al Ing. Lenin Pozo, por ser mi tutor y guía durante mi estancia en las locaciones de Petroproducción de Tipishca, a los Ingenieros Freddy Molina y Miguel Criollo, y todo el valioso personal en las instalaciones de Tipishca.

De igual manera mi agradecimiento al Ing. Héctor Román, Director de Tesis, quien supo guiarme de manera eficaz y profesionalmente gracias a su gran vocación académica y técnica.

Mi más sincera gratitud a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, de donde me siento orgulloso de haber sido parte de sus aulas. De mi querida Facultad de Ciencias de la Tierra que fue como mi segundo hogar durante mi vida universitaria, que me acogió y educo con los mejores profesionales como lo es su personal docente, su personal administrativo y como poder olvidar a nuestros amigos y compañeros con quienes compartimos grandes y gratos momentos.

---

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios mi Señor, quien me dio la sabiduría, valor y fuerza que me guiaron para conseguir esta meta. A mis padres, Armando y María, quienes han sido mis más grandes amigos durante toda mi vida, aquellos pilares en los que se basa mi vida y todo mi amor. A mi hermana Gabriela por su apoyo incondicional, a mi abuelita Avelina quien me mostró el valor de la perseverancia y la dedicación, y en especial a mi hijo, Bruno Xavier, quien con su presencia me dio ese gran incentivo y fuerza para lograr mi objetivo sobrepasando todas las expectativas. A todos mis familiares y amigos que me ofrecieron su ayuda y apoyo durante mi vida estudiantil.

*Christian*

---

## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis corresponde exclusivamente a sus autores y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral."

  
Christian Ruiz P.

# RESUMEN

Dada la gran necesidad de incrementar la producción en el distrito Amazónico, se propuso realizar un estudio de la eficiencia operativa de las bombas electrosumergible en el campo, en el cual se recopila toda la información relacionada con las bombas del mismo, análisis de la información y determinación de posibles soluciones a las deficiencias operativas que permitan optimizar el proceso y obtener mayor producción de petróleo en el campo, que será de gran beneficio para la empresa y el país en general.

El proceso de levantamiento de petróleo por bombeo electrosumergible ha incrementado notablemente la producción no solo en nuestro país sino en todos los países productores del mismo, logrando recuperar un mayor porcentaje de las reservas de sus yacimientos.

El objetivo principal de este trabajo es optimizar la eficiencia de las bombas a través del análisis de las curvas de producción de operación actual y rango óptimo de operación así como de la frecuencia de operación de los pozos y el método de control. El tiempo estimado de vida útil de todos los pozos con Bombeo Electrosumergible depende en gran parte al mantenimiento que se le de a la bomba y a la forma en la que esta trabaja. A partir de la determinación del porcentaje de desviación en eficiencia y en base a las características del reservorio y reservas remanentes se podrá deducir

respuestas inmediatas de forma particular en cada pozo para la solución de sus problemas. Con la optimización del proceso de las Bombas Electrosumergible, se lograra incrementar la producción en el Campo, ya que la extracción de petróleo del mismo se basa en su mayoría en el levantamiento por bombeo electrosumergible, con lo que se obtendrá mayores ingresos para la empresa.



1.1.2.6	Caliza "A" .....	24
1.1.2.7	Arenisca "U" Superior .....	24
1.1.2.8	Arenisca "U" Media .....	24
1.1.2.9	Arenisca "U" Inferior .....	25
1.1.2.10	Caliza "B" .....	25
1.1.2.11	Arenisca "T" Superior .....	25
1.1.2.12	Arenisca "T" Inferior .....	26
1.1.2.13	Formación Tena (Maestrichtiano Paleoceno) .....	26
1.1.2.14	Arenisca Basal Tena .....	26
1.1.2.15	Tiyuyacu Inferior (Eoceno Inferior a Medio) .....	26
1.1.2.16	Tiyuyacu Superior (Eoceno Medio a Superior) .....	27
1.1.2.17	Formación Orteguaza (Oligoceno) .....	28
1.1.2.18	Mioplógeno – Cuaternario .....	28
1.2	Características Petrofísicas .....	29
1.3	Características de los Fluidos de Producción .....	30

## CAPITULO 2

2. TEORIA DEL BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE Y RECOPIACION DE DATOS .....	31
--	----



2.1	Antecedentes.....	31
2.2	Conceptos Fundamentales.....	32
2.2.1	Conceptos Fundamentales de Electricidad.....	32
2.2.1.1	Intensidad de Corriente (I).....	32
2.2.1.2	Resistencia (R).....	33
2.2.1.3	Diferencia de Potencial (V).....	33
2.2.1.4	Frecuencia (f).....	33
2.2.1.5	Potencia (P).....	34
2.2.2	Conceptos Fundamentales de Hidráulica.....	34
2.2.2.1	Hidráulica.....	34
2.2.2.2	Carga.....	35
2.2.2.3	Gravedad Especifica.....	35
2.2.2.4	Gradiente.....	35
2.2.2.5	Viscosidad.....	35
2.2.2.6	Relación Gas – Petróleo.....	36
2.3	Componentes del Bombeo Electrosomergible.....	36
2.3.1	Componentes del Equipo de Superficie.....	36
2.3.1.1	Variador de Frecuencia.....	36
2.3.1.2	Tablero de Control.....	36
2.3.1.3	Transformador Primario y Secundario.....	37
2.3.1.4	Caja de Venteo.....	37
2.3.2	COMPONENTES DEL EQUIPO DE SUBSUELO.....	38

2.3.2.1	Bomba.....	38
2.3.2.2	Componentes.....	39
2.3.2.3	Motor.....	40
2.3.2.3.1	Protector del Motor.....	44
2.3.2.4	Sensores.....	45
2.3.2.5	Separador de Gas.....	45
2.3.2.6	Cable.....	46
2.3.2.6.1	Especificaciones del cable.....	46
2.3.2.6.2	Componentes del Cable.....	46
2.3.2.6.2.1	Conductor.....	46
2.3.2.6.2.2	Aislamiento.....	47
2.3.2.6.2.3	Barrera.....	47
2.3.2.6.2.4	Recubrimiento.....	48
2.3.2.6.2.5	Armadura.....	48

### CAPITULO 3

3.	RECOPILACION DE INFORMACION.....	51
3.1	Historiales de Producción.....	51
3.2	Historiales de Reacondicionamiento del Campo VHR.....	51
3.3	Historiales de Tratamientos Químicos.....	82

## CAPITULO 4

4. ANALISIS TÉCNICO Y POSIBLES SOLUCIONES.....	85
4.1    Análisis del Tiempo de Vida útil de los Equipos.....	85
4.2    Pérdidas frecuentes de Energía.....	88
4.2.1    Análisis de Pozos Críticos.....	88
4.2.2    Problemas en el Yacimiento.....	90
4.2.3    Problemas de Escala, Parafina.....	90
4.2.4    Problemas con la Tubería.....	90
4.2.5    Problemas con el Equipo Eléctrico.....	91
4.3    Optimización.....	91
4.3.1    Curvas de Operación de las Bombas Eléctricas	
Sumergibles.....	91
4.3.2    Curva de Potencia al Freno (BHP).....	92
4.3.3    Curva de Eficiencia de la Bomba.....	93
4.3.4    Curva de Altura de Columna.....	93
4.3.5    Rango Óptimo de Operación.....	95
4.3.6    Determinación de los Puntos de Operación Actuales.....	96
4.3.7    Estudio de Pozos del Campo VHR.....	97

## CAPITULO 5

5. ANALISIS ECONOMICO.....	110
5.1    Costo / Beneficio de las Posibles Soluciones.....	110

---

5.1.1	Recuperación de la Inversión.....	110
5.1.1.1	Valor Actual Neto (VAN).....	111
5.1.1.2	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	113
5.1.1.3	Flujo de Caja; VHR – 04.....	114
5.2	Costo de Implementación de las Soluciones.....	114
5.2.1	Rediseño de los Equipos.....	114
5.2.2	Equipos a instalarse y Costos.....	118

## CAPITULO 6

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
6.1	Conclusiones.....	125
6.2	Recomendaciones.....	128

---

# INDICE DE FIGURAS

## CAPITULO 1

Ubicación Geográfica del Campo VHR

Figura 1.1.....20

## CAPITULO 2

Corte de una bomba electrosumergible

Figura 2.1.....38

Partes de una bomba electrosumergible

Figura 2.2.....39

Curvas características de operación de una bomba

Figura 2.3.....40

Esquema de un motor

Figura 2.4.....41

Esquema de un protector

Figura 2.5.....44

Conductor del cable

Figura 2.6.....46

Aislamiento del cable

Figura 2.7.....47

Barrera del cable

Figura 2.8.....47

;

;

Recubrimiento del cable	
Figura 2.9.....	48
Armadura del cable	
Figura 2.10.....	48
Arreglo de cable Tipo A	
Figura 2.11.....	49
Arreglo de cable Tipo B	
Figura 2.12.....	49
Cable con capilar (redondo)	
Figura 2.13.....	50
Cable con capilar (plano)	
Figura 2.14.....	50
Cable redondo	
Figura 2.15.....	50
Cable plano	
Figura 2.16.....	50

## **CAPITULO 4**

Tiempo de vida promedio de las bombas electrosumergibles en el Campo VHR	
Figura 4.1.....	88
Curvas de operación de una bomba electrosumergible	
Figura 4.2.....	92

Curva de la potencia al freno	
Figura 4.3.....	93
Curva de la eficiencia de la bomba	
Figura 4.4.....	94
Curva de la altura de la columna	
Figura 4.5.....	94
Tipos de desgastes de las bombas electrosumergibles	
Figura 4.6.....	95

## **CAPITULO 5**

Cuadro ejemplo de Valor Actual Neto de una Inversión	
Figura 5.1.....	112
Cuadro ejemplo de Flujo de Caja de un pozo	
Figura 5.2.....	114

---

# INDICE DE TABLAS

## CAPITULO 1

Distribución de pozos según la estructura de producción en el Campo VHR.

Tabla 1.1.....28

Características Petrofísicas de reservorio del Campo VHR.

Tabla 1.2.....29

Características de los fluidos de producción

Tabla 1.3.....30

## CAPITULO 2

Series, diámetros y rangos de potencia de los motores

Tabla 2.1.....43

## CAPITULO 4

Wood Group – Reporte de Fallas de las bombas electrosumergibles en el  
Campo VHR

Tabla 4.1.....86

Schlumberger – Reporte de Fallas de las bombas electrosumergibles en el  
Campo VHR

Tabla 4.2.....86

Centrilift – Reporte de Fallas de bombas electrosumergibles en Campo VHR

Tabla 4.3.....87

---



Pozos fuera del rango óptimo de operación en el Campo VHR	
Tabla 4.4.....	89
Datos para la construcción de las curvas de operación – Campo VHR	
Tabla 4.5.....	96

## **CAPITULO 5**

Equipos a instalarse – Schlumberger	
Tabla 5.1.....	119
Equipos a instalarse – Centrilift	
Tabla 5.2.....	120
Equipos a instalarse – Wood Group	
Tabla 5.3.....	121
Costo de los equipos Schlumberger (USD)	
Tabla 5.4.....	122
Costo de los equipos Centrilift (USD)	
Tabla 5.5.....	122
Costo de los equipos Wood Group (USD)	
Tabla 5.6.....	122
Costo promedio de reacondicionamiento (USD) – Campo VHR	
Tabla 5.7.....	123
Costo total de instalación y equipo (USD)	
Tabla 5.8.....	124

# ANEXOS

**ANEXO A:** Ubicación de los pozos dentro del Campo VHR

**ANEXO B:** Mapa Estructural de la cuenca del Campo VHR

# INTRODUCCION

La idea de desarrollar el siguiente proyecto surge de la necesidad de incrementar la producción de petróleo en el distrito amazónico, específicamente en la empresa estatal PETROPRODUCCION, como ya antes se menciona.

Para el siguiente objetivo se realizó el estudio en base a las pruebas de producción diarias de cada pozo dentro del campo, así como de los historiales de reacondicionamiento y tratamientos químicos.

Una vez realizado el análisis específico para cada pozo, se formaron las curvas de producción y comparándolas con las de la bomba que se encuentra usando en esos momentos se determinó que pozo no se encuentra en rango óptimo de operación, determinando que pozos se encuentran downthrust y upthrust, lo que significa que están bajo el rango óptimo o sobre el mismo con una sobre producción de fluido en el mismo.

Si este se encuentra con una producción mayor al rango óptimo y debido a la naturaleza del pozo, el cual tiende a depletarse a medida que pasa el tiempo se decidió dejar que el mismo alcance su rango óptimo a la medida que se mantenga produciendo en buena forma. Por otra parte, si el análisis mostraba un pozo con un sub flujo entonces se necesitaba realizar cambios ya sea realizando un rediseño de la bomba que usa, o ya sea algún cambio sucedido en la formación lo que promueve este tipo de problemas en el pozo.

---

# CAPITULO 1

## 1. DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS PETROFÍSICAS Y DE LOS FLUIDOS DEL CAMPO VHR.

El Campo Victor Hugo Ruales (ex Cantagallo) se encuentra ubicado en la provincia de Sucumbios, al Norte de la Cuenca Oriente, limitado al Norte y al Este por la frontera con Colombia, al Sur por el campo Cuyabeno-Sansahuari, y hacia el oeste por los Campos Tapi-Tetete y Frontera.

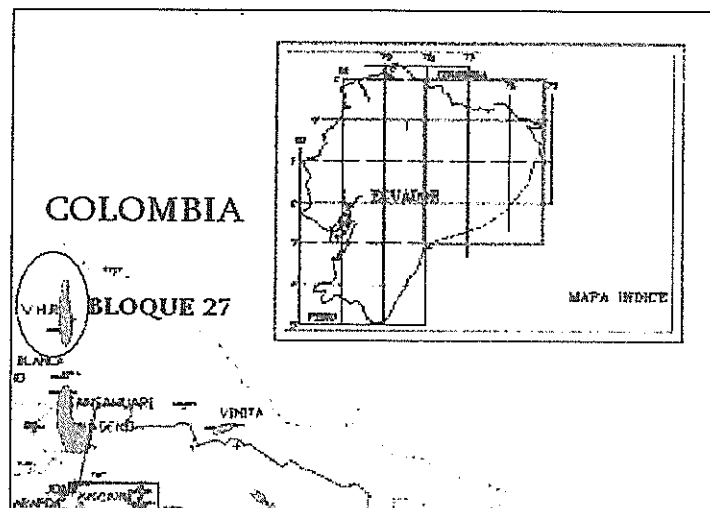


FIGURA 1.1

Fue descubierto por PETROPRODUCCION (Ex. CEPE) luego de reinterpretar la sísmica del área; en 1988 se perforó el pozo exploratorio Cantagallo-1 a 2.8 Km. al norte del pozo Lilian-1, obteniéndose una producción comercial de 10.600 BPPD de 32° API promedio de los yacimientos: Arenisca Basal Tena, "U" Superior, "U" Media, "U" Inferior y "T" Superior.

En el Campo se han perforado 16 pozos de los cuales 15 se encuentran en producción a enero del 2009 y 1 pozo es reinector de agua de formación (VHR-10). Ver ubicación de los pozos en el ANEXO A.

La producción promedio correspondiente al último potencial de producción al 31 de enero del 2009 fue de 7556 BPPD y 12386 BAPD, teniendo una producción total acumulada al 31 de diciembre del 2008 de 31'738.075 BP y 24'547.106 BA, cifra computada a partir de marzo de 1991 que da inicio su producción comercial.

## **1.1 Geología del Campo VHR**

### **1.1.1 Estructura**

El Campo VHR es un anticlinal alargado de orientación N-S de aproximadamente 15 Km. de largo por 4 Km. de ancho asociado al paleo alto de basamento de edad Precámbrica que separa la subcuenca Napo de la subcuenca Putumayo.

El campo presenta a los diferentes niveles cretácicos una configuración morfológica estructural caracterizada por un anticlinal fallado, elongado en dirección N-S.

### **1.1.2 ESTRATIGRAFIA**

En la columna estratigráfica generalizada se observa las formaciones presentes en el campo y de las cuales se describen desde el Aptiano Superior hasta el Mioplioceno.

#### **1.1.2.1 Formación Hollín (Aptiano Superior – Albiano Inferior).**

Arenisca cuarzosa, blanca, transparente, translúcida, ocasional hialina, suelta, en menor cantidad moderadamente consolidada, friable, grano medio, en menor cantidad grano fino, ocasional grano grueso, subredondeado a subangular, ocasional matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo, con inclusiones de glauconita.

#### **1.1.2.2 Formación Napo (Albiano Inferior - Campaniano Medio).**

Esta formada por una secuencia de lutitas y calizas con intercalaciones de areniscas de origen marino somero.

#### **1.1.2.3 Tope Napo.**

Lutita gris a gris clara, en parte negra, firme a ligeramente suave, sublaminar, subfisil, subplanar.

#### **1.1.2.4 Zona Caliza "M2".**

Lodolita, Caliza gris a gris oscura, en parte blanco crema, moteada de blanco, terrosa, firme a ligeramente suave, bloque a sub-bloque, irregular.

#### **1.1.2.5 Arenisca "M2".**

Arenisca cuarzosa, café clara, transparente, translúcida, grano fino a muy fino, sub-redondeada a sub-angular, friable, en parte moderadamente consolidada, moderada a regular selección, matriz no visible, cemento ligeramente calcáreo, con inclusiones de glauconita.

#### **1.1.2.6 Caliza “A”.**

Caliza café clara, blanco crema, moteada de blanco, firme a moderadamente dura, ocasionalmente suave, bloque a sub-bloque.

#### **1.1.2.7 Arenisca “U” Superior.**

Arenisca cuarzosa, clara a café clara transparente, translúcida, grano fino a medio, sub-redondeada a sub-angular, friable, moderadamente consolidada, moderada a regular selección, matriz no visible, cemento ligeramente calcáreo, con inclusiones de glauconita, pobre porosidad visible.

#### **1.1.2.8 Arenisca “U” Media.**

Arenisca cuarzosa, blanca a café clara, sub-transparente, sub-translúcida, grano fino a muy fino, menor grano medio, sub-redondeado a sub-angular, friable a moderadamente consolidada, regular selección, matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo.



#### **1.1.2.9 Arenisca “U” Inferior.**

Arenisca cuarzosa, clara a blanco crema, sub-transparente, sub-translúcida, grano fino a muy fino, ocasionalmente medio sub-redondeada a sub-angular, suelta a moderadamente consolidada, friable, moderada a regular selección, matriz no visible, cemento ligeramente calcáreo.

#### **1.1.2.10 Caliza “B”.**

Lodolita, Caliza gris oscura, gris clara, crema, moteada de gris con crema, suave a moderadamente firme, en bloque a sub-bloques, local con inclusiones de glauconita.

#### **1.1.2.11 Arenisca “T” Superior.**

Arenisca cuarzosa, crema a café clara, sub-transparente, sub-translúcida, grano fino a medio, sub-redondeada a sub-angular, consolidada a moderadamente consolidada, en parte friable, regular selección, ocasionalmente matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo, con inclusiones de glauconita.

#### **1.1.2.12 Arenisca "T" Inferior.**

Arenisca cuarzosa, gris clara, trasparente, translúcida, hialina, grano medio a grueso, sub-redondeada a sub-angular, suelta a moderadamente consolidada, en parte friable, regular selección, ocasionalmente matriz no visible, cemento silicio.

#### **1.1.2.13 Formación Tena (Maestrichtiano - Paleoceno).**

Arcillolitas y limolitas color ladrillo, café chocolate, café rojizo, café claro, en parte gris verdosa, firme a moderadamente dura, en parte suave, de origen continental que presentan un espesor de +/-900 pies.

#### **1.1.2.14 Arenisca Basal Tena.**

Arenisca cuarzosa, clara, en parte gris clara, grano fino a muy fino, sub-redondeado a sub-angular, suelta, en parte moderadamente consolidada, regular selección, en parte matriz arcillosa, cemento ligeramente calcáreo.

#### **1.1.2.15 Tiyuyacu Inferior (Eoceno Inferior a Medio).**

El Miembro Tiyuyacu Inferior esta constituido por conglomerados, areniscas y arcillas que descansan

en discordancia fuertemente erosiva sobre la Formación Tena (Marocco et al, 1997; Valdez, 1997). Las arcillas son por lo general abigarradas, rojo verde en la parte inferior y rojo, café, azul amarillento en la parte superior. Los conglomerados son sub-redondeados a redondeados y compuestos principalmente de cherts y cuarzo lechoso, y en menor proporción de rocas metamórficas (cuarcitas). El ambiente sedimentario es de tipo fluvial y corresponde a ríos próximos intermitentes o con larga estación seca (Marocco et al, 1997). La potencia varía entre 1440 pies y 1605 pies.

#### **1.1.2.16 Tiyuyacu Superior (Eoceno Medio a Superior).**

Este miembro presenta una base erosiva, la misma que generalmente fue rellenada por conglomerados de cuarzo lechoso, translucido, muy poco chert, con tamaño de clastos que fluctúa entre 2 y 3 cm (Valdez, 1997) a la base, arcillas y areniscas al tope, con una potencia que fluctúa entre 330 y 440 pies.

#### 1.1.2.17 Formación Orteguaza (Oligoceno).

Yace sobre la Formación Tiyuyacu y se encuentra debajo de los sedimentos continentales fluviales de la Formación Chalcana. Esta constituida de una serie marina somera compuesta por areniscas grises y verduzcas, y lutitas gris a gris verdosas. Presenta un espesor de 526' a 566'.

#### 1.1.2.18 Mioplioceno - Cuaternario.

Las formaciones neógenas y cuaternarias Arajuno, Chambira, Mesa y Mera corresponden al relleno sedimentario de la cuenca de antepais actualmente visible.

<b>Tabla No. 1.1 DISTRIBUCIÓN DE POZOS SEGÚN LA ESTRUCTURA DE PRODUCCION EN EL CAMPO VHR</b>	
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>Pozos Productores</b>
<b>Basal Tena</b>	<b>3</b>
<b>M1</b>	<b>1</b>
<b>M2</b>	<b>1</b>
<b>U Superior</b>	<b>3</b>
<b>U Media</b>	<b>3</b>
<b>U Inferior</b>	<b>2</b>
<b>Ui + M2</b>	<b>1</b>

## 1.2 Características Petrofísicas.

Los principales reservorios productores del campo VHR son las Areniscas: Basal Tena, M-2", "U" Inferior , "U" Media, "U" Superior, "U" Inferior y "T" Superior, con los siguientes parámetros petrofísicos y de fluidos promedios:

Reservorio	ho	Porosidad	Sw	Boi	Fr
	(pies)	(%)	(%)		(%)
Basal Tena	9	15.5	37	10.852	20
Arenisca "M-2"	12	13.2	50	11.237	20
Arenisca "U" Superior	18	16.0	22	11.790	28
Arenisca "U" Media	10	15.7	25	11.806	29
Arenisca "U" Inferior	43	15.7	28	19.248	20
Arenisca "T" Superior	12	14.0	30	12.690	20

Tabla 1.2

### 1.3 Características de los Fluidos de Producción.

La gravedad API, el agua libre, la cantidad de sedimentos y parafinas, la viscosidad a distintas condiciones de temperatura, son las principales propiedades que tiene el petróleo, estas serán indispensables en el desarrollo del tema. Las propiedades del fluido que tiene el campo son indicadas en la tabla a continuación.

Parametros	Unidades	Nomas	CAMPO VHR	
API Observado	° API	D - 1298	28,3/ 73° F	
API 60 °F			27.5	
API Seco			27.53	
Gravedad Especifica	G/E		0.8899	
Agua Libre	%	D - 96/88	0.1	
Emulsion			0	
Sedimentos			0	
Parafina			0.4	
BSW			0.2	
Sólidos por Extracción		D - 473	0.036	
BSW por Destilación		D - 4006	0.250	
BSW TOTAL			0.286	
Azufre		% en peso	D - 3240	10.418
Viscosidad a 80° F		cSt	D - 445	28.87
Viscosidad a 104° F	24.96			
Viscosidad a 120° F	22.79			

Tabla 1.3

# CAPITULO 2

## 2. TEORIA DEL BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE Y RECOPIACION DE DATOS

### 2.1 Antecedentes

La primera unidad de bombeo Electrosumergible se instaló en 1928 y, desde esta fecha hasta el día de hoy, se han dado importantes cambios en este tipo de levantamiento artificial. Las ventajas de este sistema son:

Se pueden manejar grandes flujos ( $>100000$  bb/D) y altos cortes de agua.

Normalmente el costo de levantamiento por barril disminuye con el incremento de la tasa de flujo.

No dispone de partes movibles en superficie, siendo muy convenientes en áreas urbanas.

La ausencia de goteras en los equipos de superficie disminuye el impacto medioambiental.

Se pueden monitorear mediante controles automatizados.

Aplicable en pozos direccionales y horizontales (dependiendo del ángulo de desviación. Normalmente  $<9^{\circ}/100$  pies).

Entre las limitaciones se consideran:

El costo inicial del sistema es relativamente alto.

Su aplicación se limita a las profundidades medias, principalmente por la degradación del aislamiento del cable y limitaciones de temperatura de motor/sello.

Requiere una fuente estable y fiable de electricidad.

El funcionamiento de la bomba se ve afectado significativamente por el gas libre, no siendo conveniente para pozos con RGP altas.

Para reparar los componentes del equipo de subsuelo se requiere sacar todo el sistema usando una torre de reacondicionamiento.

Aunque existen algunos equipos especiales, la vida útil del sistema se ve muy afectada por la producción de arena.

## **2.2 Conceptos Fundamentales**

### **2.2.1 Conceptos Fundamentales de Electricidad**

#### **2.2.1.1 Intensidad de Corriente (I)**

La Intensidad de Corriente es la cantidad de electricidad que atraviesa la sección de un conductor por unidad de tiempo. Su unidad es el Amperio (A).



### **2.2.1.2 Resistencia (R)**

La Resistencia Eléctrica mide la oposición que ofrece un conductor al paso de la electricidad a través de su masa. Esta magnitud se la mide en Ohmio ( $\Omega$ ).

### **2.2.1.3 Diferencia de Potencial (V)**

La Diferencia de Potencial o Voltaje es el trabajo requerido para transportar una carga de un lugar a otro. La unidad es el Voltio (V)

### **2.2.1.4 Frecuencia (f)**

La frecuencia se define como el número de oscilaciones dadas en un segundo, de tal manera que si un generador rota con una velocidad de 60 revoluciones por segundo. el voltaje que se genera completará 60 ciclos en un segundo, de esta manera que el voltaje generado tiene una frecuencia de 60 Hertz o de 60 ciclos.

La frecuencia está definida por la siguiente expresión:

$$f = \frac{N \times P}{120} \quad \text{Ec. 2.1}$$

en donde:

N= velocidad del rotor (rpm).

P= número de polos en el motor.

f= frecuencia (hertz).

#### **2.2.1.5 Potencia (P)**

La Potencia es la cantidad de energía necesaria para mantener una corriente eléctrica en una maquinaria. La unidad utilizada en la Industria Petrolera es el Caballo de Fuerza (HP, siglas en inglés de Horse Power).

### **2.2.2 Conceptos Fundamentales de Hidráulica**

#### **2.2.2.1 Hidráulica**

La Hidráulica es el estudio del comportamiento de los líquidos en reposo y en movimiento. Para este estudio, interesa la información y datos de los fluidos que puedan ser manejados satisfactoriamente con las B.E.S.

#### 2.2.2.2 Carga

Es la columna de líquido que, debido a su peso, ejerce una presión igual a aquella en cualquier punto seleccionado de la columna. Generalmente se la expresa en pies de líquido.

#### 2.2.2.3 Gravedad Específica

La Gravedad Específica de un fluido se lo define como la relación de su densidad con la de un fluido estándar. El Instituto Americano del Petróleo define a la gravedad específica como:

$$\gamma_o = \frac{1415}{1315 + {}^\circ API_{@60^\circ F}} \quad \text{Ec. 2.2}$$

#### 2.2.2.4 Gradiente

Es la presión que ejerce un líquido por pie de columna.

Para los cálculos se toma como referencia la gradiente del agua que es 0,433 (psi/ft).

#### 2.2.2.5 Viscosidad

Es la oposición que muestran los fluidos al movimiento.

Esta propiedad varía en función de la temperatura.

### **2.2.2.6 Relación Gas – Petróleo**

Es la cantidad de Pies Cúbicos Estándar de gas contenidos en un barril de petróleo.

$$R.G.P = \frac{\text{Volumen de Gas (PCS)}}{\text{Volumen de Petróleo (BN)}} \quad \text{Ec. 2.3}$$

## **2.3 Componentes del Bombeo Electrosumergible**

### **2.3.1 Componentes del Equipo de Superficie**

#### **2.3.1.1 Variador de Frecuencia**

Cuando se cambia la frecuencia o la velocidad de operación de la bomba se afectará significativamente el rendimiento, la capacidad de potencia del motor cambiará directamente con la variación de la frecuencia.

#### **2.3.1.2 Tablero de Control**

Es un tipo de panel, en donde se puede tener acceso a los datos que registra el sensor en el fondo, además de los parámetros de sobre y baja carga así como también de sobre o bajo voltaje.

### **2.3.1.3 Transformador Primario y Secundario**

Se usa para reducir el voltaje de la fuente primaria a un voltaje que pueda ser manejado por un Tablero de Control (Switchboard) o un Variador de Velocidad (Variable Speed Drive).

Si se usa un Tablero de Control, el voltaje de salida será el voltaje corregido que sea requerido por el motor.

Si se usa un Variador de Velocidad, el voltaje de salida será el requerido por este equipo y se necesitará un transformador secundario.

Puede ser un solo auto-transformador trifásico o un banco de tres transformadores de una sola fase.

### **2.3.1.4 Caja de Venteo**

Cumple con tres funciones importantes:

- a) Proveer un punto para conectar el cable eléctrico del tablero de control al cable de energía del pozo.
- b) Ventear a la atmósfera cualquier gas que emigre hacia el cable de energía.
- c) Proveer puntos de prueba fácilmente accesibles para chequeo eléctrico.

## 2.3.2 Componentes del Equipo de Subsuelo

### 2.3.2.1 Bomba

Una Bomba es una máquina capaz de transferir energía a un fluido en forma de poder hidráulico. Las Bombas Centrífugas son turbomáquinas y su rata de descarga depende de varios factores como: la carga hidrostática, las revoluciones por minuto a las que este girando el motor, diseño de las etapas y propiedades del fluido. Cada etapa consiste de un impulsor rotatorio y un difusor estacionario. La bomba centrífuga trabaja por medio de la transferencia de energía del impulsor al fluido desplazándolo como si fuera un acelerador de partículas.

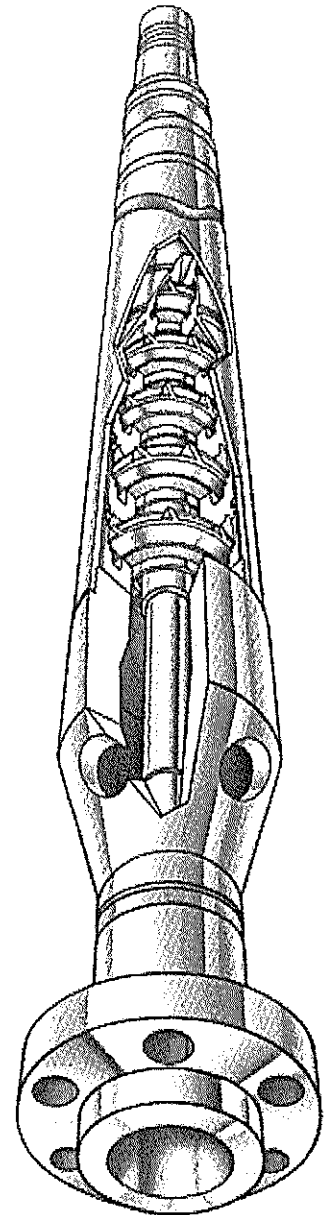


FIGURA 2.1

A medida que el impulsor gira, este da un movimiento giratorio al fluido, el cual se divide en dos componentes: una radial (hacia fuera del centro del impulsor), causada por una fuerza centrífuga y, otra tangencial, que va en esa dirección al diámetro externo del impulsor. La resultante de estas dos componentes es la dirección de flujo.

En la figura 2.1 y 2.2 se presentan esquemas de la bomba y sus partes.

### 2.3.2.2 Componentes

Los principales componentes de una Bomba Centrífuga son:

Una Etapa: Impulsor – Difusor

Revestimiento

Árbol

Thrust washer

Soporte del bushing

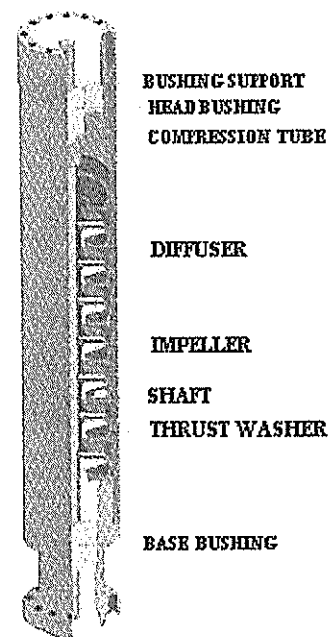
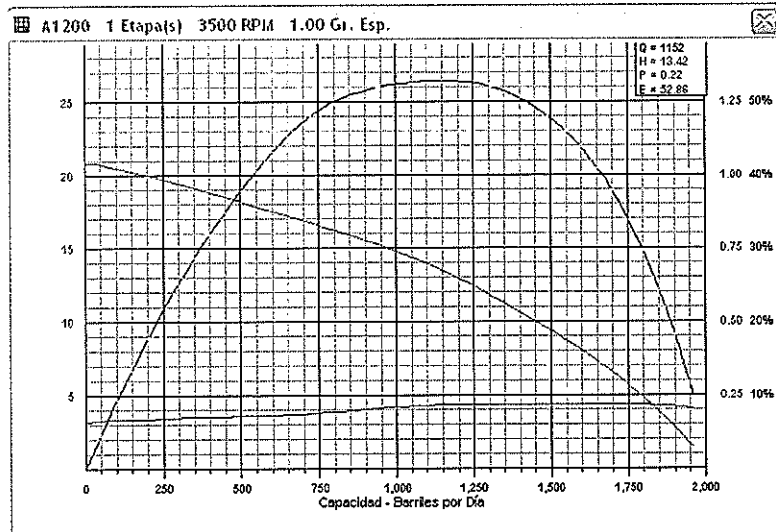


FIGURA 2.2

En la figura No. 2.13 se muestra una curva característica de operación de las bombas.



**FIGURA 2.3**

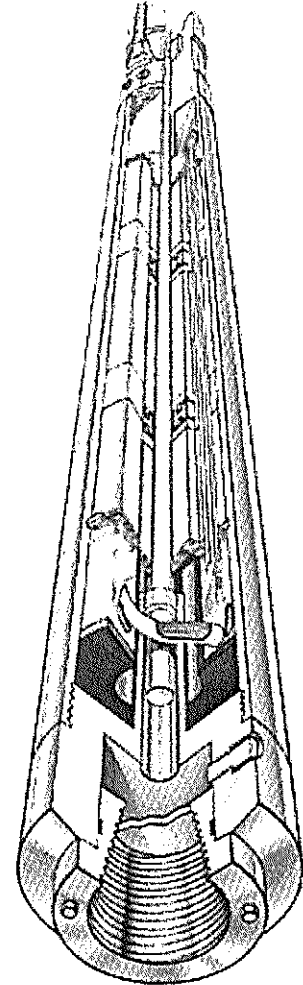
### 2.3.2.3 Motor

Los motores eléctricos proveen la energía que necesita la bomba para rotar y acelerar los fluidos que están siendo bombeados. En una aplicación de Bombeo Electrosumergible se utilizan motores eléctricos con estator bobinado de inducción bipolar trifásica y rotor tipo jaula de ardilla que opera a una velocidad de 3600 RPM y a una frecuencia de 60 Hz.

En la figura 2.14 se esquematiza un motor en corte.



El motor trabaja en baño de aceite, el cual es de tipo mineral altamente refinado con alta rigidez dieléctrica (30Kv) y alta conductividad térmica, facilitando la refrigeración. Además, provee una buena lubricación en los bujes del motor y conjunto de empuje. Los motores están fabricados en un rango de voltaje de operación entre 230 voltios a 5000 voltios en 60 Hz y un amperaje entre 12 a 200 amperios. La potencia (HP) desarrollada por un motor es proporcional al largo y al diámetro del mismo.



**FIGURA 2.4**

El largo de los motores puede variar de acuerdo a como están ensamblados, pudiendo ser de 10 metros (33 ft) como de 27,4 metros (90ft).

Los motores trifásicos tienen tres bobinas separadas  $120^{\circ}$  entre si, una por cada fase y distribuidas uniformemente

alrededor de la circunferencia interna de un tubo cilíndrico con laminaciones de acero. El estator está formado por las bobinas y las láminas de acero.

Dentro de la circunferencia interna del estator se encuentra localizado lo que se llama rotor, fabricado en un tubo cilíndrico de láminas de hierro silicio dejando un espacio mínimo entre el diámetro exterior del rotor y el diámetro interior del estator.

Este espacio se lo conoce como entrehierro. Se requiere de él para evitar la fricción entre el estator y el rotor.

La velocidad a la que el campo del estator gira es:

$$N = \frac{120 * f}{P} \quad \text{Ec. 2.4}$$

N = revoluciones por minuto

f = frecuencia en línea

P = número de polos en el motor

El diámetro interior del pozo (casing) es una limitante para las dimensiones del motor, por esta razón se construyen motores de mayor potencia en dos piezas para un mismo diámetro exterior, conectados interiormente.

En la tabla No. 2.1 se presentan las series, diámetros y rangos de potencia de los motores más usados en la industria petrolera.

<b>TABLA No 2.1 Series, Diámetros y Rangos de Potencia de los Motores</b>		
<b>Serie</b>	<b>Diámetro (pulg)</b>	<b>Rango (Hp)</b>
375	3,75	19 -195
450	4,5	15 -264
544	5,438	18 -330
562	5,625	38 - 836
725	7,25	175 -750

El funcionamiento del motor en el fondo del pozo, genera una temperatura que debe ser disipada; situación que se consigue circulando el fluido del pozo por sobre sus paredes para intercambiar la temperatura. La velocidad mínima necesaria para cumplir con la refrigeración de un motor es de 1 pie / segundo.

La corriente es otro de los limitantes del motor ya que al aumentar el voltaje disminuye el amperaje y viceversa.

El aceite llega a todos los cojinetes del motor a través del **Eje del Motor**, el cual no es más que un hueco

mecanizado y perforado. Este eje también ayuda a soportar los esfuerzos del torque.

### 2.3.2.3.1 Protector del Motor

El protector, o sello del motor, está ubicado entre la parte superior del motor y la parte inferior de la bomba. Las funciones básicas del protector se describen a continuación:

- Sirve como conexión entre el árbol del motor y el árbol de la bomba.
- Previene la entrada de fluidos del pozo en el motor.
- Proporciona un depósito de aceite para compensar por la expansión y/o reducción del aceite de motor.

En la figura 2.15 se presenta un protector en corte.

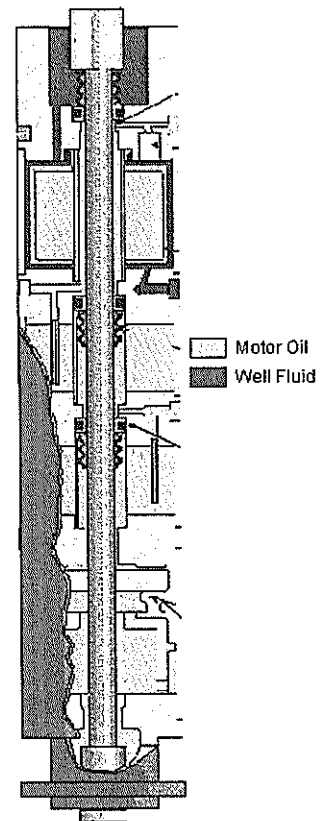


FIGURA 2.5

#### **2.3.2.4 Sensores**

Este elemento cumple la función de sensar la presión y la temperatura de fondo, para así poder chequear estos parámetros en superficie y evitar problemas con la unidad. Se los instala según las condiciones y requisitos específicos, permitiendo un mejor control del funcionamiento del equipo electrosumergible mediante el monitoreo y dispositivos de protección al equipo. Esta unidad toma distintas denominaciones según el fabricante: unidades PSI y PHD, para REDA y CENTRILIFT, respectivamente.

Nomenclatura útil para las siguientes tablas.

<i>SB Y A</i>	=	<i>Sedimentos básicos y agua</i>
<i>PFM</i>	=	<i>Presión en el manifold</i>
<i>PFCP</i>	=	<i>Presión de cabeza</i>
<i>CTK</i>	=	<i>Prueba contra tanque</i>
<i>NR</i>	=	<i>No registra</i>

#### **2.3.2.5 Separador de Gas**

Se localiza entre el protector y la bomba, su función es la de separar el gas libre para ventearlo por el espacio anular y evitar que ingrese a la succión de la bomba.

## 2.3.2.6 Cable

### 2.3.2.6.1 Especificaciones del cable

Como un componente del Sistema de Bombeo Electrosumergible esta el cable. Entonces, un cable es una colección personalizada de componentes (conductor, el aislamiento, barrera, cobertor y armadura.). La selección de estos componentes está basada en un minucioso análisis de las condiciones del pozo. A través de la selección apropiada de materiales.

### 2.3.2.6.2 Componentes del Cable

#### 2.3.2.6.2.1 Conductor

- Hebrado
- Compactado
- Sólido

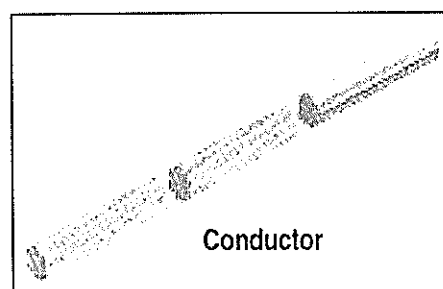
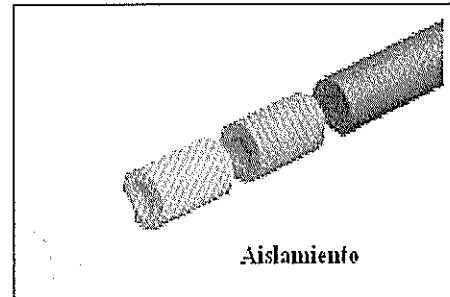


FIGURA 2.6

#### 2.3.2.6.2.2 Aislamiento

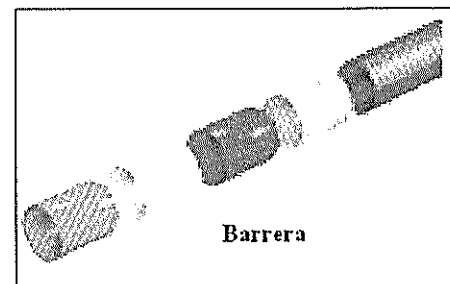
- Co-polímero de polipropileno
- Caucho de EPDM  
(Etileno, propileno, metileno)



**FIGURA 2.7**

#### 2.3.2.6.2.3 Barrera

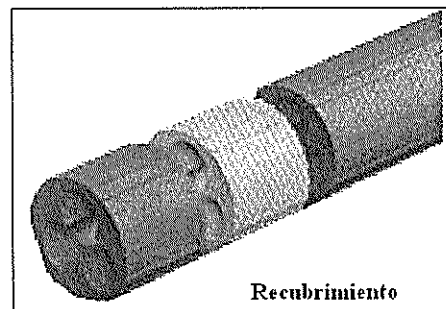
- PVDF (Fluoruro de polivinidileno)
- Cinta para envolver resistente a altas temperaturas



**FIGURA 2.8**

#### 2.3.2.6.2.4 Recubrimiento

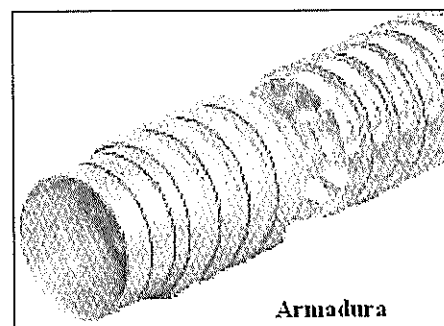
- HDPE (Poliétileno de alta densidad).
- Formación base goma de Nitrilo resistente a altas temperaturas.
- Formación de goma base EPDM.



**FIGURA 2.9**

#### 2.3.2.6.2.5 Armadura

- Acero Galvanizado
- Acero fuertemente galvanizado.
- Monel



**FIGURA 2.10**



En las figuras siguientes se presentan varios tipos de arreglos de los cables usados para B.E.S.

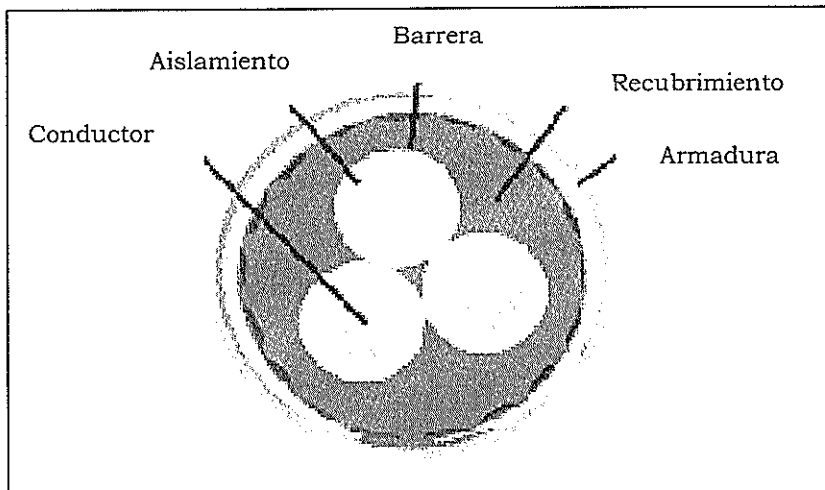


FIGURA 2.11

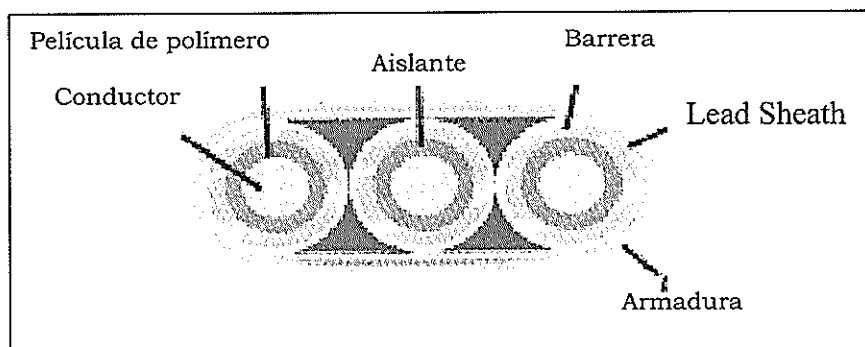
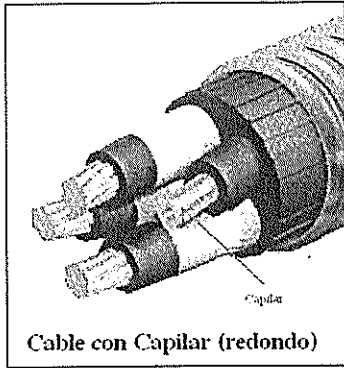
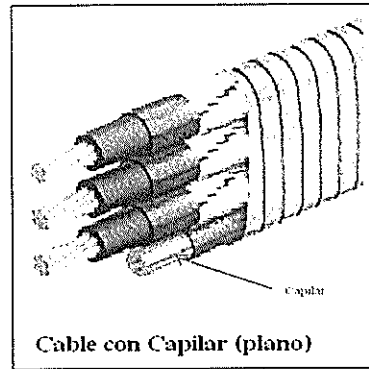


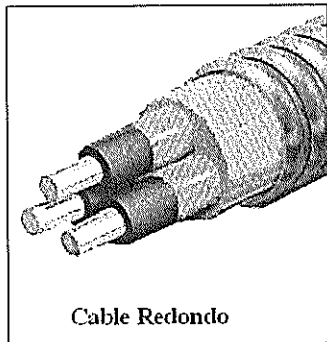
FIGURA 2.12



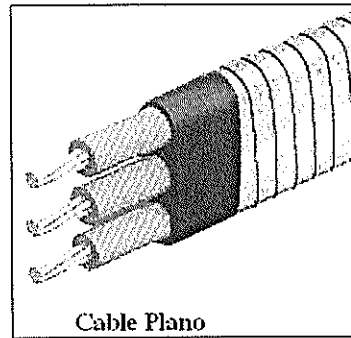
**FIGURA .2.13**



**FIGURA .2.14**



**FIGURA .2.15**



**FIGURA .2.16**

# CAPITULO 3

## 3. RECOPIACION DE INFORMACION

### 3.1 Historiales de Producción

### 3.2 Historiales de Reacondicionamiento del Campo VHR

VHR-01

COMPLETACION INICIAL: 15/AGOSTO/1988

TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
09-ago-88	" T "	1008	0.0	32.5	Sin choque
		768			Choque ½"
05-ago-88	" Ui "	5800	0.0	32.0	Choque ½"
		5275			Choque ¼"
10-ago-88	" Us "	3817	0.6	32.2	Sin choque
		2204	0.2		Choque ½"
12-ago-88	" M-2 "	442	0.5	31.7	Soplo moderado Prueba DTS, Flujo Intermitente
14-ago-88	" M-1 "	550	0.0	19.8	Prueba DTS

## **CAMBIO DE LEVANTAMIENTO**

PPF a PPH el 27/10/01

PPH a PPS el 24/02/02

### **W.O. # 03 (09/Feb/02): Implementación de Bombeo Electrosumergible**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-1300 DE 110 + 129 ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR 140 HP, 2101 V, 40.5 AMP

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
24/02/2002	1340	1333	0.5	T	PPS
30/03/2002	1320	1280	3	T	PPS
26/04/2002	1238	1188	4	T	PPS
22/06/2002	1028	966	6	T	PPS

### **W.O. # 04 (23-May-06): Evaluar arena "T". Diseñar equipo BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-725 (197 + 136) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR 100 HP, 2350V, 26 AMP

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
30/05/2006	612	275	55	T	PPS
28/06/2006	680	177	74	T	PPS
28/07/2006	660	172	74	T	PPS
18/08/2006	682	136	80	T	PPS

**W.O. # 05 (10-Mar-08): Asentar CIBP a 7910'. Repunzonar "M-2" y "M-1". Evaluar por separador. Rediseñar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA GN-1300 (184 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR 125HP, 1710V, 46 AMP

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
30/08/2008	1225	1213	1	M1	PPS
24/10/2008	1222	1210	1	M1	PPS
15/12/2008	1280	1267	1	M1	PPS
17/01/2009	1345	1305	3	M1	PPS

VHR-02

COMPLETACION INICIAL: 19/MARZO/1990

TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACIÓN
			[%]	60 °F	
05-mar-90	" Ui "		80	12.2	Se pistonea, flujo débil y se muere. NI=200', NF=700', NC=93, Salinidad=10800 ppm
08-mar-90	" Ui "	2348	0.1	33.1	Prueba se realiza a tanque por 1 hora, se toma Build Up a arena "Ui".
16-mar-90	" M2 "	1088	0.4	31.3	Prueba se realiza a tanque por 2 horas. Se toma Build up a "M2"

### CAMBIO DE LEVANTAMIENTO

PPF a PPS el 16/03/00

**W.O. # 05 (03-May-07): Reparar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA P12X (252 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 513

PROTECTOR SERIE 513

2 MOTORES 120 HP, 1320 V, 58 AMP

ADAPTADOR

SENSOR

CABLE CAPILAR PLANO

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
11/05/2007	1048	252	76	Ui + M1	PPS
25/06/2007	1141	274	76	Ui + M1	PPS
14/07/2007	1132	272	76	Ui + M1	PPS
16/08/2007	1117	268	76	Ui + M1	PPS

**W.O. # 06 (15-Ene-08): Reparar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA P12X (252 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

2 MOTORES 120 HP, 1320 V, 58 AMP

ADAPTADOR

SENSOR

CABLE CAPILAR PLANO

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
29/01/2008	1217	243	80	Ui + M1	PPS
03/03/2008	1130	276	76	Ui + M1	PPS
14/04/2008	1146	275	76	Ui + M1	PPS
12/05/2008	968	232	76	Ui + M1	PPS

**W.O. # 07 (25-Jun-08): Cambio de Completación por Comunicación Tbg-**

**Csg. Evaluar "M2+Ui". Rediseñar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA P12X (252 ETAPAS)

MOTOR 240 HP, 2640 V, 58 AMP SERIE 540

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

SENSOR CENTINEL EN TBG DE 3 ½"

CABLE CAPILAR PLANO

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
29/06/2008	1210	206	83	Ui + M1	PPS
19/07/2008	1206	205	83	Ui + M1	PPS
22/08/2008	1209	206	83	Ui + M1	PPS
19/09/2008	1036	176	83	Ui + M1	PPS

**W.O. # 08 (26-Oct-08): Reparar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA P12X (252 ETAPAS)

MOTOR 240 HP, 2640 V, 58 AMP SERIE 540

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

SENSOR CENTINEL EN TBG DE 3 ½"

CABLE CAPILAR PLANO



## CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
30/10/2008	1298	221	83	Ui + M1	PPS
13/11/2008	1251	213	83	Ui + M1	PPS
24/12/2008	1292	220	83	Ui + M1	PPS
22/01/2009	1286	219	83	Ui + M1	PPS

## VHR-03

**COMPLETACION INICIAL: 17/AGOSTO/1990**

**TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF**

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACIÓN
			[%]	60 °F	
08-ago-90	" Um "	947	0.3	31.4	Se realiza B'UP
10-ago-90	" Us "	2020	1.0	29.5	Se realiza B'UP
13-ago-90	" T "	545	1.0	32.6	Se realiza B'UP

## CAMBIO DE LEVANTAMIENTO

PPF a PPS el 27/01/02

**W.O. # 03 (18-Feb-02): Reparar BES. Suelto el eje y/o etapa de la bomba superior. Válvula Master no cierra.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-1300 (109+129 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR: 150 HP, 38 A, 2300V.

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
20/02/2002	1056	908	14	Um	PPS
28/03/2002	876	736	16	Um	PPS
15/10/2002	684	492	28	Um	PPS
23/12/2002	674	485	28	Um	PPS

**W.O. # 04 (15-Nov-06): Repunzonar Arena "Ts". Evaluar. Diseñar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA DN-1750 (74) ETAPAS SERIE 400

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR TIPO LSLBPBSL SERIE 400

MOTOR 62.5 HP, 1050 V, 37.5 AMP SERIE 456

SENSOR PHOENIX TIPO "0"

CABLE AWG 4 CON CAPILAR 3/8".

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
18/11/2006	1282	1013	21	Us	PPS
15/01/2007	1136	682	40	Us	PPS
04/02/2007	1021	531	48	Us	PPS
10/03/2007	1056	549	48	Us	PPS

**W.O. # 05 (11-Sep-07): Cambio de Completación por Comunicación Tbg-  
Csg, Rediseñar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

3 BOMBAS DN-1750 (57-65-99) ETAPAS SERIE 400

SEPARADOR DE GAS SERIE 540

(2) PROTECTORES (BPBSL-LSLSL)SERIE 540

MOTOR (1605 V / 48 A / 125 HP) SERIE 540

CABLE PLANO NUMERO 2 CON CAPILAR DE 3/8".

SENSOR PHOENIX XTO

CENTRALIZADOR 7"

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
25/09/2007	1756	632	64	Us	PPS
05/05/2008	1518	364	76	Us	PPS
19/09/2008	1212	291	76	Us	PPS
11/10/2008	754	181	76	Us	PPS

**W.O. # 06 (21-Oct-08): Reparar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-1750 (124+99 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 540

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR 150 HP, 36,6 AMP, 2275 V

CABLE PLANO NUMERO 2 CON CAPILAR DE 3/8".

SENSOR PHOENIX XTO

CENTRALIZADOR 7"

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
25/10/2008	1514	459	76	Us	PPS
20/11/2008	1905	457	76	Us	PPS
14/12/2008	1930	463	76	Us	PPS
28/01/2009	1940	466	76	Us	PPS

VHR-04

**COMPLETACION INICIAL:** 19/ABRIL/1990

**TIPO DE LEVANTAMIENTO:** PPF

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
17-abr-90	" Us "	318	40	23.8	choque de ¼"
		816	40	23.8	choque de ½"
		958	40	23.8	choque de ¾"
19-abr-90	"M-1"	248	0.5	21.3	choque de ¼"
		424	0.5	21.3	choque de ½"
		567	0.5	21.3	choque de ¾"

**CAMBIO DE LEVANTAMIENTO**

PPF a PPM el 06/03/93

PPM a PPS el 11/11/01

**W.O. # 02 (11-Nov-01): Implementación de Bombeo Electro Sumergible, aislar corte de agua en "Us" con cementación forzada.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA GN-4000 (59 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 540

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR: 150 HP, 38 AMP, 2380V.

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
22/04/2002	3101	2140	31,0	Um	PPS
22/02/2004	2698	1349	50,0	Um	PPS
06/05/2007	2240	896	60,0	Um	PPS
03/01/2008	2207	883	60,0	Um	PPS
25/08/2008	2118	720	66,0	Um	PPS
29/01/2009	2054	698	66,0	Um	PPS

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
22-ene-96	" Ts "	2062	0.1	33.5	Flujo natural
<b>COMPLETACION INICIAL:</b>			<b>28/ENERO/1996</b>	32.8	Flujo natural

**TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF**

## **CAMBIO DE LEVANTAMIENTO**

PPF a PPM el 24/05/96

PPM a PPS el 22/10/01

**W.O. # 05 (22-Oct-01): Implementación de Bombeo Electrosumergible, aislar corte de agua en "Ts" con cementación forzada.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-450 DE (153 +153) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR: 75 HP, 1100 V, 41.5 AMP.

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
25/10/2001	208	206	1	M2	PPS
31/10/2001	301	295	2	M2	PPS
16/11/2001	348	341	2	M2	PPS
02/12/2001	161	158	2	M2	PPS

**W.O. # 06 (22-Junio-02): Disparar arena "Basal Tena" con cañones TCP**

**Evaluar en conjunto con arena "M-2", Rediseñar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

3 BOMBAS DN-280 DE (154+154+96) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR: 75 HP, 41.5 A, 1100 V.

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
18/07/2002	262	254	3	M2	PPS
12/08/2002	103	100	3	M2	PPS
27/09/2002	110	108	2	M2	PPS
22/10/2002	106	104	2	M2	PPS
23/11/2002	54	53	2	M2	PPS

**W.O. # 07 (22-Nov-03): Moler Retenedor @ 7930' + Cemento, Tomar Registro Cbl. Repunzonar Intervalos de acuerdo a Registro GR de Um y Us, Evaluar por Separado, Completar Para BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-525 (150 + 170) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400/375

2 PROTECTORES, SERIE 540

MOTOR SERIE 540, 100 HP, 2350 V, 26 AMP

UNIDAD PHOENIX, SERIE 540

CENTRALIZADOR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
14/12/2003	576	288	50	UM	PPS
25/08/2004	464	209	55	UM	PPS
16/09/2005	456	141	69	UM	PPS
14/10/2006	536	166	69	UM	PPS
22/12/2007	483	150	69	UM	PPS
19/04/2008	492	153	69	UM	PPS



**W.O. # 08 (20-May-08): Reparar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-1100 (164+201) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

MOTOR 200HP, 2386V, 37,3 AMP

SENSOR PHOENIX, SERIE 540

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
24/06/2008	1145	321	72	UM	PPS
12/09/2008	1150	230	80	UM	PPS
18/11/2008	1125	225	80	UM	PPS
28/12/2008	1186	237	80	UM	PPS
30/01/2009	1110	222	80	UM	PPS

**VHR-06****COMPLETACION INICIAL: 04/JUNIO/1990****TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF**

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
29-may-90	" T "		95		Se pistonea: NI=750"; NF=1700";BRT=512; NC=78; Salinidad=10000ppm; arena no fluyó.
01-jun-90	"U"	712	2.0	31.6	choque de ¼"
		826	0.7	31.6	choque de ½"
		870	0.7	31.6	choque de ¾"
		1238	0.6	31.6	sin choque

## **CAMBIO DE LEVANTAMIENTO**

PPF a PPM el 27/03/93

PPM a PPS el 13/01/02

**W.O. # 02 (13-Enero-02): Implementación de bombeo electrosumergible,  
aislar corte de agua.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA SN-2600 (114 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

MOTOR: 330 HP, 102.5 A, 1950 V.

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

CABLE CAPILAR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
26/01/2002	1776	178	90,0	US	PPS
31/01/2002	2040	306	85,0	US	PPS
02/02/2002	2032	305	85,0	US	PPS
24/02/2002	1905	191	90,0	US	PPS

**W.O. # 03 (11-Febrero-02): Reparar Quick Conector por fuga de gas y petróleo.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA SN-2600 (114 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

MOTOR: 330 HP, 102.5 A, 1950 V.

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

CABLE CAPILAR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
13/02/2002	2530	253	90,0	US	PPS
24/02/2002	1905	191	90,0	US	PPS

**W.O. # 04 (29-Sep-03): Realizar SQZ a Basal Tena. Punzonar. Evaluar.**

**Diseñar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA DN 1300 (166 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

1 MOTOR (150 HP, 2380 V, 38 AMP.)

SENSOR PHOENIX MDT – 4038.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
30/09/2003	1160	1032	11,0	BT	PPS
01/10/2003	1190	988	17,0	BT	PPS
07/10/2003	1192	1186	0,5	BT	PPS
09/10/2003	1196	1190	0,5	BT	PPS

**W.O. # 05 (17-Oct-03): REPARAR BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA DN 1300 (184 ETAPAS )

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

1 MOTOR (140 HP, 2101 VOLT., 40.5 AMP.)

SENSOR PHOENIX MDT – 4038.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
24/10/2003	1242	1236	0,5	BT	PPS
16/11/2004	1085	1036	4,5	BT	PPS
26/05/2005	1051	977	7,0	BT	PPS
16/03/2006	978	861	12,0	BT	PPS
24/07/2007	920	699	24,0	BT	PPS
22/06/2008	915	659	28,0	BT	PPS
06/12/2008	903	650	28,0	BT	PPS

**W.O. # 06 (13-Dic-08): REPARAR BES.**

**EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:**

1 BOMBA DN 1100 (186 ETAPAS )

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

1 MOTOR (150 HP, 2380 V, 38 AMP.)

SENSOR PHOENIX MDT – 4038.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
18/12/2008	880	739	16	BT	PPS
22/12/2008	865	744	14	BT	PPS
07/01/2009	846	728	14	BT	PPS
29/01/2009	842	724	14	BT	PPS

**VHR-07**

**COMPLETACION INICIAL: 12/JULIO/1990**

**TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF**

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
02-jul-90	" Ui "	2390	1	31.5	Sin choque
05-jul-90	"Um"	1198	0.2	33	sin choque
08-jul-90	"Basal Tena"	233	0.8	19.2	Sin choque, flujo intermitente

## **CAMBIO DE LEVANTAMIENTO**

PPF a PPH el 15/05/93

PPH a PPS el 05/03/01

**W.O. # 03 (05-Marzo-01): Cambio de completación de flujo natural a Bombeo Electrosurgible.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA DN-1300 (147 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

MOTOR 200HP, 2386V, 37,3 AMP

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
11/03/2001	60	1395	1172	16	PPS

**W.O. # 04 (09-Mayo-01): Reparar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA DN-1300 (147 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

MOTOR 200HP, 2386V, 37,3 AMP

UNIDAD PSI SÉRIE 540

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
17/10/2001	1432	1146	20	Um	PPS
27/02/2002	1336	1015	24	Um	PPS
16/07/2003	1056	634	40	Um	PPS
29/03/2004	1038	571	45	Um	PPS
01/07/2004	972	505	48	Um	PPS

**W.O. # 05 (14-Sep-04): Reparar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

1 BOMBA DN-1300 (147 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

MOTOR 200HP, 2386V, 37,3 AMP

UNIDAD PSI SERIE 540

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
08/10/2004	989	495	50	Um	PPS
01/05/2005	970	485	50	Um	PPS
27/08/2006	1006	503	50	Um	PPS
18/11/2007	960	422	56	Um	PPS
21/12/2008	970	427	56	Um	PPS
26/01/2009	980	431	56	Um	PPS

VHR-08

COMPLETACION INICIAL: 23/SEPTIEMBRE/1990

TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
19-sep-90	"Ui"	780	0.6	31.6	Se toma B'UP, prueba se realiza contra tanque.
21-sep-90	"Us"	1584	1.6	29.7	Se toma B'UP, prueba se realiza contra tanque.

### CAMBIO DE LEVANTAMIENTO

PPF a PPM el 10/07/95

PPM a PPS el 03/05/02

**W.O. # 02 (03-Mayo-02): Implementación de Bombeo electrosumergible.**

**Aislar corte de agua de "Ui" con cementación Forzada.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA DN-1000 DE 114 ETAPAS

SEPARADOR DE GAS, SERIE 400

PROTECTOR, SERIE 540

MOTOR: 75 HP, 41.5 A, 1110 V.

SENSOR PHOENIX

CENTRALIZADOR



FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
27/05/2002	744	305	59,0	"UI"	PPS
05/06/2002	728	298	59,0	"UI"	PPS
12/07/2002	728	298	59,0	"UI"	PPS
22/08/2002	708	290	59,0	"UI"	PPS

**W.O. # 05 (29-Dic-06): Evaluar "Us". Rediseñar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA DN 1100 (164) ETAPAS SERIE 400

SEPARADOR DE GAS SERIE 540

PROTECTOR LSLSL SERIE 540

PROTECTOR BPBSL SERIE 540

MOTOR (2350V - 26A - 100 HP) SERIE 540

SENSOR PHOENIX TIPO 0.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
08/01/2007	504	454	10,0	"Us"	PPS
09/01/2007	470	470	10,0	"Us"	PPS
10/01/2007	432	432	10,0	"Us"	PPS

**W.O. # 06 (11-Feb-07): Repunzonar Arena "Us": 7830' - 7842' (12') @ 5**

**Dpp. Evaluar "Us". Rediseñar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA D-475N ( 177 + 177 ) ETAPAS, SERIE-400

SEPARADOR DE GAS SERIE 540

PROTECTOR LSLSL SERIE 540

MOTOR: 175-140 HP, 2200-2101 VOLT, 48-40.5 AMP, SERIE 540

SENSOR PHOENIX.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
17/02/2007	328	315	4,0	"Us"	PPS
02/03/2007	266	263	1,0	"Us"	PPS
28/04/2007	207	203	0,4	"Us"	PPS
16/06/2007	165	163	1,0	"Us"	PPS
06/07/2007	133	132	1,0	"Us"	PPS

**W.O. # 07 (11-Sep-07): Moler CIBP a 7870'. Evaluar "T". Diseñar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS D725N ( 177 + 177 ) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 540

PROTECTOR LSLSL SERIE 540

MOTOR: 175-140 HP, 2101 V, 48 AMP, SERIE 540

SENSOR PHOENIX.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
25/09/2007	610	256	58,0	T	PPS
22/10/2007	552	232	58,0	T	PPS
25/12/2007	526	221	58,0	T	PPS
12/06/2008	429	180	58,0	T	PPS
25/09/2008	290	99	66,0	T	PPS
19/12/2008	223	75	66,0	T	PPS

**W.O. # 08 (11-Ene-09): Repunzonar Arena "Us". Evaluar. Rediseñar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

DN-1750 108 ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 540

PROTECTOR LSLSL SERIE 540

MOTOR 100HP, 47AMP, 1245V

SENSOR PHOENIX.

CENTRALIZADOR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
25/01/2009	1160	46	96,0	US	PPS
26/01/2009	1300	104	92,0	US	PPS
29/01/2009	1580	158	90,0	US	PPS
<b>30/01/2009</b>	<b>1590</b>	<b>223</b>	<b>86,0</b>	<b>US</b>	<b>PPS</b>

VHR-09

COMPLETACION INICIAL: 23/DICIEMBRE/1991

TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
11-dic-91	"Ui"	731	10	32	Se toma B'UP, prueba con choque ¼".
14-dic-91	"Us"	50	0.0	27.1	Flujo intermitente con choque de ¼"
18-dic-91	"M-2"	665	6.0	-	Se toma B'UP, prueba con choque ¼".
21-dic-91	"Caliza A"	554	6.0	32	Se toma B'UP, prueba con choque ¼".

### CAMBIO DE LEVANTAMIENTO

PPF a PPM el 13/07/96

PPM a PPS el 23/05/02

**W.O. # 02 (23-Mayo-02): Implementación de Bombeo Electrosumergible.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO

2 BOMBAS DN-800 (133 +133) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR: 75 HP, 41.5 A, 1110 V.

SENSOR PHOENIX.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
26/05/2002	588	329	44.0	M2	PPS
23/07/2002	501	301	40.0	M2	PPS
28/02/2003	456	246	46.0	M2	PPS
29/03/2003	471	254	46.0	M2	PPS

**W.O. # 03 (24-Marzo-06): Moler CIBP a 7810'. Evaluar arena "Ui".**

**Rediseñar BES.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-1100 (133 +133) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR: 150 HP, 1404 V, 64.5 AMP

CABLE PLANO AWG 2/7 CON CAPILAR.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
27/03/2006	1062	584	45	Ui	PPS
06/04/2006	1090	545	50	Ui	PPS
28/05/2006	1080	540	50	Ui	PPS
16/06/2006	1086	543	50	Ui	PPS

**W.O. # 04 (24-Mayo-08): Reparar BES.**

**EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:**

**GN-1300 (126 +1 82 ETAPAS) SERIE 400**

**SEPARADOR DE GAS SERIE 400**

**PROTECTOR SERIE 540**

**MOTOR (150 HP, 1404 V, 64.5 A) SERIE 562.**

**CABLE PLANO CON CAPILAR.**

**CENTRALIZADOR**

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
14/06/2008	1486	89	94	Ui	PPS
26/09/2008	1643	246	85	Ui	PPS
29/11/2008	1650	248	85	Ui	PPS
22/12/2008	1680	252	85	Ui	PPS
26/01/2009	1680	252	85	Ui	PPS

**VHR-11**

**COMPLETACION INICIAL: 2/NOVIEMBRE/1996**

**TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF**

<b>FECHA</b>	<b>ARENA</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>°API a</b>	<b>OBSERVACION</b>
			<b>[%]</b>	<b>60 °F</b>	
01-nov-96	" Ui "	2874	0.2	33	Se toma B'UP, prueba a flujo natural.

## **CAMBIO DE LEVANTAMIENTO**

PPF a PPH el 28/07/98

PPH a PPS el 22/03/02

**W.O. # 02 (22-Marzo-02): Implementación de Bombeo Electrosumergible.**

**Aislar corte de agua de "Us" y "Ui" con cementación forzada.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-800 (133 +133) ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR: 75 HP, 41.5 A, 1110 V.

SENSOR PHOENIX.

CENTRALIZADOR

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
28/03/2002	1540	1537	0,2	M2	PPS
18/11/2003	1358	923	32	M2	PPS
24/10/2004	1176	753	36	M2	PPS
17/06/2005	1136	682	40	M2	PPS
01/09/2006	485	267	45	M2	PPS

**W.O. # 03 (11-Oct-06): Reparar BES por comunicación Casing-Tubing.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-1100 (182+126 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR 150 HP, 2380 V, 38 AMP

CABLE PLANO AWG 2/7 CON CAPILAR.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
29/10/2006	876	350	60	M2	PPS
24/05/2007	894	402	55	M2	PPS
24/02/2008	906	408	55	M2	PPS
24/10/2008	892	405	55	M2	PPS
21/01/2009	905	407	55	M2	PPS

**VHR-13**

**COMPLETACION INICIAL: 5/NOVIEMBRE/2002**

**TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPS**

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
26-nov-02	" Ts "	972	12	31.3	Se toma B'UP

**CAMBIO DE LEVANTAMIENTO**

PPS a PPF el 25/09/04

PPF a PPH el 16/01/05

PPH a PPS el 30/04/05



EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA DN-800 DE 153 ETAPAS

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR 62.5 HP, 1025 V, 37 AMP.

CENTRALIZADOR

**W.O. # 01 (25-Sep-04): Reparar BES**

PUNZONAN ARENA Ui.

BAJAN BHA DE FONDO DEJAN PRODUCIENDO ARENA Ui POR FLUJO  
NATURAL.

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
26/09/2004	1272	1247	2	"Ui"	PPF
16/01/2005	1560	1081	31	"Ui"	PPH
27/02/2005	1464	966	34	"Ui"	PPH
02/03/2005	1392	863	38	"Ui"	PPH

**W.O. # 02 (30-Abr-05): Cambio de PPF a PPS**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA TE-1500 ( 98 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS

PROTECTOR

MOTOR (160 HP, 1115 VOLT, 88.5 AMP).

CABLE PLANO CON CAPILAR.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
03/05/2005	1536	645	58	"U"	PPS
19/05/2005	1502	631	58	"U"	PPS
18/06/2005	1524	732	52	"U"	PPS
27/06/2005	1855	668	64	"U"	PPS
27/07/2005	2175	783	64	"U"	PPS

**W.O. # 03 (02-Ago-05): Reparar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA TE-1500 ( 98 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS

PROTECTOR

MOTOR (160 HP, 1115 VOLT, 88.5 AMP).

CABLE PLANO CON CAPILAR.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
04/09/2005	2150	667	69	"U"	PPS
21/03/2006	2016	403	80	"U"	PPS
14/11/2006	1795	359	80	"U"	PPS
02/07/2007	1763	353	80	"U"	PPS
24/03/2008	1822	364	80	"U"	PPS
10/05/2008	1850	370	80	"U"	PPS

**W.O. # 04 (01-Jun -08): Reparar BES**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA TE-1500 ( 98 ETAPAS )

SEPARADOR DE GAS

3-1/2" EUE DESCARGA

MOTOR, 160 HP, 1115 V, 88.5 AMP

SENSOR DE PRESIÓN

CABLE ELÉCTRICO PLANO PL 450 # 2 CON CAPILAR 3/8"

CENTRALIZADOR DE 7"

<b>FECHA</b>	<b>BFPD</b>	<b>BPPD</b>	<b>BSW</b>	<b>ARENA</b>	<b>METODO</b>
13/06/2008	1816	145	92	"Ui"	PPS
13/09/2008	2022	243	88	"Ui"	PPS
21/10/2008	2020	242	88	"Ui"	PPS
30/11/2008	2025	243	88	"Ui"	PPS
22/12/2008	2067	248	88	"Ui"	PPS
19/01/2009	2040	163	92	"Ui"	PPS

VHR-14

COMPLETACION INICIAL: 7/NOVIEMBRE/1991

TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
28-oct-91	"T"		100		Prueba por pistoneo.
29-oct-91	"U"	140	3		Fluye muy intermitente luego muere.
01-nov-91	"Us"	349	40	18.5	Prueba con elementos de presión.

### CAMBIO DE LEVANTAMIENTO

PPF a PPM el 05/07/96

PPM a PPS el 16/11/03

**W.O. # 07 (09-Nov -03): Realizar SQZ a Arenas Ui y Ts. Tomar registro**

**CBL – GR. Repunzonar de acuerdo a registro. Evaluar. Completar.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN 800 (153 + 153 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR (150 HP, 2380 VOLT, 38 AMP)

SENSOR PHOENIX.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
16/11/2003	810	599	26%	BT	PPS
20/12/2003	810	599	26%	BT	PPS
19/01/2004	750	420	44%	BT	PPS
24/09/2004	661	311	53%	BT	PPS CTK
26/03/2005	533	251	53%	BT	PPS CTK
03/06/2006	588	382	35%	BT	PPS

**W.O. # 08 (07-Jun -06): BES Off Bajo Aislamiento + Fases Desbalanceadas.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS DN-750 (197+176 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS SERIE 400

PROTECTOR SERIE 540

MOTOR 150HP/2380V/38AMP

SENSOR PHOENIX.

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
23/07/2006	BT	603	362	40	PPS
24/03/2007	BT	450	225	50	PPS
25/01/2008	BT	464	232	50	PPS
11/12/2008	BT	450	216	52	PPS
26/01/2009	BT	448	215	52	PPS

VHR-17

COMPLETACION INICIAL: 8/MARZO/2006

TIPO DE LEVANTAMIENTO: PPF

FECHA	ARENA	BPPD	BSW	°API a	OBSERVACION
			[%]	60 °F	
27-feb-06	" Us "	1791	0.5	31	Se toma B'UP, prueba a flujo natural.

### CAMBIO DE LEVANTAMIENTO

PPF a PPS el 20/11/06

**WO # 01 (20-Nov-2006): Cambio de Sistema de Levantamiento de PPF a PPS.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

BOMBA TG-2000 (71 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS

3-1/2" EUE DESCARGA

MOTOR, 160 HP, 1115 V, 88.5 AMP

SENSOR DE PRESIÓN

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
26/11/2006	2112	739	65,0	US	PPS
17/02/2007	1782	535	70,0	US	PPS
10/09/2007	1625	358	78,0	US	PPS
08/01/2008	1644	362	78,0	US	PPS
11/05/2008	1590	127	92,0	US	PPS

**WO # 02 (31-May-2008): Alto corte de agua. Cambio de zona de Us a BT.**

**Evaluar. Rediseñar Equipo Electrosumergible.**

EQUIPO DE SUBSUELO INSTALADO:

2 BOMBAS TD-1200 (172+172 ETAPAS)

SEPARADOR DE GAS

3-1/2" EUE DESCARGA

MOTOR 160HP/1115V/88,5AMP)

SENSOR DE PRESIÓN

CENTRALIZADOR

FECHA	BFPD	BPPD	BSW	ARENA	METODO
26/06/2008	876	841	4	BT	PPS
14/08/2008	847	762	10	BT	PPS
29/11/2008	855	650	24	BT	PPS
08/01/2009	860	550	36	BT	PPS
14/01/2009	858	480	44	BT	PPS

### **3.3 Historiales de Tratamientos Químicos**

**VHR-01**

**23-May-06. Evaluar arena "T". Diseñar equipo BES**

CÍA SAN ANTONIO PRIDE REALIZA TRATAMIENTO RMA CON 119 BLS DE LA SIGUIENTE MEZCLA: BOMBEAN 23.8 BLS DE SOLVENTES + 23.8 BLS DE HCL-HF (9%-1.5%) + 23.8 BLS DE HCL 5% + 23.8 BLS DE NH4CL 3%. DESPLAZAN CON 70 BLS DE CRUDO. RATA INICIAL: 0.5 BPM @ 2000 PSI. RATA FINAL: 0.8 BPM @ 0 PSI.

## **VHR-02**

**12-Jun-08. Cambio de Completacion / Comunicación Tbg-Csg.  
Evaluar "M2+Ui". Rediseñar BES.**

INICIAN OPERACIONES DE WORKOVER. PREPARAN 12 BLS DE HCL AL 17%. DESPLAZAN CON 52 BLS DE AGUA. TENSIONAN Y LOGRAN LIBERAR SARTA. DESARMAN CABEZAL. INSTALAN BOP.

## **VHR-05**

**22-Oct-01. Implementación de Bombeo Electrosumergible, aislar corte de agua en "Ts" con cementación forzada.**

SE REALIZA SANDSTONE ACID A LA ARENA "M-2".

**22-Junio-02. Disparar arena "Basal Tena" con cañones TCP  
Evaluar en conjunto con arena "M-2", Rediseñar BES.**

SE REALIZA TRATAMIENTO QUÍMICO CON HCL AL 15% Y SE CIERRA POR 12 HORAS PARA QUE ACTUÉ LA MEZCLA.

### **3.4 Diseño del Equipo Electrosumergible**

#### **Datos Requeridos**

#### **Datos de Pozo y Reservorio**

Especificaciones de casing

Especificaciones de tubing

Profundidad del pozo

Performance del Reservorio (IPR o IP)



Temperatura de Fondo

### **Datos de Producción**

Presión de Cabeza/Separador

Especificaciones de la línea de flujo

Rata de producción deseada

### **Características del fluido del Pozo**

Gravedades específicas del petróleo, gas y agua.

Factores volumétricos de cada fase.

Presión del Punto de burbuja y Viscosidad del petróleo.

Relación gas petróleo (puede ser obtenido usando correlaciones).

Relación agua-petróleo producido (corte de agua).

Relación gas petróleo producido.

### **Datos Eléctricos**

Voltaje primario disponible.

# CAPITULO 4

## 4. ANALISIS TÉCNICO Y POSIBLES SOLUCIONES

El total de las bombas eléctricas sumergibles instaladas son: 14 en el Campo VHR, 13 son de pozos productores, y 1 de un pozo reinyector. De las bombas de los pozos productores, 10 bombas corresponden a REDA con 6273 barriles de producción diaria, 1 a CENTRILIFT con 218 barriles diarios y 2 a Wood Group con 640 barriles de producción diaria. (Información al 31 de Enero del 2009).

### 4.1 Análisis del Tiempo de Vida útil de los Equipos

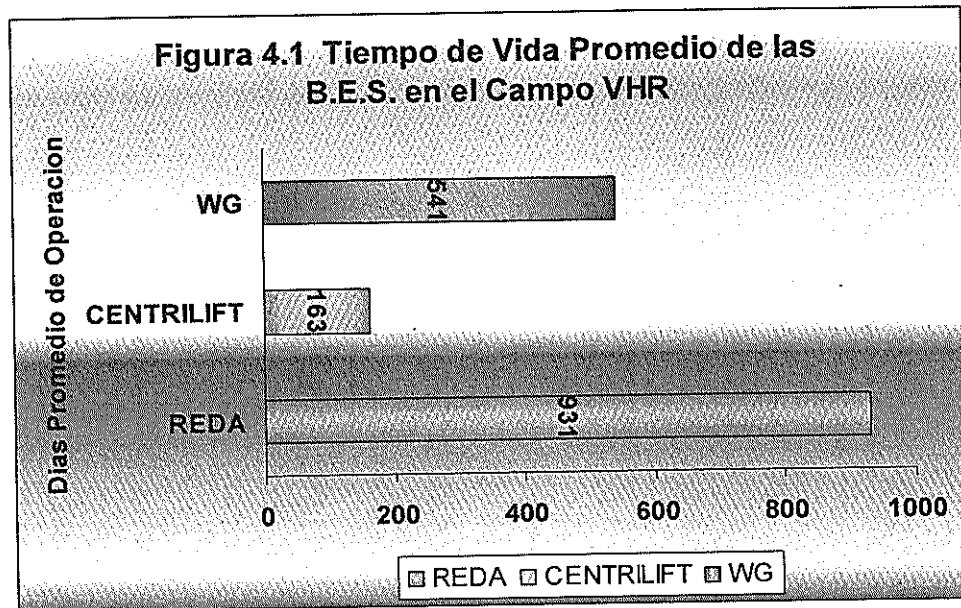
Para el análisis se usan los datos de las tablas No 3.1, 3.2, 3.3; recopilados del reporte de fallas del Departamento de Levantamiento Artificial de Lago Agrio, en los que se presenta importante información para su tabulación y representación en la figura 4.1.

Tabla No. 4.1 WOOD GROUP - REPORTE DE FALLAS DE LAS BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES -CAMPO VHR					
POZO	MARCA	FECHA INSTALADA	FECHA DAÑO	DIAS OPERANDO	FALLAS
VHR-13	WG	05/12/2002	08/09/2004	633	PRESENCIA DE CORROSION EN MOTOR + CAMBIO DE ARENA + LEVANTAMIENTO
VHR-13	WG	13/06/2005	13/07/2005	30	SEPARADOR DE GAS EJE ROTO
VHR-13	WG	04/08/2005	01/09/2006	387	COMUNICACIÓN TBG-CSG
VHR-13	WG	21/10/2006	01/05/2008	550	FASES A TIERRA MOTOR
VHR-13	WG	01/06/2008			
VHR-17	WG	20/11/2006	11/05/2008	531	(S/F) BOMBA ATASCADA
VHR-17	WG	01/06/2008			
				<b>DÍAS</b>	<b>541</b>

Tabla No. 4.2 REDA - REPORTE DE FALLAS DE LAS BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES -CAMPO VHR					
POZO	MARCA	FECHA INSTALADA	FECHA DAÑO	DIAS OPERANDO	FALLAS
VHR-01	REDA	24/02/2002	29/04/2006	1505	RE-EVALUACION DE ARENA
VHR-01	REDA	30/05/2006	15/02/2008	615	EVALUACION DE NUEVA ARENA
VHR-01	REDA	16/03/2008			
VHR-03	REDA	28/02/2002	20/10/2006	1670	EVALUACION DE NUEVA ARENA
VHR-03	REDA	16/11/2006	10/09/2007	294	COMUNICACIÓN TBG-CSG
VHR-03	REDA	22/09/2007	16/10/2008	384	COMUNICACIÓN TBG-CSG
VHR-03	REDA	22/10/2008			
VHR-04	REDA	14/11/2001			
VHR-05	REDA	01/11/2001	03/12/2001	32	BOMBA REMORDIDA APARENTE ESCALA
VHR-05	REDA	31/07/2002	14/12/2002	134	PRESENCIA DE CORROSION
VHR-05	REDA	25/11/2003	20/04/2008	1585	COMUNICACIÓN TBG-CSG
VHR-05	REDA	22/05/2008			
VHR-06	REDA	30/01/2002	03/02/2002	3	FUGA DE PETROLEO Y GAS POR QUICK CONNECTOR
VHR-06	REDA	12/02/2002	24/02/2002	12	CERRADO POR ALTO BSW
VHR-06	REDA	09/10/2003	17/10/2003	8	MOTOR DESBALANCEADO
VHR-06	REDA	24/10/2003	06/12/2008	1842	FASES A TIERRA CABLE
VHR-06	REDA	17/12/2008			
VHR-07	REDA	10/03/2001	07/05/2001	57	CORTOCIRCUITO HIDRA-HEAD
VHR-07	REDA	09/05/2001	17/08/2004	1178	FASES A TIERRA
VHR-07	REDA	14/09/2004			
VHR-08	REDA	27/05/2002	11/12/2002	194	CERRADO POR ALTO BSW
VHR-08	REDA	23/09/2003	03/01/2006	820	PRESENCIA DE CORROSION EN INTAKE + CAMBIO DE ARENA
VHR-08	REDA	21/02/2006	19/11/2006	268	APAGADO POR BAJO AISLAMIENTO + CAMBIO DE ARENA
VHR-08	REDA	29/12/2006	12/01/2007	13	RE-EVALUACION DE ARENA + ESTIMULACION
VHR-08	REDA	11/02/2007	07/07/2007	146	APAGADO POR BAJO AISLAMIENTO
VHR-08	REDA	25/09/2007	21/12/2008	446	FASES A TIERRA MOTOR + CAMBIO DE ARENA
VHR-08	REDA	23/01/2009			
VHR-09	REDA	23/05/2002	23/08/2005	1170	PRESENCIA DE CORROSION EN MOTOR Y PRO.+ CAMBIO DE ARENA
VHR-09	REDA	24/03/2006	13/04/2008	739	APAGADO POR BAJO AISLAMIENTO
VHR-09	REDA	30/05/2008			
VHR-11	REDA	22/03/2002	02/09/2006	1600	COMUNICACIÓN TBG-CSG
VHR-11	REDA	23/10/2006			
VHR-14	REDA	06/11/2003	07/06/2006	931	APAGADO POR BAJO AISLAMIENTO, FASES DESBALANCEADAS
VHR-14	REDA	19/06/2006			
				<b>DÍAS</b>	<b>931</b>



agua del reservorio. Así mismo, la marca Reda tiene un período promedio de vida útil algo superior a las demás (931 días) al de Centrilift (163 días) y a Wood Group (541 días), según lo muestran las tablas 4.1, 4.2 y 4.3.



## 4.2 Pérdidas frecuentes de Energía

### 4.2.1 Análisis de Pozos Críticos

Cuando un pozo trabaja fuera del rango óptimo de operación, lo primero que se piensa es que el diseño del equipo no es el adecuado y, por lo tanto, requiere de un rediseño.

Esto es erróneo ya que muchas veces el verdadero problema no es en el equipo de fondo, sino que se pueden presentar situaciones como: problemas en la tubería, equipos de

superficie, yacimiento, etc. Y, luego de un profundo análisis, se determina lo que realmente se presenta en el pozo.

En la tabla 4.4 se tienen los pozos que operan fuera del rango óptimo de operación.

<b>Tabla No. 4,4 POZOS FUERA DEL RANGO ÓPTIMO DE OPERACIÓN - CAMPO VHR</b>			
<b>Pozo</b>	<b>Bomba</b>	<b>Frecuencia Hz</b>	<b>Desgaste</b>
VHR-04	GN-4000	66	Down thrust
VHR-13	TE-1500	55	Up thrust

Como se observa en la tabla 4.4, existen 2 pozos que trabajan fuera del rango óptimo; 1 con desgaste descendente (down thrust) y 1 con desgaste ascendente (up thrust). Sin embargo, el análisis de las posibles fallas que estén ocurriendo en dichos pozos solo se realizarán para los pozos con down thrust dado que no existe mayor perjuicio cuando el equipo trabaja con up thrust debido a que con el paso del tiempo se producirá una depletación paulatina del yacimiento, y el equipo entrará a trabajar en el rango óptimo.

A continuación se analizan las posibles causas que producen que el equipo funciones en desgaste descendente.

#### **4.2.2 Problemas en el Yacimiento**

La depletación del yacimiento induce una disminución del aporte de fluidos; dándose el caso de que la bomba se encuentre sobredimensionada para el actual aporte del reservorio.

Además, se puede producir un taponamiento de la formación con escala; problema que se tratará en el siguiente ítem.

#### **4.2.3 Problemas de Escala, Parafina**

El problema de escala o parafina es uno de los más comunes en la producción de petróleo, ya que el crudo que se produce tiene un alto contenido de estos elementos que lo que hacen es depositarse en la tubería y por ende en la bomba; causando una restricción en el flujo de fluidos y provocando un trabajo anormal de la bomba (fuera de rango – down thrust).

#### **4.2.4 Problemas con la Tubería**

Algunos yacimientos del Campo VHR producen fluidos que en su composición contienen sustancias altamente corrosivas (especialmente el agua de formación con salinidades muy altas), generando huecos en las tuberías y por ende una comunicación tubing – casing; llevando a una recirculación de

fluido producido, dando como consecuencia la disminución de la producción.

También se puede producir corrosión en el equipo sumergible que puede traducirse en el daño del sistema.

#### **4.2.5 Problemas con el Equipo Eléctrico**

Uno de los problemas más comunes con el equipo electrosumergible se presenta en las fases pues estas quedan a tierra, es decir, se presenta problemas con el cable eléctrico y por esta razón se lo considera como el talón de Aquiles del sistema electrosumergible. Además, se han presentado roturas de ejes como problemas adicionales y fugas por el quick connector.

### **4.3 Optimización**

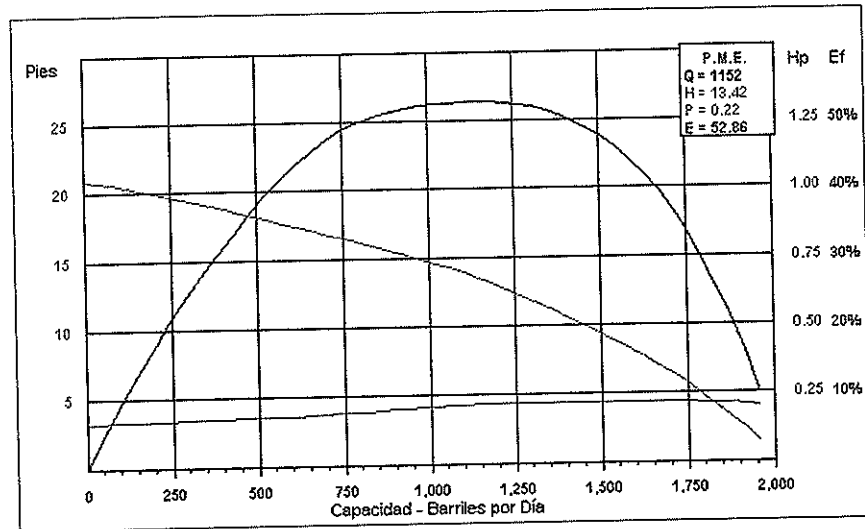
#### **4.3.1 Curvas de Operación de las Bombas Eléctricas Sumergibles**

Las curvas que describen la relación entre eficiencia, carga y potencia de la bomba y caudal de flujo son las denominadas curvas de operación o curvas características.



Un esquema con este tipo de curvas se muestra en la figura 4.2.

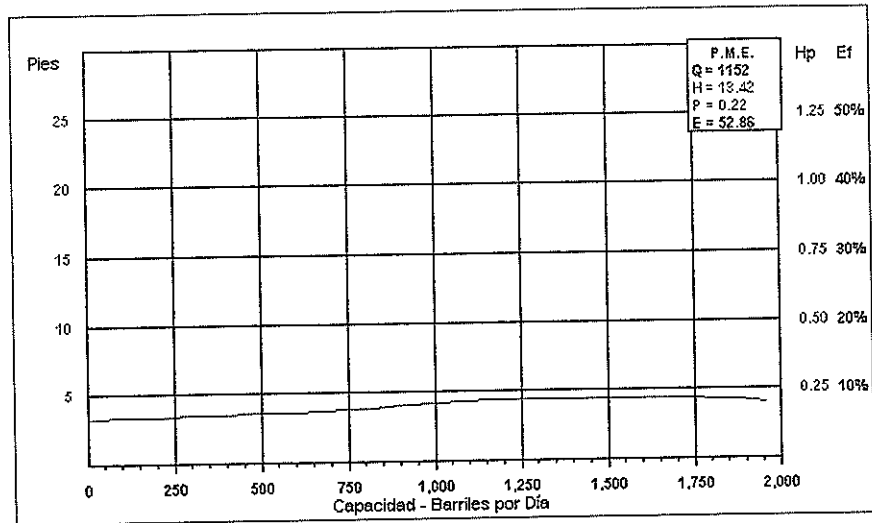
**Fig. 4.2. Curvas de operación de una bomba electrosumergible**



### 4.3.2 Curva de Potencia al Freno (BHP)

De acuerdo con el diseño de la bomba, la curva de potencia al freno puede tener variaciones en su forma a partir del punto de máximo rendimiento, si es que la potencia disminuye sin sobrecarga; caso contrario, aumenta a partir de dicho punto con el aumento de caudal, por lo cual la curva será de sobrecarga (Figura 4.3)

**Fig. 4.3. Curva de la Potencia al Freno**



### 4.3.3 Curva de Eficiencia de la Bomba

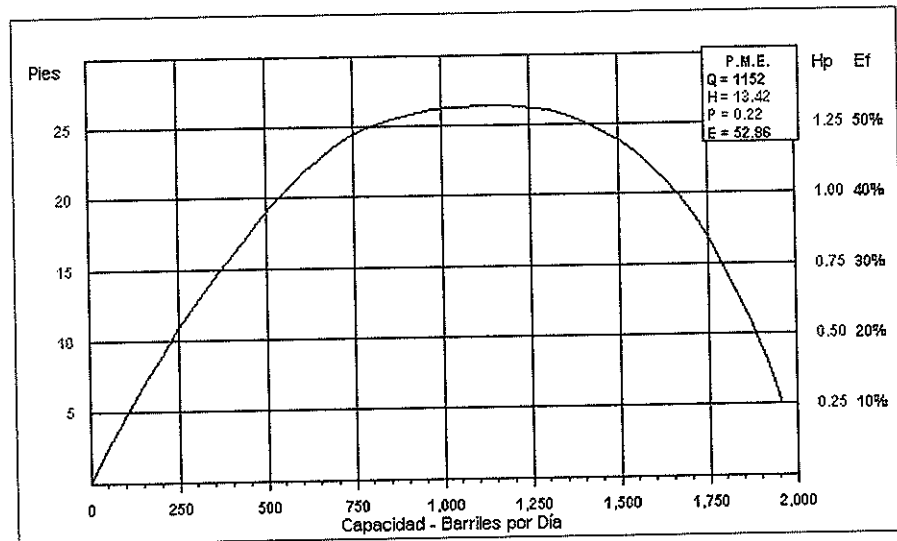
Los valores de la curva de eficiencia varían de acuerdo con el diseño y tamaño de la bomba; generalmente se puede decir que la eficiencia aumenta con el tamaño de la bomba debido a que existen menores pérdidas por fricción del fluido (Figura 4.4)

### 4.3.4 Curva de Altura de Columna

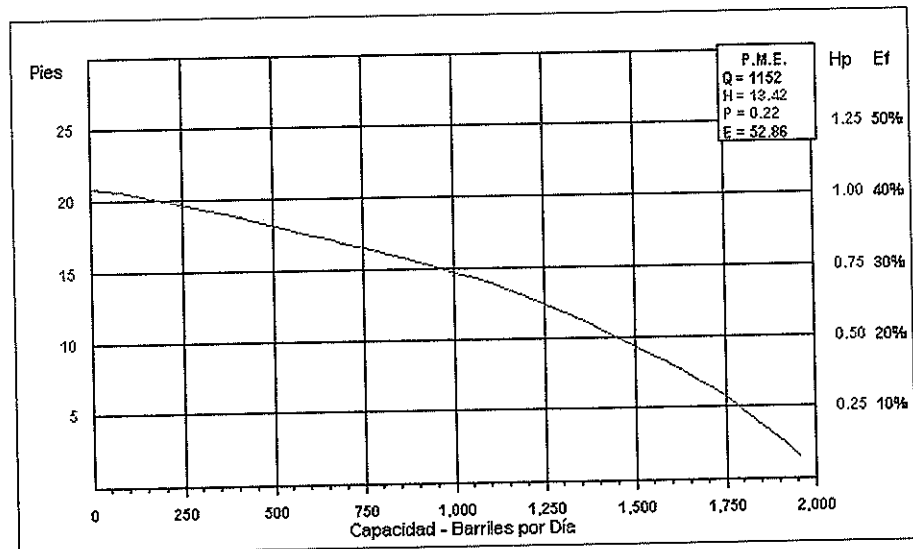
Esta curva se traza según datos reales. Como se puede observar en la figura 4.5, cuando la capacidad de flujo aumenta, se reduce la altura de la columna total que la bomba es capaz de desarrollar. Por lo general, la columna más alta que la bomba puede desarrollar está en un punto en el que no

existe flujo a través de la bomba, o sea, cuando la válvula de descarga está completamente cerrada.

**Fig. 4.4. Curva de la Eficiencia de la bomba**



**Fig. 4.5. Curva de la Altura de columna**



### 4.3.5 Rango Óptimo de Operación

Es el intervalo en el cual la bomba opera con mayor eficiencia.

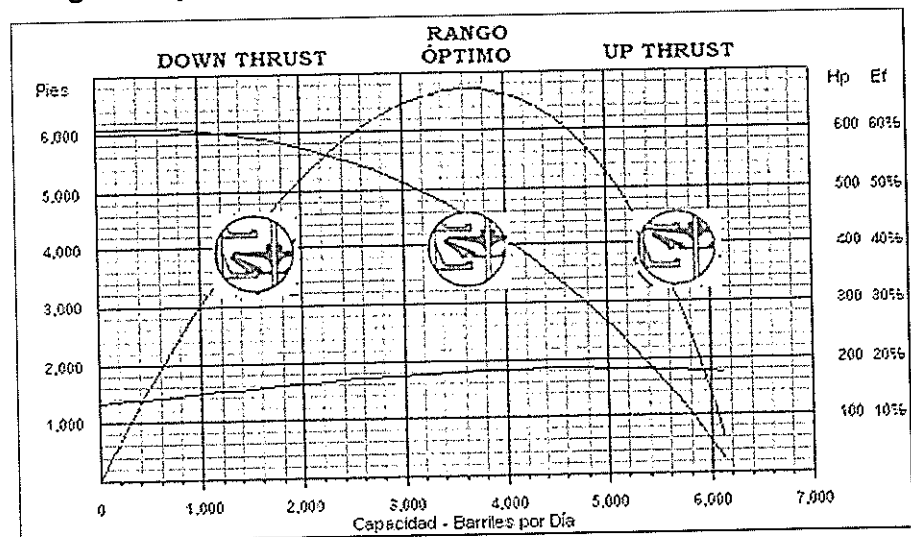
Si la bomba opera a la izquierda del rango de operación a una tasa de flujo menor, la bomba sufrirá un desgaste por empuje descendente y se da cuando el impeler fricciona al difusor en su parte inferior (downthrust).

La bomba opera dentro del Rango Óptimo cuando el impeler rota libremente en el interior del difusor.

En cambio, si la bomba opera a la derecha del rango de operación a una tasa de flujo mayor, la bomba puede sufrir desgaste por empuje ascendente y se da cuando el impeler fricciona al difusor en su parte superior (upthrust).

La figura 4.6 ilustra los tres casos anteriormente descritos.

**Fig 4.6. Tipos de Desgaste de las Bombas Electrosumergibles**



#### 4.3.6 Determinación de los Puntos de Operación Actuales

La determinación de los puntos de operación actuales de los pozos con bombeo electrosumergible se determina a partir de la información del tipo de bomba instalada en cada pozo.

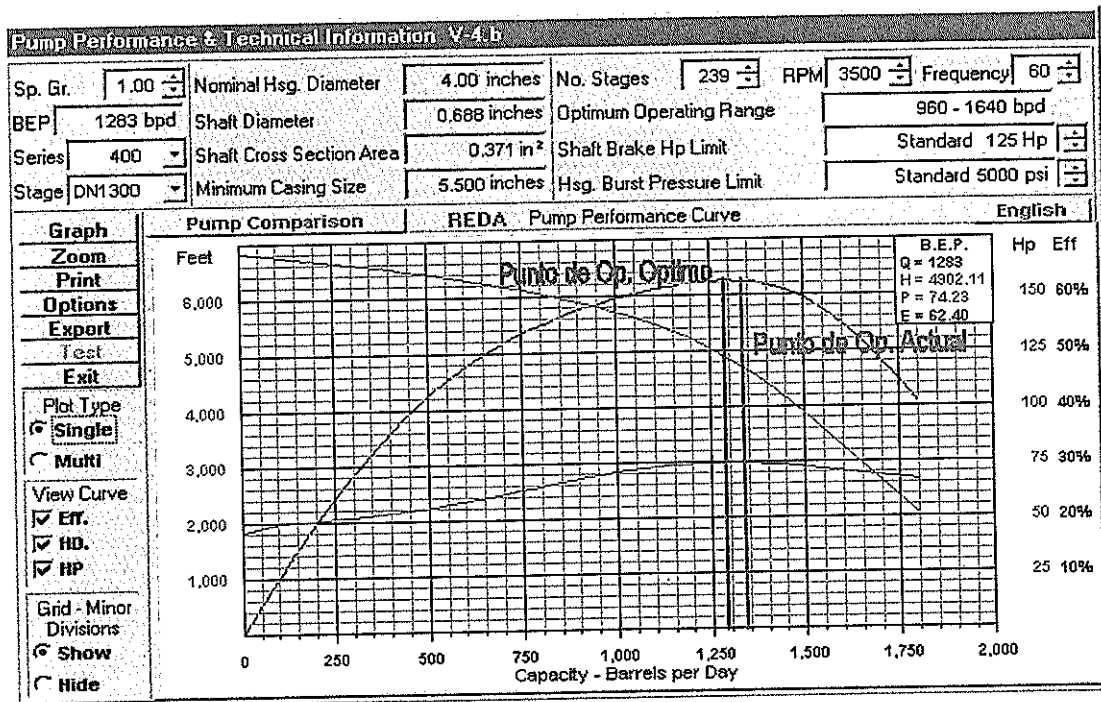
Pozo	Bomba	Etapas	Frecuencia-Hz	Bbl/Día	Marca
VHR-01	DN-1300	239	60	1345	REDA
VHR-02	P12X	252	58	1286	CENTRILIFT
VHR-03	DN-1300	238	58	1940	REDA
VHR-04	GN-4000	59	66	2054	REDA
VHR-05	DN-1100	365	57	1110	REDA
VHR-06	DN-1100	186	49	842	REDA
VHR-07	DN-1300	147	60	980	REDA
VHR-08	DN-1750	108	60	1590	REDA
VHR-09	GN-1300	308	65	1680	REDA
VHR-11	DN-1100	308	55	905	REDA
VHR-13	TE-1500	98	55	2040	WOOD GROUP
VHR-14	DN-750	373	60	448	REDA
VHR-17	TD-1200	344	56	858	WOOD GROUP

Con esta información, además de un software (para generar las curvas se utilizó el programa PAD 4.b de REDA), se grafica las curvas de operación y con la producción actual del pozo se determinan los actuales puntos de operación.

### 4.3.7 Estudio de Pozos del Campo VHR

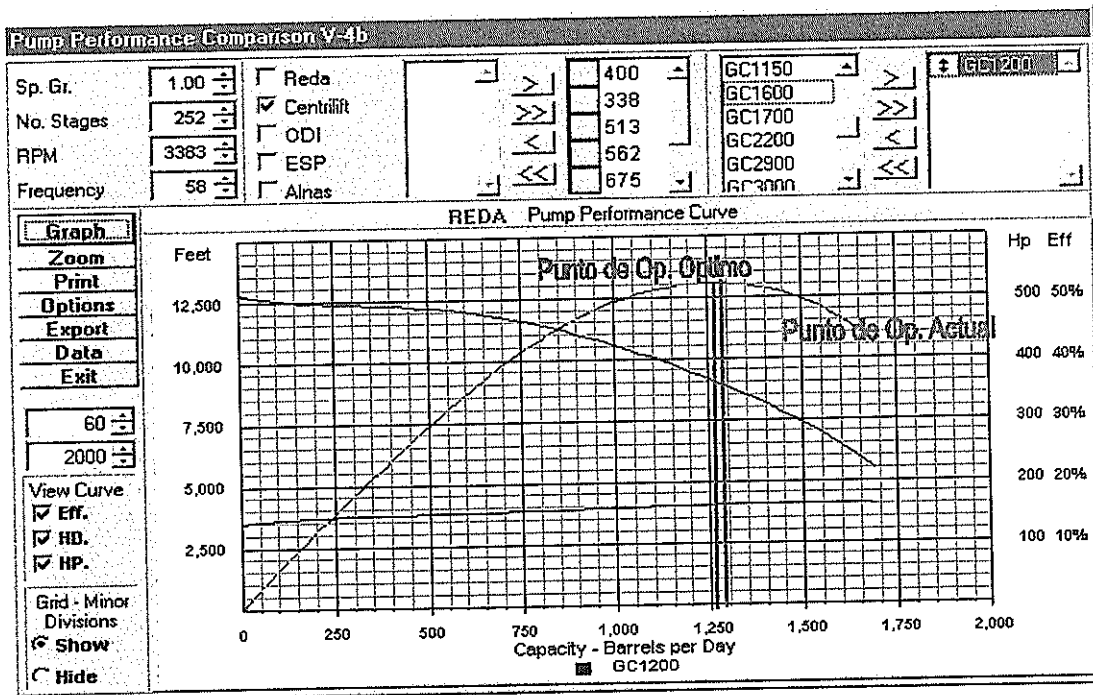
#### VHR-01

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	1345	1280
BHP (HP)	74	75
Carga (Pies)	6200	6250
Eficiencia (%)	62	63



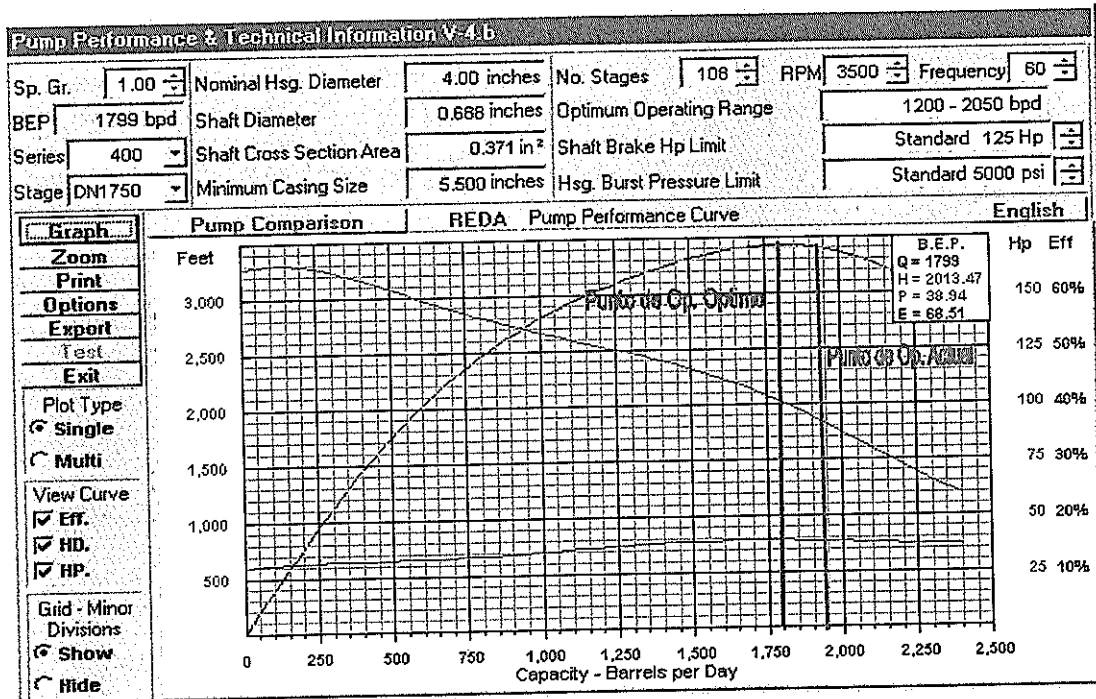
VHR-02

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	1286	1260
BHP (HP)	160	158
Carga (Pies)	13000	13050
Eficiencia (%)	52	53



VHR-03

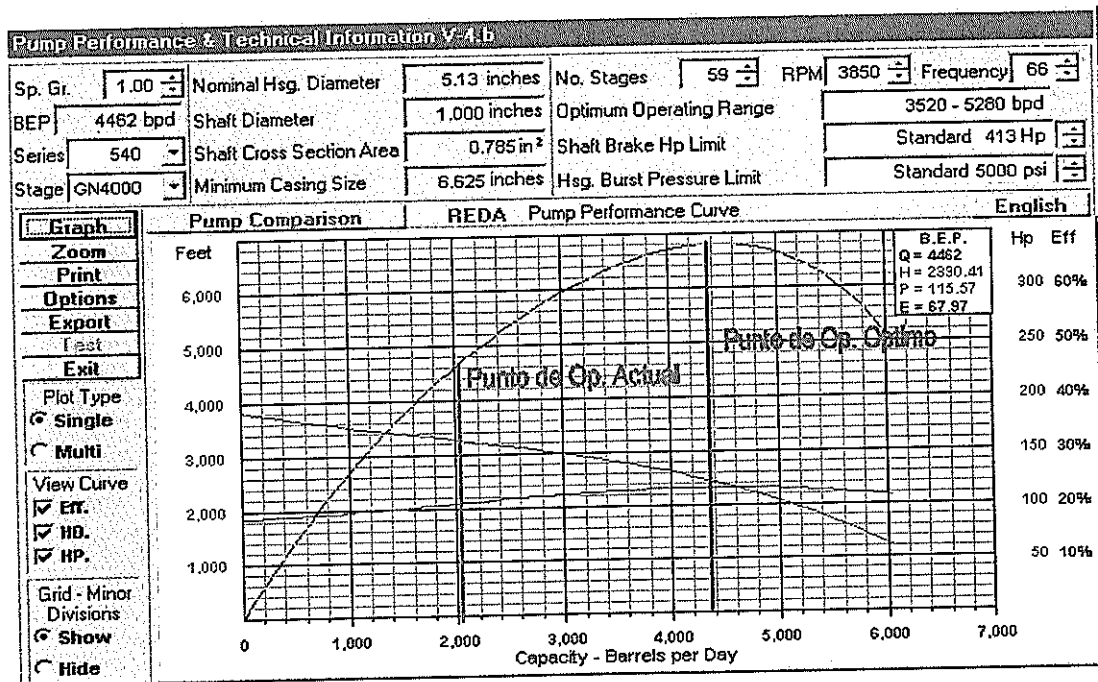
PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	1940	1780
BHP (HP)	37	40
Carga (Pies)	3390	3410
Eficiencia (%)	68	69





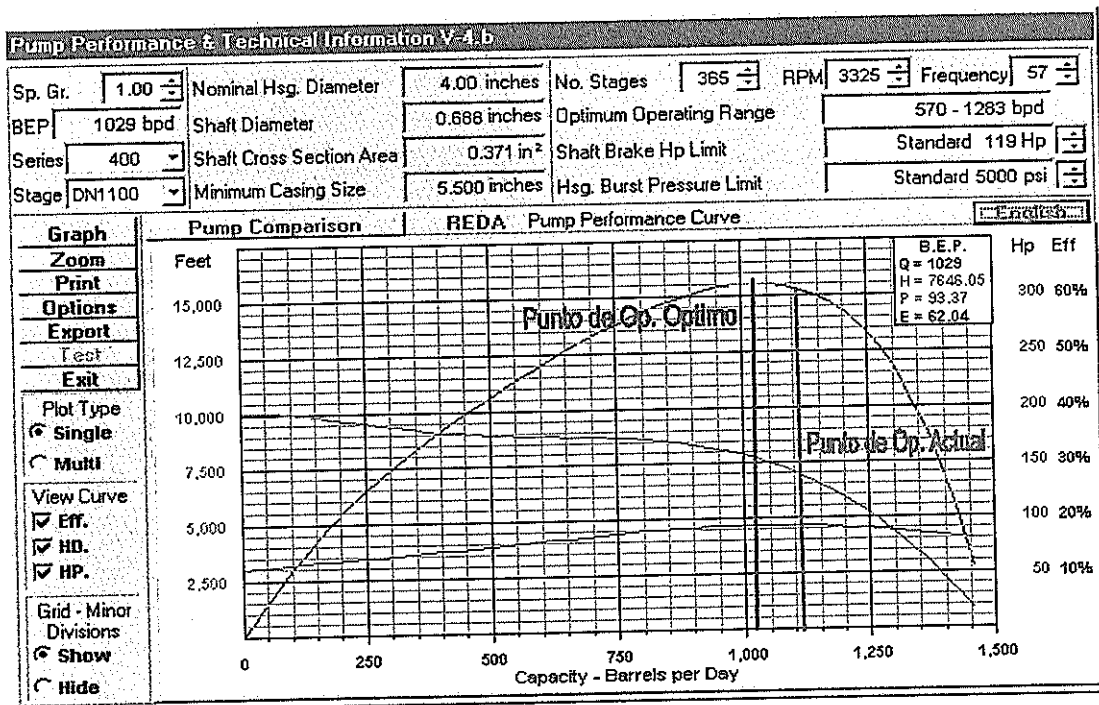
VHR-04

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	2054	4400
BHP (HP)	105	115
Carga (Pies)	4650	6800
Eficiencia (%)	46	68



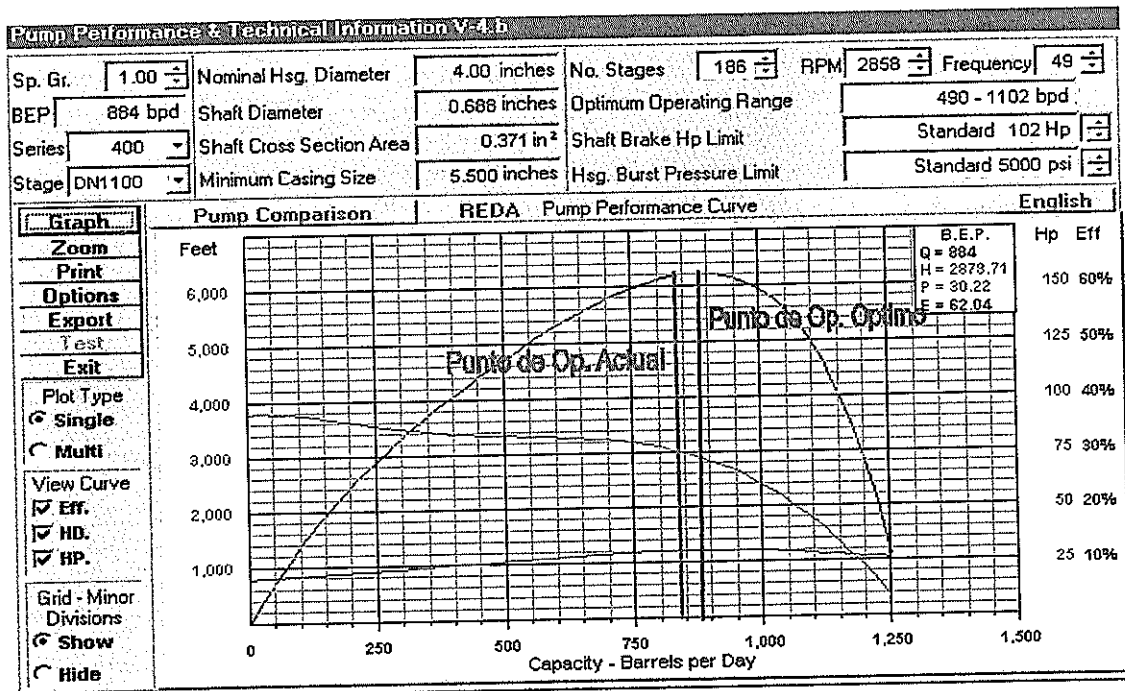
VHR-05

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	1110	1020
BHP (HP)	305	312
Carga (Pies)	15250	15600
Eficiencia (%)	61	63



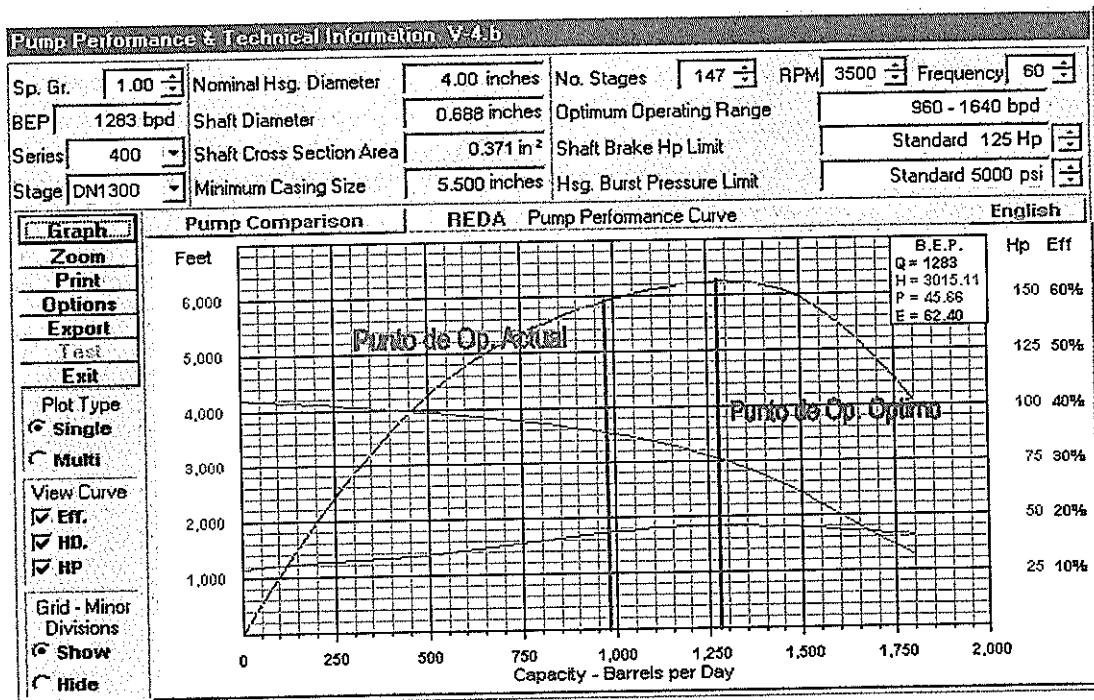
VHR-06

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	842	980
BHP (HP)	30	30
Carga (Pies)	6200	6250
Eficiencia (%)	61	62



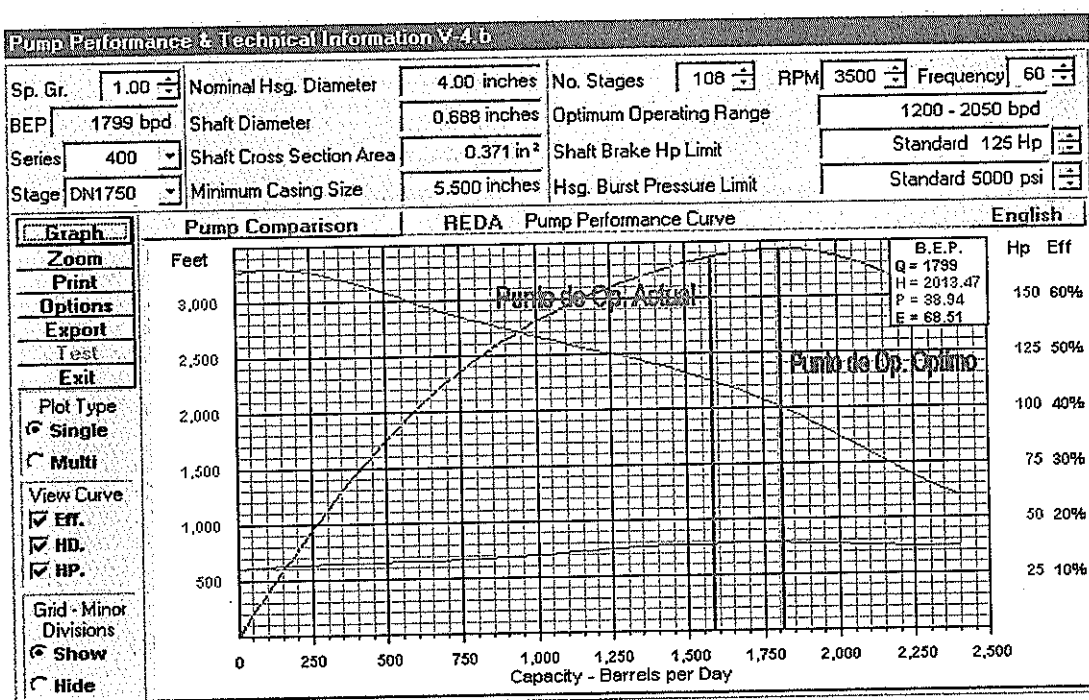
VHR-07

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	980	1275
BHP (HP)	43	46
Carga (Pies)	5900	6250
Eficiencia (%)	59	63



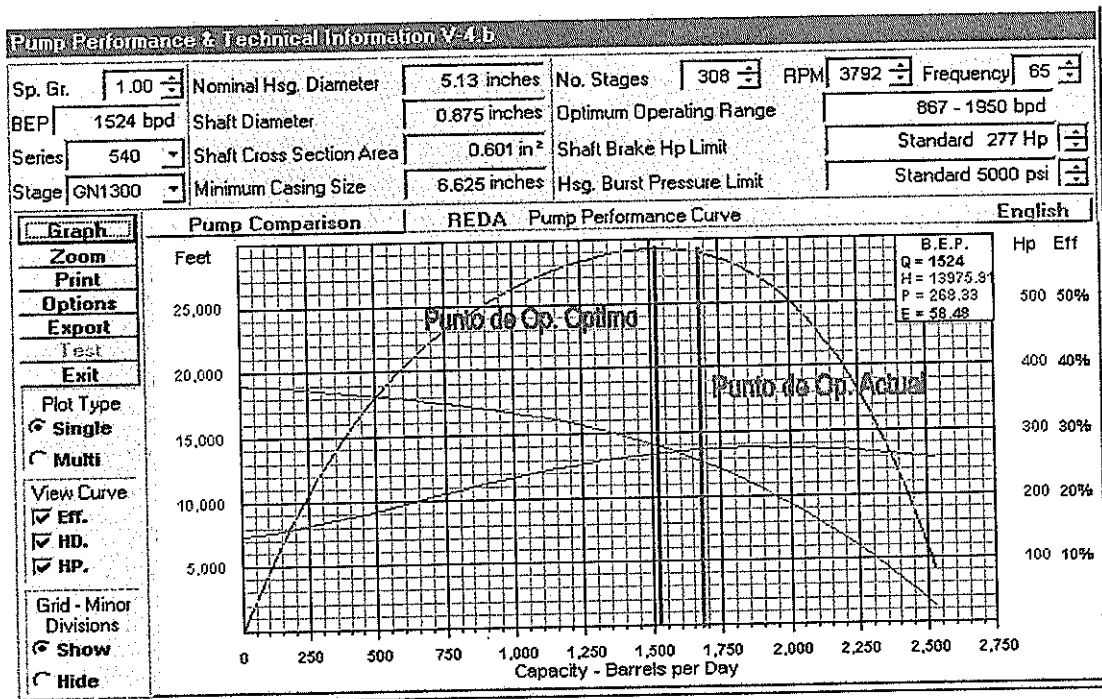
# VHR-08

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	1590	1820
BHP (HP)	38	40
Carga (Pies)	3380	3420
Eficiencia (%)	67	69



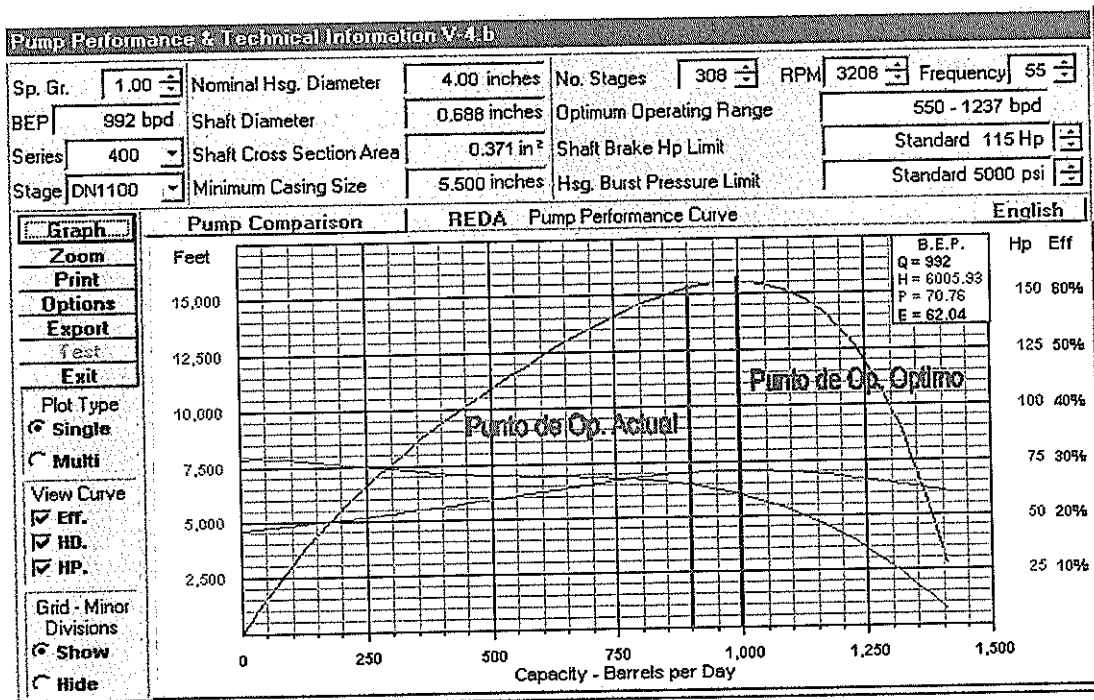
# VHR-09

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	1680	1530
BHP (HP)	275	270
Carga (Pies)	29000	29500
Eficiencia (%)	58	59



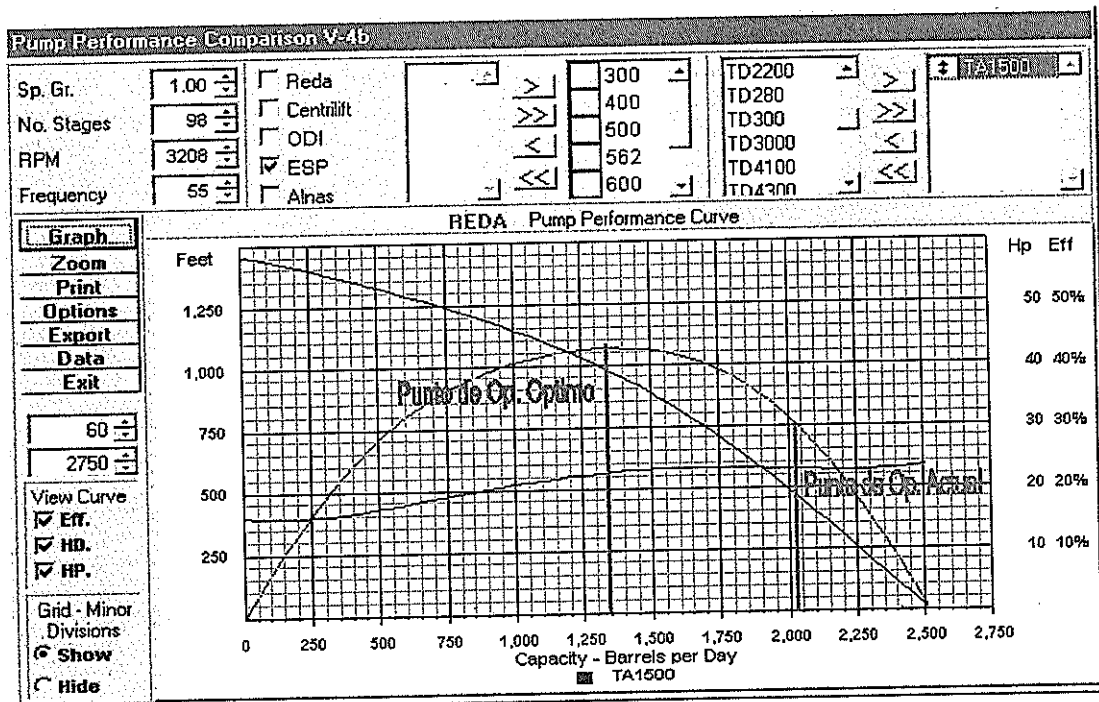
# VHR-11

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	905	1005
BHP (HP)	70	72
Carga (Pies)	15300	15500
Eficiencia (%)	61	63



# VHR-13

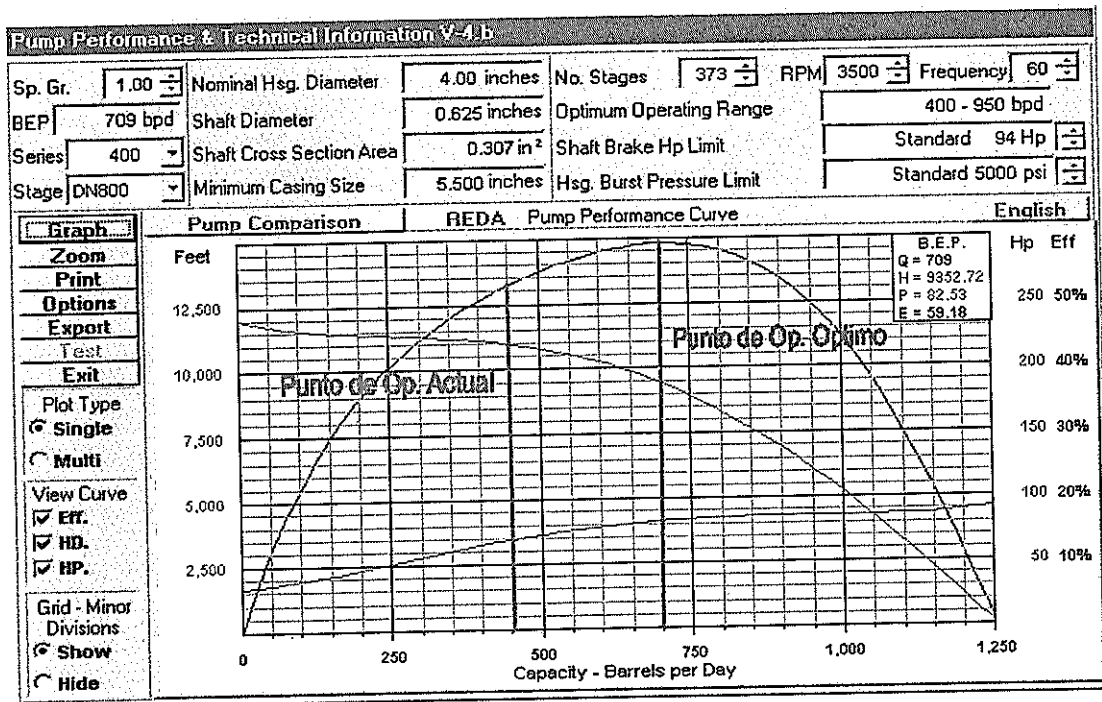
PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	2040	1350
BHP (HP)	23	22
Carga (Pies)	750	1075
Eficiencia (%)	30	43





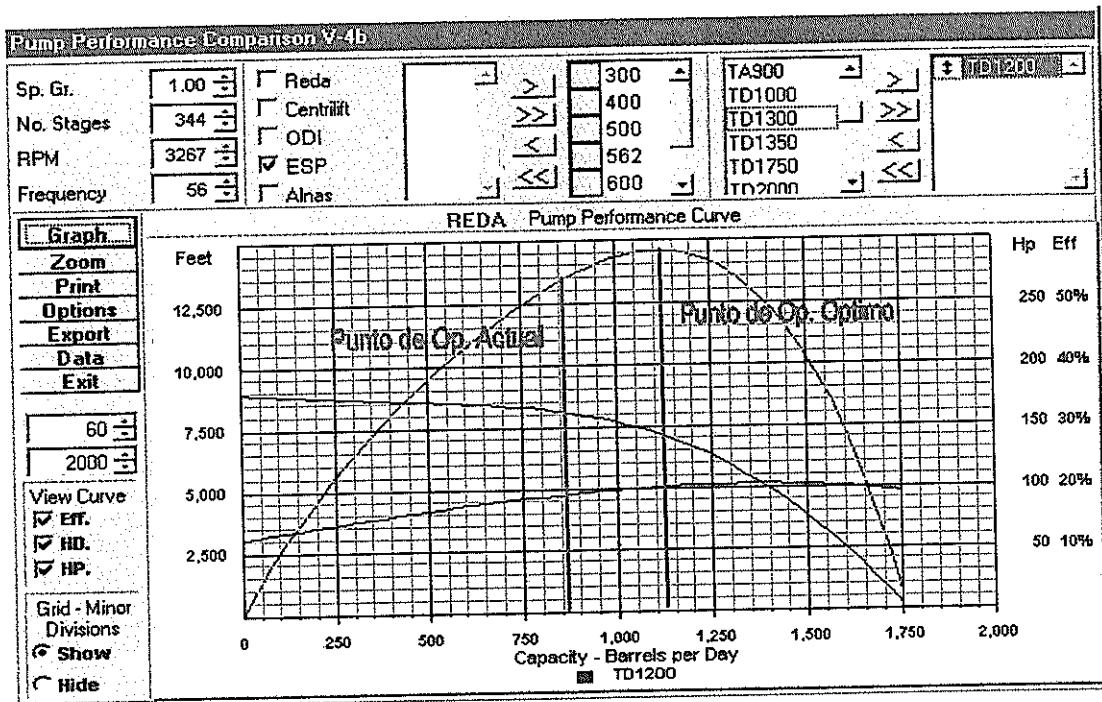
# VHR-14

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	448	700
BHP (HP)	70	83
Carga (Pies)	13200	14800
Eficiencia (%)	53	60



# VHR-17

PARAMETROS	ACTUAL	ÓPTIMO
Capacidad (BPD)	858	1130
BHP (HP)	95	102
Carga (Pies)	13400	14500
Eficiencia (%)	54	58



# **CAPITULO 5**

## **5. ANALISIS ECONOMICO**

### **5.1 Costo / Beneficio de las Posibles Soluciones**

El análisis económico planteado en este estudio, se sustenta en el costo que significaría cambiar el equipo eléctrico sumergible del pozo VHR-04 ya que este es el único que se encuentra trabajando fuera del rango óptimo de operación (downthrust) en el campo.

#### **5.1.1 Recuperación de la Inversión**

Antes de proceder a la estimación del tiempo en que se podría recuperar la inversión, es necesario revisar algunos conceptos que servirán a este propósito

### **5.1.1.1 Valor Actual Neto (VAN)**

A efectos de evaluar el rendimiento de una inversión, se considera la proyección del flujo de caja para calcular el Valor Actual Neto. Una vez que se han estimado los flujos de caja de todos los meses (se ha tomado 1 año, como vida promedio del funcionamiento de una BES), se puede realizar el cálculo del VAN de acuerdo a una tasa de descuento anual previamente especificada.

En primer lugar se calcula el Valor Actual (VA) de cada uno de los futuros flujos de fondos. Posteriormente, se sustrae el monto inicial de la inversión del Valor Actual de la suma de los futuros flujos de fondo a los efectos de arribar al Valor Actual Neto. Un valor positivo del Valor Actual Neto indica que el valor de la inversión en términos de Valor Actual excede el valor original de la inversión. El VAN depende de la tasa de descuento usada para calcular el valor presente del flujo de fondos.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo en el que se asume que la tasa de descuento de un proyecto es del 15.25 %, y se calcula el Valor Actual Neto de la siguiente manera:

<b>Año</b>	<b>Flujo de Fondos</b>	<b>Valor Actual (15.25 %)</b>
1	\$220.000	\$186.440
2	\$240.000	\$172.364
3	\$270.000	\$164.330
4	\$285.000	\$146.999
5	\$4.700.000	\$2.054.413
Total VA		\$2.724.546
Inversión Inicial		\$2.500.000
<b>VAN</b>		<b>\$224.546</b>

En este ejemplo se observa que el Valor Actual Neto antes de pagar impuestos es \$224.546. Esta cantidad indica que el retorno sobre la inversión inicial de \$2.500.000 es mayor que el 18% anual y que el inversor podría invertir otros \$224.546 y conseguir una tasa de retorno del 18% anual.

### 5.1.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, TIR, es un concepto similar, aunque no del todo igual al de tasa de interés.

La TIR mide la magnitud de la rentabilidad esperada de una inversión.

A modo de ilustración se presentaran el siguiente ejemplo:

#### **Inversión:**

Plazo Fijo a un año de plazo

Monto depositado: 10.000 USD

Monto cobrado en un año: 10.800 USD

La TIR de esta inversión es del 8 % anual.

La TIR se puede usar para calcular la rentabilidad esperada de una inversión como: comprar equipos, maquinaria o repuestos, comprar acciones o invertir en un nuevo negocio.

En los siguientes apartados se presentarán los flujos de caja para los pozos que requieren el cambio del sistema de BES, así como el flujo de caja total.

### 5.1.1.3 Flujo de Caja; VHR – 04.

PRECIO BARRIL, USD	24
GASTO BARRIL, USD	2,5
NETO x BARRIL, USD/BLS	18,5
PRODUCCION, BLS/DIA	680
NETO MENSUAL, BLS	20400
GASTO INSTALACIÓN, USD	300000

MES	INGRESO	GASTO	SALDO	TIR %	Valor Actual 15%
ENERO	439000	-300000	139000	32	20850
FEBRERO	439000	139000	578000	132	86700
MARZO	439000	578000	1017000	232	152550
ABRIL	439000	1017000	1456000	332	218400
MAYO	439000	1456000	1895000	432	284250
JUNIO	439000	1895000	2334000	532	350100
JULIO	439000	2334000	2773000	632	415950
AGOSTO	439000	2773000	3212000	732	481800
SEPTIEMBRE	439000	3212000	3651000	832	547650
OCTUBRE	439000	3651000	4090000	932	613500
NOVIEMBRE	439000	4090000	4529000	1032	679350
DICIEMBRE	439000	4529000	4968000	1132	745200
<b>TOTAL VA</b>					4596300
<b>INVERSION INICIAL</b>					300000
<b>VAN</b>					<b>4.296.300</b>

## 5.2 Costo de Implementación de las Soluciones

### 5.2.1 Rediseño de los Equipos

Para el rediseño del equipo que está operando fuera del rango óptimo de operación, se utilizó el software SubPUMP de la compañía REDA (Schlumberger).

En los siguientes apartados se presenta un condensado de los resultados del rediseño para el pozo en mención.

**VHR-04**

Sunday, January 25 - 2009	PUMP Summary Report	Page 1/1
<b><u>GENERAL DESCRIPTION</u></b>		
Company Name:	PETROPRODUCCION	
Well Name:	VHR - 04	
Field Name:	VHR	
Reservoir Name:	Um	
Analyst:	C. RUIZ	
<b><u>WELLBORE</u></b>		
Casing OD, in:	8934 (10000.00 ft)	
Tubing OD, in:	6934 (6934.00 ft)	
Pump Depth MD/TVD, ft:	7001.00/7015.00	
Top of Formation MD/TVD, ft:	7940.00/7954.00	
Downhole Temp, °F:	215.0	
Oil Rate, Bbl/D:	896.00	
Oil Gravity, °API:	15.2 (1.5 cP)	
Water Rate, Bbl/D:	1356.00	
Water Sp. Grav., (f <sub>w</sub> =1.0):	1.100	
Gas Rate, Mscf/D:	285	
Gas Sp. Grav., (air=1.0):	0.700	
Liquid (O+W) @ Surf., Bbl/D:	2054.00	
<b><u>OPERATION AND PERFORMANCE</u></b>		
Frecuency, Hz:	60.0	
Oper. Motor Load @ Desing Hz, HP:	87.6	



<b>Oper. Motor Load @ NP, HP:</b>	87.6
<b>Operating Speed, RPM:</b>	3506.5
<b>Operating Current, Amps:</b>	105.0
<b>Operating Voltage, Volts:</b>	1425.0
<b>Operating Power Factor:</b>	0.680
<b>Adjusted for Motor Slip:</b>	Yes
<b>Pump Efficiency, %:</b>	44.6
<b>Motor Efficiency, %:</b>	80.5
<b>Surf. Final Liq. Rate (O+W), Bbl/D:</b>	2264.0
<b>Avg. Pump Final Fluid, Bbl/D:</b>	2280.00
<b>Avg. Pump Total Fluid, Bbl/D:</b>	2288.50
<b>Free Gas by Volume @ Pump, %:</b>	2.3
<b>Free Gas by Volume into Pump, %:</b>	0.7
<b>Total Dynamic Head (TDH), ft:</b>	5581.53
<b>Pump Intake Pressure, psig:</b>	2152.0
<b>Pump Operating Power, HP:</b>	87.6
<b>Flowline Pressure, psig:</b>	65.0
<b>Casing Pressure, psig:</b>	10.0
<b>Tubing Outflow Correlation:</b>	Hagerdorn & Brown (1963)

## Equipo de Subsuelo

### BOMBA

CENTRILIFT 513, GC-2200, 112 Etapas, 60 Hz	(CENTRILIFT)
REDA 400, DN-2150, 112 Etapas, 60 Hz.	(REDA)
WG TD-2200 112 Etapas, 60 Hz	(WOOD GROUP)

**CABLE**

CABLE #2 PLANO (CON CAPILAR)	(CENTRILIFT)
CABLE #2 PLANO (CON CAPILAR)	(REDA)
CABLE #2 PLANO (CON CAPILAR)	(WOOD GROUP)

**INTAKE****SEPARADOR DE GAS**

SEPARADOR DE GAS SERIE 400	(CENTRILIFT)
540 STD	(REDA)
SEPARADOR DE GAS, ROT TR5-3TC SST ASSY	(WOOD GROUP)

**PROTECTOR**

PROTECTOR SERIE 400	(CENTRILIFT)
LSLSL – HL /540	(REDA)
PROTECTORES, TR5-AR	(WOOD GROUP)

**MOTOR**

CENTRILIFT 184.6 HP, 1835 V, 105 A	(CENTRILIFT)
REDA, 184.6 HP, 1835 V, 105 A	(REDA)
WG 184.6 HP, 1835 V, 105 A	(WOOD GROUP)

## **SENSOR**

UNIDAD PHD

(CENTRILIFT)

375 + MOTOR ADAPTER (456/375)

(REDA)

SMARTGUARD SYSTEM SST, TR5

(WOOD GROUP)

## **SWITCHBOARD**

**DFH 140 KVA**

**CABEZAL**

**HSM OD 7"**

### **5.2.2 Equipos a instalarse y Costos**

Una vez rediseñado el equipo (Tabla 5.1), y con la lista de precios de Petroproducción, se obtiene el costo necesario para realizar el cambio del equipo, tablas (4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9). En la figura 5.1 se esquematiza la comparación de los costos de Schlumberger frente a los costos de Centrilift y los de Wood Group.

Tabla No. 5.1 Equipos a Instalarse - REDA

EQUIPO DE FONDO					
BOMBA					
POZO	BOMBA	SERIE	# ETAPAS/BOMBA	TOTAL ETAPAS	
VHR-04	DN-2150	400	112	112	
MOTOR					
POZO	# MOTORES	SERIE	HP	AMPERAJE	VOLTAJE
VHR-04	1	540	184,6	105	1835
CABLE					
POZO	CONFIGURACIÓN	TIPO	# CABLE	LONGITUD	CAPILAR
VHR-04	Plano	REDALEAD	2	7049	SI
SEPARADOR			PROTECTOR		
POZO	TIPO	POZO	CONFIGURACIÓN		
VHR-04	SERIE 540	VHR-04	LSLSL - HL		
EQUIPO DE SUPERFICIE					
SWITCHBOARD			CAJA DE VENTEO		
POZO	AMPERAJE	POZO	PESO (LBS)		
VHR-04	21-32	VHR-04	20		
TRANSFORMADOR					
POZO	TIPO	VOLTAJE PRIMARIO	VOLTAJE SECUNDARIO	KVA	
VHR-04	SOUTHWEST MODEL 123	12500	1835	100	

**Tabla No. 5.2 Equipos a Instalarse - CENTRILIFT**

<b>EQUIPO DE FONDO</b>					
<b>BOMBA</b>					
<b>POZO</b>	<b>BOMBA</b>	<b>SERIE</b>	<b># ETAPAS/BOMBA</b>	<b>TOTAL ETAPAS</b>	
VHR-04	GC-2200	513	112	112	
<b>MOTOR</b>					
<b>POZO</b>	<b># MOTORES</b>	<b>SERIE</b>	<b>HP</b>	<b>AMPERAJE</b>	<b>VOLTAJE</b>
VHR-04	1	513	184,6	105	1835
<b>CABLE</b>					
<b>POZO</b>	<b>CONFIGURACIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b># CABLE</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>CAPILAR</b>
VHR-04	Plano	CENTRILIFT	2	7049	SI
<b>SEPARADOR</b>			<b>PROTECTOR</b>		
<b>POZO</b>	<b>TIPO</b>	<b>POZO</b>	<b>CONFIGURACIÓN</b>		
VHR-04	SERIE 513	VHR-04	FST2-HL		
<b>EQUIPO DE SUPERFICIE</b>					
<b>SWITCHBOARD</b>			<b>CAJA DE VENDEO</b>		
<b>POZO</b>	<b>AMPERAJE</b>	<b>POZO</b>	<b>PESO (LBS)</b>		
VHR-04	21-32	VHR-04	20		
<b>TRANSFORMADOR</b>					
<b>POZO</b>	<b>TIPO</b>	<b>VOLTAJE PRIMARIO</b>	<b>VOLTAJE SECUNDARIO</b>	<b>KVA</b>	
VHR-04	STANDARD	12500	1835	100	

Tabla No. 5.3 Equipos a Instalarse - WOOD GROUP

EQUIPO DE FONDO					
BOMBA					
POZO	BOMBA	SERIE	#ETAPAS/BOMBA	TOTAL ETAPAS	
VHR-04	TD-2200	540	112	112	
MOTOR					
POZO	#MOTORES	SERIE	HP	AMPERAJE	VOLTAJE
VHR-04	1	540	184,6	105	1835
CABLE					
POZO	CONFIGURACIÓN	TIPO	#CABLE	LONGITUD	CAPILAR
VHR-04	Plano	STANDARD	2	8429	SI
SEPARADOR			PROTECTOR		
POZO	TIPO	POZO	CONFIGURACIÓN		
VHR-04	ROT TR5-3TC SST ASSY	VHR-04	TR5-AR		
EQUIPO DE SUPERFICIE					
SWITCHBOARD			CAJA DE VENTEO		
POZO	AMPERAJE	POZO	PESO (LBS)		
VHR-04	21-32	VHR-04	20		
TRANSFORMADOR					
POZO	TIPO	VOLTAJE PRIMARIO	VOLTAJE SECUNDARIO	KVA	
VHR-04	STANDARD	12500	1835	100	

**Tabla No. 5.4 COSTO DE LOS EQUIPOS REDA (USD)**

POZO	EQUIPO DE FONDO										COSTO TOTAL DEL EQUIPO	
	EQUIPO DE SUPERFICIE											
	TRANSFORM. PRIMARIO	TRANSFORM. SECUNDARIO	SWITCH BOARD	CAJA DE VENTEO	BOMBA	SEPARADOR	SELLO	MOTOR	PSI	CABLE		
VHR-04	22683.87	---	25769.14	679.86	34581.16	9352.08	9262.30	23850.02	2736.08	54361.58	7000.00	190276.01

**Tabla No. 5.5 COSTO DE LOS EQUIPOS CENTRILIFT (USD)**

POZO	EQUIPO DE FONDO										COSTO TOTAL	
	EQUIPO DE SUPERFICIE											
	TRANSFORM. PRIMARIO	TRANSFORM. SECUNDARIO	SWITCH BOARD	CAJA DE VENTEO	BOMBA	SEPARADOR	SELLO	MOTOR	PHD	CABLE		
VHR-04	22683.87	---	24653.67	584.51	32560.09	9352.10	8962.84	22652.00	2461.53	54588.90	7000.00	185499.51

**Tabla No. 5.6 COSTO DE LOS EQUIPOS WOOD GROUP (USD)**

POZO	EQUIPO DE FONDO										COSTO TOTAL	
	EQUIPO DE SUPERFICIE											
	TRANSFORM. PRIMARIO	TRANSFORM. SECUNDARIO	SWITCH BOARD	CAJA DE VENTEO	BOMBA	SEPARADOR	SELLO	MOTOR	PHD	CABLE		
VHR-04	22580.68	---	25453.44	615.28	33605.79	9353.18	9156.11	23459.45	2233.91	54477.89	7000.00	187935.73

Para realizar el respectivo cambio del equipo, se debe efectuar un Work Over (reacondicionamiento); trabajo que puede presentar situaciones imprevistas, por lo que se ha procedido a considerar un valor promedio de entre los últimos trabajos de reacondicionamiento registrados, tabla 4.8.

<b>TABLA No. 5.7 COSTO PROMEDIO DE REACONDICIONAMIENTO (USD) - CAMPO VHR</b>	
<b>Movimiento de la Torre</b>	7426.25
<b>Trabajo de la Torre</b>	57245.38
<b>Supervisión y Transporte</b>	6097.50
<b>Químicos</b>	2952.38
<b>Unidad de Bombeo</b>	17749.25
<b>Instalación de la BES</b>	1926.83
<b>Supervisión e instalación de BH</b>	2903.40
<b>Unidad de Wire Line</b>	1327.36
<b>Servicio de Spooler</b>	2993.00
<b>Vacuum</b>	250.00
<b>Otros</b>	5000.00
<b>TOTAL ( USD)</b>	<b>105871.35</b>

La tabla 4.9 muestra el valor total del equipo y su implementación, tanto para REDA como para CENTRILIFT. Además se incluye el tipo de controlador, sea un Switchboard o un Variador de Frecuencia. La diferencia es clara al momento de comparar los precios de estos dos métodos de control.



TABLA No. 5.8 COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN Y EQUIPO (USD)							
POZO	MARCA			WORKOVER	TOTAL		
	REDA	CENTRILIFT	WOOD GROUP		REDA	CENTRILIFT	WOOD GROUP
VHR-04	190276.01	185499.51	187935.73	105871,35	296147,36	291370,86	293807,08

# CAPITULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

El Bombeo Electrosumergible es el único sistema de levantamiento artificial utilizado en el campo VHR por lo tanto del buen funcionamiento de los equipos y de las bombas depende mantener o aumentar la producción del campo.

En algunos pozos se baja la frecuencia (esto produce el efecto down thrust) para evitar recuperar agua de formación debido a que no se tienen las facilidades para tratarla, como resultado se pierde producción y se afecta la vida útil del equipo. La siguiente tabla muestra la capacidad de las estaciones:

ESTACIÓN	CAPACIDAD		
	BFPD	BPPD	BAPD
VHR	22669	11393	11276

El trabajar basándose en un stock mínimo de equipos conlleva a que en muchas ocasiones no se use el equipo más adecuado en los pozos que trabajan con BES.

El tiempo de vida promedio de los equipos es mayor para Schlumberger (931 días) que para Centrilift (163 días) y para los equipos de Wood Group (541 días).

En general, los equipos controlados con switchboard tienen más durabilidad que los controlados con variadores de frecuencia. Esto se debe a que el Sistema de Bombeo Electrosumergible se vuelve más frágil con el uso de variadores de frecuencia ya que se producen una serie de armónicos y vibraciones que merman el tiempo de vida útil del equipo.

En el Campo VHR se presentan 2 casos en los que las bombas trabajan fuera del rango óptimo, el VHR-04 que trabaja down thrust y el VHR-13 que esta up thrust.

No se debe sobredimensionar una B.E.S, es decir, que trabaje en down thrust, ya que según las estadísticas del Campo, se registra mayor tiempo de duración si el equipo trabaja en up thrust.

Según las leyes de afinidad, no es posible que un equipo que está trabajando fuera del rango óptimo pueda llegar a él variando la frecuencia.

No existen parámetros exactos para el uso de un variador de frecuencia como método de control de la B.E.S. La política para uso de variadores de frecuencia está definida por el potencial del pozo para producir fluidos; es decir, pozos con una alta producción (3500 – 4000 Bls. o más) pueden ser controlados con variadores de frecuencia.

Según el reporte de fallas del Departamento de Levantamiento Artificial de Lago Agrio, el problema más frecuente es el de fases a tierra del motor de fondo. Los equipos con motor de alta potencia requieren arranques de baja frecuencia para evitar altos amperajes y que se apague la bomba electrosumergible por sobrecarga, siendo una de las causas para que se presente el problema de la producción de fluidos corrosivos.

## **6.2 Recomendaciones**

Realizar análisis P.V.T. del Campo VHR con el fin de actualizar los datos existentes, ya que la mayoría de ellos son muy antiguos.

La mayor o menor duración de los equipos electrosumergible también está dada por el número de arranques efectuados por el operador de campo, por lo que se recomienda que se los realice, máximo dos arranques; sino arranca el equipo reportar al técnico para que efectúe la revisión y prenda el equipo.

Usar equipos que posean protección ferrífica, aunque su costo es algo superior (20% sobre el precio establecido). Esto ayudará a contrarrestar los efectos corrosivos de los fluidos provenientes de la formación.

Cuando un pozo entra a reacondicionamiento por problemas en el equipo eléctrico de subsuelo, se recomienda rediseñar el equipo electrosumergible, para lo cual el pozo deberá ser evaluado con datos de producción y presiones actualizadas, ya que los yacimientos se depletan (promedio Campo VHR 9.4% anual) y el

corte de agua aumenta; de esta manera se evitará que los equipos usados estén sobredimensionados (VHR-04).

Realizar pruebas de restauración de presiones con el sensor de fondo de la bomba electrosumergible para actualizar los datos del yacimiento; lo que se traduce en un buen diseño del equipo para tiempos de vida aceptables.

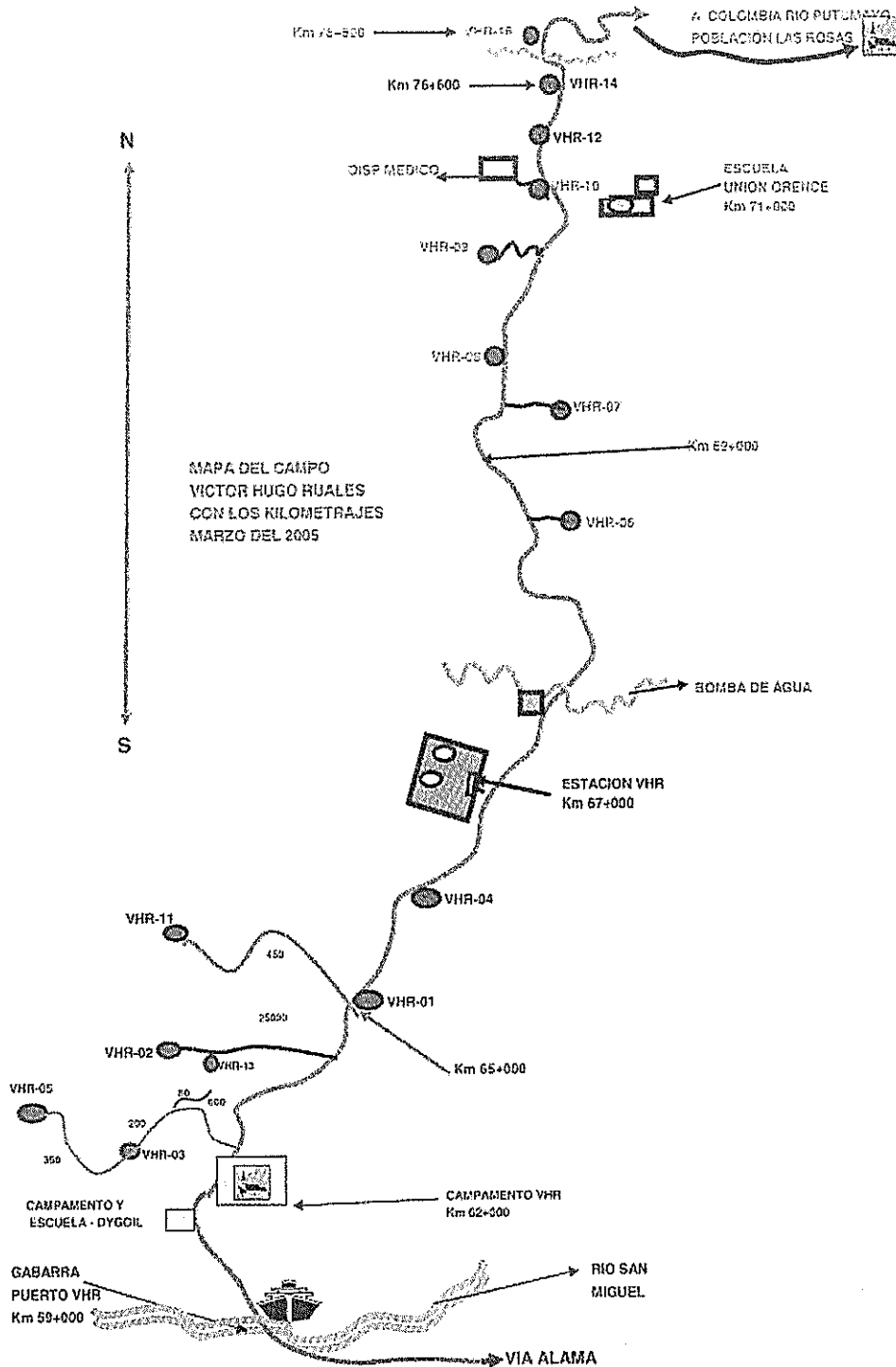
Perforar otros pozos reinyectores, para aumentar la capacidad de inyección de agua de formación, ya que el aumento de la producción de agua es significativo.

Es indispensable el uso de un centralizador o guía en la completación de fondo para evitar golpes en el cable capilar que puedan resultar en la obstrucción del mismo y, por consiguiente, una mala inyección del químico anticorrosivo o inhibidor de escala. De la misma manera, se debe utilizar un centralizador para que la unidad registradora de presión y temperatura (PSI o PHD) no resulten con daños al bajar la completación.

# ANEXOS

---

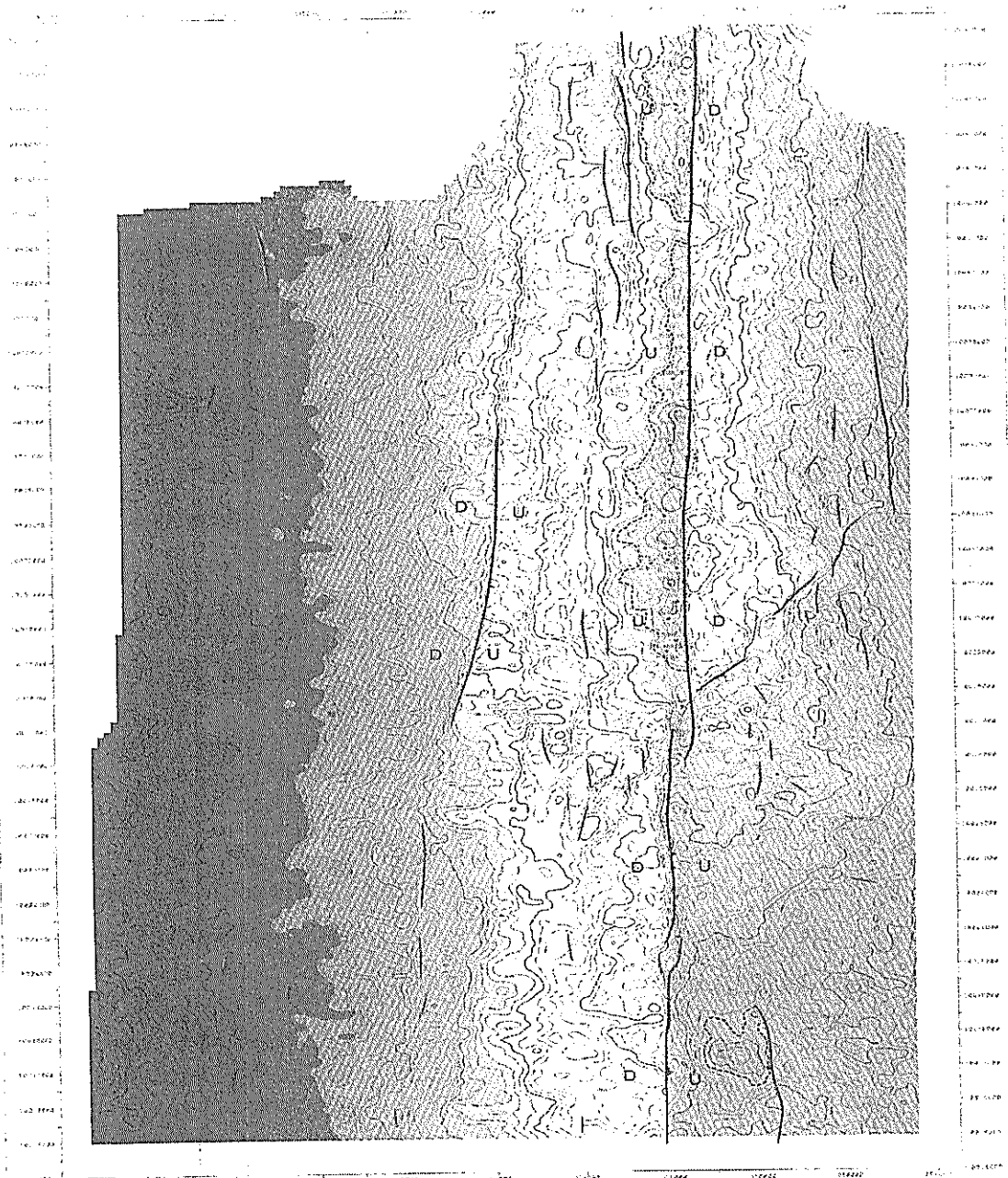
# UBICACIÓN DE LOS PÓZOS DEL CAMPO VHR.





# MAPA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DEL CAMPO

## VHR



### LEYENDA

- POZO PRODUCTIVO
- POZO SECO
- POZO EXPLORATORIO
- POZO DE AVANZADA
- POZO DE DESARROLLO
- CURVA EN PROFUNDIDAD
- FALLA INVERSA

**PETROPRODUCCION - GEOTECH**  
 S.A. DE C.V.  
 MAPA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DEL CAMPO  
 TIPO: ANTIPLAZA E INFERIOR  
 Intervalo de Correlacion: +20 Ecu  
 Nivel: 01