



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“Centralización del Bombeo Hidráulico en el Campo
Lago Agrio”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN PETROLEOS

Presentada por :

CARLOS ERNESTO RONQUILLO DEL POZO

WILLIAM ENRIQUE MEDINA VARGAS

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2003

AGRADECIMIENTO

- A Dios ; A mi Familia y amigos en especial mi abuela Mariana ,mi esposa Beatriz y mi hermana Verónica por el apoyo constante y el cariño demostrado en todos estos años.
- A mis maestros en especial a los ingenieros Héctor Román y Ricardo Gallegos por su enseñanza y su empeño en sacar día a día mejores profesionales .
- A Petroproducción , de manera muy especial a los ingenieros Oscar Ponce ,Carlos Román y Kléber Malave , por la gentileza y apoyo brindado.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por las bendiciones y oportunidades que me ha otorgado en toda mi vida.

A mis Padres por todo el esfuerzo y sacrificio que han realizado para que su hijo sea un profesional.

Al Ing Ricardo Gallegos por sus consejos y apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

Al Ing Héctor Román por su valiosa ayuda y colaboración como Director de tesis.

A mis buenos amigos con quien he compartido los mejores momentos de mi vida.

A Petroproducción, de manera especial a los ingenieros: Kléber Malave, Carlos Román y Oscar Ponce por la gentileza y apoyo brindado.

DEDICATORIA

A Dios , A mis Padres: Victor y
Etelvina.

A mis Hermanos: Victor Hugo,
Maritza, Norma , Betty.

A mis cuñados:Reina y Jeovanny.

De manera especial a mi
Padrino:Mentor Gutiérrez.

Que han constituido la base para
llegar a cristalizar el logro mas
importante de mi vida.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la
oportunidad de vivir y haber
fortalecido mi espíritu.
A mi Abuela Mariana , mis Padres
Ernesto y Mirna , mis Hermanos
Miguel , Verónica y Sally , mi
Esposa Beatriz y mi Hijo Kruger
Ernesto por el sacrificio diario y el
amor eterno que me tienen .
Y en especial mi amigo Javier Coloma.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Moisés Tacle G.
RECTOR DE LA ESPOL

Ing. Ricardo Gallegos O.
DECANO FICT
PRESIDENTE

Ing. Héctor Román F.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Edgar Riofrío A.
VOCAL

Ing. Mario González Z.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

Carlos E. Ronquillo del Pozo

William E. Medina Vargas

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad la construcción de dos estaciones de bombeo hidráulico centralizadas, la primera será instalada en la estación de producción central y la otra en la estación de producción norte, del campo Lago Agrio propiedad de Petroecuador , ya que existe el espacio físico y la infraestructura necesaria para su construcción.

La construcción de este sistema centralizado se lo propone como solución al problema energético por el cual atraviesa el sistema de bombeo hidráulico actual.(UNIHIDRAULIC).

Para el diseño del Sistema Centralizado se tomo en consideración condiciones actuales, condiciones criticas y condiciones futuras del yacimiento, que pudieren afectar a dicho sistema.

El sistema centralizado va a tener capacidad de generar suficiente energía, y esta a su vez va a ser suministrada a las bombas de subsuelo de los pozos que producen mediante bombeo hidráulico y estas van a trabajar a su **máxima eficiencia**, y como consecuencia se tendrá un considerable incremento de producción.

Con el objeto de optimizar la circulación de fluido motriz, también se diseñó bombas pistón(parte del sistema) para que se bajen en algunos pozos que tienen condiciones para su instalación y están trabajando con bomba jet, es decir que se va remplazar bombas jet por pistón ,debido a que estas son mas eficientes(consumen menos fluido motriz y sacan el mismo volumen de fluido).

Con la ejecución de este sistema también, se logrará disminuir los costos de supervisión y mantenimiento, ya que se tendrá solo dos bombas en superficie ubicadas en un solo lugar.

Para el desarrollo de este proyecto, se empieza analizando en el capítulo 1 la información técnica del campo, mecanismos de empuje de los yacimientos, potencial de producción actual y futura ,también se describen los beneficios que se esperan obtener como consecuencia de la construcción de las estaciones de bombeo centralizadas.

Luego en el capítulo 2 se especifica el funcionamiento del sistema de bombeo hidráulico, se describen cada una de sus componentes ,así como también se analizan ventajas y desventajas de los variantes con las que puede trabajar este sistema.

Siguiendo con la estructura del temario, en el capítulo 3 se realiza el diseño de las estaciones centralizadas "Power Oil", para este diseño se tomó en consideración condiciones actuales, críticas ,y futuras que pueden afectar al sistema, además se describe el tratamiento que se le debe dar al fluido motriz para proteger el sistema de los diversos problemas que trae consigo la producción de hidrocarburos(corrosión, escala, precipitación de sólidos, emulsiones, etc).

Para concluir con el proyecto, en el capítulo 4 se realiza el análisis económico del mismo, empezando con la estimación del incremento de producción producto de la construcción del sistema centralizado, luego se concreta el monto de la inversión necesaria para llevar a cabo este proyecto y por último se establece el tiempo en que se va a recuperar dicha inversión.

INDICE GENERAL

| | Pag |
|---|--------------|
| RESUMEN..... | VIII |
| INDICE GENERAL..... | XI |
| ABREVIATURAS..... | XV |
| SIMBOLOGIA..... | XVII |
| INDICE DE FIGURAS..... | XVIII |
| INDICE DE TABLAS..... | XX |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| I. INFORMACIÓN TÉCNICA Y DATOS DEL CAMPO..... | 5 |
| 1.1 Antecedentes..... | 5 |
| 1.2 Descripción Geológica..... | 9 |
| 1.3 Capacidad Actual de Producción de los Pozos..... | 13 |
| 1.4 Pruebas de Restauración de Presión Capacidad Actual de Producción de los Pozos | 13 |
| 1.5 Predicción de Tasas de Producción..... | 15 |
| 1.6 Volumen Total de Fluido Producido por Pozo..... | 16 |
| 1.7 Relación de Comportamiento de Afluencia de los Pozos..... | 26 |
| 1.8 Beneficio que se Obtiene de la Centralización del Bombeo Hidráulico..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL | |
| POR BOMBEO HIDRAULICO | 30 |
| 2.1 Tipos de Sistemas De Bombeo Hidráulico | 30 |
| 2.1.1 Sistema de Fluido Motriz Cerrado..... | 31 |
| 2.1.2 Sistema de Fluido Motriz Abierto..... | 33 |
| 2.1.3 Sistema con Bomba jet..... | 35 |
| 2.1.4 Sistema con Bomba Pistón..... | 38 |
| | |
| 2.2 Componentes Principales de un Sistema de Bombeo | |
| Hidráulico..... | 41 |
| 2.2.1. Sistema de Fluido Motriz..... | 41 |
| 2.2.2. Bombas de Superficie..... | 42 |
| 2.2.3. Cabezal del Pozo..... | 43 |
| 2.2.4. Venteo de Gas..... | 45 |
| 2.2.5. Sistema de Tuberías..... | 45 |
| 2.2.6. Bombas de Subsuelo..... | 48 |
| 2.3. Parámetros Característicos para el Diseño..... | 51 |
| 2.4. Parámetros Obtenidos a partir del Diseño..... | 52 |
| 2.5. Características del Fluido Motriz que se Utiliza en Lago Agrio..... | 53 |
| 2.6. Factores que se deben Considerar para la Implementación de un | |
| Sistema de Bombeo Hidráulico..... | 55 |

| | |
|---|-----------|
| III. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO HIDRÁULICO..... | 56 |
| 3.1. Infraestructura Existente en el Campo Lago Agrio..... | 57 |
| 3.2. Localización de la Unidad Central de Bombeo y Selección de las Rutas que Recorrerán las Líneas de Transmisión de Fluido Motriz y Fluido Producido..... | 61 |
| 3.3. Propiedades Requeridas del Fluido Motriz para un Buen Funcionamiento del Sistema..... | 62 |
| 3.4. Presiones y pérdidas de carga que Afectan al sistema de Bombeo Hidráulico..... | 65 |
| 3.5. Dimensionamiento de las líneas de transmisión de fluido motriz y Fluido Producido..... | 71 |
| 3.5.1. Capacidad de las Líneas de Transmisión..... | 72 |
| 3.5.2. Cálculo del Diámetro de las líneas de Transmisión..... | 74 |
| 3.5.3. Selección del tipo de Tubería a Usar según Especificaciones API..... | 77 |
| 3.6. Unidades de Bombeo de Superficie..... | 79 |
| 3.6.1. Tipos de Bombas..... | 79 |
| 3.6.2. Potencia Requerida en las unidades de bombeo..... | 81 |
| 3.6.3. Selección del Tipo de Tubería a Usar..... | 83 |
| 3.7. Unidades de Subsuelo..... | 89 |
| 3.8. Diseño del sistema de distribución de Fluido Motriz..... | 91 |

| | |
|---|------------|
| 3.9. Operación de Mantenimiento del SISTEMA de Bombeo Hidráulico... | 91 |
| IV. ANÁLISIS ECONOMICO..... | 92 |
| 4.1. Costos de Materiales..... | 93 |
| 4.2. Costos de Instalación..... | 97 |
| 4.3. Costos de operación y Mantenimiento..... | 98 |
| 4.4. Tasas de Producción Esperadas en el Campo..... | 99 |
| 4.5. Resumen del Análisis Económico..... | 101 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENMDACIONES..... | 104 |
| ANEXOS | |
| BIBLIOGRAFÍA | |

ABREVIATURAS

| | |
|----------------------------------|--|
| API | Instituto Americano del Petróleo |
| °API | Grados API |
| ASTM | Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos |
| BAPD | Barriles de Agua por Día |
| BFPD | Barriles de Fluido por Día |
| BHA | Bottom Hole Assembly |
| BLS | Barriles |
| BPD | Barriles por Día |
| PVD | Barriles Petróleo por Día |
| PVD | Barriles de Petróleo por Día |
| BSW | Sedimentos Básicos y agua |
| COP | Close Power Fluid |
| CP | Centipoises |
| E | Este |
| Etc | etcétera |
| EWO | Esperando "Work Over" |
| °F | Grado Farenheit |
| ft | Pie |
| ft/seg ² | Pie por Segundo Cuadrado |
| ft ³ /lbm | Pie Cúbico por Libra Masa |
| ft ³ /seg | Pie Cúbico por Segundo |
| Gc | Gravedad |
| GOR | Relación Gas-Petróleo de Producción |
| GPM | Galones por Minuto |
| HP | Caballos de Fuerza |
| IP | Índice de Productividad |
| Km. | Kilómetro |
| Km ² | Kilómetro Cuadrado |
| Kv | Kilovatio |
| LAG | Lago Agrio |
| Lb _m /Gal | Libra Masa por Galón |
| Lb _m /ft-seg. | Libra Masa por Pie por Segundo |
| Lb _m /ft ³ | Libra Masa por Pies Cúbicos |

| | |
|---------|--|
| Lb/MBls | Libra por Mil Barriles |
| LPC | Libra por pulgadas cuadrada |
| MBLS | Miles de Barriles de Petróleo |
| MISS | Millas |
| MMBLS | Millones de Barriles de Petróleo |
| MPC | Miles de pies cubicos |
| MPCD | Miles de Pies Cúbicos por Día de Gas |
| Mts | Metros |
| NE | Noreste |
| OPF | Open Power Fluid |
| PLC | Controlador Lógico Programable |
| PPM | Partes por Millón |
| PSI | Libra por Pulgada Cuadrada. |
| Pulg. | Pulgada |
| SHCD | Cedula de Tubería |
| PCN/Bls | Pies Cúbicos estándar por Barril de Petróleo |
| Sp Gr | Gravedad Especifica |
| Temp.. | Temperatura |
| US\$/Bl | Dólares Americanos por Barril |
| W.O. | Work Over |

SIMBOLOGIA

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| D | Diámetro de Tubería |
| Dn | Diámetro nominal de Tubería |
| ε/d | Factor de Rugosidad de tubería |
| F | Factor de Fricción de Fanny |
| Gc | Constante Gravitacional |
| IPR | Inflow Performance Relation |
| J | Índice de Productividad |
| L | Longitud de Tubería |
| NP | Barriles de Petróleo Producidos |
| P | Presión |
| Pb | Presión de Burbuja |
| Pwf | Presión de Fondo Fluyente |
| Qb | Tasa de Producción en Punto burbuja |
| Qo | Tasa de Producción de Petróleo |
| Qg | Tasa de producción de Gas |
| Re | Numero de Reynolds |
| ρ | Densidad del Petróleo |
| μ | Viscosidad del Petróleo |
| ΔP_f | Caída de Presión en Tubería |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág |
|--|-----|
| FIGURA 1.1 Mapa del Campo Lago Agrio..... | 7 |
| FIGURA 1.2 Producción Acumulada..... | 8 |
| FIGURA 1.3 Predicción De Producción De Petróleo Agua Y Gas En El Campo Lago Agrio | 16 |
| FIGURA 1.4 Curva De Vogel..... | 28 |
| FIGURA 2.1 Sistema De Fluido Motriz Cerrado..... | 32 |
| FIGURA 2.2 Sistema De Fluido Motriz Abierto..... | 34 |
| FIGURA 2.3 Bomba Jet..... | 36 |
| FIGURA 2.4 Bomba Pistón..... | 39 |
| FIGURA 2.5 Bombas De Superficie..... | 42 |
| FIGURA 2.6 Cabezal Con Válvula 4 Vías | 44 |
| FIGURA 2.7 Tuberías De Superficie..... | 46 |
| FIGURA 2.8 Tuberías De Subsuelo | 47 |
| FIGURA 3.1 Bombas Booster | 59 |
| FIGURA 3.2 Locacion Pozo # 13 | 59 |

| | Pág. |
|--|------|
| FIGURA 3.3 Bomba Triplex..... | 60 |
| FIGURA 3.4 Tipos De Bombas Centrífugas | 80 |
| FIGURA 3.5 Tipos De Bombas Reciprocantes..... | 81 |
| FIGURA 3.6 Arreglo De Bombas En Paralelo | 88 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|------------|--|
| Tabla I | Reservas de Petróleo por Yacimiento en el campo Lago Agrio 8 |
| Tabla II | Pozos con Bombeo Hidráulico en el Campo Lago Agrio..... 14 |
| Tabla III | Datos de Producción Actual 14 |
| Tabla IV | Producción Acumulada del Campo Lago Agrio 26 |
| Tabla V | Característica del Fluido Motriz Utilizado..... 54 |
| Tabla VI | Infraestructura Existente en el Campo Lago Agrio 57 |
| Tabla VII | Localización de las Bombas de Superficie 60 |
| Tabla VIII | Característica del Fluido Motriz Ideal..... 63 |
| Tabla IX | Datos para el Cálculo de Caída de Presión en Tubería 41/2" 68 |
| Tabla X | Resultados de Caída de Presión en Tubería 41/2" 69 |
| Tabla XI | Datos para el Cálculo de Caída de Presión en Tubería 65/8" 70 |
| Tabla XII | Resultados de Caída de Presión en Tubería 65/8" 71 |
| Tabla XIII | Volumen Total de Inyección para el Campo Lago Agrio..... 73 |
| Tabla XIV | Datos para el Cálculo del Diámetro de las Líneas de Trasmisión 76 |

| | Pág. |
|--------------|---|
| Tabla XV | Resultados del Cálculo del Diámetro de las líneas De Transmisión 76 |
| Tabla XVI | Característica de la Tubería del Fluido Motriz..... 78 |
| Tabla XVII | Característica de la Tubería del Fluido Producido..... 79 |
| Tabla XVIII | Datos para el Cálculo de Potencia de las Bombas de Superficie 82 |
| Tabla XIX | Resultados del Cálculo de Potencia de las Bombas de Superficie..... 83 |
| Tabla XX | Descripción del Tipo de Bomba a Utilizar en el Campo Lago Agrio86 |
| Tabla XXI | Descripción de las Bombas de Subsuelo..... 90 |
| Tabla XXII | Costos de Materiales y Equipos..... 96 |
| Tabla XXIII | Costo de Instalación..... 97 |
| Tabla XXIV | Costo de Operación 98 |
| Tabla XXV | Costo de Mantenimiento..... 99 |
| Tabla XXVI | Tasas de Producción Esperada en el Campo Lago Agrio..... 100 |
| Tabla XXVII | Tasas de Producción Esperadas para Pozos esperando WO. y Pozos a perforar..... 101 |
| Tabla XXVIII | Flujo de Caja 103 |

INTRODUCCIÓN

El primer sistema de bombeo hidráulico comercialmente exitoso fue introducido en 1932. Esto es particularmente cierto cuando consideramos que el bombeo mecánico ha sido usado desde los días del descubrimiento de Drake, El hecho de que muchos cientos de pozos están siendo producidos ahora por bombeo hidráulico y que las ventas continúan en aumento es evidencia suficiente de que el bombeo hidráulico tiene su mérito definitivo como método para la producción petrolera.

El principio hidráulico fundamental usado en este proceso es el llamado Ley de Pascal. Esta Ley establece que cualquier presión ejercida sobre cualquier superficie de un fluido contenido es transmitida con igual intensidad sobre todas las superficies que contengan el fluido. La aplicación de este principio hidráulico para el bombeo de los pozos de petróleo hace esto posible al transmitir la presión del fluido de una parte de la superficie central a cualquier numero de puntos debajo de la superficie. En estos puntos el fluido bajo presión es dirigido a la unidad de producción de subsuelo para activar el motor hidráulico el cual a su vez opera la porción de la bomba de la unidad.

Las ventajas inherentes de este sistema el cual utiliza crudo producido a presiones elevadas como fuente de potencia para la bomba de subsuelo ha

superado muchas limitaciones de aplicación y diseño de otros métodos de bombeo. Ofrece un amplio rango de capacidades de producción controlados fácilmente, flexibilidad completa durante la operación y una mejor conveniencia en el control centralizado de varios pozos, añadiendo estas a las ventajas básicas de eliminación de cualquier articulación de potencia mecánica al bombeo pozo abajo. Otras ventajas importantes del bombeo hidráulico se encuentran listadas a continuación:

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO HIDRÁULICO

- 1.— Donde varios pozos van a ser equipados con equipos de elevación artificial los costos de inversión por pozo para el equipo de bombeo hidráulico es usualmente menor que para los equipos de bombeo mecánico.
- 2.— El bombeo hidráulico tipo bomba libre puede ser llevado a la superficie sin el costo o la demora del arrastre o cuadrillas de servicio que resulta en costos de operación más bajas y reducción del tiempo empleado.
- 3.— Comparados a las bombas mecánicas el sistema de bombeo hidráulico es capaz de elevar un volumen diario superior de una profundidad de producción mayor del mismo tamaño de la tubería de producción.

4.— El bombeo hidráulico es compatible con la centralización y operación automática.

5.— Las tasas de desplazamiento pueden ser controladas más fácilmente sobre un rango más amplio con el bombeo hidráulico que en el bombeo mecánico.

6.— El bombeo hidráulico puede ser usado en perforaciones desviadas y pozos perforados con dirección controlada y a sitios inaccesibles.

7.— Aplicación tanto en pozos profundos como en pozo con poca profundidad.

8.— Las indicaciones de la presión superficial pueden ser usados para evaluar la operación del equipo de subsuelo.

9.— El tratamiento químico para parafinas , incrustaciones , desmulsificantes y control de corrosión puede agregarse fácilmente al sistema hidráulico. También puede inyectarse agua fresca para disolver los depósitos de sal .

10.— Pozos o caballos de fuerza adicionales pueden ser agregados a la instalación de bombeo hidráulico original con un mínimo de costos extras .

11.— El bombeo hidráulico ofrece una resolución real para elevar petróleo de varias zonas del mismo pozo.

12.— Mejoramiento en el bombeo hidráulico se esta desarrollando mas rápidamente que con otros métodos de elevación artificial .

El sistema de bombeo hidráulico ha sido desarrollado con base a un amplio antecedente de experiencias en el diseño y elaboración de equipos de bombeo. Ello incluye una línea completa de componentes superficiales y de subsuelos diseñados para reunir el amplio rango de los requerimientos de instalación y condiciones de bombeo que puedan ser económicamente manejados por este sistema. La característica principal de la línea entera de equipos hidráulicos es la simplicidad básica de su diseño y la selección apropiada de los materiales para asegurar un funcionamiento confiable y bajos costos de mantenimiento .

CAPITULO I

1. INFORMACION TECNICA Y DATOS DEL CAMPO

Antes de la elaboración de cualquier proyecto, se debe realizar un estudio del área donde se va a trabajar para poder determinar con criterio los problemas que afronta el campo .En este capitulo se describirá la parte geológica (ubicación, estratigrafía , mecanismos de empuje de yacimientos, etc),así como también el potencial de producción del Campo.

1.1. Antecedentes

El campo Lago Agrio fue descubierto por la compañía TEXACO en 1967 con la perforación del pozo Lago Agrio 01. Se encuentra ubicado en la parte Nor- Oriental del Ecuador .

Estructuralmente son dos anticlinales un grande al norte y un pequeño al sur con una falla ubicada en el flanco Oriental del campo.

El campo Lago Agrio se divide en dos estaciones: CENTRAL Y NORTE.

La estación Central cuenta con 8 pozos con una producción efectiva promedio a Marzo del 2003 de 2750 BPPD.

La estación Norte cuenta con 13 pozos, con una producción efectiva a marzo del 2003 de 2958 BPPD.

En la estación Lago Central tenemos 8 pozos : Lago 04 – 09 – 13 – 22 – 27 – 34 – 38 – 39 todos producen mediante bombeo hidráulico.

En la estación Lago Norte tenemos 13 pozos de los cuales los Lago 01 y 28 producen mediante bombeo mecánico. Los pozos Lago 11 – 17 – 18 – 24 – 29 – 30 – 32 – 37 – 41 producen mediante **bombeo hidráulico**. Los pozos Lago 33 y 36 producen mediante bombeo electro sumergible y el Lago 16B es un inyector .



Figura 1.1 : Mapa del Campo Lago Agrio

El yacimiento HOLLIN, tanto por su volumen de reservas como por su producción es el yacimiento de mayor importancia en este campo; siguiendo en su orden la arenisca Napo y Basal Tena.

La producción acumulada de petróleo del campo LAGO AGRIO a Enero del 2003 llega a 143'592.973 barriles de petróleo de los cuales 134'373.939 barriles de petróleo corresponde a la arena Hollín con un aporte de 94 %; 6'861.837 barriles de petróleo corresponde a Napo, cuyo aporte es de 4,4% y 2'357.197 barriles de petróleo son de Basal Tena que corresponde al 1,6 % de aporte a la producción total del campo.

Las reservas originales y remanentes aprobadas por la comisión Petroproducción y la Dirección Nacional de Hidrocarburos en diciembre del 2001 por arena están en la siguiente tabla:

TABLA I
Reservas de Petróleo por Yacimiento en el Campo Lago Agrio

| YACIMIENTO | VOLUMEN IN SITU (Bls) | FACTOR DE RECOBR O (%) | RESERVAS ORIGINALES (Bls) | NP (Bls) | RESERVAS REMANENTES |
|--------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|
| BASAL TENA | 14'874.071 | 15 | 2'974.814 | 23'286.54 | 646.160 |
| NAPO U | 45'593.985 | 20 | 9'118.797 | 1'239.530 | 7'879.267 |
| NAPO T | 49'148.888 | 20 | 9'829.778 | 4'826.591 | 5'003.187 |
| HOLLIN | 391'840.045 | 40 | 156'736.018 | 135'034.636 | 21'701.382 |
| TOTAL | 501'456.989 | 100 | 178'659.407 | 143'429.411 | 31'229.996 |

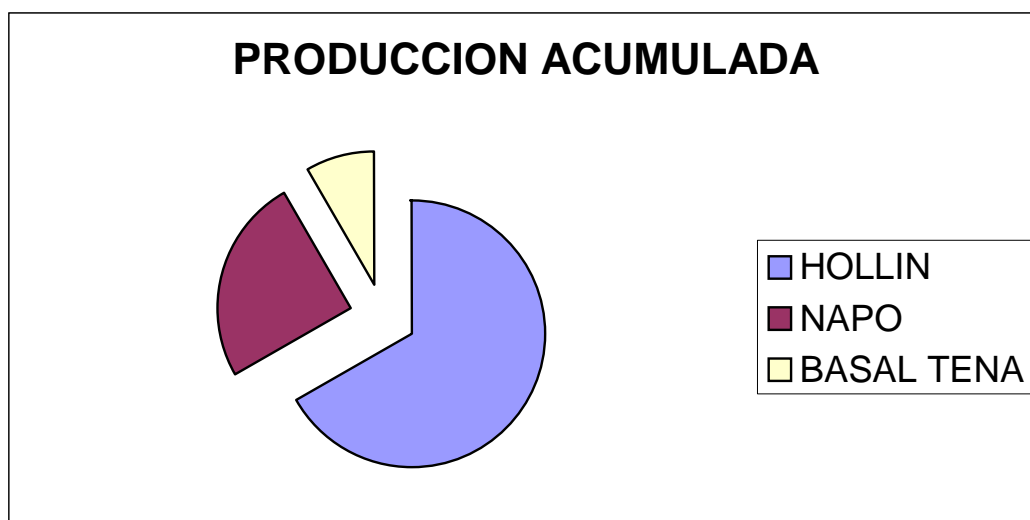


Figura 1.2 : Producción Acumulada

El campo Lago agrio inició su producción en el mes de mayo de 1972 siendo su principal horizonte productor el yacimiento Hollín, sin diferenciarse a esta producción de Hollín inferior o/y Hollín

superior; por lo que actualmente en los reportes de producción se refiere como la producción del pozo y del yacimiento Hollín .

1.2. Descripción Geológica

El campo Lago Agrio se encuentra ubicado dentro de las coordenadas geográficas :

LATITUD: 00´ a 0° 10´

LONGUITUD : 76° 50´ a 76° 57´

El campo se presenta como una estructura anticlinal fallada, alargada en forma preferencial Norte – Noreste, Sur- Suroeste. Sus dimensiones aproximadas son 8 Km. de largo , 4 Km. de ancho, 150 pies de cierre vertical y su superficie 32 Km.².

En el área se aprecia un sistema principal de fallas de dirección NNE – SSO, que cortan a las formaciones cretácicas en forma inversa, son lítricas en profundidad y de movimiento de deslizamiento al rumbo, cuyo salto vertical varia entre 428´- 495´ que sirve de limite del yacimiento en el flanco este, mientras que en el flanco oeste presenta cierre estructural, y existen trazas de fallas

rectas de orientación +/- 20 °E, las mismas que son zona de falla de expansión hacia arriba con irregularidades a lo largo de las mismas, formando escalones.

Existen 2 altos estructurales en la parte occidental del campo producidas por estas trazas de fallas inversas, uno ubicado en el pozo LAG003, y otro hacia el Sur oeste del campo .

Las depositación paleoambiental de cada uno de los reservorios están en concordancia a la estructura ya formada durante el cretácico inferior Albiano inferior.

ESTRATIGRAFIA

Yacimiento Hollín :

Es el principal reservorio de petróleo de edad albeano – Cenomaneano y Paleo ambiente Transicional Deltaico se lo ha subdividido en superior e inferior.

Hollín Inferior :

El tope de este reservorio se ubica entre 90 40 pies a 10088 pies y tiene un espesor de arena regular en el campo de 32 pies. está constituida fundamentalmente de una arenisca limpia con poca presencia de arcilla, con un espesor de saturación de crudo de 27pies a 121pies, con una porosidad de 8 a 20% tiene una reservas remanentes promedio de 9´838.105 Bls. de petróleo.

Hollín Superior:

Este yacimiento tiene unas reservas remanentes de 9´888.500bls de petróleo. Su tope se ubica entre 9892pies a 10058pies y tiene un espesor que varia de 6 a 48pies con espesor de saturación de crudo de 5 pies a 26 pies y una porosidad de 6 al 20% esta constituida por arenisca cuarzosa de grano fino a grueso , color gris claro a blanco .

Yacimiento Napo:

Este yacimiento tiene reservas remanentes de 12´882.454 Bls de petróleo. Este yacimiento se divide en 2 zonas.

Zona T:

Se ubica entre 9746 pies a 9958 pies, con un espesor de 35 a 106 pies, con espesores irregulares de saturación de crudo de 4 pies a 38pies. Su porosidad esta en el orden del 9 al 18%, y esta constituida por arenisca cuarzosa glauconítica gris verdosa, grano fino a medio, cemento silicio, a veces calcárea.

Zona U:

Se ubica entre 9508 pies a 9720 pies, con un espesor de 44 a 102 pies, con espesores irregulares de saturación de crudo de 3pies a 28pies. Su porosidad esta en el orden de 9 a 20%, y esta constituida por arenisca cuarzosa, grano fino a grueso con glauconita.

Yacimiento Basal Tena:

El tope de este reservorio se ubica entre 8873pies a 9002pies con espesores de saturación de crudo de 2 a 17 pies. Su porosidad esta en el orden de 9 a 21 %, y esta constituida por arenisca

cuarzosa, grano fino a grueso color café claro, cemento silícico a veces calcáreo. Tiene unas reservas remanentes de 646.160 Bls.

1.3. Prueba de Restauración de Presión

En el **Anexo 1** se describen las pruebas de restauración de presión de cada pozo (build up). En los 3 últimos años no se han realizado pruebas de restauración de presión debido al bajo potencial de producción del campo(bajo aporte). Se deben ir actualizando estos valores para poder diseñar las bombas hidráulicas, con datos reales obtenidos de una prueba de restauración de presión.

1.4. Capacidad Actual de Producción de los Pozos

El campo Lago Agrio cuenta con 21 pozos de los cuales 17 producen por bombeo hidráulico y son :

TABLA II
Pozos con Bombeo Hidráulico en el Campo Lago Agrio

| ESTACION LAGO CENTRAL | ESTACION LAGO NORTE |
|-----------------------|---------------------|
| LAG004 | LAG011A |
| LAG009A | LAG017 |
| LAG013 | LAG018 |
| LAG022 | LAG024 |
| LAG027 | LAG030 |
| LAG034 | LAG032 |
| LAG038 | LAG037 |
| LAG039 | LAG041 |

| TABLA III : Datos de Producción Actual | | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|---------------|------------|------------------|
| ESTACION LAGO CENTRAL | | | | | | |
| POZO No | BFPD(bls) | BPPD(bls) | BAPD(bls) | BSW(%) | API | GAS(MPCD) |
| LAG004 | 368 | 362 | 6 | 1.6 | 28.8 | 17 |
| LAG009A | 184 | 174 | 10 | 5.5 | 28.1 | 41 |
| LAG013 | 94 | 77 | 17 | 17.6 | 28 | 3 |
| LAG022 | 830 | 802 | 28 | 3.4 | 28.8 | 83 |
| LAG027 | 172 | 125 | 47 | 27.4 | 28.6 | 12 |
| LAG034 | 177 | 174 | 3 | 1.6 | 29.2 | 43 |
| LAG038 | 434 | 426 | 8 | 1.8 | 29.1 | 58 |
| LAG039 | 1024 | 611 | 413 | 40.3 | 28.8 | 119 |
| TOTAL ESTACION | 3283 | 2751 | 512 | | | 376 |
| ESTACION LAGO NORTE | | | | | | |
| POZO No | BFPD(bls) | BPPD(bls) | BAPD(bls) | BSW(%) | API | GAS(MPCD) |
| LAG011A | 524 | 457 | 67 | 12.8 | 28.9 | 67 |
| LAG017 | 186 | 173 | 13 | 7.1 | 28.8 | 43 |
| LAG018 | 428 | 227 | 201 | 47 | 28.5 | 32 |
| LAG024 | 490 | 211 | 279 | 57 | 27.9 | 44 |
| LAG029 | 382 | 134 | 248 | 64.8 | 28.4 | 68 |
| LAG030 | 228 | 220 | 8 | 3.7 | 28.6 | 53 |
| LAG032 | 268 | 163 | 105 | 39 | 28.9 | 18 |
| LAG037 | 220 | 135 | 85 | 38.7 | 28.8 | 6 |
| LAG041 | 622 | 486 | 136 | 21.8 | 28.7 | 84 |
| TOTAL ESTACION | 4756 | 2958 | 1798 | | | 415 |

1.5. Predicción de Tasas de Producción

Las proyecciones de producción son estimadas para petróleo agua y gas hasta fines del año 2007 (Plan quinquenal para el campo Lago Agrio). La producción de agua tendrá un aumento moderado hasta fines de este año (6060Bls. de agua por día). Existen reservas suficientes para este escenario.

La producción de petróleo continuara declinando incluso con trabajos de reacondicionamiento, estimulación, fracturamiento intervención (W.O.) y las perforaciones de nuevos pozos. Se preve que la tasa final seria de 5.151 Bls de petróleo por día, tasa que permitirá reajustar los cálculos de reservas del campo actualmente.

La producción de gas que proviene principalmente de la formación Hollín, tiene una relación gas petróleo (GOR) alrededor de 220 PCN /Bls esto indica que a menor producción de crudo la tasa de producción de gas bajará proporcionalmente.

El comportamiento del incremento de fluido será a partir del 2014, con la consideración de un manejo moderado del campo y no sobreexplotación. Si bien se dispone de un acuífero de fondo activo

para la formación Hollín, este recurso se lo debe de aprovechar eficientemente para la recuperación máxima de petróleo y alcanzar un factor de recobro mayor.

Las reservas originales son de 178MMBLS. Y el acumulado para fin del año 2020 será de 156.5MMBLS. de petróleo.

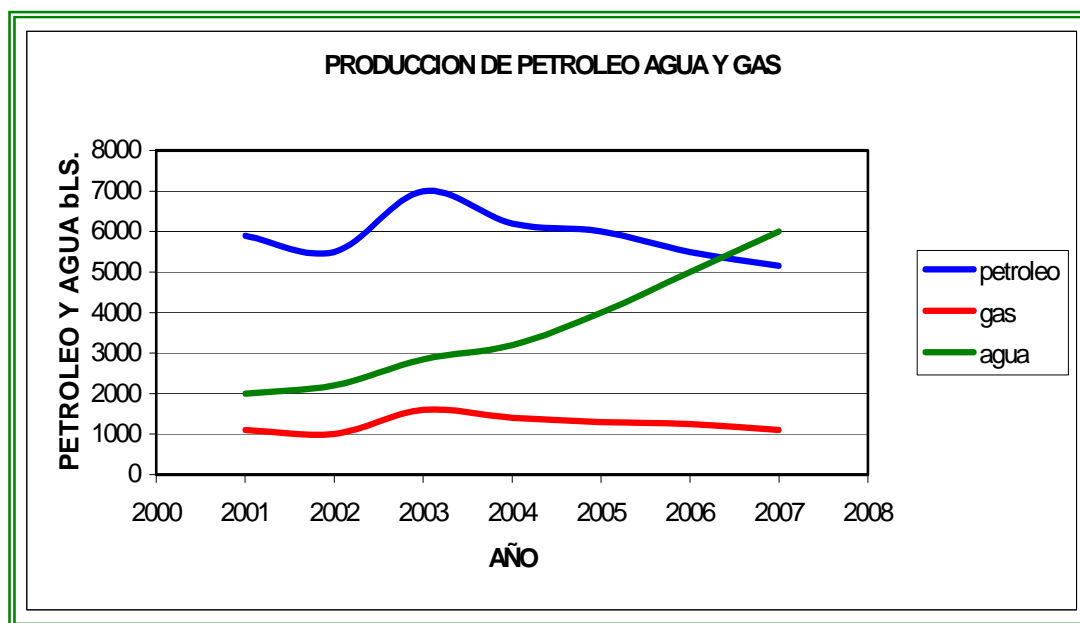


Figura 1.3 : Predicción de Producción de Petróleo , Agua y Gas

1.6. Volumen Total de Fluido Producido por cada Pozo.

ESTACION LAGO CENTRAL:

Pozo Lago Agrio No. 04

Este pozo inició su producción en junio de 1972 con 315 BPPD y 50 % de BSW a noviembre del mismo año su producción fue de 1772BPPD con 4 % de BSW ; a mayo de 1985 el pozo se cerró con 158 BPPD y 74 % BSW. En marzo de 2003 el pozo esta produciendo 362 BPPD y 1.6 % BSW.

Pozo Lago Agrio No. 09 A.

El pozo inició su producción en mayo de 1972 con 2395 BPPD y 0 % BSW; a noviembre de 1972 el pozo produjo 1972 BPPD con 34 % BSW; el pozo sigue declinando su producción hasta que en noviembre de 1976 su producción es de 81 BPPD y 76 % de BSW. En marzo de 2003 el pozo esta produciendo 174BPPD y 5.5% BSW.

Pozo Lago Agrio No. 13

El pozo inició su producción en octubre de 1972 con 35 BPPD y 8% BSW al mes de abril de 1973 el pozo produjo 1248 BPPD y 1% BSW; a febrero de 1974 el pozo produjo 3263 BPPD y 0 % BSW; a

diciembre del mismo año el pozo produjo 921 BPPD con el 14 % BSW; al mes de noviembre de 1975 el pozo produjo 385 BPPD y 45 %BSW, a octubre de 1976 el pozo produjo 128 BPPD con el 57 % BSW; al mes de noviembre de 1980 el pozo produjo 213 BPPD y 80 % de BSW al mes de junio de 1981 el pozo produce 240BPPD y 80 % BSW .

Posteriormente el pozo reinicia su producción en mayo de 1982 con 108BPPD y 18 % BSW; a octubre del mismo año su producción fue de 872 BPPD al 5 % de BSW; al mes de agosto 1984 su producción fue de 312 BPPD y 30 %BSW; al mes de noviembre de 1988 su producción fue de 235 BPPD con 27 % BSW; al mes de marzo de 1989 la producción fue de 104 BPPD y 72 %BSW; posteriormente el pozo es cerrado y se reinicia la producción en octubre de 1990 con 233BPPD y 24 %BSW al mes de junio de 1992 la producción fue de 435 BPPD y 21 % BSW; a diciembre de 1994 fue de 226 BPPD y 32 % BSW. A marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 77 BPPD y 17.6 % BSW .

Pozo Lago Agrio No. 22

El pozo inició su producción en mayo de 1972 con 1555BPPD y 0 % BSW; al mes de enero de 1977 producía 583BPPD y 8 % BSW; a diciembre de 1979 su producción fue de 502 BPPD y 45 %BSW; al mes de diciembre de 1980 su producción fue de 316 BPPD y 50 % BSW; al mes de agosto de 1984 su producción fue de 168 BPPD con 73 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 802 BPPD y 3.4 % BSW .

Pozo Lago Agrio No. 27

El pozo inicio la producción en agosto de 1977 con 592BPPD y 2 % BSW . A marzo de 1978 en pozo produjo 835BPPD con 1 % BSW; el mes de febrero de 1980 su producción fue de 236BPPD y 49 % BSW; al mes de agosto de 1980 su producción fue de 141 BPPD con 56 % BSW; a julio de 1982 el pozo produjo 800 BPPD con 10 % BSW; al mes de mayo de 1985 su producción fue de 219BPPD y 44 % BSW; al mes diciembre de 1992 su producción fue de 458BPPD con 32 %BSW; en diciembre de 1994 su producción fue de 147 BPPD y 65 % BSW. A marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 125 BPPD y 27.4 % BSW .

Pozo Lago Agrio No. 34

El pozo inicia su producción en enero de 1986 con 468 BPPD y 2 % BSW ; en el mes de enero de 1989 el pozo produjo 982 BPPD y 4 % BSW ; al mes de mayo de 1991 el pozo produjo 473 BPPD y 40 %BSW; al mes de octubre 1992 el pozo produjo 92BPPD y 80 % BSW En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 174 BPPD y 1.6 % BSW .

Pozo Lago Agrio No. 38

El pozo inicia su producción en marzo de 1995 con 208 BPPD y 40,7 % BSW; en el mes de mayo del 1997 el pozo produjo 428BPPD con 4 % BSW; en el mes de julio de 1999 el pozo produjo 160BPPD con 12 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 426 BPPD y 1.8 % BSW .

Pozo Lago Agrio No. 39

El pozo inicia su producción en octubre de 1998 con 500 BPPD y 14% BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 611 BPPD y 40.3 % BSW.

ESTACION LAGO NORTE:**Pozo Lago Agrio No. 11 A**

El pozo inicio su producción en diciembre de 1972 con 1858 BPPD y 46 % BSW, hasta septiembre de 1975 donde produjo 284 BPPD y 91 % BSW; posteriormente el pozo fue cerrado hasta noviembre de 1992 con una producción de 558BPPD con 1 %BSW; a diciembre de 1994 el pozo produjo 613BPPD con 4 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 457 BPPD y 12.8 % BSW.

Pozo Lago Agrio No. 17

El pozo inicio su producción en mayo de 1972 con 1691 BPPD y 0 % BSW; en el mes de febrero de 1974 la producción corresponde a 3170 BPPD con 20 % BSW; a diciembre de 1974 el pozo produjo 724 BPPD con 46 % BSW; a febrero de 1977 el pozo produjo 1309 BPPD con 60 % BSW. A febrero de 1980 el pozo produjo 608 BPPD con 76 % BSW; a mayo de 1985 el pozo produjo 99BPPD con 71 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 173 BPPD y 7.1 % BSW.

Pozo Lago Agrio No. 18

El pozo inicia su producción en mayo de 1972 con 984BPPD y 0 % BSW; a marzo de 1973 el pozo produjo 4090BPPD y 1 % BSW; al mes de julio del mismo año el pozo produjo 6856 BPPD con 0% BSW; al mes de diciembre de 1977 produjo 4275 BPPD y 11 % BSW; en marzo de 1981 el pozo produjo 3833 BPPD con 49 % BSW; al mes de noviembre de 1983 el pozo produjo 1067BPPD con 76 % BSW; al mes de agosto de 1991 el pozo produjo 254 BPPD y 92 % BSW. A partir del mes de septiembre de 1991 la producción fue de 365 BPPD y 2% BSW; a enero de 1992 la producción es de 1012 BPPD y 0% BSW; al mes de diciembre de 1994 el pozo produjo 1136 BPPD con 6 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 227 BPPD y 47 % BSW.

Pozo Lago Agrio No. 24

El pozo inicio su producción en mayo de 1972, a junio del mismo año su producción fue de 4101 BPPD y 0 % BSW; al mes de junio de 1973 el pozo producía 5951BPPD y 1 % BSW; y para noviembre del mismo año su producción fue de 9499 BPPD con 0 % BSW; a noviembre de 1975 su producción fue de 2891 BPPD con 4 % BSW;

a diciembre de 1979 su producción fue de 3722 BPPD con 25 % BSW; al mes de octubre de 1980 el pozo obtuvo una producción de 1686 BPPD y 55 % BSW; al mes de septiembre de 1984 su producción fue de 409 BPPD con 80 % BSW; al mes de octubre de 1987 el pozo produjo 253 BPPD con 89 % BSW; al mes de septiembre de 1991 su producción fue de 191 BPPD con 90 % BSW; posteriormente en octubre del mismo año el pozo se cierra; a noviembre de 1991 se reinicia la producción con 416 BPPD con 5 % BSW; a septiembre de 1993 su producción fue de 729 BPPD con 2 % BSW; a diciembre de 1994 la producción fue de 486BPPD con 8 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 211BPPD y 57 % BSW.

Pozo Lago Agrio No. 29

El pozo inicia su producción en octubre de 1981 con 1569BPPD con 53 % BSW; a diciembre del mismo año su producción fue de 247BPPD con 57 % BSW; a diciembre de 1989 su producción fue de 470 BPPD con 70 % BSW; a diciembre de 1994 el pozo produjo 149 BPPD con 85 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 134 BPPD y 64.8 % BSW .

Pozo Lago Agrio No. 30

El pozo inicia su producción en febrero de 1982 con 1062 BPPD y 0 % BSW; a diciembre de 1983 su producción fue de 566 BPPD con 10 % BSW; a diciembre de 1992 el pozo produjo 476BPPD con 48 % BSW; al mes de septiembre de 1994 el pozo produjo 286BPPD con 64 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 220 BPPD y 3.7 % BSW.

Pozo Lago Agrio No. 32

El pozo inicia su producción en marzo de 1983, y a diciembre del mismo año produjo 805 BPPD con 1 % BSW; a marzo de 1990 el pozo produjo 369BPPD y 16 % BSW; a enero de 1993 su producción fue de 277 BPPD con 17 % BSW; a julio de 1994 el pozo produjo 122BPPD con 22 % BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 163 BPPD y 39 % BSW.

Pozo Lago Agrio No. 37

El pozo inicia su producción en mayo de 1993 con 440 BPPD y 44% BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 135BPPD y 38.7 % BSW .

Pozo Lago Agrio No. 41

El pozo inicia su producción en mayo de 1999 con 300BPPD y 1,4 %BSW. En marzo de 2003 el pozo estuvo produciendo 486 BPPD y 21.8 % BSW .

**Tabla IV
Produccion Acumulada del Campo Lago Agrio**

| ESTACION LAGO CENTRAL | | | |
|------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| POZO No | PETROLEO (BLS) | AGUA (BLS) | GAS (MPC) |
| LAGO04 | 1'790.554 | 3'058.321 | 331.626 |
| LAGO09 | 403.243 | 204.615 | 54.438 |
| LAGO13 | 3'031.848 | 1'082.144 | 593.233 |
| LAGO22 | 2'292.911 | 721.743 | 366.740 |
| LAGO27 | 2'547.623 | 721.284 | 564.567 |
| LAGO34 | 1'188.938 | 605.670 | 246.863 |
| LAGO38 | 567.675 | 24.382 | 96.930 |
| LAGO39 | 862.188 | 404.619 | 172.629 |
| ESTACION LAGO NORTE | | | |
| POZO No | PETROLEO (BLS) | AGUA (BLS) | GAS (MPC) |
| LAGO11 | 2'161.705 | 1'029.646 | 390.872 |
| LAGO17 | 2'794.108 | 3'124.070 | 484.738 |
| LAGO18 | 18'218.994 | 14'736.463 | 3'650.360 |
| LAGO24 | 13'020.993 | 9'254.363 | 2'819.887 |
| LAGO29 | 1'550.222 | 3'518.038 | 798.963 |
| LAGO30 | 2'980.095 | 1'363.169 | 1'047.021 |
| LAGO32 | 2'033.219 | 218.872 | 369.570 |
| LAGO37 | 406.272 | 50.062 | 79.539 |
| LAGO41 | 25.430 | 900 | 8.789 |

Producción acumulada hasta Diciembre 2002

**1.7. Relación de Comportamiento de Afluencia de los Pozos
(Grafico IPR)**

INDICE DE PRODUCTIVIDAD.

El índice de productividad IP se define como el caudal de producción en barriles por día que puede lograrse por cada libra por

pulgada cuadrada (psi) de reducción en la presión de fondo del pozo. Para estimar la capacidad de los pozos .

El caudal de producción no siempre cambia según la presión de fondo con producción en forma lineal como parecería suceder en la ecuación del IP. En resumen el IP puede utilizarse cuando :

1. El pozo produce solo petróleo.
2. Las presiones de fondo con producción están por encima del punto de burbujeo.
3. No se dispone de mejores datos.

FORMULA IP

$$IP = \frac{Q}{\Delta P}$$

RELACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE AFLUENCIA DE FLUIDO.

En 1968 J.V. Vogel ofreció una solución para el problema de determinar la curva de comportamiento de entrada de líquidos para un pozo impulsado por gas en solución, estando las presiones de fondo fluyentes por debajo de la presión de punto de burbujeo.

Este trabajo dio como resultado la construcción de una curva referencial que puede utilizarse como solución general para predecir los caudales de producción y las presiones del fondo del pozo. Esta curva se llama IPR (Ver Grafico).

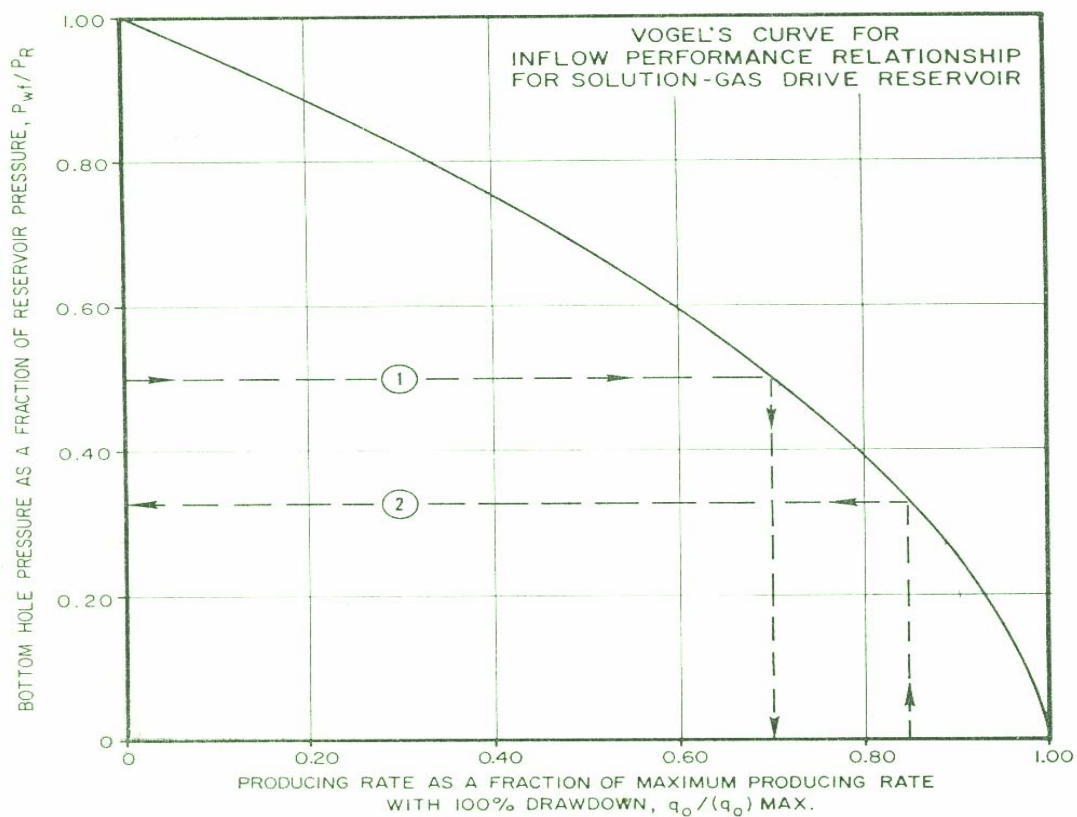


Figura 1.4 : Curva de Vogel

Para la elaboración de los gráficos, para cada pozo se tomo en consideración la presión de reservorio o estática, la presión de

burbuja con su respectivo caudal y tres presiones de fondo con su respectivo caudal (después de la presión de burbuja).

En los **Anexos 2** se detallan los gráficos que están calculadas mediante la formula.

FORMULA IPR

$$Q_o = Q_b + \frac{J \times P_b}{1,8} \left[1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right]$$

1.8. Beneficios que se Obtienen de la Centralización del Bombeo Hidráulico.

Con la construcción de este sistema se incrementara la producción en aproximadamente 650 BPPD, como consecuencia del buen funcionamiento de las bombas de subsuelo de cada pozo, ya sean estas pistón o Jet, ya que tendrán la energía necesaria para trabajar a su máxima eficiencia, se optimizará la circulación de fluido motriz cambiando las bombas Jet por Pistón, se evitará la recirculación de fluido motriz optimizando al máximo la energía disponible, se reducirá los costos de mantenimiento y se utilizará menos personal de operación.

CAPITULO II

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR BOMBEO HIDRÁULICO.

Como todo sistema tiene sus partes constituyentes, ahora describiremos y analizaremos el funcionamiento del sistema "Power Oil" en conjunto, así como también el de cada uno de sus componente, analizando las ventajas y desventajas de sus variantes. Es importante conocer a profundidad los parámetros bajo los cuales funciona este sistema, para poder predecir y solucionar posibles problemas que se presentan en los pozos que producen con este tipo de levantamiento.

2.1. Tipos de Sistemas De Bombeo Hidráulico

Existen varios tipos de Sistemas de Bombeo Hidráulico:

SISTEMA DE FLUIDO MOTRIZ CERRADO

SISTEMA DE FLUIDO MOTRIZ ABIERTO

SISTEMA COM BOMBA JET

SISTEMA CON BOMBA PISTON

2.1.1. Sistema de Fluido Motriz Cerrado

En un sistema de fluido motriz cerrado CPF (Close Power Fluid) no se permite que el fluido producido se mezcle con el fluido motriz en ninguna parte del sistema, se requiere una sarta adicional de tubería tanto dentro del pozo como de superficie; una sarta para transportar la producción hasta los tanques y otra para que retorne el fluido motriz que ya cumplió su función dentro del pozo hasta el tanque respectivo para volverse a presurizar y recircular.

Es un sistema muy costoso y complejo diseño, es recomendable para cuando los fluidos son extremadamente corrosivos y abrasivos La fig. 2.1 muestra como es su comportamiento en superficie hasta el fondo del pozo .

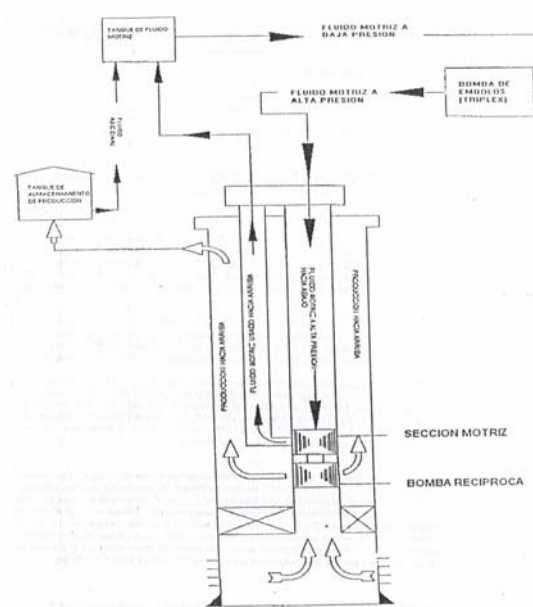


Figura 2.1 : Sistema de Fluido Motriz Cerrado

Frecuentemente los sistemas de fluido motriz cerrado usan agua como fluido motriz por que es menos peligroso y presentan menos problemas ecológicos que el petróleo a alta presión.

Además puede resultar ligeramente preferente un sistema cerrado para la plataforma marina y algunas instalaciones industriales cuando el espacio disponible es escaso y costoso ya que el tanque requerido para el fluido motriz es pequeño y casi todo el fluido producido podrá ser trasladado

por la línea de flujo hasta las facilidades de producción y almacenamiento.

2.1.2. Sistema de Fluido Motriz Abierto

Un sistema de fluido motriz abierto OPF (open power fluid) sólo requiere de dos conductos de fluido en el pozo; el primero para circular o contener el fluido motriz a presión y dirigirlo a la parte de la bomba, el segundo contiene el fluido motriz que acciona la bomba mas el fluido producido por el pozo en su retorno a superficie (llamado espacio anular).

Este sistema es él más sencillo y económico , por esta razón actualmente es utilizado en el campo Lago Agrio . Las líneas gruesas en la Fig. 2.2 muestran las instalaciones del sistema OPF desde superficie hasta llegar al fondo del pozo .

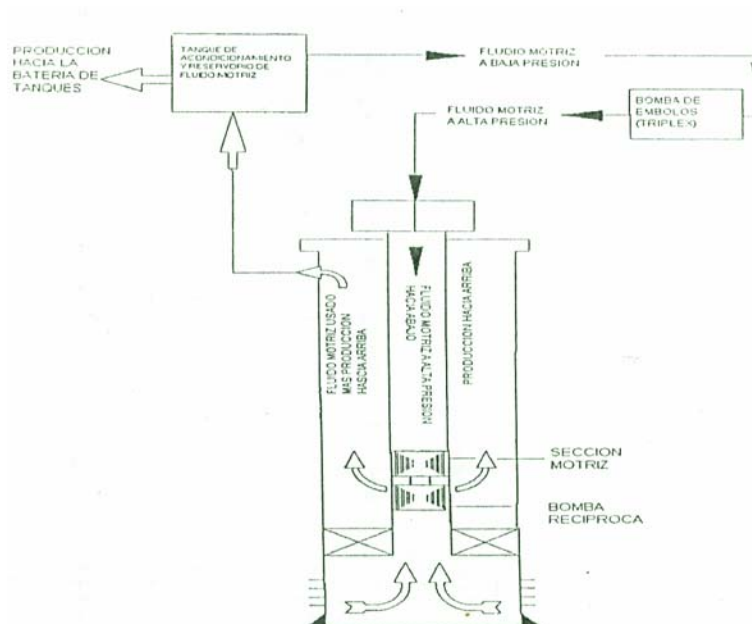


Figura 2.2: Sistema de Fluido Motriz Abierto

A más de la ventaja de economía del sistema abierto , hay otras ventajas inherentes al mezclar el fluido motriz mas el producido y son:

1. El fluido motriz circulante es el ideal para transportar aditivos químicos al fondo del pozo como los inhibidores de corrosión que pueden alargarle la vida útil de los equipos de subsuelo, o los antiemulsionantes que rompen emulsión, que forman los fluidos .
2. El fluido motriz al mezclarse con el fluido producido actúa como diluyente, como en el caso de producir fluido

viscoso , o cuando se levanta fluidos producidos que sean altamente corrosivos, este fluido motriz reduce hasta un 50% de su concentración. Cuando queremos producir un fluido muy viscoso, el fluido motriz inyectado puede bajar la viscosidad al fluido y es mas factible levantar al crudo pesado.

2.1.3. Sistema con Bomba Jet

Las características más importantes de esta bomba (ver Figura 2.3) es que no tiene partes móviles, la acción de bombeo esta dada por la transferencia de energía que existe entre las dos corrientes de fluido, el fluido motriz a alta presión pasa a través de la boquilla donde la energía potencial es convertida en energía cinética en la forma de fluido a gran velocidad.

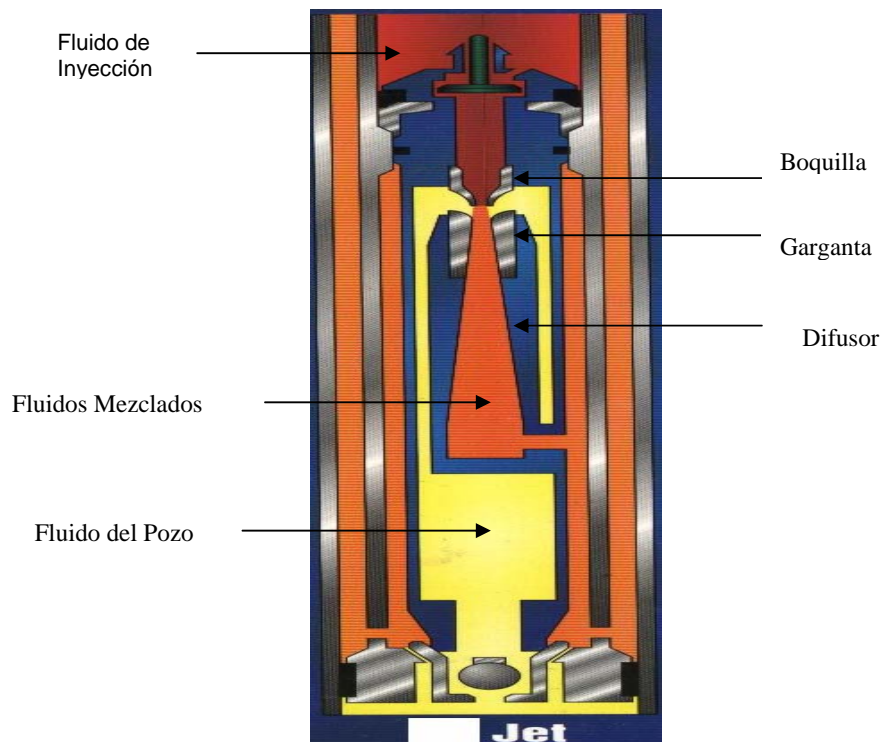


Figura 2.3: Bomba Jet

Como la bomba Jet no tiene partes móviles, estas no tienen un acabado superficial fino, toleran los sólidos y la corrosión de los fluidos del pozo. La garganta y la boquilla son construidos de carburo de Tungsteno o de materiales cerámicos.

Con diferentes medidas de la boquilla y gargantas las bombas pueden producir menos de 50 BFPD hasta más de 12000 BFPD. Volúmenes significativos de gas libre pueden ser manejados sin el desgaste excesivo que se presenta en

las bombas de desplazamiento positivo por el golpeteo de entrada que existe en las bombas centrífugas, y la vibración.

Estas bombas son ideales para ser bajadas con elementos de presión, para monitorear las presiones de fondo fluyente a diferentes tasas de flujo (prueba de restauración de presión); en pozos con altos contenidos de sólidos ya que las partículas sólidas abrasivas pasan fácilmente por la bomba jet .

Estas bombas trabajan a una presión de operación de 3500 psi para alcanzar su máxima eficiencia, y se las utiliza cuando la presión de fondo fluyente del pozo es baja puesto que se requiere mayor presión en superficie para levantar la columna de fluido.

El principal beneficio de usar este tipo de bombas es el mantenimiento, ya que, por contener partes fijas su duración es mayor a las otras y su mantenimiento no es costoso, y se lo puede hacer en la Locacion del pozo ; cambiar las partes dañadas o cavitacion y ser nuevamente bajada al pozo para producción.

Estas bombas tienen buena capacidad para manejar producción de gas.

Los parámetros que caracterizan el funcionamiento de una bomba hidráulica jet son :

1. Caudal del fluido motriz
2. Caudal del fluido de producción
3. Presión del fluido motriz al entrar en la boquilla
4. Presión del fluido de producción a la entrada de la bomba
5. Presión de la mezcla a la salida de la bomba .

2.1.4. Sistema con Bomba Pistón

La unidad consta de 2 elementos –Fig. 2.4- motor (pistón) y bomba hidráulica (pistón).

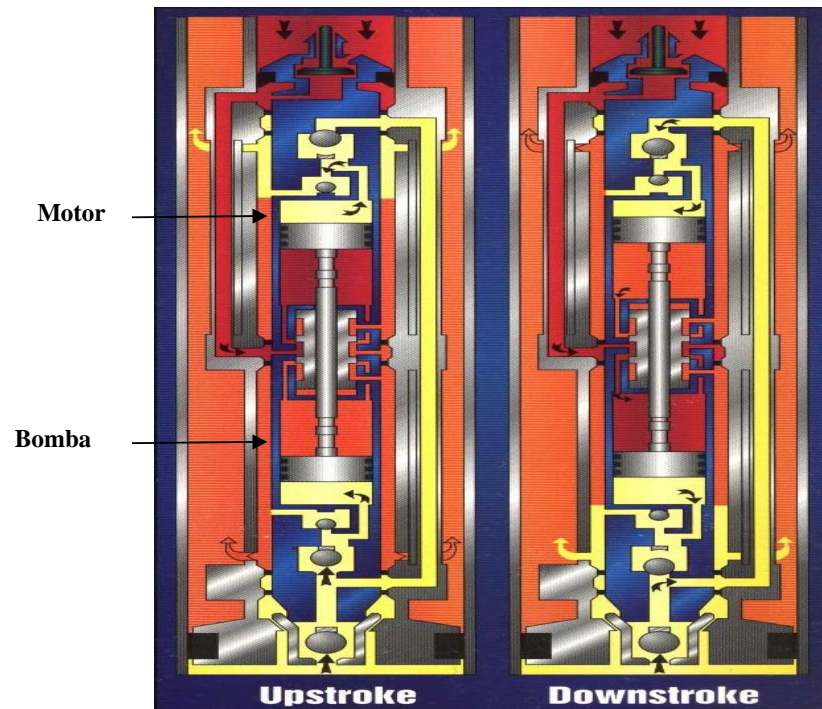


Figura 2.4: Bomba Pistón

En el extremo superior del motor el fluido motriz llega a alta presión, mientras que el fluido de retorno o sea de la parte inferior del pistón es llevado a la zona de alivio de la válvula del extremo del motor descargando al exterior de la bomba, cuando el pistón del motor llega al final de la carrera descendente, debido a la diferencia de áreas del vástago de la válvula, el fluido motriz entra a la parte inferior de la válvula motor y se inicia la carrera ascendente. Aquí las carreras ascendentes del motor y de la bomba son iguales. El fluido

de producción entra en la parte inferior del cilindro mientras está siendo descargado desde la parte superior del cilindro.

En la carrera descendente el fluido de producción entra por la parte superior del cilindro mientras es descargado por la parte inferior. Este proceso lo ilustra la figura 2.4.

Estas bombas trabajan con baja presión de entrada, por lo tanto, existe un menor consumo de energía en superficie que las hace más eficientes que las jet. Se las utiliza en pozos que tienen presiones de fondo fluyente considerables puesto que alcanzan buen nivel de líquido.

Estas bombas poseen partes móviles, por esto es que se vuelven más frágiles en el manejo de sólidos abrasivos. Su instalación en el pozo es fija, por tal razón su colocación y desalojo son costosos. Por lo complejo de sus partes también el mantenimiento es más costoso ya que este tipo de bombas requieren de calibración, y su pieza debe de pasar las pruebas de tolerancia por desgaste y estas deben de ser examinadas en un pozo de prueba, en donde se simulan las condiciones del subsuelo, para luego ser llevada al pozo y

ser bajada para producción. Las partes de estas bombas se describen en detalle en el **Anexo #3**.

2.2. Componentes Principales de un Sistema de Bombeo Hidráulico

2.2.1. Sistema de Fluido Motriz

La calidad del fluido motriz, especialmente el contenido de sólidos es un factor importante en la vida útil de la bomba y en los costos de reparación. La pérdida de fluido motriz en los huelgos de la bomba son una función del desgaste causado por los sólidos abrasivos y la viscosidad del fluido motriz. El contenido admisible de sólidos varia en cierto grado, según la definición de “vida útil aceptable de la bomba“ y también según la viscosidad, pero un valor de 10 a 15 ppm es generalmente aceptable para petróleos de 30 a 40° API, para petróleos mas densos hay mayor desgaste admisible y consecuentemente mayor tolerancia de sólidos, mientras que para el agua usualmente hay menor desgaste y menos sólidos admisibles.

2.2.2. Bombas de Superficie

Las bombas de superficie (figura 2.5) comúnmente usadas son diseñadas específicamente para servicio de fluido motriz y son provistas por los fabricantes de bombas hidráulicas para servicios de petróleo líquido a alta presión. Estas bombas usualmente utilizan émbolos y camisas metal a metal y válvulas tipo bola, componentes que requieren poco mantenimiento. Para agua suele usarse émbolos y camisas empaquetadas, válvulas de disco. Las líneas de descarga de las válvulas de alivio y control de contrapresión deben conectarse a una línea independiente de retorno al tanque.

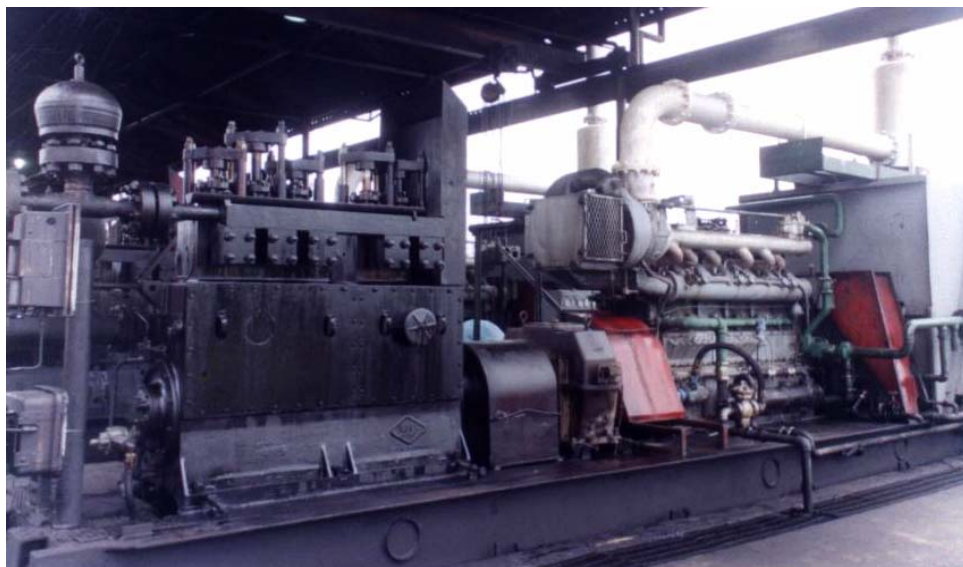


Fig. 2.5: Bomba de superficie

2.2.3. Cabezal del Pozo

Todo pozo posee un cabezal (figura 2.6), dentro del bombeo hidráulico los cabezales del pozo tienen el mismo sistema de funcionamiento, esto es, el cabezal del pozo con válvulas de 4 vías y el tipo de árbol de navidad.

El cabezal del pozo posee una válvula master, la cual esta conectada directamente con la sarta de la tubería (Tubing) y la tubería de revestimiento (Casing), con las líneas de inyección y producción, por lo tanto la válvula master pilotea el movimiento de cualquier fluido en cualquier sentido dentro del pozo.

Las válvulas del casing, son válvula. por donde retornara la mezcla de los fluidos inyectados mas el producido a la línea de retorno a la estación de producción en las bombas convencionales. Son válvulas. de 300 Psi.

Las válvulas de Tubing son válvula. que nos permiten el paso del fluido de inyección hacia el tubing y consecuentemente a la bomba parte motor. Son válvulas de 500 Psi.

La válvula de control de pozo o válvula de 4 vías sirve para controlar la dirección del fluido motriz que acciona la bomba del pozo . Con solo mover la palanca hacia abajo el fluido motriz baja por la tubería de inyección para activar y accionar la bomba.

Para sacar y rescatar la bomba otro movimiento de palanca hacia arriba dirige el flujo hacia abajo por el espacio anular para que la empuje por la tubería de inyección. hasta la superficie .

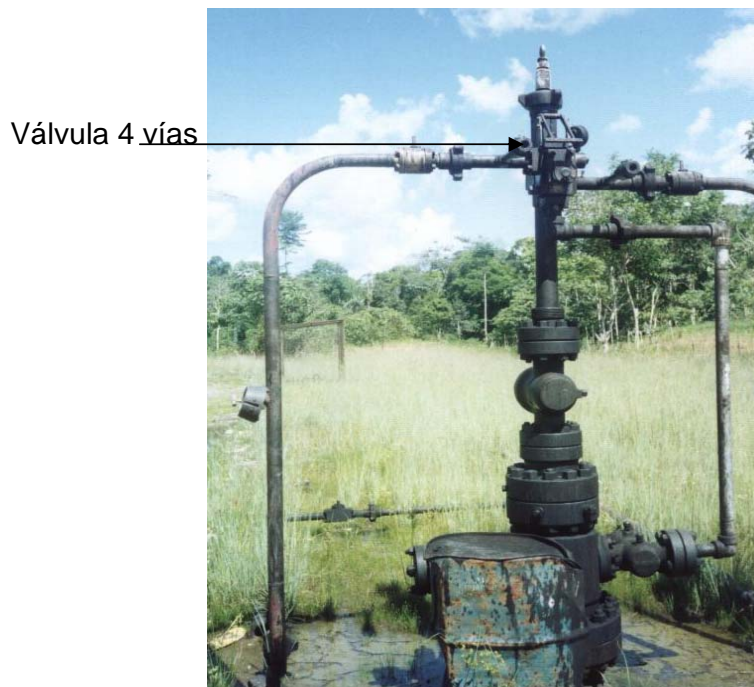


Figura 2.6: Cabezal con Válvula de 4 Vías

2.2.4. Venteo de Gas

Las instalaciones de mas bajo costo son las que no ventea gas, pero no son factibles en pozos que tienen una baja presión de fondo y una alta relación gas petróleo.

El venteo de gas de las instalaciones se convierte en una necesidad cuando el GOR es mayor a 500 PCN / Bls y la presión de fondo fluyente es menor de 400 Lpc .

2.2.5. Sistema de Tuberías

Existen dos tipos de sistemas:

a. Tuberías de Superficie

En el recorrido que realiza el fluido no siempre se encuentra con un mismo caudal ni con una presión constante (figura 2.7), por ello se utiliza dos tipos de tuberías en toda instalación de superficie las tuberías de alta presión y de baja presión .



Figura 2.7: Tuberías de superficie

Tubería de alta presión

Soporta hasta 5000 psi, y se utiliza para el fluido de inyección desde la planta hasta el cabezal del pozo; La sarta de tubería que se utiliza en la completación definitiva es también de alta presión.

Tuberías de baja presión

Tienen márgenes de resistencia menores (500 – 800 Psi), se encuentran instaladas desde la salida de producción del pozo hasta la estación de almacenamiento.

b. Tuberías de Subsuelo

Existen dos tipos de tuberías de subsuelo:

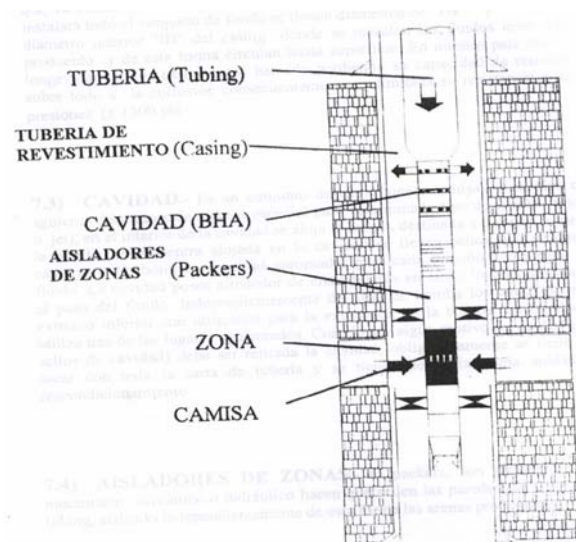


Figura 2.8: Tuberías de subsuelo

Tubing

Es la sarta de tubos que se encuentran instalados desde superficie hasta fondo del pozo, y son de alta presión (hasta 800 Psi dependiendo de la cedula a utilizar). A través de ella se inyecta el fluido motriz a la bomba. Su longitud aproximadamente es de 32 pies siendo la mas utilizada en el campo Lago Agrio los de 3 ½" y 2 7/8".

Tubería de Revestimiento (Casing)

Es la tubería que va cementada a las paredes del pozo, a las profundidades hasta donde se instalara todo el conjunto de fondo se tienen diámetros de 5 ½ “ y 7”. Es en el espacio anular entre el diámetro interior del casing y el exterior del tubing donde se mezclan los fluidos inyectados mas producidos y de esta forma circulan hasta superficie .

2.2.6. Bombas de Subsuelo

Existen tres tipos de sistemas para bombas de subsuelo, el sistema de bomba libre, el sistema de bomba fija, y el sistema que depende de cable.

Sistema de Bomba Libre

No requiere unidad especial para desplazar y reversar la bomba libre; esta se desplaza dentro de la sarta de tubería por medio del fluido motriz .

Para desplazar la bomba libre se inserta esta en la sarta de tubería en la superficie y se la hace circular hasta el fondo por medio del fluido motriz, donde se aloja en el conjunto de fondo (BHA) que puede ser una cavidad, o una camisa de circulación.

La cavidad es un conjunto de extensiones , camisas y acoples con agujeros dispuestos de manera especial para direccionar tanto el fluido de inyección como el de producción , y en su interior se aloja la bomba destinada a trabajar sea pistón o jet; cuando la bomba se encuentra alojada en la cavidad se tienen sellos que delimitan cámaras entre bomba y motor apropiadas para cada función y recorrido del fluido.

Para recuperar la bomba, se inyecta fluido por el espacio anular o la línea de retorno, esta inyección de fluido invertida hace que accione la válvula de pie y se presurice en el fondo desasentando la bomba de la cavidad, la presión queda atrapada en el cabezal del pozo con la válvula master, o en el lubricador y de esta forma permite circular hasta superficie, para luego ser sacada y separada o remplazada. Cuando la bomba no despegue , algunas veces, se requiere de una

unidad especial de pesca para recuperarla, y en casos severos de entrapamiento de la bomba se hace necesario reacondicionar al pozo.

Es una ventaja este sistema de bomba libre por cuanto permite cambiar o reemplazar equipos sin necesidad de una unidad de reacondicionamiento.

Sistema Bomba Fija

La bomba de fondo se coloca con la tubería de fluido motriz y se coloca en el pozo como parte integral de dicha sarta, cuando falla el equipo se tiene que cambiar utilizando una torre de reacondicionamiento .

Sistema a Base de Cable

La bomba se coloca en una camisa deslizante, se instala en una válvula de gas lift o sobre una válvula de inyección de productos químicos, y se coloca pozo abajo o se la retira con el cable liso; la bomba se puede operar con el flujo normal o revertido.

2.3. Parámetros Característicos para el Diseño

Cuando se requiere implementar un sistema “Power Oil”, se necesita diseñar bombas de subsuelo, así como también bombas de superficie, ya que estas constituyen las partes más importantes del sistema.

Parámetros para **Bombas de subsuelo**:

- Diámetro interno de Casing.
- Diámetro interno y externo de Tubing.
- Profundidad de asentamiento de la bomba.
- Gor
- Presión de fondo fluyente.
- Fracción de agua.
- Temperatura de fondo.
- Temperatura de superficie.
- Gravedad específica del agua.
- Gravedad específica del gas.
- Grados API del crudo.
- Fluido motriz a utilizar.
- Tasa de producción.
- Longitud de línea de superficie.

- Tipo de sistema (Abierto o Cerrado)
- Presión de Separador

Parámetros para **Bombas de superficie:**

- Presión requerida en el sistema.
- Caudal de fluido a manejar.
- Propiedades del fluido motriz.

2.4. Parámetro Obtenidos a Partir del Diseño

Los parámetros que se obtienen en el diseño de bombas de Subsuelo son:

Bombas jet

- Eficiencia de la bombas
- Tipo de bombas
- Diámetro de la boquilla (geometría)
- Diámetro de Garganta (geometría)
- Rata de fluido Motriz (inyección)
- Tasa de Cavitacion
- Potencia
- Presión de Operación

Bombas Pistón

- Especificaciones de la bomba
- Presión de Operación
- Golpes por minuto
- Eficiencia Volumétrica del Gas
- Potencia de la bomba
- Tasa de fluido Motriz (inyección)

Los parámetros que se obtienen en el diseño de bombas de Superficie son :

- Potencia de la bomba
- Rpm

2.5. Características del Fluido Motriz que se utiliza en Lago Agrio

El fluido motriz que se utiliza en la actualidad para el funcionamiento de las bombas de subsuelo, tiene las siguientes características :

Tabla V
Características del Fluido Motriz utilizado

a) ESTACION LAGO AGRIO CENTRAL

| ENSAYO | VALOR |
|--------------------------------|--------|
| °API a 60 °F | 28.7 |
| Sp.Gr. a 60°F | 0.8833 |
| Agua % Volumen | 0.175 |
| Sedimento en %Peso | 0.018 |
| Sedimento en %Volumen | 0.0079 |
| BSW % volumen | 0.175 |
| °API seco | 28.75 |
| Contenido de Sales Lb /1000Bls | 9.8 |
| Azufre % en Peso | 0.81 |
| Metal Níquel ppm | 35 |
| viscosidad cst a 80 °F | 20.1 |
| Metal Vanadio ppm | 92 |

b) ESTACION LAGO AGRIO NORTE

| ENSAYO | VALOR |
|-------------------------------|--------|
| °API a 60 °F | 29.2 |
| Sp.Gr. a 60°F | 0.8805 |
| Agua % Volumen | 0.250 |
| Sedimento en %Peso | 0.022 |
| Sedimento en %Volumen | 0.096 |
| BSW % volumen | 0.250 |
| °API seco | 29.25 |
| Contenido de Sales Lb/1000Bls | 10.86 |
| Azufre % en Peso | 0.9608 |
| Metal Níquel ppm | 25 |
| Viscosidad cst a 80 °F | 20.7 |
| Metal Vanadio ppm | 55 |

2.6. Factores que se deben considerar para la implementación de un Sistema de Bombeo Hidráulico.

Cuando se diseña una estación de Bombeo hidráulico se deben de tomar las siguientes decisiones :

1. Decidir por el sistema de Fluido Motriz Abierto o Fluido Motriz Cerrado.
2. Decidir por el Venteo o Bombeo de gas .
3. Elegir la disposición / distribución de tubing de profundidad.
4. Elegir una bomba adecuada para el tubing y para las condiciones del pozo.
5. Elegir una central o planta de poder "in situ" .
6. Elegir una bomba de superficie.
7. Diseñar el sistema de limpieza del fluido motriz .

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO HIDRÁULICO

Una vez conocido el funcionamiento del sistema “Power Oil”, y el trabajo que realizan cada uno de sus componentes, empezaremos el diseño de las instalaciones necesarias que permitan una eficiente compresión, transporte y distribución del fluido motriz, desde la estación centralizada hasta cada uno de los pozos que producen mediante este tipo de levantamiento artificial.

El dimensionamiento de todas las facilidades requeridas depende de las propiedades del crudo que se va a manejar, volumen de fluido que se va a bombear, presión de suministro a las bombas de subsuelo, temperatura de flujo, longitud de tubería, elevación del terreno por el cual va a pasar la línea. Todos estos parámetros y posibles asunciones serán analizados en este capítulo, para poder aplicar ecuaciones básicas que nos permitan predecir dichas dimensiones.

3.1. Infraestructura existente en el Campo Lago Agrio

El Campo Lago Agrio cuenta con la siguiente infraestructura:

Tabla VI

Infraestructura existente en el Campo Lago Agrio

a) ESTACION LAGO AGRIO NORTE

| CANTIDAD | EQUIPO |
|----------|------------------------------------|
| 1 | MANIFOLD |
| 1 | BOMBAS ACT'S |
| 2 | BOMBAS BOOSTER |
| 3 | COMPRESORES DE AIRE |
| 1 | COMPRESOR A GAS AJAX DPC360 |
| 1 | COMPRESOR DE CAPTACION DE GAS |
| 1 | TANKE DE LAVADO 24600 BLS. |
| 1 | TANKE DE REPOSO 12090 BLS. |
| 1 | UNIDAD DE CONTRA INCENDIO |
| 1 | SEPARADOR DE PRUEBA 10000 BLS. |
| 1 | SEPARADOR DE PRODUCCION 20000 BLS. |

b) ESTACION LAGO AGRIO CENTRAL

| CANTIDAD | EQUIPO |
|----------|---|
| 1 | TURBINA RUSTON "TB"3000 KV CON GENERACION GENERAL |
| 2 | TURBINAS RUSTON – TA 1000 KV CON GENERADOR KATO |
| 2 | BOMBAS DURCO MOTOR ELEC. 100 HP (POWER OIL) |
| 1 | GENERADOR AUXILIAR CATERPILAR 500KV |
| 3 | CONTADORES A.D.SMITH (Oleoducto) |
| 1 | TANKE DE REPOSO (15000 BLS.) |
| 1 | TANKE DE LAVADO (14700BLS.) |
| 1 | SEPARADOR PRODUCCION (35000 BLS.) |
| 1 | SEPARADOR PRUEBA (10000 BLS.) |

En el **Anexo 4** se muestra en detalle el grafico de las estaciones actual .

El sistema actual de Bombeo Hidráulico con el que cuenta el campo Lago Agrio, funciona de la siguiente manera: En la estación de producción se tiene una bomba booster (figura 3.1) para desplazar el fluido motriz por tubería de 31/2" cedula 80 (soporta 5000 psi de presión) a ciertas locaciones (figura 3.2) donde se tiene una triplex o una quintuplex que aumentan la presión de inyección del fluido motriz, y de esta forma transmiten energía para que trabajen las bombas de subsuelo de cada pozo.



Figura 3.1: Bombas Booster



Figura 3.2: Locación Pozo #13

Bombas Triplex

Son bombas que por su limitada capacidad solo pueden suministrar energía hasta 2 pozos, uno de los cuales debe de trabajar con bomba Jet y el otro con pistón. En la siguiente figura se muestra una bomba Triplex (Locación 13)



Figura 3.3: Bomba Triplex

Bombas Quintuplex

Estas bombas manejan un rango considerable de presión lo cual implica que pueden suministrar energía a un numero mayor de pozos.

Tabla VII

Localización de las bombas de superficie

a) LAGO CENTRAL

| LOCACION | TIPO BOMBA | OBSERVACIONES |
|----------|------------|-------------------------------------|
| 21 | TRPLEX | Suministra al Pozo 22 |
| 39 | TRIPLEX | Suministra al Pozo 39 |
| 27 | QUINTUPLEX | Suministra a los Pozos 04 – 09 – 27 |
| 13 | TRIPLEX | Suministra a los Pozos 13 – 38 |

b) LAGO NORTE

| LOCACION | TIPO BOMBA | OBSERVACIONES |
|----------|------------|-------------------------------------|
| 23 | QUINTUPLEX | Suministra a los Pozos 11 – 34 - 37 |
| 32 | TRIPLEX | Suministra al Pozo 32 |
| 17 | TRIPLEX | Suministra a los pozos 18 - 24 |
| 17 | TRIPLEX | Suministra a los pozos 17 - 30 |
| 29 | TRIPLEX | Suministra a los Pozos 29 – 41 |

En el **Anexo 4** se detalla las facilidades de producción existente en el Campo Lago Agrio, estación Central y Norte. De cuya información podemos establecer que existe infraestructura suficiente para manejar la producción actual e inclusive manejar mayores niveles de producción .

3.2. Localización de la Unidad Central de Bombeo y selección de las rutas que recorrerán las Líneas de Transmisión de Fluido Motriz y Fluido Producido.

Se ha decidido ubicar las unidades de bombeo centralizadas en las mismas Estaciones de producción, es decir en Lago Central y en Lago Norte ya que estas poseen el espacio físico y la infraestructura necesaria (manifold, separadores, tanques, oficinas, etc) para su construcción y supervisión; no se pudo ubicarlas en otro lugar debido a que todo el espacio físico existente en Lago Agrio esta sumamente poblado y la construcción

de este sistema traería problemas con la comunidad, y ocasionaría un enorme impacto ambiental en dicha zona.

Para la selección de las rutas que recorrerán las líneas de transmisión de el fluido motriz se considero que estas deben de estar localizadas en la carreteras, ya que estas se prestan para un buen control y mantenimiento (derrame, cambio de Tramo , etc), solo en los caso de los tramos Lago 27 al pozo Lago 09 y la Y de los pozos Lago 04 – 27 al pozo 39 que pasan por pantano, ya que si se lo hace por la línea de carretera las caídas de presión y el gasto de tubería serian mayores ver **Anexo #5**.

Para el caso de las líneas que transportaran el fluido producido se considero que sigan las mismas, ya que están en buena condiciones y no afectan al diseño del sistema.

3.3. Propiedades requeridas del Fluido Motriz para un buen funcionamiento del Sistema.

Para que el sistema “Power Oil” adquiera un eficiente funcionamiento, se debe considerar un fluido motriz con las siguientes características:

Tabla VIII

CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO MOTRIZ IDEAL

| ENSAYO | VALOR |
|--------------------------------|--------|
| °API a 60 °F | 29 |
| Sp.Gr. a 60°F | 0.8816 |
| Agua % Volumen | 0.1 |
| Sedimento en %Peso | 0.012 |
| Sedimento en %Volumen | 0.0052 |
| BSW % volumen | 0.1 |
| °API seco | 29.7 |
| Contenido de Sales Lb /1000Bls | 8.8 |
| Azufre % en Peso | 0.7233 |
| Metal Níquel ppm | 20 |
| Viscosidad cst a 80 °F | 9.5 |
| Metal Vanadio ppm | 47 |

Nota: Estos datos fueron proporcionados por el Departamento Químico de Lago Agrio considerando: Normas ASTM para % sólidos D-473(0-4%), Azufre D-4294, Viscosidad D-445,(12,5-9cst), API seco D-1250, API a 60°F D-1298 y BSW D-88.

Para proteger el sistema “power oil” de los diversos problemas que se presentan en la producción de hidrocarburos tales como: corrosión, precipitación de sólidos, escala, emulsiones, etc, se debe de acondicionar el fluido motriz con una serie de aditivos que eviten que estos fenómenos deterioren partes del sistema y por ende disminuya la producción. El Departamento Químico del

Campo Lago Agrio acondiciona el fluido motriz de la siguiente manera:

1. Se Inyecta el inhibidor de corrosión (aprox. 10mts De la descarga de la bomba con una concentración de 20ppm).
2. Luego procedemos a inyectar un Dispersante de sólidos (Aprox. 5 mt de la descarga de la bomba con unos 20 ppm).
3. Por ultimo procedemos con la inyección de Antiescala en la succión del tanque de reposo con una concentración de 20 ppm.

Estos aditivos inyectados al fluido motriz actúan de la siguiente manera. El inhibidor de Corrosión y el Dispersante se mezclan y reaccionan, formando una superficie tenso activa (especie de espuma de jabón), esta espuma circula por todo el sistema "Power OIL" (tubería de inyección, producción, bombas de superficie, subsuelo, tubing, casing, etc) protegiéndolo de la corrosión y evitando que los sólidos que lleva el fluido de retorno (inyección + producción) se precipiten y obstruyan la tubería y en la bomba de subsuelo. El Antiescala forma una especie de películas a largo de

la tubería evitando que el carbonato de calcio (escala) se pegue a las paredes de las misma y reduzca el diámetro de la tubería de producción(retorno), además, este químico es el que desplaza la fase espumosa que forman los dos primeros.

La inyección de demulsificantes en el Campo de Lago Agrio se lo hace de manera directa a pozos con problemas de emulsión, inyectando el químico desde la locación a la línea de flujo.

3.4. Presiones y pérdidas de carga que afectan al sistema de Bombeo Hidráulico.

Para conocer la presión de inyección en la cabeza del pozo, se debe de determinar las caídas de presión del fluido motriz a lo largo de la tubería, desde la estación centralizada hasta cada pozo. Para obtenerlas caídas de presión en la tubería se considero lo siguiente:

- Terreno plano
- Perdidas de presión por accesorios igual a 10% de la caída de presión total
- La trayectoria de la tubería es recta, debido a que las perdidas

de presión en curvatura son muy pequeñas.

Para calcular las pérdidas de presión a través de la tubería se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$R_e = \frac{379 \times Q \times \rho}{d \times \mu}$$

$$\Delta pf = \frac{34,12 \times f \times L \times \rho \times Q^2}{d^5}$$

donde:

Re = # de Reynolds

Q = Caudal (gal/min)

ρ = Densidad (lb/gal)

L = longitud (millas)

μ = Viscosidad (centipoise)

f = Factor de fricción de Fanny

Para determinar el factor de fricción de Fanny se siguieron los siguientes pasos:

- 1.- Se Halla la rugosidad de la tubería ε/d , teniendo el diámetro interno y el tipo de material de tubería (Acero Comercial).
- 2.- Luego se calcula el numero de Reynolds con la formula arriba mencionada.
- 3.- Con el numero de reynolds calculado en el paso anterior y la rugosidad ε/d , se determina el factor de fricción de Fanny para el análisis de caídas de presión se tomo en consideración 2 tipos de Tubería Principal:

Tubería 4 ½ " cedula 120

Tubería 6 5/8 " cedula 120

Nota: Para ver el Equivalente de la Viscosidad, el # de Reynolds y el valor ε/d ver en **Anexo# 7**.

Tabla IX

Datos para el cálculo de caída de presión en tubería 4 ½”

a) ESTACION CENTRAL

| Pozo | Viscosidad @ 120°F (cp) | Densidad (lb/gal) | Longitud (millas) | Caudal (gal/min) | Diámetro Interno 1 (pulg.) | Diámetro Interno 2 (pulg.) |
|---------|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| LAGO 04 | 3.5 | 7.348 | 0.3107 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 09 | 3.5 | 7.348 | 0.559 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 11 | 3.5 | 7.348 | 0.3729 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 13 | 3.5 | 7.348 | 0.2486 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 22 | 3.5 | 7.348 | 1.180 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 27 | 3.5 | 7.348 | 0.4972 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 34 | 3.5 | 7.348 | 1.4294 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 37 | 3.5 | 7.348 | 2.9210 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 38 | 3.5 | 7.348 | 0.7458 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 39 | 3.5 | 7.348 | 0.5593 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |

b) ESTACION NORTE

| Pozo | Viscosidad @ 120°F (cp) | Densidad (lb/gal) | Longitud (millas) | Caudal (gal/min) | Diámetro Interno 1 (pulg.) | Diámetro Interno 2 (pulg.) |
|---------|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| LAGO 17 | 3.5 | 7.348 | 0.870 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 18 | 3.5 | 7.348 | 0.9322 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 24 | 3.5 | 7.348 | 0.9944 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 29 | 3.5 | 7.348 | 2.610 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 30 | 3.5 | 7.348 | 0.621 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 32 | 3.5 | 7.348 | 1.802 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |
| LAGO 41 | 3.5 | 7.348 | 1.926 | 72.9 | 4.062 | 3.2 |

NOTA: El Diámetro 1 pertenece a la línea Principal con cedula 120.
El Diámetro 2 pertenece a la línea Secundaria con cedula 80.

TABLA X

Resultados de caída de presión en tubería 4 ½"

a) ESTACION CENTRAL

| NOMBRE DEL POZO | PRESION EN ESTACION | CAIDA DE PRESION | PRESION EN POZO |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|
| LAGO 04 | 3600 | 192 | 3408 |
| LAGO 09 | 3600 | 219 | 3381 |
| LAGO 11 | 3600 | 587 | 3013 |
| LAGO 13 | 3600 | 157 | 3443 |
| LAGO 22 | 3600 | 239 | 3361 |
| LAGO 27 | 3600 | 185 | 3415 |
| LAGO 34 | 3600 | 541 | 3059 |
| LAGO 37 | 3600 | 626 | 2974 |
| LAGO 38 | 3600 | 367 | 3233 |
| LAGO 39 | 3600 | 196 | 3404 |

b) ESTACION NORTE

| NOMBRE DEL POZO | PRESION EN ESTACION | CAIDA DE PRESION | PRESION EN POZO |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|
| LAGO 17 | 3600 | 297 | 3303 |
| LAGO 18 | 3600 | 336 | 3264 |
| LAGO 24 | 3600 | 273 | 3327 |
| LAGO 29 | 3600 | 928 | 2672 |
| LAGO 30 | 3600 | 297 | 3303 |
| LAGO 32 | 3600 | 719 | 2881 |
| LAGO 41 | 3600 | 740 | 2860 |

TABLA XI

Datos para el cálculo de caída de presión en tubería 6 5/8"

a) ESTACION CENTRAL

| Pozo | Viscosidad @ 120°F (cp) | Densidad (lb/gal) | Longitud (millas) | Caudal (gal/min) | Diámetro Interno 1 (pulg.) | Diámetro Interno 2 (pulg) |
|---------|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|
| LAGO 04 | 3.5 | 7.348 | 0.3107 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 09 | 3.5 | 7.348 | 0.559 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 11 | 3.5 | 7.348 | 0.3729 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 13 | 3.5 | 7.348 | 0.2486 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 22 | 3.5 | 7.348 | 1.180 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 27 | 3.5 | 7.348 | 0.4972 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 34 | 3.5 | 7.348 | 1.4294 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 37 | 3.5 | 7.348 | 2.9210 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 38 | 3.5 | 7.348 | 0.7458 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 39 | 3.5 | 7.348 | 0.5593 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |

b) ESTACION NORTE

| Pozo | Viscosidad @ 120°F (cp) | Densidad (lb/gal) | Longitud (millas) | Caudal (gal/min) | Diámetro Interno 1 (pulg.) | Diámetro Interno 2 (pulg) |
|---------|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|
| LAGO 17 | 3.5 | 7.348 | 0.870 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 18 | 3.5 | 7.348 | 0.9322 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 24 | 3.5 | 7.348 | 0.9944 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 29 | 3.5 | 7.348 | 2.610 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 30 | 3.5 | 7.348 | 0.621 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 32 | 3.5 | 7.348 | 1.802 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |
| LAGO 41 | 3.5 | 7.348 | 1.926 | 72.9 | 6.063 | 3.2 |

NOTA: El Diámetro 1 pertenece a la línea Principal con cedula 120.
El Diámetro 2 pertenece a la línea Secundaria con cedula 80.

TABLA XII

Resultados de caída de presión en tubería 6 5/8"

a) ESTACION CENTRAL

| NOMBRE DEL POZO | PRESION EN ESTACION | CAIDA DE PRESION | PRESION EN POZO |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|
| LAGO 04 | 3600 | 57 | 3543 |
| LAGO 09 | 3600 | 84 | 3516 |
| LAGO 11 | 3600 | 27 | 3573 |
| LAGO 13 | 3600 | 33 | 3567 |
| LAGO 22 | 3600 | 22 | 3578 |
| LAGO 27 | 3600 | 51 | 3549 |
| LAGO 34 | 3600 | 76 | 3524 |
| LAGO 37 | 3600 | 82 | 3518 |
| LAGO 38 | 3600 | 98 | 3502 |
| LAGO 39 | 3600 | 27 | 3573 |

b) ESTACION NORTE

| NOMBRE DEL POZO | PRESION EN ESTACION | CAIDA DE PRESION | PRESION EN POZO |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|
| LAGO 17 | 3600 | 85 | 3515 |
| LAGO 18 | 3600 | 44 | 3556 |
| LAGO 24 | 3600 | 49 | 3551 |
| LAGO 29 | 3600 | 115 | 3485 |
| LAGO 30 | 3600 | 44 | 3556 |
| LAGO 32 | 3600 | 102 | 3498 |
| LAGO 41 | 3600 | 104 | 3496 |

3.5. Dimensionamiento de las líneas de Trasmisión de Fluido Motriz y Fluido Producido.

De acuerdo al análisis de caídas de presión observado en el punto anterior se tiene como conclusión que la dimensión de la tubería

principal que transportara el fluido motriz desde la estación a cada uno de los pozos será de 65/8" cedula 120 debido a que las perdidas de presión son mínimas, y se llega con buena presión a los pozos mas alejados de la estación haciendo que las bombas de subsuelo trabajen con alta eficiencia. Las ramificaciones hacia cada pozo será de 31/2 cedula 80.

3.5.1. CAPACIDAD DE LAS LINEAS DE TRASMISIÓN

Para determinar la capacidad de las líneas de transporte de fluido motriz, se requiere conocer el volumen de fluido actual que se inyecta a los pozos que producen mediante este sistema, además de los nuevos pozos que podrían incorporarse al sistema de bombeo hidráulico .Para el dimensionamiento de las líneas se considero condiciones futuras ,es decir que todos los pozos tengan presiones de fondo muy bajas, alta producción de gas, y por lo tanto necesitan trabajar con bombas jet que son las que se adaptan a estas condiciones del pozo, estas bombas consumen de 2000-2500 Bls de fluido motriz debido a que manejan mayor rango de presión en superficie.(3000-3500 Psi). A continuación se detalla el volumen total de fluido motriz para cada estación:

Tabla XIII

Volumen total de Inyección

a) ESTACION LAGO CENTRAL

| POZOS | VOLUMEN DE INYECCION (BLS.) |
|---------|-----------------------------|
| LAG004 | 2500 |
| LAG009A | 2500 |
| LAG011A | 2500 |
| LAG013 | 2500 |
| LAG021 | 2500 |
| LAG022 | 2500 |
| LAG027 | 2500 |
| LAG034 | 2500 |
| LAG037 | 2500 |
| LAG038 | 2500 |
| TOTAL | 25000 |

b) ESTACION LAGO NORTE

| POZOS | VOLUMEN DE INYECCIÓN (BLS) |
|--------|----------------------------|
| LAG017 | 2500 |
| LAG018 | 2500 |
| LAG029 | 2500 |
| LAG030 | 2500 |
| LAG032 | 2500 |
| LAG039 | 2500 |
| LAG041 | 2500 |
| TOTAL | 17500 |

3.5.2. Calculo del Diámetro de las Líneas de Transmisión

Para calcular el diámetro de la línea de transmisión de fluido motriz, se deben de considerar varios factores, tanto de carácter técnico como económico, si nos enfocamos desde el punto de vista operacional, sería satisfactorio seleccionar un diámetro de tubería grande, de tal modo que permita manejar altos volúmenes de fluido, así como también disminuir las perdidas de carga por fricción lo cual implicaría conseguir bajas presiones de trabajo, y por ende las unidades de compresión serian mas pequeñas(menor costo).

Desde el punto de vista económico, seleccionar una tubería de gran diámetro implicaría incrementar los costos iniciales del proyecto, lo contrario ocurriría si se adoptara tubería de diámetro pequeño, la inversión inicial de capital va a ser menor, pero posiblemente ocasionaría grandes gastos operativos. De allí la importancia del manejo adecuado de estos parámetros (diámetro y presión) para el diseño óptimo de un sistema.

Cabe recalcar que el diámetro interno de la línea de transmisión de fluido motriz no puede ser demasiado pequeño, por que se incrementaría mucho su velocidad ocasionando ruido y vibración, la caída de presión va a ser enorme, también va a ocasionar erosión en la misma, especialmente si la corriente de flujo arrastra partículas sólidas. La siguiente ecuación nos permitirá calcular con buena aproximación el diámetro de tubería requerido en el sistema.

$$d = 0.649 q^{0.379} \rho^{0.172} \mu^{0.036} \left[\frac{L}{(\Delta P_f) \times g_c} \right]^{0.207}$$

Donde :

d = Diámetro Interno de Tubería (pies)

q = Caudal (Pies³/seg)

ρ = Densidad (lb/pie³)

μ = Viscosidad (Lb / (pie-seg)).

L = Longitud (millas)

Δp_f = Caída de presión por Fricción (lb/Pie²)

g_c = constante gravitacional (pie / seg²)

TABLA XIV**Datos para el cálculo del diámetro de las líneas de transmisión**

| Descripción | Valor |
|---|------------------------|
| Caudal (pies ³ /seg) | 0.8123 |
| Densidad (lb/pie ³) | 55.34 |
| Viscosidad (lb/(pie-seg)) | 2.352×10^{-3} |
| Longitud (millas) | 2.6 |
| Caída de presión (lb/pie ²) | 100 |
| Constante gravitacional (pie/seg ²) | 32.2 |

El cálculo del diámetro de las líneas de transmisión, se lo realizo tomando en consideración las propiedades físicas del fluido que se va a transportar. el Campo Lago Agrio, maneja un crudo de 28 API, densidad de 55.34lb/pc, la caída de presión no debe exceder los 100 PSI, viscosidad de 3.5 cp a 120 °F, una eficiencia de flujo de 90 % .

TABLA XV**Resultados del cálculo del diámetro de las líneas de transmisión**

| D. calculado (pies) | D. (pulg) | D. Nominal (pulg) |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| 0.464 | $5.568 \approx 6.0$ | 6 5/8 |

Para llegar a estos resultados se consideró lo siguiente :

- Que el fluido se divide por igual para cada tramo, tanto en la estación Central o Norte, el caudal total a manejar es de 25000 bls, pero como se divide en dos ramales, el caudal a tomar en consideración es de 12500 bls para calculo del diámetro de tubería.
- Se tomo en consideración la distancia desde la Estación Central o Norte hasta al pozo mas alejado, ya que es en donde tenemos mayor caída de presión. Esto ocurre en la Estación Central al pozo Lago 37 (4.2km).

3.5.3. Selección del Tipo de Tubería a usar según especificaciones API.

El procedimiento para una buena selección de las líneas de transmisión de fluido motriz consiste en seleccionar la línea tomando en consideración las perdidas por fricción.

La Tubería de transmisión de fluido motriz tiene la siguiente característica:

Tabla XVI

Características de la tubería de Fluido Motriz

| D. (pulg) | CEDULA | GRADO (API) | PESO (lb/pie) | ESPESOR (pie) |
|-----------|--------|-------------|---------------|---------------|
| 6 5/8 | 120 | X – 42 | 36.39 | 0.562 |
| 3 ½ | 80 | X – 42 | 14.31 | 0.438 |

Para el caso del fluido producido se toma las mismas consideraciones del caso anterior ,pero lo que va a cambiar es el tipo de fluido que se va a transportar, en este proyecto se utilizara las mismas líneas de transmisión de fluido producido existentes en la actualidad, ya que se encuentran en buenas condiciones, esto implicara un gran ahorro económico para la empresa y además no afectara en el diseño de la Centralización de Bombeo Hidráulico .La tubería de fluido producido tiene la siguiente característica :

Tabla XVII
Características de la tubería de Fluido Producido

| D. (pulg) | CEDULA | GRADO (API) | PESO (lb/pie) | ESPESOR (pie) |
|-----------|--------|-------------|---------------|---------------|
| 3 ½ | 80 | B | 7.58 | 0.216 |

3.6. Unidades de Bombeo de Superficie

Para la selección de las Unidades de Superficie se debe de considerar lo siguiente:

3.6.1. Tipos de Bombas

Existen dos tipos de bombas:

Bombas Centrífugas

Es una maquina de fluido dinámica que consta de dos partes principales:

- Una parte rotativa compuesta por un impulsor y un eje.
- Una parte estática compuesta por la carcasa empaques, cojinetes.

Las bombas Centrífugas pueden contener uno o varios impulsores o etapas, pueden ser horizontales o verticales según el plano del eje, pueden tener una o doble succión y dependiendo del método de convertir la velocidad en presión en voluta, doble voluta o difusor.

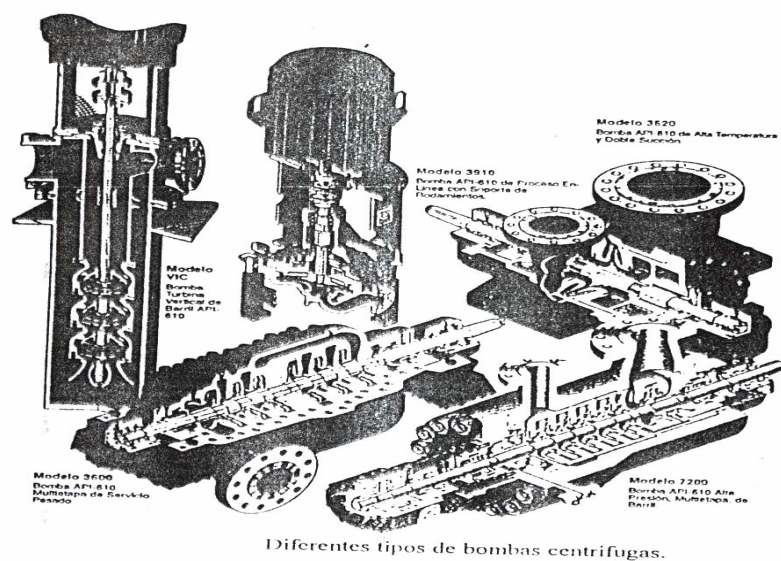


Figura 3.4: Tipos de Bombas Centrífugas

Bombas Reciprocantes

Son máquinas de desplazamiento positivo estas bombas reciben un volumen fijo de líquidos en condiciones casi de succión, lo comprime a la presión de descarga y lo expulsa por la boquilla de descarga; la

acción de compresión se logra por el movimiento alternativo de un pistón, émbolo o diafragma. Se considera de capacidad aproximadamente constante y maneja un amplio rango de presión.

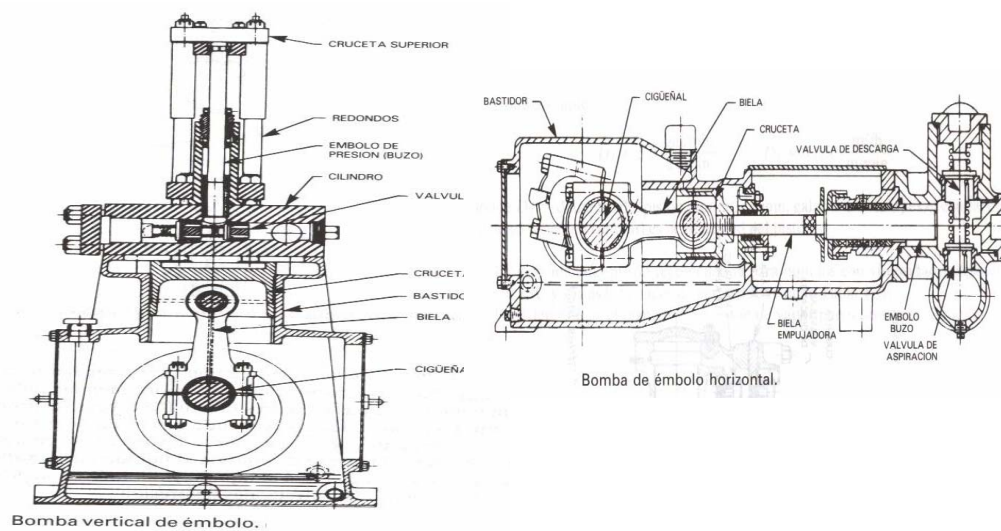


Figura 3.5: Tipos de Bombas Reciprocantes.

3.6.2. Potencia Requerida en las Unidades de Bombeo

Para el calculo de potencia que requiere cada estación se debe de seguir lo siguiente:

TABLA XVIII

Datos para el cálculo de potencia de las bombas de superficie

| PARÁMETROS | ESTACION CENTRAL | ESTACION NORTE |
|-------------|------------------|----------------|
| Q (gal/min) | 729.2 | 729.2 |
| P(psi) | 3600 | 3600 |

POTENCIA:

La potencia hidráulica que desarrolla una bomba esta dada por :

$$HHP = \frac{P \times Q}{1714}$$

donde,

HHP = potencia hidráulica

P = Presión requerida para cada estación, psi

Q = caudal; gal/min

La potencia de entrada al eje de la bomba se conoce como “potencia al freno”, será equivalente al HHP , BHP es un permisible para ineficiencias mecánicas en la bomba y en el mando asumiendo una eficiencia de 90% esto será :

$$BHP = \frac{HHP}{E}$$

donde: BHP = potencia al freno

E = eficiencia de la bomba

TABLA XIX
RESULTADOS

| PARÁMETRO | ESTACION CENTRAL | ESTACION NORTE |
|---------------|------------------|----------------|
| POTENCIA (HP) | 1700 | 1700 |

3.6.3. Selección del tipo de Bomba a utilizar

Para una buena selección del tipo de bomba de superficie, primero se debe de analizar las ventajas y desventajas de cada tipo de bomba.

Ventajas y desventajas de las Bombas Reciprocantes comparadas con la Centrifugas.

Ventajas:

- Tiene mayor flexibilidad en velocidad, capacidad y presión de descarga .
- Son disponibles para manejar presiones mas altas.
- Tienen mayor eficiencia y requieren menos potencia.
- Manejan volúmenes desde valores pequeños a medianos .
- Mas adecuadas para el manejo de líquidos viscosos.

Desventajas:

- Flujo con pulsaciones .
- Los costos inicial y de mantenimiento son mayores.

Ventajas y desventajas de la Bombas Centrifugas comparadas con la Reciprocantes.**Ventajas:**

- El costo inicial es menor para cierto rango de presión y capacidad.

- Flujo uniforme y sin pulsaciones .
- Usualmente requiere de menos espacio.
- Generalmente tiene menor costo de operación.
- Puede ser directamente conectados a motores eléctricos o turbina con reductores de velocidad incluida.
- Algunas bombas pueden manejar líquidos con sólidos en suspensión.

Desventajas :

- Tienen menor eficiencia y requieren mayor potencia del motor .
- Tienen menor flexibilidad en el rango de presión de descarga y capacidad.
- Menos adecuada para el manejo de líquidos viscosos.
- Mas susceptibles en el manejo de aire o gas arrastrado en el liquido.

Analizando las ventajas y desventajas arriba mencionadas se tiene como conclusión de que las bombas que satisfacen las condiciones en la central de bombeo de fluido motriz

son las Bombas Reciprocantes, y con los datos de Caudal, Presión y Potencia requeridos tenemos que se pueden utilizar 3 bombas (ver **Anexo #8**) de las cuales 2 van a operar y una será de reserva por seguridad, en caso que falle cualquiera de las dos anteriores. En la siguiente tabla mostraremos la descripción de las bombas que se necesitan en cada estación:

Tabla XX

Descripción del tipo de Bombas a utilizar

a) ESTACION CENTRAL

| TIPO | # DE BOMBAS | PRESION (Psi) | CAUDAL (Bls/dia) | POTENCIA (HP) |
|-----------|-------------|------------------------|--------------------------|---------------|
| WQ - 1000 | 3 | 3000 min – 5000 max | 10000 min – 30000 max | 1000 |

b) ESTACION NORTE

| TIPO | # DE BOMBAS | PRESION (Psi) | CAUDAL (Bls/dia) | POTENCIA (HP) |
|-----------|-------------|------------------------|--------------------------|---------------|
| WQ - 1000 | 3 | 3000 min – 5000 max | 10000 min – 30000 max | 1000 |

NOTA : Datos obtenidos del manual de Bombas de LEWCO (ver Anexo # 8)

En este caso se requiere utilizar mas de una bomba para cumplir los requerimientos de caudal a bombear de las cuales existen dos sistemas :

Sistema en Serie

Dos o más bombas operan en serie cuando la descarga de la primera bomba sirve como succión de la segunda, la descarga de la segunda como succión de la tercera etc. Este sistema se utiliza cuando se requiere tener alta presión en planta.

Sistema en Paralelo

Dos o más bombas operan en paralelo cuando descargan a una tubería generalmente para incrementar la capacidad de descarga del sistema de bombeo, y en caso de emergencia provee el servicio de una bomba de reserva.

Analizando los 2 sistemas hemos escogido el sistema de bombas en paralelo, ya que este satisface las condiciones requeridas en el proyecto. en la figura mostramos una forma de arreglo de bombas en paralelo para este proyecto:

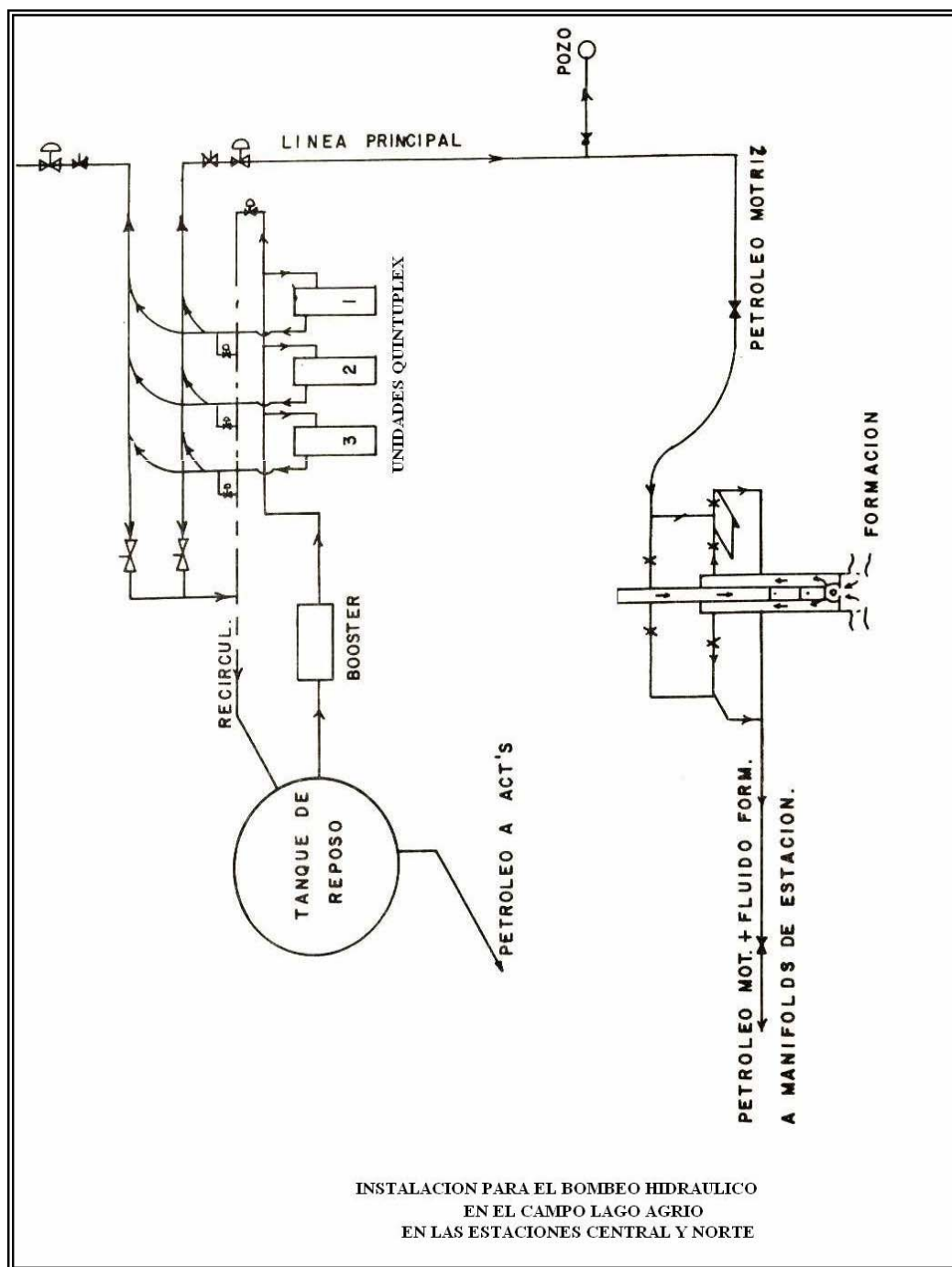


Fig. 3.6: Arreglo de Bombas en Paralelo

3.7. Unidades De Bombeo De Subsuelo

para seleccionar el tipo de bomba de subsuelo, primero se debe de analizar las condiciones del reservorio(Presión de Fondo Fluyente, corte de agua, relación gas-petróleo, etc) luego se debe de analizar el estado del pozo esto es su completacion (ver anexo #9). Una vez analizadas dichas condiciones se decide que tipo de bomba(Pistón o Jet) se debe de bajar al pozo.

Para determinar las características y especificaciones del motor y bomba en caso de las pistón , diámetro de la boquilla y garganta en el caso de las jet, se utilizo el programa de Bombas “ Guiberson – Dresser Industries , Inc.” Se ingresan los datos requeridos por el programa (ver Anexo #10), y el programa presenta como resultado una serie de bombas que se adaptan a las condiciones requeridas, con sus respectivas especificaciones(HP requerido, caudal de Fluido Motriz ,Tasa de cavitacion, etc).

Se selecciona la bomba jet apropiada analizando el HP requerido (siempre se trata de optimizar energía y fluido

motriz), la tasa de cavitación. (tiene que ser 30-50% mayor del caudal que va a manejar la bomba).

Para el caso de las bombas de pistón su selección es por medio de su eficiencia y el valor E/P, este valor es directamente proporcional a la energía que se va a utilizar e inversamente proporcional al caudal de inyección. En la tabla se muestra el tipo de bomba seleccionada para los pozos de Lago Agrio; en los anexos #11 mostramos los diseños de bombas de subsuelo.

TABLA XXI

Descripción de las Bombas de Subsuelo

| POZO | BOMBA EXISTENTE | BOMBA DISEÑADA |
|-------------|-------------------------|-----------------------|
| LAGO 04 | JET 8 A | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 09 | JET 9 A | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 11 | PISTON 3 x 48 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 13 | PL – 12 – 1/2x2x1 – 5/8 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 17 | JET C – 5 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 18 | PL – 12 – 1/2x2x1 – 7/8 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 22 | JET E – 8 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 24 | JET B+5 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 27 | JET B+5 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 29 | SUPER A GJPLII-2 ½ | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 30 | JET D – 6 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 32 | JET D – 7 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 34 | SA 3x1 – 7 /8x1 – ¾ | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 37 | PL – 12 – 1/2x2x1 – ½ | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 38 | PISTON 3 x 48 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 39 | PISTON 3 x 48 | PL II 2 x 1 – 9/16 |
| LAGO 41 | JET C-5 | PL II 2 x 1 – 9/16 |

3.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE FLUIDO MOTRIZ

Para el diseño del sistema se tomo en consideración las perdidas por fricción y la ubicación de las líneas (vía en zonas pobladas) por estas consideraciones mostramos en el Anexo # 5 el diseño del sistema de fluido motriz desde la estación hasta el cabezal del pozo.

3.9 OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO HIDRAULICO

Para una buena operación de mantenimiento de las centrales de bombeo hidráulico se debe de conocer ciertos problemas con sus respectivas soluciones. En el Anexo #6 se detallan las posibles problemas y sus posibles soluciones .

En el caso de las bombas de Power oil se tiene un promedio de mantenimiento, de cada 40000 horas para el motor y cada 35000 horas para la bomba y otro básico (cambio de aceite, etc.).

CAPITULO IV

4. ANALISIS ECONOMICO

Luego de haber realizado el diseño de la estación centralizada y seleccionado los equipos necesarios para la inyección de fluido motriz a cada uno de los pozos que trabajan con este sistema, el siguiente paso que se debe llevar a cabo es la elaboración del **análisis económico** que nos permita visualizar el valor monetario, que demandará la ejecución del proyecto, el mismo que es fundamental para conseguir el financiamiento que permita la ejecución del mismo.

La importancia del análisis económico, radica en que la implementación del sistema debe satisfacer las exigencias técnicas a la par de mínimos costo de instalación y mantenimiento.

Conceptos Generales

TIR

Es la tasa interna de retorno, la cual va a indicar la rentabilidad del proyecto tomando en consideración la equivalencia del dinero (ingresos futuro) con uno en tiempo presente (egresos por inversión).

Tiempo de Recuperación de la Inversión

El capital que se ha de invertir para la ejecución del cualquier proyecto tiene que ser recuperado para que este sea considerado como lucrativo o beneficioso. El tiempo de recuperación del mismo es muy importante y constituye el centro de atención del análisis de un proyecto, ya que de este depende el grado de rentabilidad que se espera obtener y así asegurar una ganancia razonable.

4.1 COSTOS DE MATERIALES Y EQUIPO

Es importante conocer con exactitud los egresos que demandará la ejecución de este proyecto, para ello debemos evaluar los costos de cada uno de los materiales y equipos que se van a utilizar en la

construcción de la central de bombeo. En esta parte del capítulo se hablara acerca de los costos de equipos(no incluye instalación ,ni mantenimiento) que se deben de adquirir por parte de la empresa para la ejecución del proyecto.

- **Costo de tubería**

Es fundamental conocer la ruta por donde va a pasar la tubería de inyección de fluido motriz, de acuerdo a la selección de la ruta, podemos determinar la longitud de tubería que se va a necesitar en el proyecto ,y el costo de la misma estará en función de dicha longitud.

Debido a que las líneas de transporte de fluido motriz manejan altas presiones y atraviesan sectores poblados, se debe de utilizar espesores de tuberías apropiados que soporten la presión del sistema y garanticen seguridad en la comunidad, el tipo de cedula que se va a utilizar es otro parámetro que influye en el costo del precio de tubería. Los costos por concepto de tubería se detallan en la tabla de costo.

- **Costo de equipo de compresión**

El fluido motriz para ser transportado desde las estaciones centralizadas hacia cada pozo tiene que ser comprimido para incrementar su presión, dependiendo del caudal de fluido que se va a manejar y de la presión requerida en el sistema se determina la potencia del motor que impulsara la bomba, lo cual tiene relación directa con el precio del mismo. Dichos se detallan en la tabla de costo.

- **Costo de Válvulas**

En todo sistema de transporte de fluidos, ya sea este oleoducto o gasoducto, van instaladas una serie de accesorios o válvulas que permiten conducir el fluido al lugar deseado. El costo de grupo de válvulas fue proporcionado por el departamento de mantenimiento del campo Lago Agrio. Los costos mencionados anteriormente se detallan en la tabla de costo de equipos.

Tabla XXII

Costos de materiales y equipos

| DESCRIPCION | CANT. | COSTO UNIT.(\$) | COSTO TOTAL(\$) |
|---|---------|--------------------|--------------------|
| TUBERIAS DE ALTA PRESION SCHD 160 (6",4",3-1/2", 2-7/8") | 17500 m | 22.46/m | 393,050 |
| ACCESORIOS(FITTINGS Y VALVULAS) | GRUPO | 415,000 | 415,000 |
| * BOMBAS DE SUPERFICIE | 6 | 89,609.3 | 537,655.8 |
| CUBIERTAS , BASES DE EQUIPOS Y CASETA DE CONTROL | 2 | 25,000 | 50,000 |
| SUBTOTAL | | | 1,395,705.8 |
| IMPREVIST. (20%) | | | 279,141.16 |
| TOTAL | | | 1,674,846.96 |

NOTA: El Costo de nuevos equipos facilidades de las Estaciones no se consideraron ya que en el diseño se lo realizo con las mismas facilidades.

* DESCRIPCIÓN DE BOMBA DE SUPERFICIE

| UNIDAD POWER OIL TPC3037 : | |
|-----------------------------------|---------------------|
| MOTOR WHITE SUPERIOR SN20751 | |
| BOMBA AJAX SN 7359 | |
| ENGRANAJE REDUCTOR LUFKING SN 319 | |
| RADIADOR – SN 733524-182-G | |
| TABLERO DE CONTROL | |
| TANQUE VERTICAL DE SUCCION | |
| COSTO TOTAL | \$ 89,609.30 |

4.2 COSTOS DE INSTALACIÓN

Los gastos por concepto de instalación de equipos de superficie (bombas, tuberías, válvulas), influyen considerablemente en el presupuesto del proyecto, los costos de instalación de tubería depende si esta va a ser soldada o roscada, por seguridad siempre se suelda la tubería. Estos fueron proporcionados por el departamento de Proyectos Especiales del Campo Lago Agrio.

Tabla XXIII

Costos de instalación

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNIT. (\$) | COSTO TOTAL (\$) |
|--|----------|------------------|------------------|
| TUBERIA SCHD 160 DE POWER OIL | 17500 | 5.52/m | 96,600.00 |
| PRUEBA HIDROST. | 17500 | 0.4/m | 7,000 |
| BOMBAS DE ALTA PRESION | 6 | 8000/BOMBA | 48,000 |
| CONTROL CON PLC PARA EQUIPOS DE SUPERFICIE | 1 | 150000 | 150,000 |
| SUBTOTAL | | | 301,600 |
| IMPREVIST. (20%) | | | 60,320 |
| TOTAL | | | 361,920 |

NOTA: El Costo de instalación no considera las facilidades de las Estaciones ya que en el diseño se lo realizo con las mismas facilidades

4.3 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las bombas de compresión de fluido motriz van a estar funcionando continuamente, lo cual implica que la tubería que transporta el fluido motriz va a prestar servicio todo el tiempo, por lo tanto se deben elaborar programas de control y mantenimiento para alargar la vida útil de los equipos que forman parte del sistema, y optimizar el funcionamiento del mismo. Lógicamente que esto implica egresos económicos que deben ser considerados en la determinación de la rentabilidad del proyecto y poder estimar con mayor exactitud el tiempo de recuperación de la inversión. los costos de operación y mantenimiento en referencia fueron proporcionados por el departamento de mantenimiento del Campo Lago Agrio.

Tabla XXIV
Costos de operación

| DESCRIPCION | COSTO TOTAL (\$) / AÑO |
|--------------------|---------------------------|
| COSTO DE OPERACIÓN | 34,000 |

NOTA : Costo anual estimado por 4 operadores mas los gastos administrativos que demande las 2 Estaciones.

Tabla XXV

Costos de mantenimiento

| DESCRIPCION | COSTO TOTAL (\$)/AÑO |
|------------------------|-------------------------|
| COSTO DE MANTENIMIENTO | 75,784 |

NOTA: En esta tabla esta considerado el costo de mantenimiento de las 4 bombas con su respectivo motor, el valor se lo determino en el departamento de Mantenimiento de Lago Agrio .

4.4 TASAS DE PRODUCCION ESPERADAS DEL CAMPO

Como justificación para la construcción de estas estaciones centralizadas ,se tendrá un incremento de producción estimado en el campo lago Agrio de aproximadamente 670 Bls, los mismos que servirán para amortizar la deuda del proyecto, este incremento constituye el objetivo principal del estudio. Debido a que no existen pruebas de build up en este campo, no se pudo calcular el verdadero aporte de la formación. Como sugerencia del departamento de Producción este incremento se lo estimo, partiendo del hecho de que las bombas de superficie no entregan la suficiente energía para que las bombas de subsuelo trabajen a su máxima eficiencia, se procedió a cerrar determinados pozos(aprovechando la reparación del oleoducto) y hacer que toda la energía que entrega la bomba de superficie en locación se transmita a un solo pozo, y ya no a dos, ni

tres pozos como esta funcionando el sistema actual, se pudo observar un incremento considerable en determinados pozos y estimar el valor de la presión . como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla XXVI
Tasas de producción esperadas

| POZOS | producción Actual (BPPD) | + producción Esperada (BPPD) | Incremento Estimado (BPPD) |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| LAG004 | 191 | 362 | 171 |
| LAG009A | 174 | 264 | 90 |
| LAG011A | 449 | 457 | 8 |
| LAG013 | 73 | 77 | 4 |
| LAG017 | 166 | 173 | 7 |
| LAG018 | 227 | 313 | 86 |
| LAG022 | 652 | 802 | 150 |
| LAG024 | 202 | 211 | 9 |
| LAG027 | 125 | 150 | 25 |
| LAG029 | 134 | 134 | 0 |
| LAG030 | 208 | 220 | 12 |
| LAG032 | 163 | 163 | 0 |
| LAG034 | 154 | 174 | 20 |
| LAG037 | 135 | 159 | 24 |
| LAG038 | 411 | 426 | 15 |
| LAG039 | 581 | 611 | 30 |
| LAG041 | 486 | 501 | 15 |
| Total Pozos activos | 4771 | 5437 | 666 |

Nota: Los datos de la producción esperada fueron obtenidos a partir de los datos de producción (Forecast) mas significativos desde el mes de enero hasta el mes de abril del 2003.

Tabla XXVII

**Tasas de producción esperadas para
Pozos en WO. y pozos nuevos**

| POZOS | producción Actual (BPPD) | + producción Esperada (BPPD) | Incremento Estimado (BPPD) |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| LAG002* | - | 250 | 250 |
| LAG003* | - | 100 | 100 |
| LAG005* | - | 200 | 200 |
| LAG012* | - | 100 | 100 |
| LAG020* | - | 100 | 100 |
| LAG021* | - | 500 | 500 |
| LAG026* | - | 100 | 100 |
| LAG031* | - | 140 | 140 |
| LAG035* | - | 100 | 100 |
| LAG042** | - | 500 | 500 |
| LAG043** | - | 500 | 500 |
| LAG044** | - | 500 | 500 |
| LAG045** | - | 500 | 500 |
| LAG046D** | - | 800 | 800 |
| Total Pozos WO. y Nuevos | - | 4390 | 4390 |

*Pozos esperando W.O.

** Pozos esperando Perforación

4.5 RESUMEN DEL ANALISIS ECONOMICO

Para determinar el tiempo en que se va a recuperar el capital invertido en el proyecto, se debe de realizar un balance entre los egresos y los ingresos involucrados en el mismo, Para este proyecto los ingresos se calcularan a partir de el precio fijado en el

presupuesto general del estado para este año, de \$18.0 el barril de petróleo, menos \$2.49 por concepto de costos de operación; esta diferencia nos da un valor neto de \$15.51 que multiplicado por el incremento inicial de petróleo de 670 BPPD nos da el ingreso inicial del proyecto de US\$102,91.2 / días , dicho incremento ira decreciendo al 8% por año, que es la tasa de declinación del campo Lago Agrio .

Los costos de materiales, equipos e instalación constituyen la inversión inicial, estos gastos corresponden a los egresos del primer año.

A partir del segundo año en adelante los egresos que demandara el proyecto serán por operación y mantenimiento.

Como se podrá observar en la tabla a continuación, el tiempo en que se recuperara la inversión es menor a un año(muy corto), lo cual implica que la rentabilidad de este proyecto es muy buena, alcanzando una TIR de 171.5%. Esto suele ocurrir en las grandes empresas donde los beneficios que se van a obtener de un determinado proyecto, son muy grandes comparados con la cantidad de dinero que se va a invertir.

TABLA XXVIII
FLUJO DE CAJA

| AÑO | EGRESOS | INGRESOS | FLUJO NETO | FLUJO DE CAJA | | |
|---------------|------------|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | | | | 15 | 30 | 171,46 |
| 0 | 2036766,96 | | -2036766,96 | -2036766,96 | -2036766,96 | -2036766,96 |
| 1 | 109784 | 3770325,9 | 3660541,9 | 3183079,91 | 2815801,46 | 1348423,83 |
| 2 | 109784 | 3468699,8 | 3358915,8 | 2539822,93 | 1987524,16 | 455786,22 |
| 3 | 109784 | 3191203,8 | 3081419,8 | 2026083,56 | 1402557,96 | 154025,98 |
| 4 | 109784 | 2935907,5 | 2826123,5 | 1615845,30 | 989504,41 | 52037,36 |
| 5 | 109784 | 2701034,9 | 2591250,9 | 1288309,68 | 697899,21 | 17575,78 |
| 6 | 109784 | 2484952,1 | 2375168,1 | 1026850,73 | 492078,34 | 5934,45 |
| 7 | 109784 | 2286156,0 | 2176372,0 | 818178,83 | 346840,38 | 2003,09 |
| 8 | 109784 | 2103263,5 | 1993479,5 | 651671,98 | 244379,60 | 675,87 |
| 9 | 109784 | 1935002,4 | 1825218,4 | 518840,99 | 172117,36 | 227,95 |
| 10 | 109784 | 1780202,2 | 1670418,2 | 412901,84 | 121169,05 | 76,85 |
| TOTAL: | | | | 12044818,80 | 7233104,97 | 0,43 |

TIR : 171, 5 %

Tiempo de recuperación de la inversión: 7,7 meses

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Luego de lo expuesto anteriormente se puede concluir lo siguiente:

- 1) El sistema centralizado permite manejar altas presiones, lo cual implica que se va a generar la suficiente energía para que trabajen con una alta eficiencia las bombas de subsuelo, y los costos de supervisión y mantenimiento son menores que el sistema Unihidraulic.
- 2) El diámetro de tubería óptima para el fluido motriz, que permite que las caídas de presión del fluido no sean tan brusca a lo largo de las misma tubería es de 6 5/8 cedula120, en su linea troncal y de 31/2” cedula 80 para los diferentes ramales que van al pozo .

- 3) Se utilizaran 3 bombas LEWCO WQ1000 en cada estación de las cuales dos estarán funcionando y una será de reserva, para manejar caudales de 745,2 GPM, una presión de operación de 3600 psi y una potencia de 1700HP .
- 4) La bomba Pistón (PL II 2 x 1 – 9/16) es la diseñada teóricamente ya que no existen datos de Build Up actualizados y esta bomba tiene un valor E/P ≈ 1 es decir que lo que inyectas produce ; y con este diseño disminuirá la circulación de fluido motriz en aproximadamente 11000 Bls
- 5) La temperatura no tiene efectos considerables en el sistema ,ya que el fluido que se maneja es crudo muerto(sin agua, sin gas).
- 6) Se lograra un incremento de producción considerable aproximadamente 670 Bls, lo cual va a permitir que el tiempo en que se amortice la inversión sea corto ya que se tendrá un beneficio de US\$ 3,770,325.9.
- 7) Para la ejecución de este proyecto la inversión económica que se debe realizar es de US\$ 2,036,766.96 (considerando un incremento de un 20% por imprevisto),la misma que será recuperada aproximadamente 8 meses después de entrar en funcionamiento

RECOMENDACIONES

Para la optimización del funcionamiento del sistema se recomienda lo siguiente:

- 1) Las centrales de “Power Oil” deben ser ubicadas en las mismas estaciones de producción del campo Lago Agrio, debido a que existe el espacio físico y la infraestructura necesaria para su construcción, teniendo en cuenta que el sector esta sumamente poblado y no hay espacios para su instalación.
- 2) Se debe acondicionar el Fluido Motriz para mantener la vida útil de los equipos tanto de Superficie como Subsuelo y mantener la producción.
- 3) El tendido de líneas se lo debe hacer por carretera para tener un mayor control y mantenimiento de las mismas, a excepción de ciertos tramos en donde por las condiciones del medio (pantano) es imposible hacerlas .
- 4) Colocar tubería 65/8” cedula 120 (soportan 5000PSI de presión), para seguridad de la comunidad ya que las líneas van a pasar por carretera.
- 5) Disponer de una bomba de reserva, se utilizara esta bomba cuando una de las principales entre a mantenimiento.

- 6) No cambiar las líneas de producción(fluido de retorno), estas líneas están en buenas condiciones y no afecta en nada al diseño.
- 7) Para determinar con mayor exactitud el verdadero aporte de la formación y un buen diseño de las bombas de subsuelo, se debe de actualizar las pruebas de restauración de presión (Build Up).
- 8) Se debería de elaborar planes de contingencia para proporcionar a las comunidades aledañas una respuesta inmediata y eficientes ante las posibles emergencias que puedan suscitarse tales como rotura accidental de la tubería de alta presión
- 9) Para conocer las condiciones de las tuberías que transportan el fluido motriz y producido, se deben elaborar programas para el control permanente de la corrosión
- 10) Para el pozo # 37 que pertenece a la estación norte, se debe cambiar la inyección de fluido motriz, recibirá fluido de la estación central ya que la línea pasa por ese sitio, y su producción ira a la estación norte.
- 11) Cambiar las bombas jet por pistón(según condiciones del pozo) para optimizar la circulación y ahorro del fluido motriz.

12) Para disponer de una mayor cantidad de petróleo se debe realizar los respectivos Work Over a los pozos aledaños y poner en marcha los planes de perforación en el sector.

ANEXOS

ANEXO #1

INFORMACION DE POZOS (PRUEBAS BUILDUP)
 (ordenado por Area-Arena-Fecha)
 Fecha de consulta: 2003/02/15

Usuario : FETLWIS
 Fecha : 2/15/03
 Hora : 14:57:19
 Página : 2

| Are | Cam | Poz No. | Fecha | Arn | Qt | Do | Qw | Api | Profap | Pwfap | Prap | Ipa | Ipi | Ko | Sf | St |
|-----|-----|---------|------------|-----|----|------|------|-----|--------|-------|------|------|------|-------|------|--------|
| LA | LAG | 1 | 1998/11/13 | H | | 368 | 302 | 66 | 28.0 | 9763 | 575 | 3432 | .13 | .11 | 3 | .91 |
| LA | LAG | 2 | 2001/06/21 | H | | 552 | 331 | 221 | 27.8 | 9991 | 1843 | 4109 | .24 | 2.17 | 81 | 50.03 |
| LA | LAG | 3 | 1997/03/07 | H | | 624 | 206 | 418 | 29.0 | 10040 | 1756 | 3730 | .32 | .20 | 1 | 1.90 |
| LA | LAG | 4 | 1998/10/24 | H | | 332 | 202 | 50 | 29.5 | 8922 | 341 | 3276 | .11 | 2.00 | 15 | 393.00 |
| LA | LAG | 5 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 6 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 7 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 8 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 9 A | 1996/06/14 | T | | 50 | 49 | 1 | 29.6 | 9850 | 1285 | 1692 | .13 | .24 | 25 | 9.30 |
| LA | LAG | 9 B | 1996/06/14 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 10 | 1996/06/14 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 11 A | 1997/05/19 | H | | 336 | 289 | 47 | 28.2 | 9806 | 1362 | 4066 | .12 | .22 | 7 | 9.43 |
| LA | LAG | 11 B | 1991/11/09 | R | | 200 | 198 | 2 | 30.0 | 10068 | 3197 | 3896 | .29 | 2.27 | 62 | 40.30 |
| LA | LAG | 12 | 1992/05/31 | U | | 96 | 41 | 55 | 28.0 | 9550 | 2220 | 3688 | .07 | .05 | 4 | 3.30 |
| LA | LAG | 13 | 1992/05/31 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 15 | 1991/03/31 | U | | 576 | 150 | 426 | 28.0 | 9723 | 1458 | 2370 | .63 | 3.75 | 18 | 1.90 |
| LA | LAG | 16 A | 1991/03/31 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 16 B | 1991/03/31 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 17 | 1998/11/01 | T | | 432 | 421 | 11 | 29.0 | 9829 | 750 | 1345 | .73 | .46 | 6 | 3.48 |
| LA | LAG | 18 | 1995/10/15 | H | | 868 | 578 | 290 | 27.7 | 9773 | 1878 | 4012 | .30 | .73 | 12 | 14.03 |
| LA | LAG | 19 | 1995/10/15 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 20 | 1995/10/15 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 21 | 2003/01/05 | BT | | 360 | 126 | 234 | 28.6 | 8954 | 963 | 1742 | .46 | .47 | 48 | .12 |
| LA | LAG | 22 | 1999/03/04 | BT | | 710 | 701 | 9 | 29.5 | 8944 | 1244 | 1884 | 1.11 | | 931 | 2.51 |
| LA | LAG | 23 | 1993/06/24 | H | | 404 | 133 | 271 | 29.4 | 9733 | 2240 | 3874 | .25 | .25 | 5 | 29.00 |
| LA | LAG | 24 | 2002/06/21 | U | | 248 | 247 | 1 | 28.6 | 9555 | 1436 | 3283 | .13 | .26 | 27 | 10.00 |
| LA | LAG | 25 | 2002/06/21 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 26 | 1993/02/12 | H | | 600 | 300 | 300 | 30.8 | 9774 | 1778 | 4481 | .22 | .23 | 7 | 5.00 |
| LA | LAG | 27 | 2002/11/20 | H | | 170 | 119 | 51 | 29.5 | 9998 | 1333 | 3903 | .07 | .10 | 17 | .80 |
| LA | LAG | 28 | 1993/08/12 | H | | 264 | 190 | 74 | 28.7 | 9826 | 2317 | 4663 | .11 | | 4 | 5.00 |
| LA | LAG | 29 | 1999/02/28 | T | | 478 | 476 | 2 | 29.6 | 9862 | 1160 | 3356 | .22 | | 312 | 21.10 |
| LA | LAG | 30 | 2002/03/19 | U | | 244 | 240 | 4 | 29.6 | 9612 | 303 | 2041 | .14 | .60 | 13 | 9.68 |
| LA | LAG | 31 | 1999/03/28 | U | | 206 | 202 | 4 | 29.4 | 9619 | 819 | 2042 | .17 | | 16 | 2.26 |
| LA | LAG | 32 | 1998/05/11 | H | | 576 | 380 | 196 | 30.0 | 9934 | 1109 | 3317 | .26 | .19 | 2 | 1.00 |
| LA | LAG | 33 | 2000/07/28 | HD | | 960 | 413 | 547 | 30.0 | 9966 | 2378 | 4162 | .54 | .60 | 20 | 4.20 |
| LA | LAG | 34 | 2000/07/28 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 35 | 2000/07/28 | | | | | | | | | | | | | |
| LA | LAG | 36 | 1993/07/31 | BT | | 1440 | 1437 | 3 | 28.6 | 8763 | 1771 | 1975 | 7.06 | 12.00 | 2014 | 7.00 |
| LA | LAG | 37 | 1996/11/14 | BT | | 194 | 181 | 13 | 30.5 | 8721 | 755 | 1125 | .52 | .62 | 155 | 1.60 |
| LA | LAG | 38 | 1999/10/21 | U | | 600 | 528 | 72 | 29.2 | 9675 | 1190 | 2904 | .35 | .58 | 18 | 1.07 |
| LA | LAG | 39 | 1998/09/01 | H | | 888 | 595 | 293 | 28.8 | 9912 | 1878 | 4177 | .39 | .64 | 65 | 3.91 |
| LA | LAG | 41 | 1998/09/01 | | | | | | | | | | | | | |

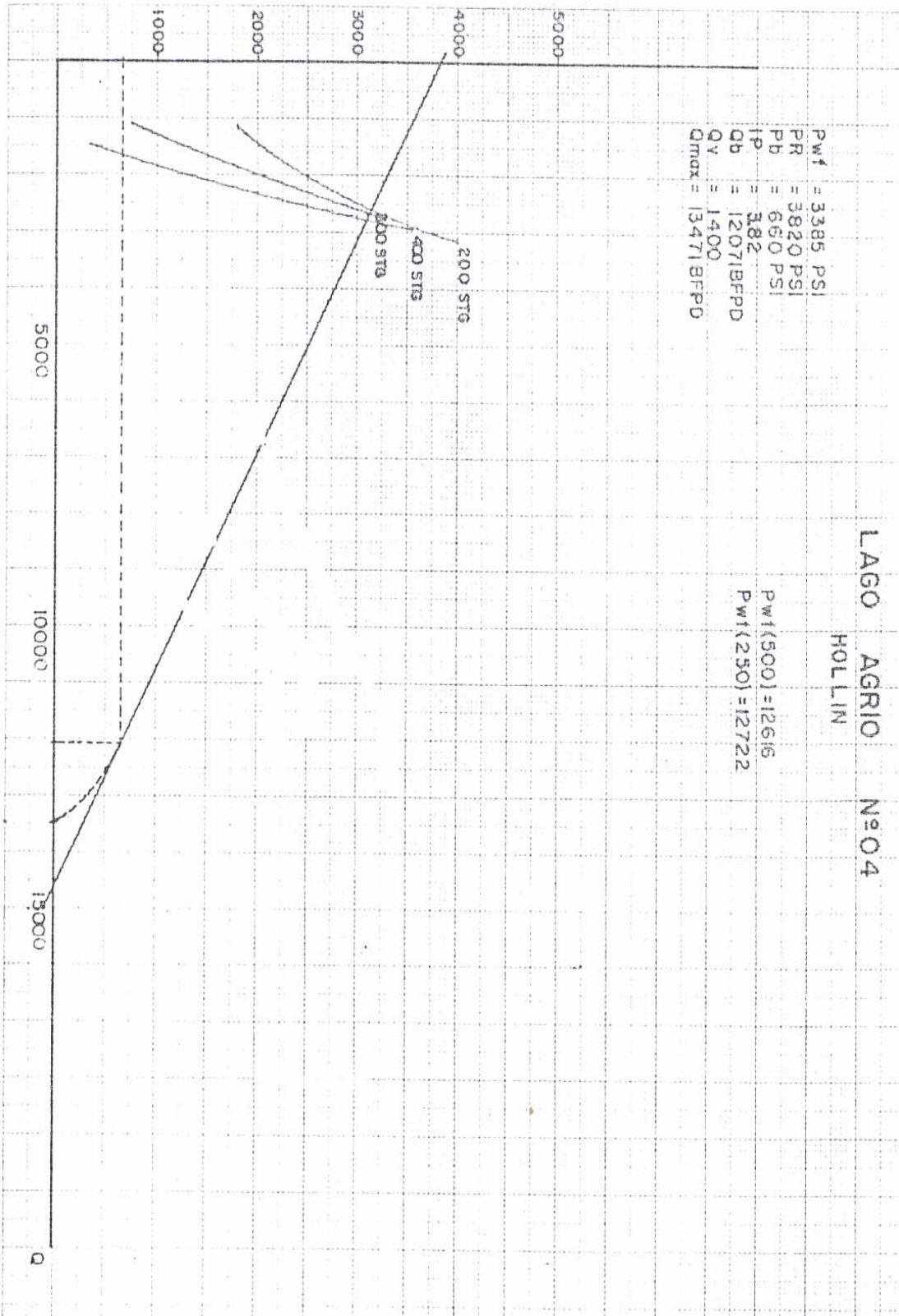
TOTAL POZOS: 90

DE POZOS (PRUEBAS BUILDUP)
 Ordenado por Area-Arena-Fecha)
 Fecha de consulta: 2003/02/15

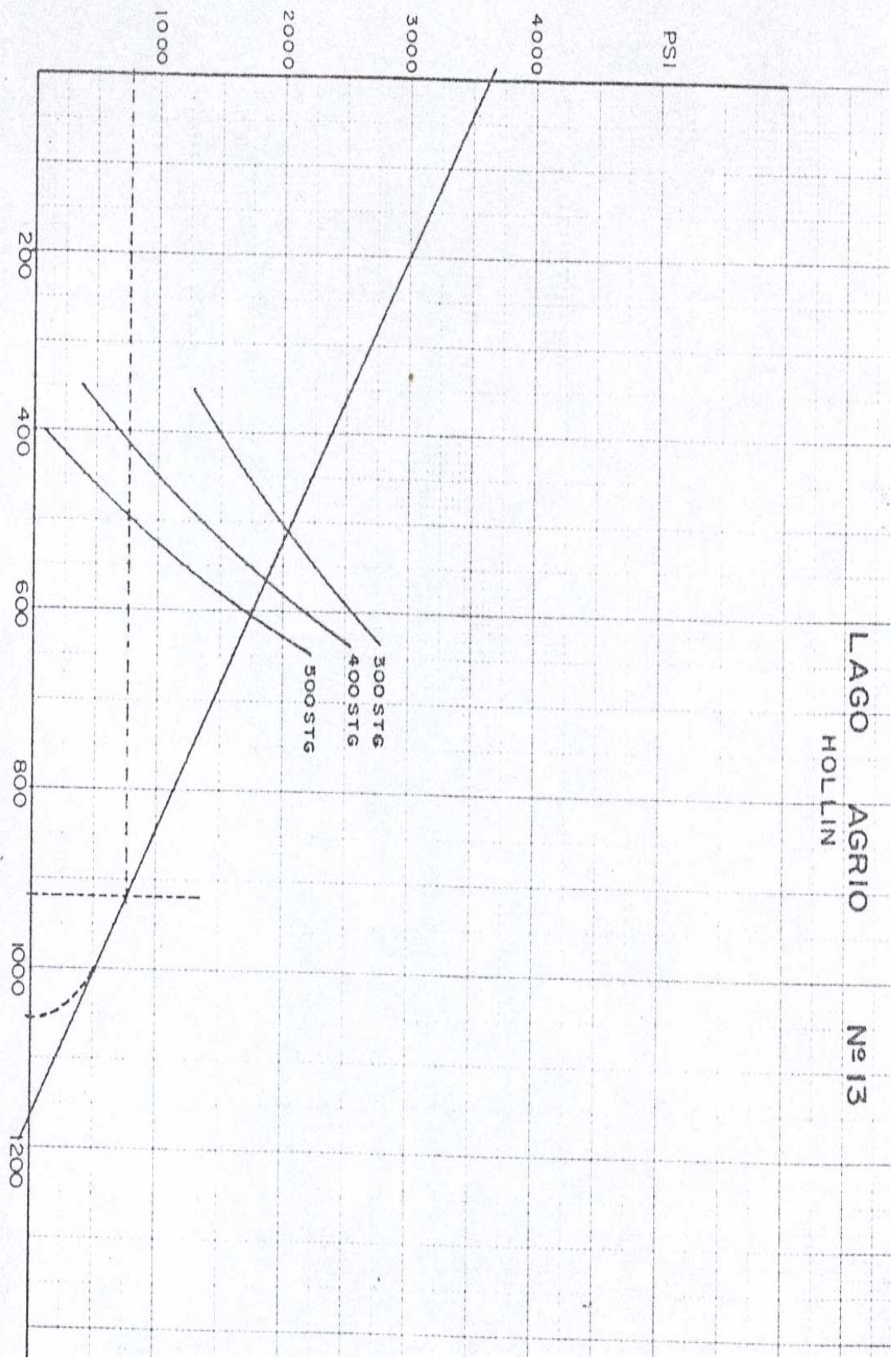
Usuario : PETLUIS
 Fecha : 2/15/03
 Hora : 14:57:19
 Página : 2

| Can | Poz No. | Fecha | Arr | Qt | Qo | Qw | Api | Profap | Pufap | Prap | Ipa | Ipi | Ko | Sf | St |
|-----|---------|------------|-----|------|------|-----|------|--------|-------|------|------|-------|------|--------|-------|
| LAG | 1 | 1998/11/13 | H | 368 | 302 | 66 | 28.0 | 9763 | 575 | 3432 | .13 | .11 | 3 | | .91 |
| LAG | 2 | 2001/06/21 | H | 552 | 331 | 221 | 27.8 | 9991 | 1843 | 4109 | .24 | 2.17 | 81 | 50.03 | 22.90 |
| LAG | 3 | 1997/03/07 | H | 624 | 206 | 418 | 29.0 | 10040 | 1756 | 3730 | .32 | .20 | 1 | | 1.90 |
| LAG | 4 | 1998/10/24 | H | 332 | 282 | 50 | 29.5 | 8922 | 341 | 3276 | .11 | 2.00 | 15 | 393.00 | 67.00 |
| LAG | 5 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 6 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 7 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 8 | 1998/10/24 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 9 A | 1996/06/14 | T | 50 | 49 | 1 | 29.6 | 9850 | 1285 | 1682 | .13 | .24 | 25 | 9.30 | 10.50 |
| LAG | 9 B | 1996/06/14 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 10 | 1996/06/14 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 11 A | 1997/05/19 | H | 336 | 289 | 47 | 28.2 | 9806 | 1362 | 4066 | .12 | .22 | 7 | 9.43 | 19.80 |
| LAG | 11 B | 1991/11/09 | H | 200 | 198 | 2 | 30.0 | 10068 | 3187 | 3886 | .29 | 2.27 | 62 | 40.30 | 41.50 |
| LAG | 12 | 1992/05/31 | U | 96 | 41 | 55 | 28.0 | 9550 | 2220 | 3688 | .07 | .05 | 4 | 3.30 | 5.80 |
| LAG | 13 | 1992/05/31 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 15 | 1991/03/31 | U | 576 | 150 | 426 | 28.0 | 9723 | 1458 | 2370 | .63 | 3.75 | 18 | 1.90 | 8.91 |
| LAG | 16 A | 1991/03/31 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 16 B | 1991/03/31 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 17 | 1998/11/01 | T | 432 | 421 | 11 | 29.0 | 9829 | 750 | 1345 | .73 | .46 | 6 | | 3.48 |
| LAG | 18 | 1995/10/15 | H | 868 | 578 | 290 | 27.7 | 9773 | 1078 | 4012 | .30 | .73 | 12 | 14.03 | 21.41 |
| LAG | 19 | 1995/10/15 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 20 | 1995/10/15 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 21 | 2003/01/05 | BT | 360 | 126 | 234 | 28.6 | 8954 | 963 | 1742 | .46 | .47 | 48 | .12 | .12 |
| LAG | 22 | 1999/03/04 | BT | 710 | 701 | 9 | 29.5 | 8944 | 1244 | 1884 | 1.11 | | 931 | 2.51 | 2.51 |
| LAG | 23 | 1993/06/24 | H | 404 | 133 | 271 | 29.4 | 9733 | 2240 | 3874 | .25 | .25 | 5 | | 29.00 |
| LAG | 24 | 2002/06/21 | U | 248 | 247 | 1 | 28.6 | 9555 | 1436 | 3283 | .13 | .26 | 27 | 10.00 | 10.00 |
| LAG | 25 | 2002/06/21 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 26 | 1993/02/12 | H | 600 | 300 | 300 | 30.8 | 9774 | 1778 | 4481 | .22 | .23 | 7 | | 5.00 |
| LAG | 27 | 2002/11/20 | H | 170 | 119 | 51 | 29.5 | 9998 | 1333 | 3903 | .07 | .10 | 17 | .80 | .80 |
| LAG | 28 | 1993/08/12 | H | 264 | 190 | 74 | 28.7 | 9826 | 2317 | 4663 | .11 | | 4 | 5.00 | 8.00 |
| LAG | 29 | 1999/02/28 | T | 478 | 476 | 2 | 29.6 | 9862 | 1160 | 3356 | .22 | | 312 | 21.10 | 21.10 |
| LAG | 30 | 2002/03/19 | U | 244 | 240 | 4 | 29.6 | 9612 | 303 | 2041 | .14 | .68 | 13 | 9.68 | 9.68 |
| LAG | 31 | 1999/03/28 | U | 206 | 202 | 4 | 29.4 | 9619 | 819 | 2042 | .17 | | 16 | 2.26 | 2.26 |
| LAG | 32 | 1998/05/11 | H | 576 | 380 | 196 | 30.0 | 9934 | 1109 | 3317 | .26 | .19 | 2 | | 1.00 |
| LAG | 33 | 2000/07/28 | HD | 960 | 413 | 547 | 30.0 | 9966 | 2378 | 4162 | .54 | .60 | 20 | 4.20 | 4.20 |
| LAG | 34 | 2000/07/28 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 35 | 2000/07/28 | | | | | | | | | | | | | |
| LAG | 36 | 1993/07/31 | BT | 1440 | 1437 | 3 | 28.6 | 8763 | 1771 | 1975 | 7.06 | 12.00 | 2014 | 7.00 | 8.00 |
| LAG | 37 | 1996/11/14 | BT | 194 | 181 | 13 | 30.5 | 8721 | 755 | 1125 | .52 | .62 | 155 | .30 | 1.60 |
| LAG | 38 | 1999/10/21 | U | 600 | 528 | 72 | 29.2 | 9675 | 1190 | 2904 | .35 | .58 | 18 | | 1.07 |
| LAG | 39 | 1998/09/01 | H | 888 | 595 | 293 | 28.8 | 9912 | 1878 | 4177 | .39 | .64 | 65 | 3.91 | 4.70 |
| LAG | 41 | 1998/09/01 | | | | | | | | | | | | | |

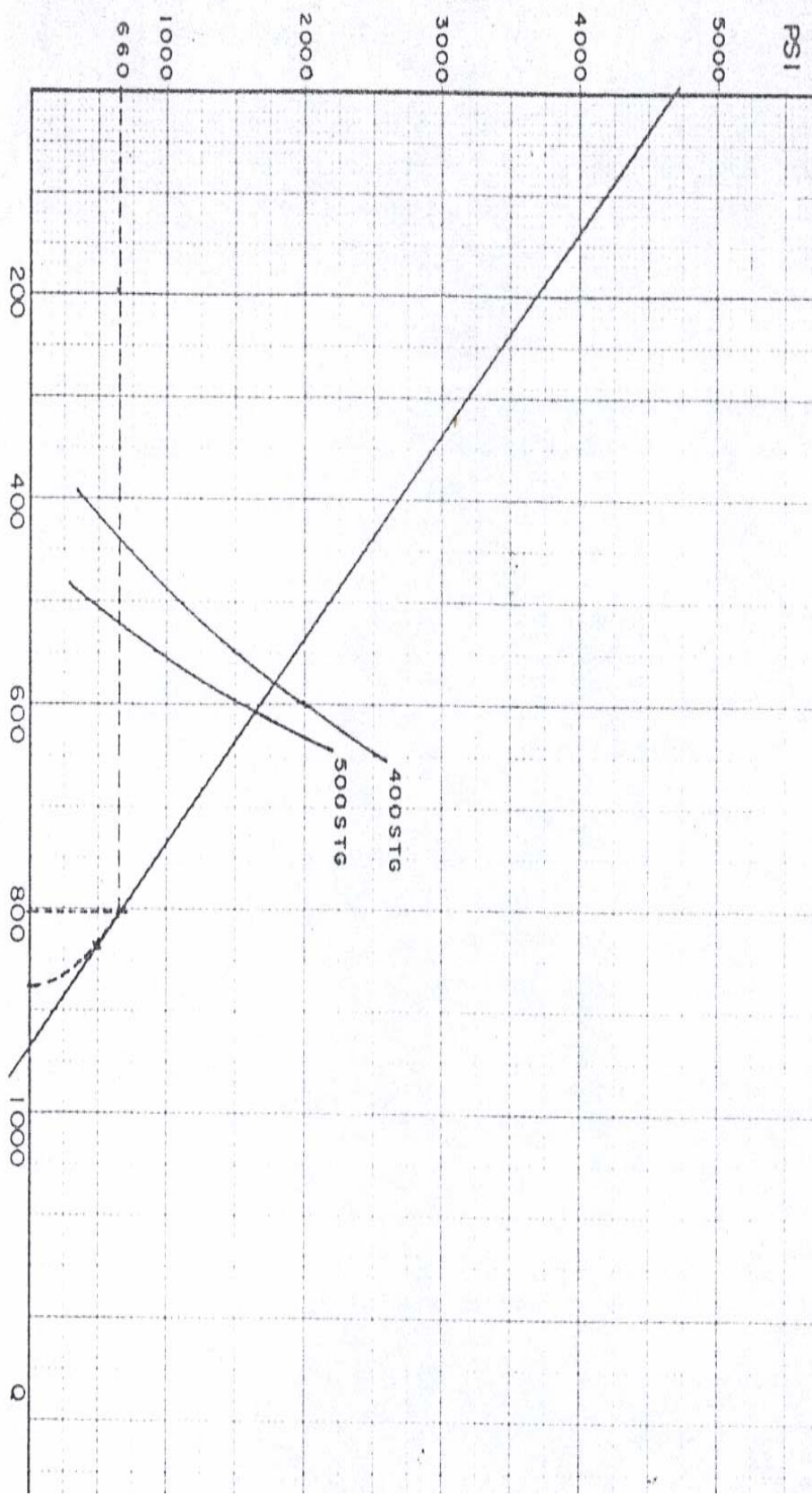
ANEXO #2



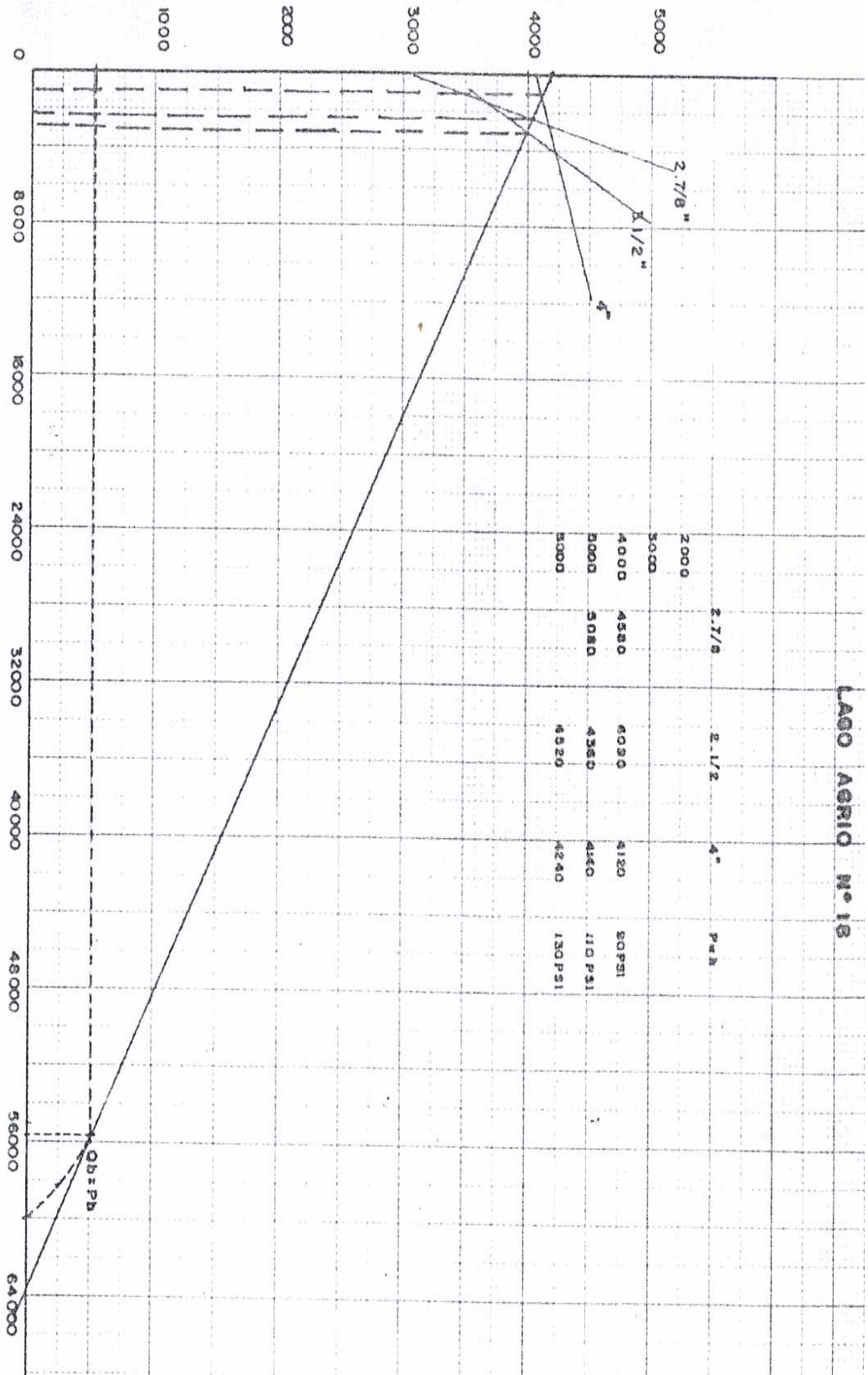
LAGO AGRIO Nº 13
HOLLIN



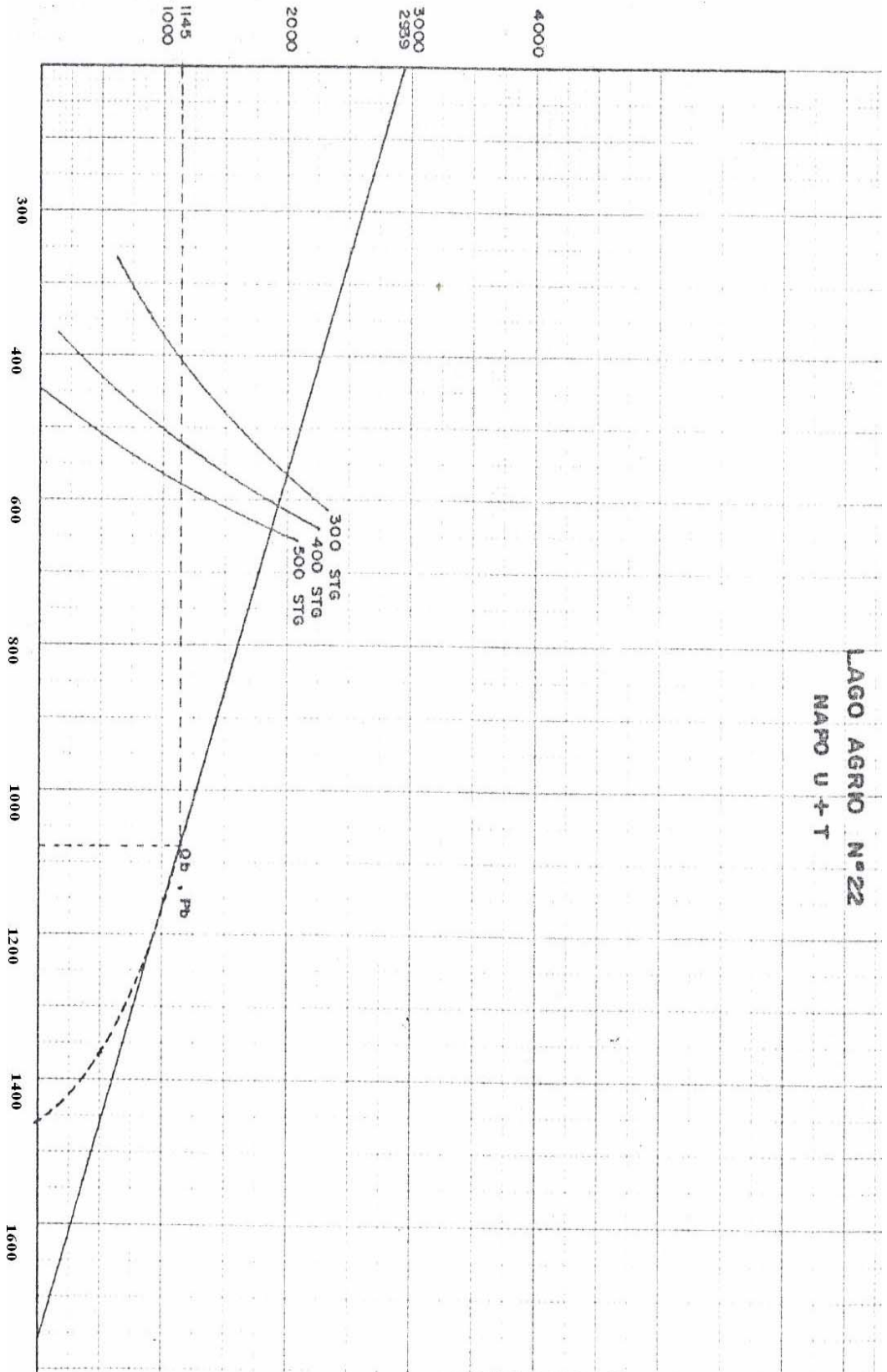
LAGO AGRIO № 17
HOLLIN



LAGO AGRIO N° 18



LAGO AGRIO N°22
NAPO U + T

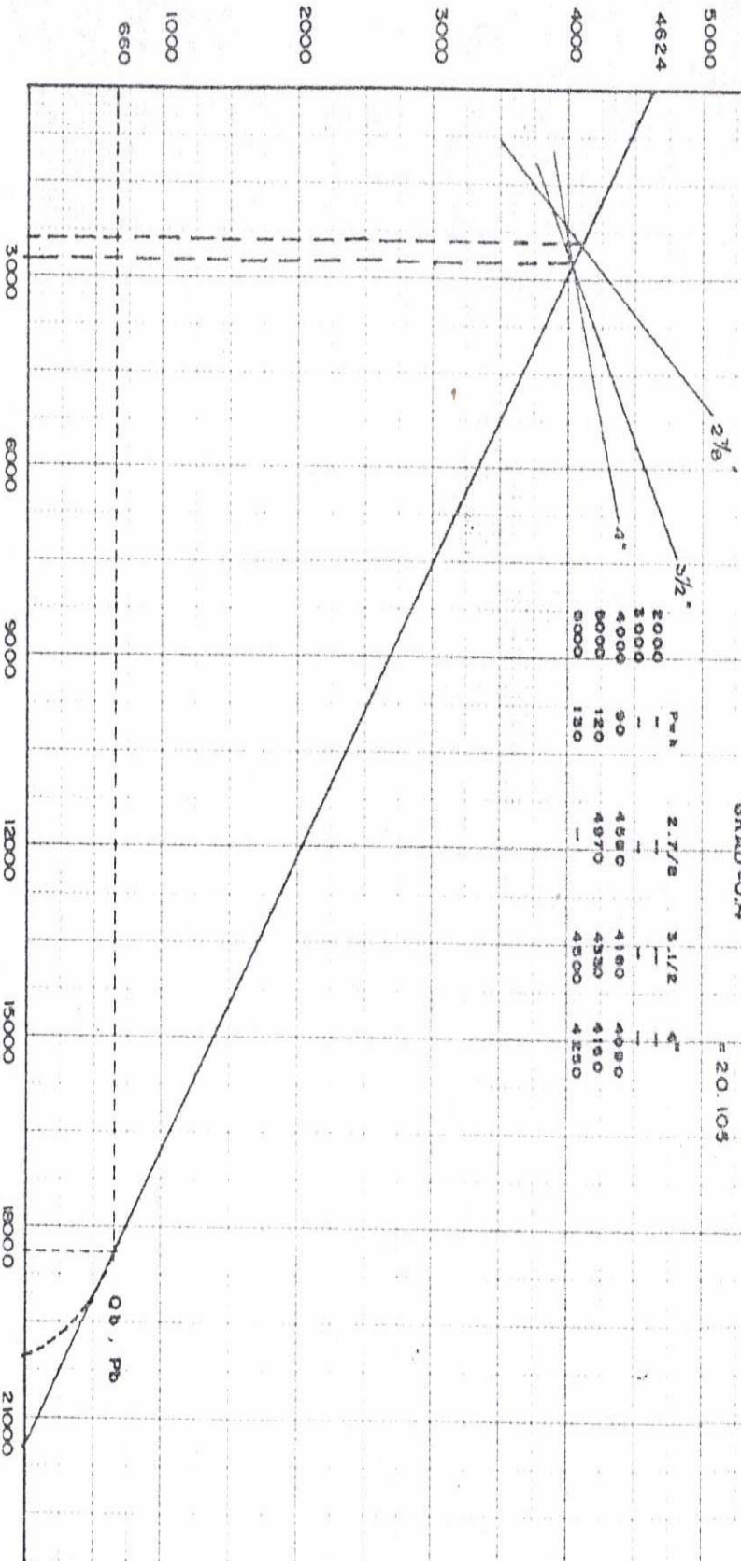


LAGO AGRIO Nº 24

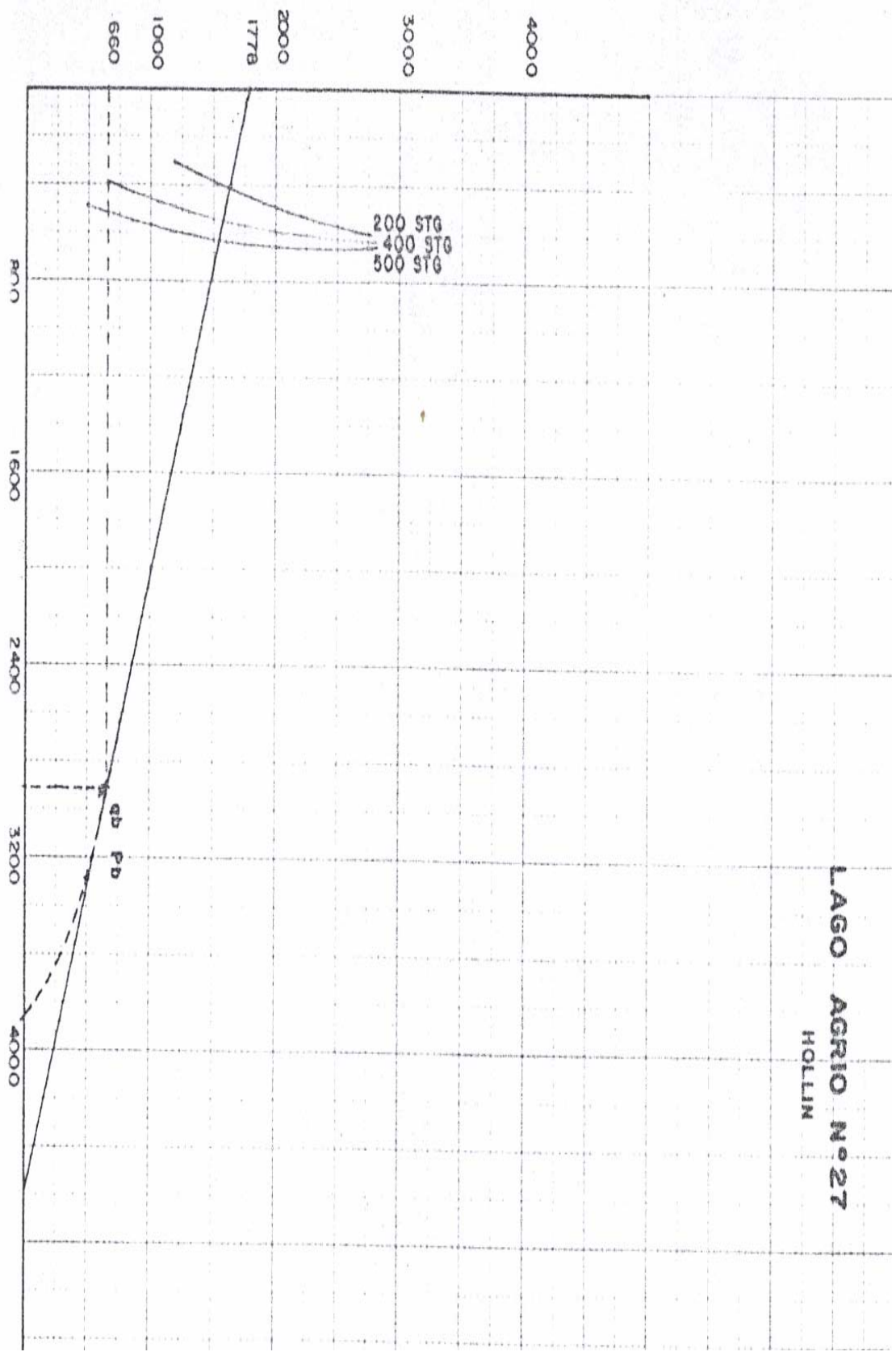
PR = 4524
 PWF = 4161
 Q = 2 120
 IP = 4.6
 GRAD = 0.4

 $q_b = IP (Pr - Pb)$
 = 19.418
 $q_v = IP \left(\frac{Pb}{1.8} \right)$
 = 1687
 $q_{max} = q_b + q_v$
 = 20.105

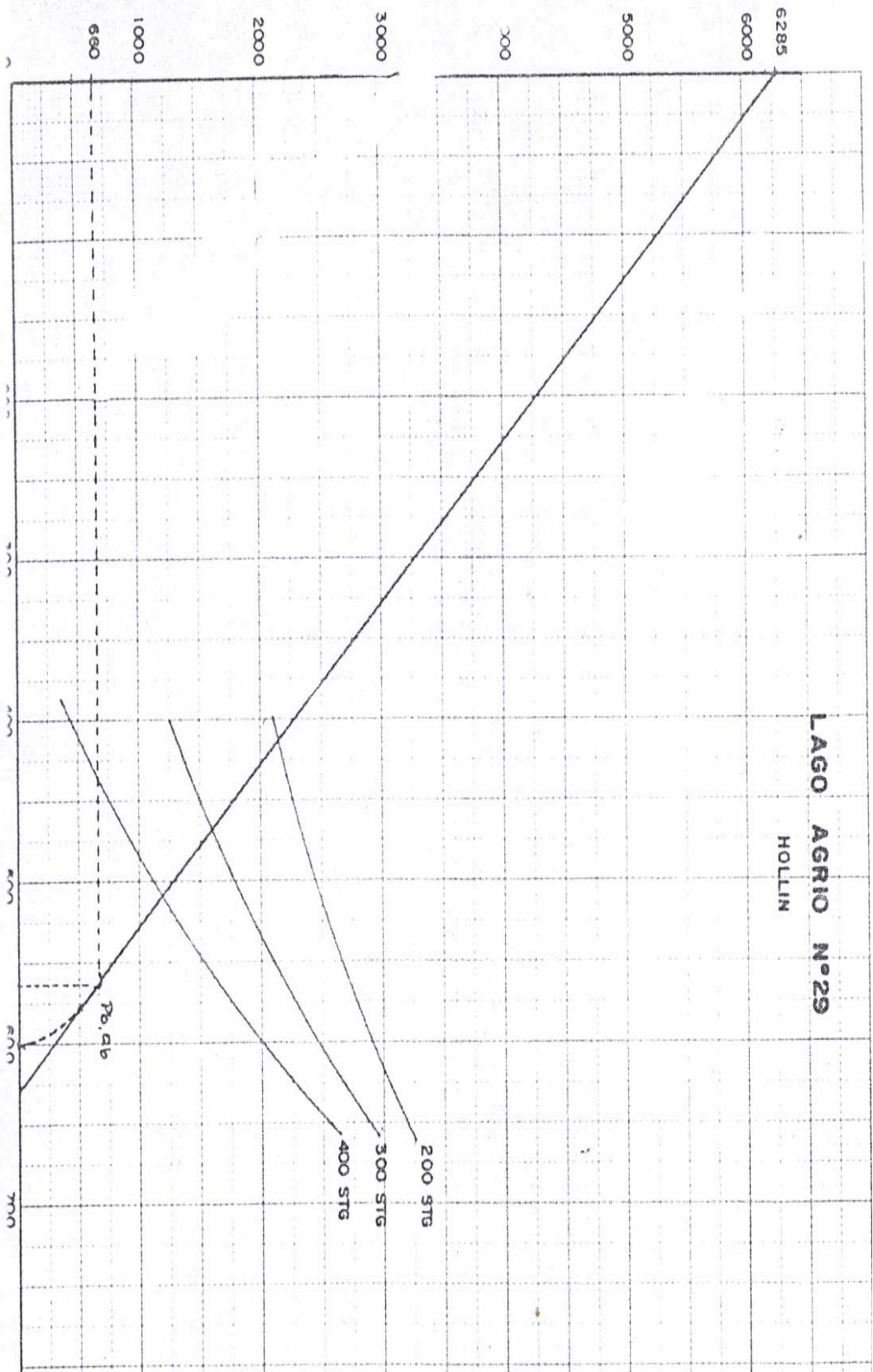
| P = h | 2.7/8 | 3.1/2 | 4" |
|-------|-------|-------|------|
| 2000 | — | — | — |
| 3000 | — | 4160 | 4080 |
| 4000 | 4580 | 4350 | 4160 |
| 5000 | 4970 | 4500 | 4250 |
| 6000 | — | — | — |
| 120 | — | — | — |
| 130 | — | — | — |



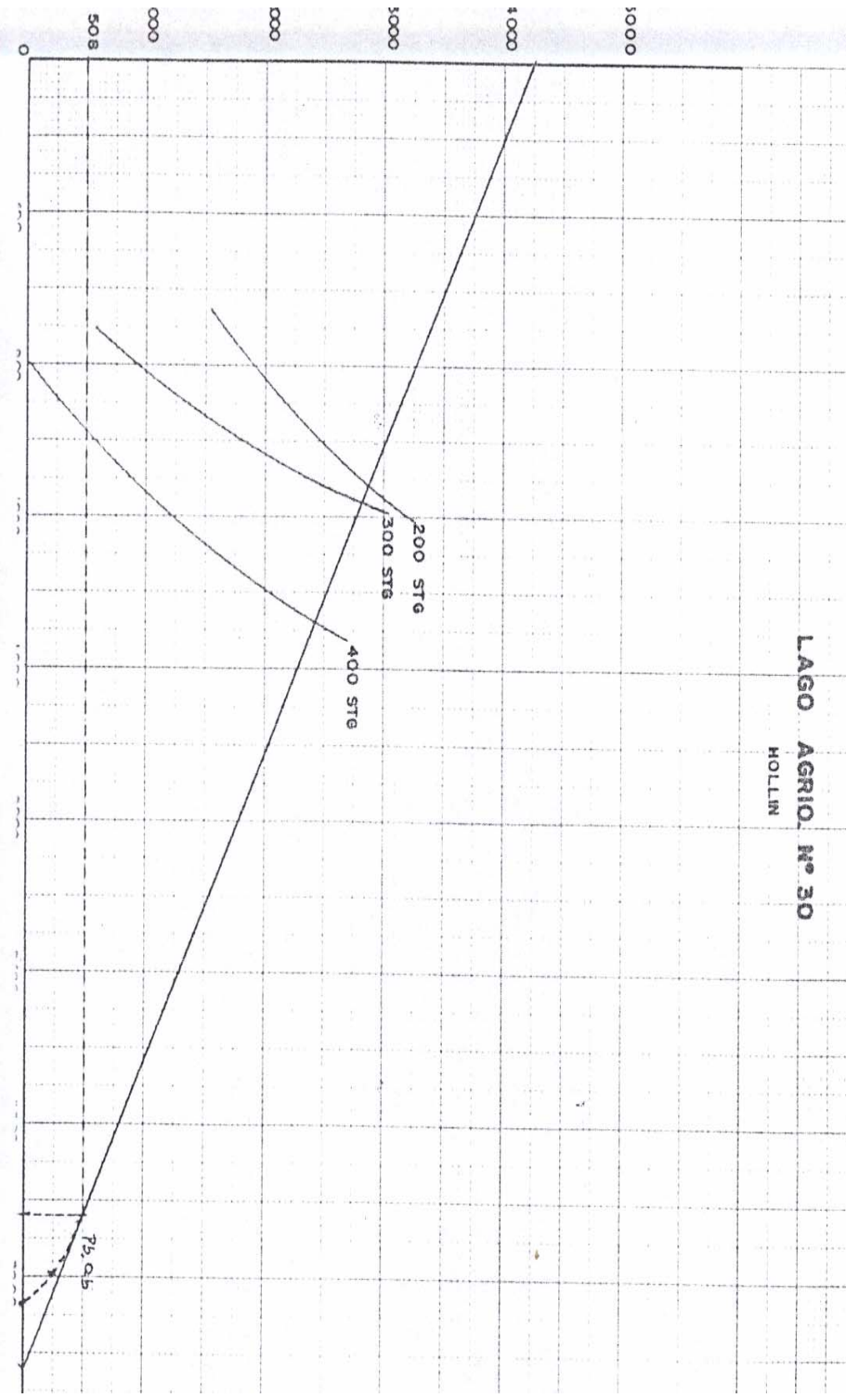
LAGO AGRIO N° 27
HOLLIN



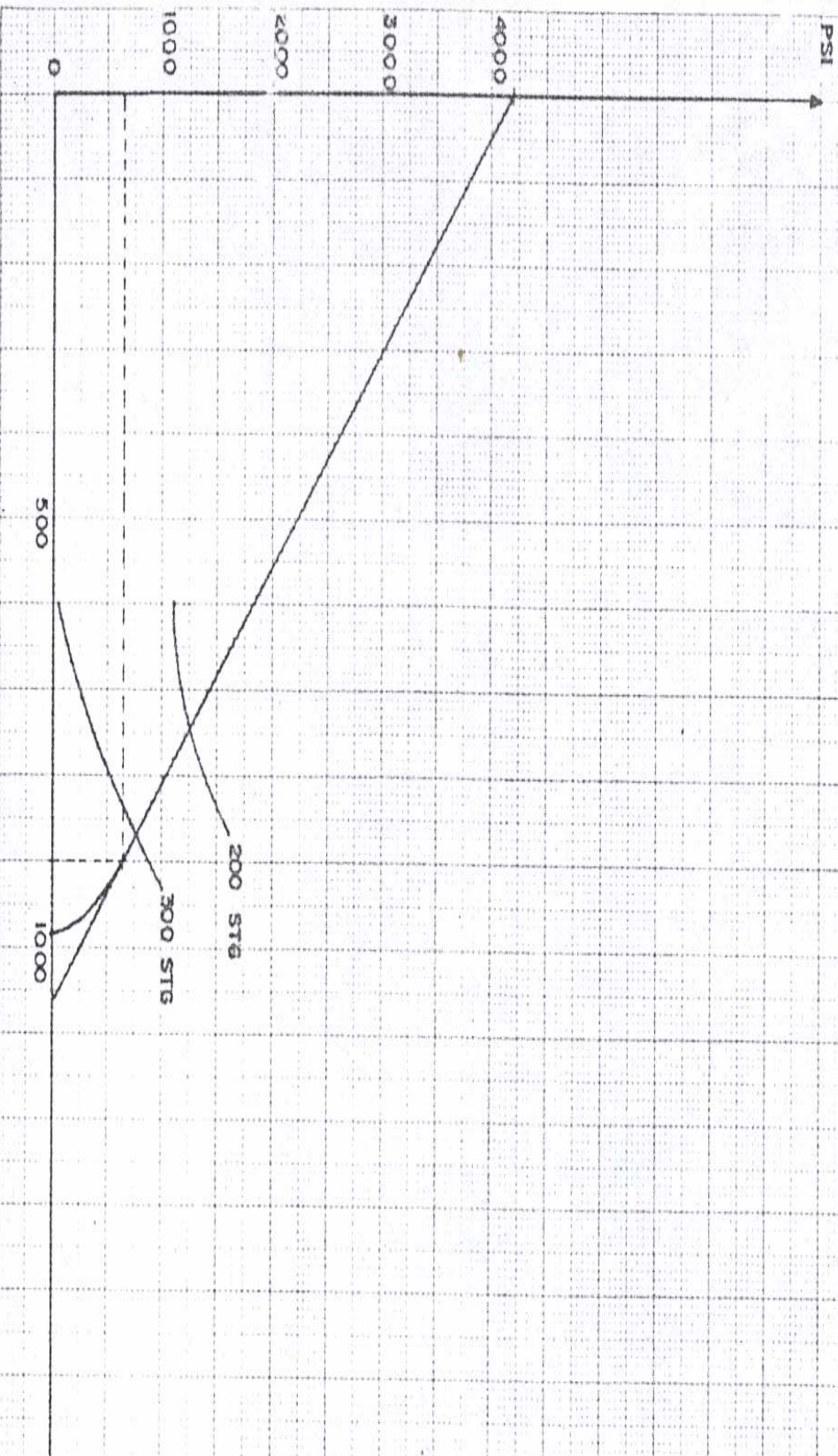
LAGO AGRIO N°29
HOLLIN



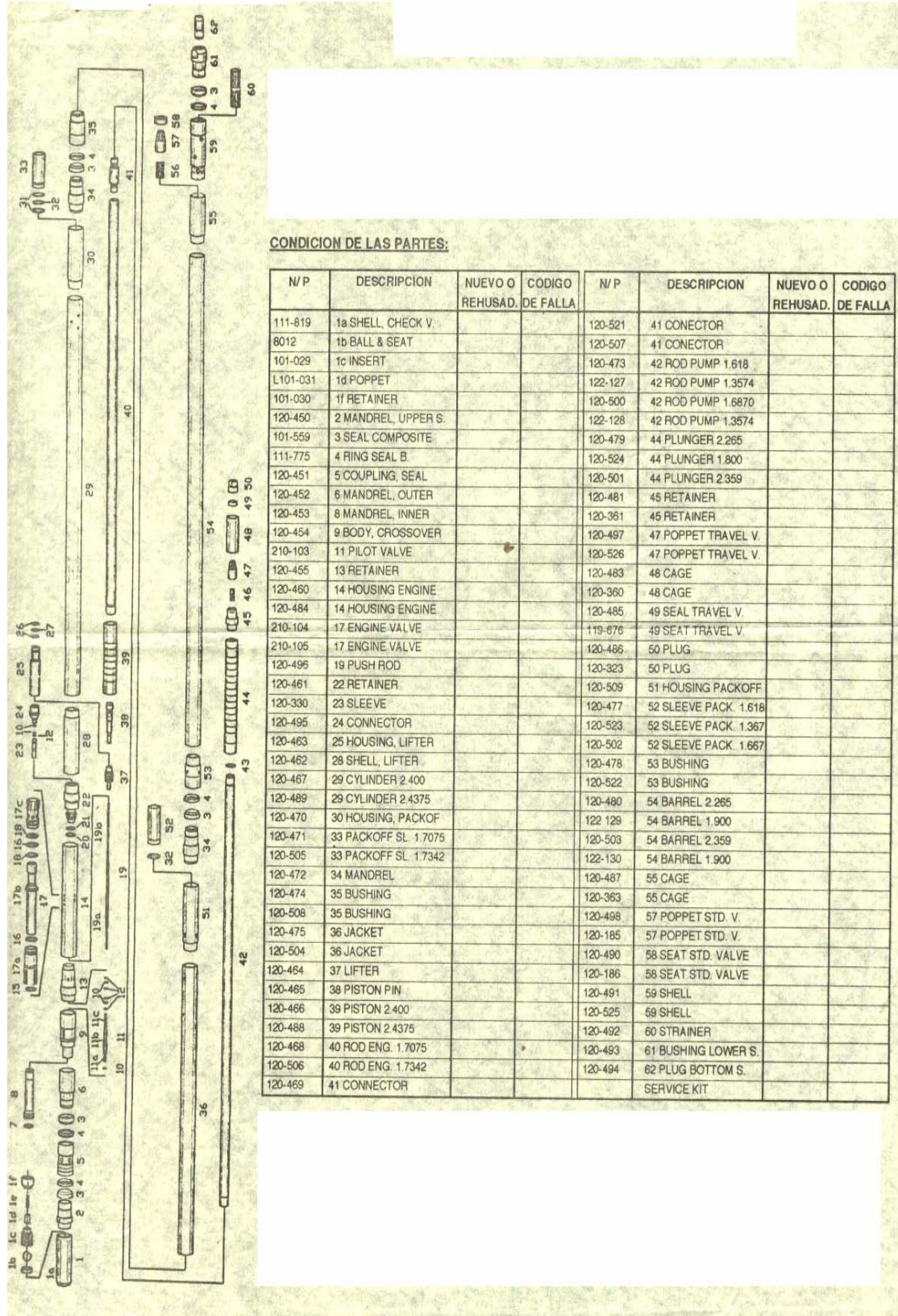
LAGO AGRIO, N.º 30
HOLLIN



LAGO AGRIO N° 32
HOLLIM
Pw(500) = 928



ANEXO #3



CONDICION DE LAS PARTES:

| N/ P | DESCRIPCION | NUEVO O REHUSAD. | CÓDIGO DE FALLA | N/ P | DESCRIPCION | NUEVO O REHUSAD. | CODIGO DE FALLA |
|----------|----------------------|------------------|-----------------|---------|----------------------|------------------|-----------------|
| 111-819 | 1a SHELL, CHECK V. | | | 120-521 | 41 CONECTOR | | |
| 8012 | 1b BALL & SEAT | | | 120-507 | 41 CONECTOR | | |
| 101-029 | 1c INSERT | | | 120-473 | 42 ROD PUMP 1.618 | | |
| L101-031 | 1d POPPET | | | 122-127 | 42 ROD PUMP 1.3574 | | |
| 101-030 | 1f RETAINER | | | 120-500 | 42 ROD PUMP 1.6870 | | |
| 120-450 | 2 MANDREL, UPPER S. | | | 122-128 | 42 ROD PUMP 1.3574 | | |
| 101-559 | 3 SEAL COMPOSITE. | | | 120-479 | 44 PLUNGER 2.265 | | |
| 111-775 | 4 RING SEAL B. | | | 120-524 | 44 PLUNGER 1.800 | | |
| 120-451 | 5 COUPLING, SEAL | | | 120-501 | 44 PLUNGER 2.359 | | |
| 120-452 | 6 MANDREL, OUTER | | | 120-481 | 45 RETAINER | | |
| 120-453 | 8 MANDREL, INNER | | | 120-361 | 45 RETAINER | | |
| 120-454 | 9 BODY, CROSSOVER | | | 120-497 | 47 POPPET TRAVEL V. | | |
| 210-103 | 11 PILOT VALVE | | | 120-526 | 47 POPPET TRAVEL V. | | |
| 120-455 | 13 RETAINER | | | 120-483 | 48 CAGE | | |
| 120-480 | 14 HOUSING ENGINE | | | 120-360 | 48 CAGE | | |
| 120-484 | 14 HOUSING ENGINE | | | 120-485 | 49 SEAL TRAVEL V. | | |
| 210-104 | 17 ENGINE VALVE | | | 119-676 | 49 SEAT TRAVEL V. | | |
| 210-105 | 17 ENGINE VALVE | | | 120-486 | 50 PLUG | | |
| 120-496 | 19 PUSH ROD | | | 120-323 | 50 PLUG | | |
| 120-461 | 22 RETAINER | | | 120-509 | 51 HOUSING PACKOFF | | |
| 120-330 | 23 SLEEVE | | | 120-477 | 52 SLEEVE PACK 1.618 | | |
| 120-495 | 24 CONNECTOR | | | 120-523 | 52 SLEEVE PACK 1.367 | | |
| 120-463 | 25 HOUSING, LIFTER | | | 120-502 | 52 SLEEVE PACK 1.667 | | |
| 120-462 | 28 SHELL, LIFTER | | | 120-478 | 53 BUSHING | | |
| 120-467 | 29 CYLINDER 2.400 | | | 120-522 | 53 BUSHING | | |
| 120-489 | 29 CYLINDER 2.4375 | | | 120-490 | 54 BARREL 2.265 | | |
| 120-470 | 30 HOUSING, PACKOF | | | 122 129 | 54 BARREL 1.900 | | |
| 120-471 | 33 PACKOFF SL 1.7075 | | | 120-503 | 54 BARREL 2.359 | | |
| 120-505 | 33 PACKOFF SL 1.7342 | | | 122-130 | 54 BARREL 1.900 | | |
| 120-472 | 34 MANDREL | | | 120-487 | 55 CAGE | | |
| 120-474 | 35 BUSHING | | | 120-363 | 55 CAGE | | |
| 120-508 | 35 BUSHING | | | 120-498 | 57 POPPET STD. V. | | |
| 120-475 | 36 JACKET | | | 120-185 | 57 POPPET STD. V. | | |
| 120-504 | 36 JACKET | | | 120-490 | 58 SEAT STD. VALVE | | |
| 120-464 | 37 LIFTER | | | 120-186 | 58 SEAT STD. VALVE | | |
| 120-465 | 38 PISTON PIN | | | 120-491 | 59 SHELL | | |
| 120-466 | 39 PISTON 2.400 | | | 120-525 | 59 SHELL | | |
| 120-488 | 39 PISTON 2.4375 | | | 120-492 | 60 STRAINER | | |
| 120-468 | 40 ROD ENG. 1.7075 | | | 120-483 | 61 BUSHING LOWER S. | | |
| 120-506 | 40 ROD ENG. 1.7342 | | | 120-494 | 62 PLUG BOTTOM S. | | |
| 120-469 | 41 CONNECTOR | | | | SERVICE KIT | | |

ANEXO #4

ANEXO #5

ANEXO #6

| SISTEMA DE | BOMBEO | HIDRAULICO | OILMASTER |
|---|---|---|-----------|
| | TABLA | DE | |
| | | AVERIAS | |
| PROBLEMA | POSIBLES CAUSAS | SOLUCIONES | |
| A) AUMENTO REPENTINO EN LA PRESION DE OPERACION LA BOMBA CONTINUA SU CARRERA | A) EL NIVEL DEL FLUIDO DEL POZO BAJO. B) DEPOSITOS DE PARAFINA U OBSTRUCCION EN LA LINEA DEL FLUIDO MOTRIZ. EN LA LINEA DE FLUJO O EN LA VALVULA. C) BOMBEO DE MATERIAL PESADO COMO AGUA SALADA O BARRO. D) LA BOMBA EMPIEZA A FALLAR. | A) SI ES NECESARIO DISMINUYA EL BOMBEO. B) PONGA EN MOVIMIENTO EL OBTURADOR SOLUBLE, ACEITE CALIENTE O RETIRE LA OBSTRUCCION. C) MANTENGA LA BOMBA ACCIONADA, NO LA PARALICE. D) RECUPERE LA BOMBA Y REPARELA. | |
| B) AUMENTO GRADUAL EN LA PRESION DE OPERACION LA BOMBA CONTINUA SU CARRERA. | A) EL NIVEL DEL FLUIDO ESTA BAJANDO GRADUALMENTE VALVULA FIJA O FORMACION ESTAN OBSTRUIDAS. B) CRECIMIENTO LENTO DE PARAFINA. C) AUMENTO DE PRODUCCION DE AGUA. | A) LLEVAR LA BOMBA A LA SUPERFICIE Y REVISARLA. REPARE LA VALVULA FIJA. B) PONGA EN MOVIMIENTO EL TAPON SOLUBLE O ACEITE CALIENTE. C) ELEVE EL SPM DE LA BOMBA Y OBSERVE LA PRESION. | |
| C) AUMENTO REPENTINO EN LA PRESION DE OPERACION LA BOMBA NO CONTINUA LA CARRERA. | A) LA BOMBA SE DETUVO SE PEGO O SE AHOGO. B) CAMBIO REPENTINO EN LAS CONDICIONES DEL POZO QUE REQUIERE PRESION DE OPERACION EN EXCESO DE LA VALVULA DE ALIVIO DEL TRIPLEX. C) CAMBIO REPENTINO EN LA EMULSION, FLUIDO MOTRIZ, ETC. D) VALVULA CERRADA A OBSTRUCCION EN LA LINEA DE PRODUCCION. | A) AUMENTE Y DISMINUYA ALTERNADAMENTE LA PRESION. SI ES NECESARIO SACAR LA BOMBA Y VOLVER A ASENTAR LA BOMBA. SI ESTO FALLA PARA ARRANCAR LA BOMBA, RECUPERELA Y REPARELA. B) ELEVE EL ARMAZON DE LA VALVULA DE ALIVIO. C) REVISE EL SUMINISTRO DEL FLUIDO MOTRIZ. D) LOCALICELA Y CORRIJALA | |
| D) DISMINUCION REPENTINA EN LA PRESION DE OPERACION. LA BOMBA CONTINUA SU CARRERA. (LA VELOCIDAD PUEDE ESTAR AUMENTADA O REDUCIDA). | A) AUMENTO DEL NIVEL DE FLUIDO - AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE LA BOMBA. B) FALLA DE LA UNIDAD DE PRODUCCION DE FORMA TAL QUE UNA PARTE DEL FLUIDO MOTRIZ ES DESVIADO. | B) RECUPERE LA BOMBA Y REPARELA. | |

SISTEMA DE BOMBEO HIDRAULICO OILMASTER
 TABLA DE AVERIAS

| PROBLEMA | POSIBLES CAUSAS | SOLUCIONES |
|---|--|--|
| A) AUMENTO REPENTINO EN LA PRESION DE OPERACION LA BOMBA CONTINUA SU CARRERA | <p>A) EL NIVEL DEL FLUIDO DEL POZO BAJO.</p> <p>B) DEPOSITOS DE PARAFINA U OBSTRUCCION EN LA LINEA DEL FLUIDO MOTRIZ. EN LA LINEA DE FLUJO O EN LA VALVULA.</p> <p>C) BOMBEO DE MATERIAL PEGADO COMO AGUA SALADA O BARRO.</p> <p>D) LA BOMBA EMPIEZA A FALLAR.</p> | <p>A) SI ES NECESARIO DISMINUYA EL BOMBEO.</p> <p>B) PONGA EN MOVIMIENTO EL OBTURADOR SOLUBLE, ACEITE CALIENTE O RETIRE LA OBSTRUCCION.</p> <p>C) MANTENGA LA BOMBA ACCIONADA, NO LA PARALICE.</p> <p>D) RECUPERE LA BOMBA Y REPARELA.</p> |
| B) AUMENTO GRADUAL EN LA PRESION DE OPERACION LA BOMBA CONTINUA SU CARRERA. | <p>A) EL NIVEL DEL FLUIDO ESTA BAJANDO GRADUALMENTE VALVULA FIJA O FORMACION ESTAN OBSTRUIDAS.</p> <p>B) CRECIMIENTO LENTO DE PARAFINA.</p> <p>C) AUMENTO DE PRODUCCION DE AGUA.</p> | <p>A) LLEVAR LA BOMBA A LA SUPERFICIE Y REVISARLA. REPARE LA VALVULA FIJA.</p> <p>B) PONGA EN MOVIMIENTO EL TAPON SOLUBLE O ACEITE CALIENTE.</p> <p>C) ELEVE EL SPM DE LA BOMBA Y OBSERVE LA PRESION.</p> |
| C) AUMENTO REPENTINO EN LA PRESION DE OPERACION LA BOMBA NO CONTINUA LA CARRERA. | <p>A) LA BOMBA SE DETUVO SE PEGO O SE AHOGO.</p> <p>B) CAMBIO REPENTINO EN LAS CONDICIONES DEL POZO QUE REQUIERE PRESION DE OPERACION EN EXCESO DE LA VALVULA DE ALIVIO DEL TRIPLEX.</p> <p>C) CAMBIO REPENTINO EN LA EMULSION, FLUIDO MOTRIZ, ETC.</p> <p>D) VALVULA CERRADA A OBSTRUCCION EN LA LINEA DE PRODUCCION.</p> | <p>A) AUMENTE Y DISMINUYA ALTERNADAMENTE LA PRESION. SI ES NECESARIO SACAR LA BOMBA Y VOLVER A ASENTAR LA BOMBA. SI ESTO FALLA PARA ARRANCAR LA BOMBA, RECUPERELA Y REPARELA.</p> <p>B) ELEVE EL ARMAZON DE LA VALVULA DE ALIVIO.</p> <p>C) REVISE EL SUMINISTRO DEL FLUIDO MOTRIZ.</p> <p>D) LOCALICELA Y CORRIJALA</p> |
| D) DISMINUCION REPENTINA EN LA PRESION DE OPERACION. LA BOMBA CONTINUA SU CARRERA. (LA VELOCIDAD PUEDE ESTAR AUMENTADA O REDUCIDA). | <p>A) AUMENTO DEL NIVEL DE FLUIDO - AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE LA BOMBA.</p> <p>B) FALLA DE LA UNIDAD DE PRODUCCION DE FORMA TAL QUE UNA PARTE DEL FLUIDO MOTRIZ ES DESVIADO.</p> | <p>B) RECUPERE LA BOMBA Y REPARELA.</p> |

| PROBLEMA | POSIBLES CAUSAS | SOLUCIONES |
|---|---|--|
| G) AUMENTO REPENTINO O GRADUAL DEL FLUIDO MOTRIZ REQUERIDO PARA MANTENER LA VELOCIDAD DE LA BOMBA. BAJA EFICIENCIA DEL MOTOR. | A) DESGASTE DEL MOTOR. B) FUGA EN LOS TUBULARES - EN LA TUBERIA DEL FLUIDO MOTRIZ, EN LA CAVIDAD, SELLOS O LINEA DE SUPERFICIE DEL FLUIDO MOTRIZ. | A) RECUPERE LA BOMBA Y REPARELA. B) LOCALICELA Y REPARELA. |
| H) CARRERAS ERRATICAS A PRESIONES QUE VARIAN AMPLIAMENTE. | A) CAUSADO POR FALLA O BLOQUEO DEL MOTOR. | A) RECUPERE LA BOMBA Y REPARELA. |
| I) CARRERA "BOMBEO ABAJO" EN LUGAR DE "BOMBEO ARRIBA". | A) POZO NO ESTA FLUYENDO BOMBA CON VELOCIDAD AUMENTADA. B) ENTRADA DE LA BOMBA O EQUIPO POZO ABAJO BLOQUEADO. C) LA BOMBA FALLA (BOLA Y ASIENTOS) D) LA BOMBA MANEJA GAS LIBRE. | A) DISMINUYA LA VELOCIDAD DE LA BOMBA. CONSIDERE EL CAMBIO POR UN EXTREMO DE BOMBA MAS PEQUENO. B) RECUPERELA Y LIMPIELA. SI ES EN EL EQUIPO POZO ABAJO, HALE LA VALVULA FIJA Y LIMPIELA MUY BIEN. C) RECUPERELA Y REPARELA. |
| J) PARECE QUE EL SISTEMA ESTA PERDIENDO FLUIDO. | A) EL SISTEMA NO ESTABA LLENO DE PETROLEO CUANDO LA BOMBA ARRANCO DEBIDO A LA PRESENCIA DE AGUA EN LA TUBERIA EN "U" DEL ANULUS DESPUES DE CIRCULARLA, EL POZO ESTA FLUYENDO O LA VALVULA ESTA FILTRANDO. B) MEDIDORES O MEDIDAS INEXACTAS. C) FUGA EN UNA VALVULA DE FLUIDO MOTRIZ, LINEA DE PRODUCCION U OBTURADOR. D) EFECTO DEL GAS EN LA MEDICION DE PRODUCCION | A) SIGA LLENANDO EL SISTEMA. SI NO SE CORRIGE ENTONCES RECUPERE LA BOMBA. SI LA BOMBA SUBIO LENTAMENTE Y LOS TAZONES PARECEN ESTAR EN BUEN ESTADO ENTONCES RECUPERE LA VALVULA FIJA. B) REVISAR LOS MEDIDORES Y REPARARLOS SI ES NECESARIO. C) LOCALICELA Y REPARELA. D) MEJORAR LA SEPARACION DEL GAS. |
| K) EL POZO NO PRODUCE. a) AUMENTO DE LA PRESION MIENTRAS LA BOMBA CONTINUA LA CARRERA. b) PERDIDA DE PRESION MIENTRAS LA BOMBA CONTINUA LA CARRERA. | A) TAPONAMIENTO EN EL MOTOR. LINEA DE FLUJO OBSTRUIDA. BARRA DEL MOTOR ROTA O SUCCION OBSTRUIDA. B) GOTEO EN LA VALVULA FIJA. FUGA EN EL TUBULAR. | A) RECUPERE LA UNIDAD Y REPARELA. LOCALICE LA RESTRICCION EN LA LINEA DE FLUJO. SAQUE LA VALVULA FIJA. B) SAQUE LA VALVULA FIJA. REVISE LOS TUBULARES. |

BOMBAS DE SUPERFICIE "OILMASTER"

TABLA DE AVERIAS

| I) GOLPETEO U OBSTRUCCION EN POSIBLES CAUSAS | EL EXTREMO HIDRAULICO, TUBERIA SOLUCIONES |
|--|--|
| LA LINEA DE SUCCION RESTRINGIDA POR: A) MUGRE, CONCHAS, ETC. | LOCALICELA Y RETIRELA. |
| B) VALVULA CERRADA PARCIALMENTE EN LA LINEA DE SUCCION. | LOCALICELA Y CORRIJALA. |
| C) LOS MEDIDORES, FILTROS, LAS VALVULAS CHECK SON DE ABERTURA NO COMPLETA. HAY VALVULAS DE CIERRE U OTRAS RESTRICCIONES. | VUELVA A TRABAJAR LA LINEA DE SUCCION PARA ELIMINARLO. |
| D) DOBLECES CERRADOS A 90 GRADOS O "T" CIEGAS A 90 GRADOS. | VUELVA A TRABAJAR LA LINEA DE SUCCION PARA ELIMINARLO. |
| EL AIRE ENTRA A LA LINEA DE SUCCION A TRAVES DEL VASTAGO DE UNA VALVULA. | APRIETE O VUELVA A OBTURAR EL VASTAGO DE LA VALVULA QUE ESTA FUGANDO. |
| EL AIRE ENTRA A LA LINEA DE SUCCION A TRAVES DE UNA CONEXION FLOJA O UNA TUBERIA MAL COLOCADA. | LOCALICELA Y CORRIJALA. |
| AIRE O VAPOR ATRAPADO EN LA SUCCION. | LOCALICELO Y REPARELO AL ENDEREZAR LA LINEA, DANDOLE SUFICIENTE DECLIVE QUE LE PERMITA SALIR Y PREVENIR QUE LE VUELVA A SUCEDER. |
| NIVEL DEL FLUIDO BAJO. | AUMENTE EL NIVEL DE SUMINISTRO E INSTALE UN SWITCHE DE PARALIZACION POR NIVEL BAJO AUTOMATICO. |
| AMORTIGUADOR DE SUCCION NO OPERA. | INSPECCIONELO Y REPARELO SEGUN LO REQUERIDO. |
| LAS VALVULAS DE LA BOMBA GASTADAS O RESORTE ROTO. | INSPECCIONELOS Y REPARELOS SEGUN SEA REQUERIDO. |
| GAS O AIRE PRESENTE EN EL FLUIDO. | COLOQUE UN SEPARADOR DE GAS O UN DEPURADOR PARA EL FLUIDO. |
| LINEA DE SUCCION DIMENSIONADA INADECUADAMENTE. | REEMPLACELA POR UNA LINEA DE SUCCION INDIVIDUAL DEL TAMAÑO SUFICIENTE PARA LOS VOLUMENES. |

FUGA DE PRESION EN LA VALVULA DE ALIVIO Y EL RETORNO HA SIDO PUESTO EN LA TUBERIA DE LA SUCCION DE LA BOMBA.

EL TUBO DE PASO VUELVE A ENTRAR A LA SUCCION.

EMBOLO ROTO

PASADOR DE LA CRUSETA GASTADO O BARRA CONECTORA.

II. GOLPETEO EN EL EXTREMO DE POTENCIA.

PASADOR DE LA CRUSETA O BARRA CONECTORA GASTADA.

RODAMIENTOS PRINCIPALES GASTADOS.

EMBOLO FLOJO - BARRA INTERMEDIA - CONEXION DE CRUSETAS.

III. DESGASTE O FALLA RAPIDO DE LA VALVULA.

CAVITACION.

CORROSION.

ABRASIVOS EN EL FLUIDO

REPARA LA VALVULA Y VUELVA A TRABAJAR LA TUBERIA PARA REGRESAR AL TANQUE DE SUMINISTRO - NO A LA LINEA DE SUCCION.

VUELVA A TRABAJARLO PARA REGRESAR EL FLUIDO DESVIADO AL TANQUE DE SUMINISTRO - NO A LA LINEA DE SUMINISTRO.

INSPECCIONELO AL GIRAR LA BOMBA CON LA MANO Y REEMPLACELO SI ES REQUERIDO.

LOCALICELO Y REEMPLACELO DE ACUERDO A LO REQUERIDO.

LOCALICELO Y REEMPLACELO SEGUN SEA REQUERIDO. REVISE LA CALIDAD Y NIVEL DEL ACEITE

REEMPLACELOS SEGUN SEA REQUERIDO. REVISE LA CALIDAD Y NIVEL DEL ACEITE.

INSPECCIONELO DE DANOS - REEMPLACELO SEGUN LO REQUERIDO Y APRIETE.

CAUSA PREDOMINANTE DE UNA VIDA CORTA UTIL DE LA VALVULA Y SIEMPRE ES EL RESULTADO DE CONDICIONES DE SUCCION DEFICIENTES.

ESTA SITUACION PUEDE SER CORREGIDA SIGUIENDO LAS RECOMENDACIONES APROPIADAS SEGUN LO LISTADO BAJO EL NUMERO I.

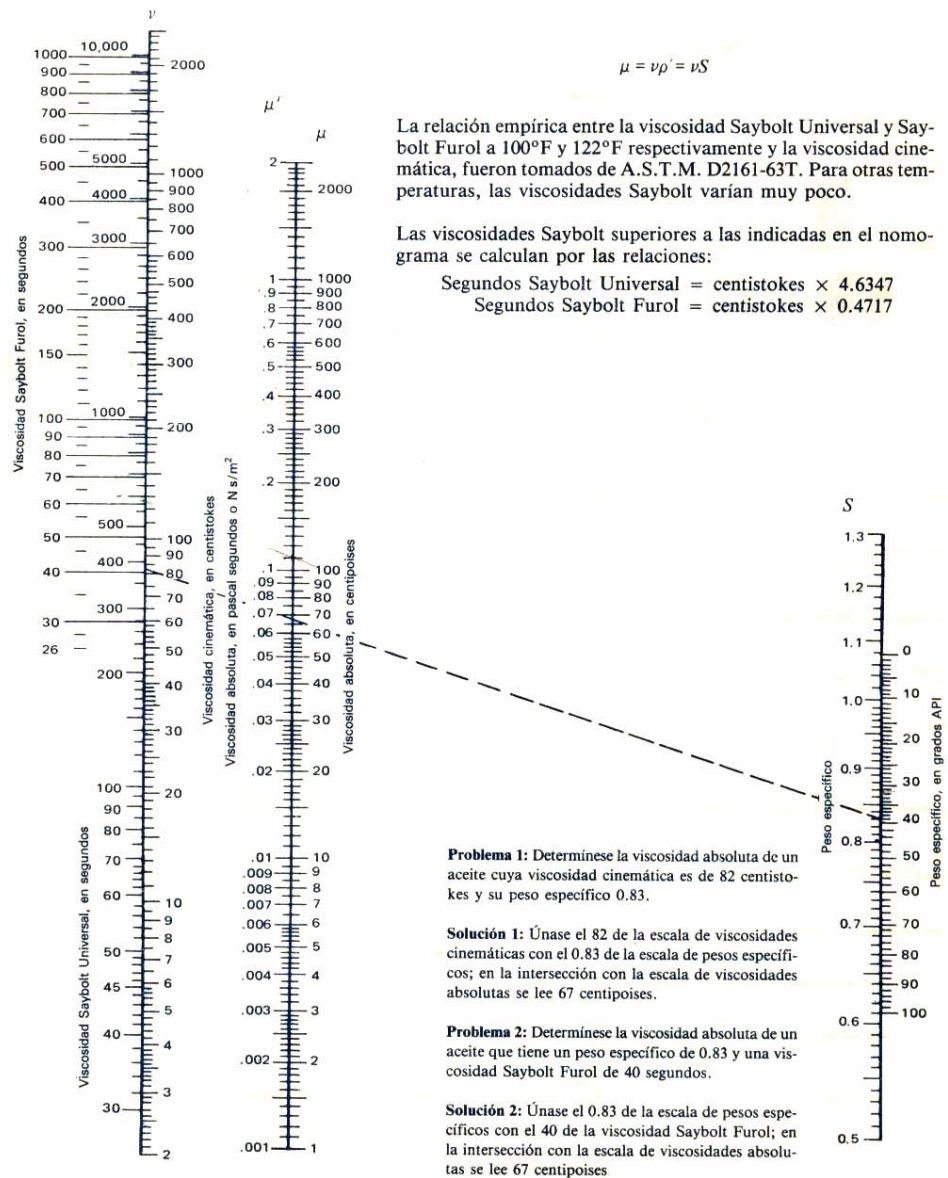
TRATE EL FLUIDO DE ACUERDO A LO REQUERIDO.

REMUEVA LOS SOLIDOS.

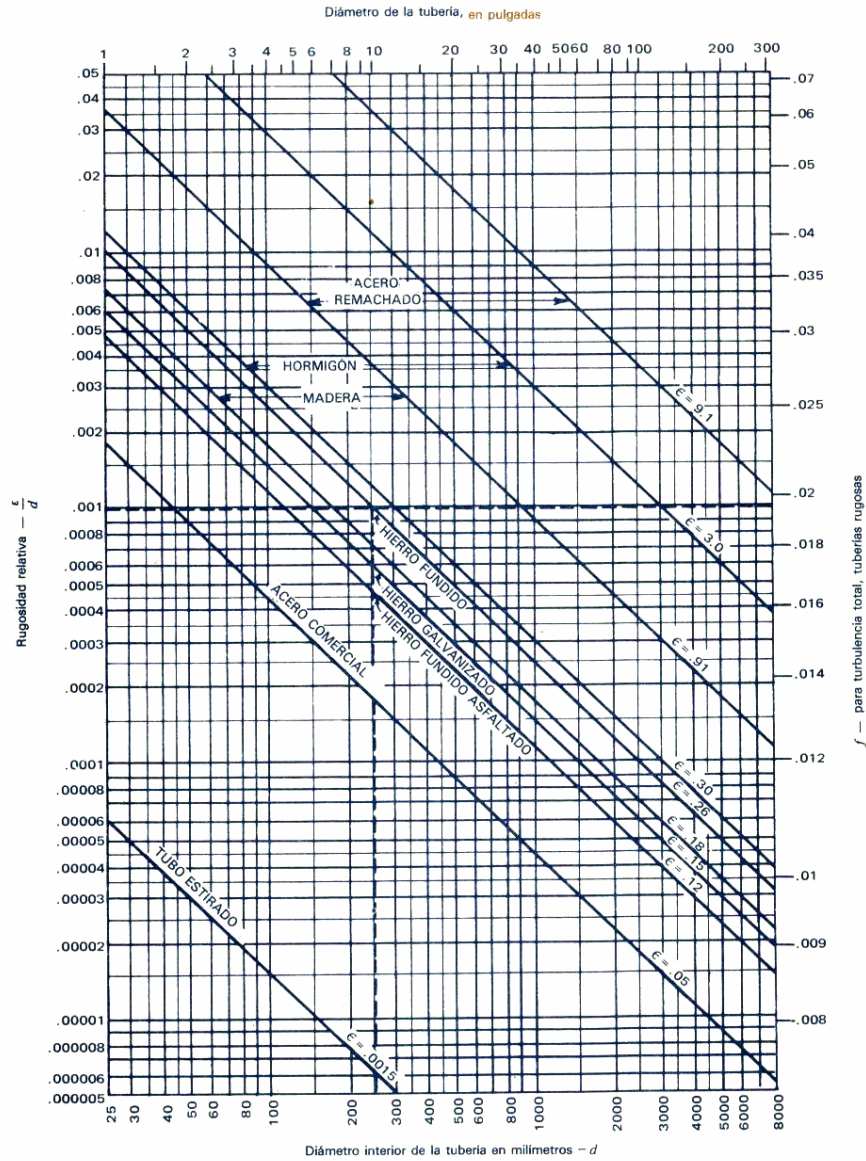
| | |
|--|--|
| V. VOLUMEN O PRESION | REDUCIDA. |
| DESVIACION DEL FLUIDO. | LOCALICELA Y CORRIJALA. |
| AIRE EN LA SALIDA DEL FLUIDO DEL TRIPLEX. | SANGRARLO. |
| MEDIDORES O INDICADORES DE PRESION INEXACTOS. | REVISELOS Y CORRIJALOS. |
| CAVITACION EN LA SUCCION DE LA BOMBA DEBIDO A ACOPLAMIENTO INADECUADO, RESTRICCIÓN EN LA SUCCION O PRESENCIA DE GAS. | LOCALICELO Y CORRIJALO. |
| DESGASTE DE ROMPIMIENTO DE VALVULA. | REEMPLACELA |
| DESGASTE DE EMBOLOS Y REVES- TIDORES. | REEMPLACELOS |
| VELOCIDAD DEL GENERADOR DE ENERGIA REDUCIDA DEBIDO A CARGA AUMENTADA, COMBUSTIBLE U OTRAS CONDICIONES. | DETERMINE LA CAUSA Y CORRIJALA ESTA PRESION AUMENTADA PUEDE SER DEBIDA A LA PARAFINA, CAMBIO EN LA TEMPERATURA, ETC. |

ANEXO #7

Equivalencias entre viscosidades cinemática, Saybolt Universal, Saybolt Furol y absoluta



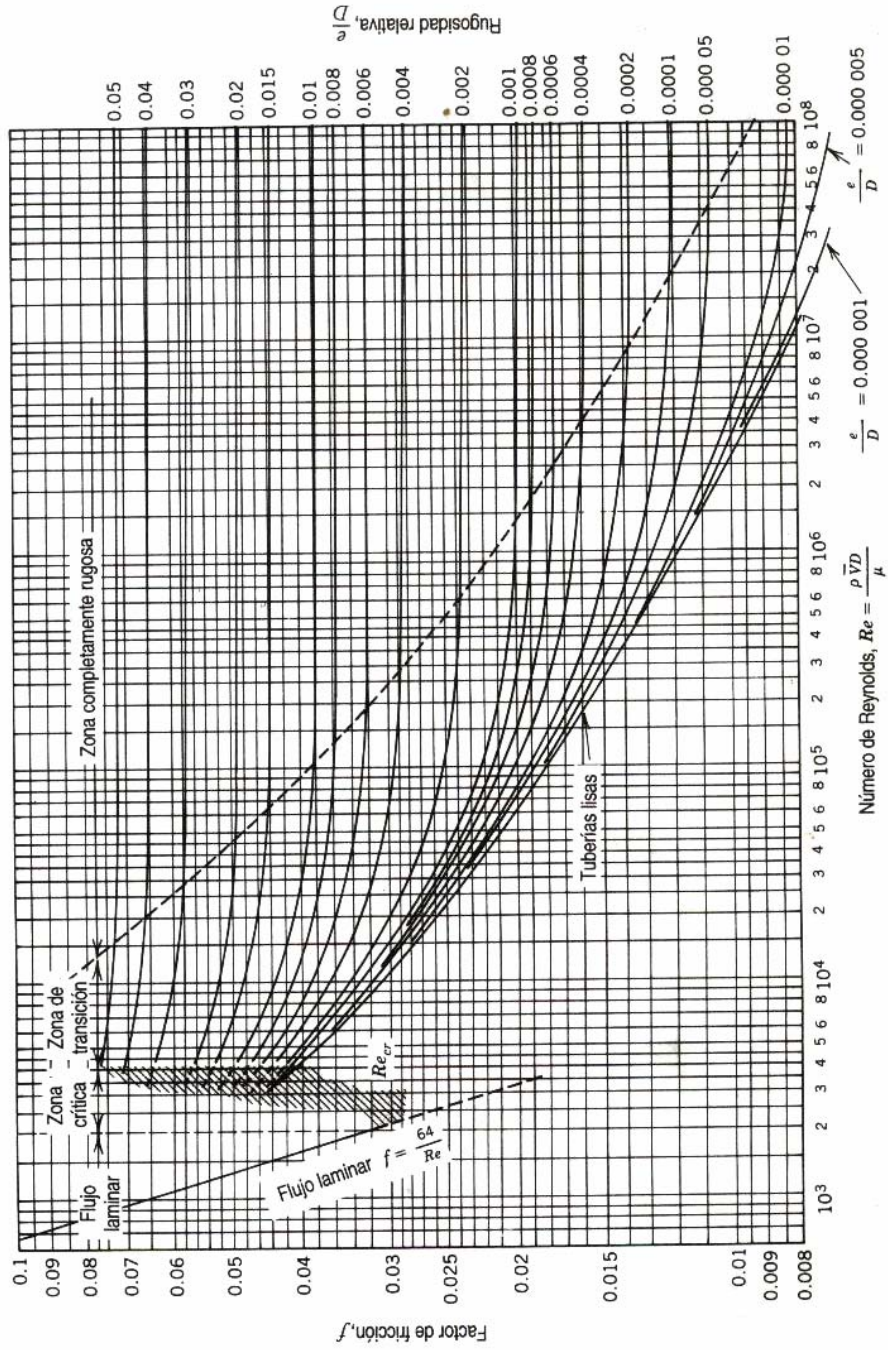
Rugosidad relativa de los materiales de las tuberías y factor de fricción para flujo en régimen de turbulencia total



(La rugosidad absoluta ϵ en milímetros)

Adaptación de datos extraídos de la referencia 18 de la Bibliografía.

Problema: Determinense las rugosidades absoluta y relativa y el factor de rozamiento para flujo en turbulencia total, en una tubería de hierro fundido de 250 mm de diámetro interior.
Solución: La rugosidad absoluta (ϵ) = 0.26... Rugosidad relativa (ϵ/d) = 0.001
 ...Factor de fricción para flujo en régimen de turbulencia total (f) = 0.0196





PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR

EL ECUADOR HA SIDO, ES
Y SERA PAIS AMAZONICO

FACILIDADES DE PRODUCCIÓN

ESTACION LAGO AGRIO CENTRAL

DESCRIPCION GENERAL:

Producción Neta de Petróleo: 2.700 BPD
Producción de agua: 600 BPD
Tanque de Lavado: 14.688 Bls.
Tanque de Reposo: 15.100 Bls.
Separador de Prueba (1): 10.000 Bls.
Separador de Producción (1): 15.000 Bls.
Bombas de Transferencia: Cantidad: 2
Marca: DURCO
Rata bombeo: 8.4BPM
A.O. SMITH
Contador (2): A.O. SMITH

Contadores para fiscalizar el petróleo entregado al SOTE: 3 marca A.O. SMITH.

Dos puntos de Fiscalización: Area Libertador
Area Auca, Sacha y Shushufindi.

LINEAS DE POWER OIL.

| ORIGEN | POZO | # | TIPO | LONG (M) | EXT. |
|--------|------|-----|------|----------|-------|
| MATRIZ | LAGO | 27 | 1. | 59 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 27 | 1. | 471 | 4-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 38 | 1. | 1310 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 38 | 1. | 600 | 3-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 4 | | | |
| MATRIZ | LAGO | 9 A | | | |
| MATRIZ | LAGO | 22 | | | |
| MATRIZ | LAGO | 27 | | | |
| MATRIZ | LAGO | 34 | | | |
| MATRIZ | LAGO | 38 | | | |
| MATRIZ | LAGO | 39 | | | |

TUBERIA PVC ENTERRADA PARA EL TRANSPORTE DE AGUA.

CAMPO: Lago Central – Lago Norte
DIAMETRO: 6"
ESPECIFICACION: 145 psi.
DISTANCIA: 5.200 m.



PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR

EL ECUADOR HA SIDO, ES
Y SERA PAIS AMAZONICO

BOMBAS BOOSTER / TRANSFERENCIA

DURCO 2K 2X1X10A/93 RV
N. SERIE 402877
POTENCIA: BALDOR 30 HP - 3525 RPM

DURCO 2K 2X1X10A/93 RV
N. SERIE: 402876
POTENCIA: BALDOR 30 HP - 3525 RPM.

CENTRALES DE GENERACION PARA SISTEMA INTERCONECTADO.

TURBINA: 2 TA - 1.750
POTENCIA INSTALADA (KW): 2.000
POTENCIA DISPONIBLE (KW): 1.400

TURBINA: 1 TB - 5.000
POTENCIA INSTALADA (KW): 3.000
POTENCIA DISPONIBLE (KW): 2.500

CAPACIDAD MAXIMA (KW): 3.954

SUBESTACION DE TRANSMISION 24.5 / 69 KV

TRANSFORMADOR: 1
POTENCIA (MVA): 5
DISYUNTOR (SF-6): 1

SUBESTACION DE DISTRIBUCION 13.8 KV.

TRANSFORMADOR: 2
POTENCIA (MVA): 4
RECONECTADOR Y
DISYUNTOR (SF-6): 7

LINEA DE DISTRIBUCION:

VOLTAJE (KV): 13.8
LONGITUD (KM): 37.0

SISTEMA DE DISTRIBUCION:

VOLTAJE (KV): 4.16
LONGITUD (KV): 4.36

POZOS:

| POZO | NOMBRE | TIPO | LONGITUD | TAMAÑO |
|------|--------------|---------|----------|--------|
| 4 | LAGO CENTRAL | BH | | |
| 6 | LAGO CENTRAL | BM | 400 | 4-1/2 |
| 9 A | LAGO CENTRAL | BH | | |
| 10 | LAGO CENTRAL | CERRADO | | |
| 11 A | LAGO CENTRAL | CERRADO | 850 | 4-1/2 |



EL ECUADOR HA SIDO, ES
Y SERA PAIS AMAZONICO

PETROPRODUCCION

HILAL DE PETROECUADOR

| | | | | |
|------|--------------|---------|-------|-------|
| 11 A | LAGO CENTRAL | CERRADO | 2310 | 6-5/8 |
| 13 | LAGO CENTRAL | BH | 730 | 4-1/2 |
| 21 | LAGO CENTRAL | CERRADO | 1310 | 3-1/2 |
| 21 | LAGO CENTRAL | CERRADO | 325 | 4-1/2 |
| 22 | LAGO CENTRAL | BH | 1400 | 4-1/2 |
| 22 | LAGO CENTRAL | BH | 1125 | 4-1/2 |
| 26 | LAGO CENTRAL | CERRADO | 30 | 4-1/2 |
| 26 | LAGO CENTRAL | CERRADO | 2237 | 6-5/8 |
| 27 | LAGO CENTRAL | BH | 180 | 4-1/2 |
| 27 | LAGO CENTRAL | BH | 370 | 6-5/8 |
| 34 | LAGO CENTRAL | BH | 1555 | 4-1/2 |
| 34 | LAGO CENTRAL | BH | 930 | 6-5/8 |
| 38 | LAGO CENTRAL | BH | 1369 | 4-1/2 |
| 39 | LAGO CENTRAL | BH | ----- | 4-1/2 |

ESTACION LAGO AGRIO NORTE

DESCRIPCION GENERAL:

| | |
|---|---------------------|
| Producción Neta de Petróleo: | 2.500 BPD |
| Producción de Agua | 1.800 BPD |
| Tanque de Lavado: | 24.676 Bls. |
| Tanque de Reposo: | 12.086 Bls. |
| Separador de Prueba (1): | 10.000 Bls. |
| Separador de Producción (2): | 15.000 Bls. |
| Bombas de Transferencia: | Cantidad: 2 |
| | Marca: DURCO |
| | Rata bombeo: 8.4BPM |
| Contador (2): | A.O. SMITH |
| Línea de Transferencia: | 6-5/8" |
| Producción se envía a los tanques del SOTE. | |

OLEODUCTO SECUNDARIO Y LINEA DE TRANSFERENCIA.

Lago Norte – Lago Agrio: 5.88' m. Tubería de 6-5/8"

LINEA DE ACERO EN LOS PROYECTOS DE REINYECCION DE AGUA.

POZO: LAGO 16B
DIAMETRO: 6-5/8"
ESPECIFICACION: Célula 80
DISTANCIA:

BOMBAS DE INYECCION.

HORIZONTAL REDA GN3200 – 169 ETAPAS
N. SERIE 273-93
POTENCIA: TOSHIBA (ELECTRICO) 250 HP.

HORIZONTAL REDA GN3200 – 169 ETAPAS
N. SERIE 274-93



PETROPRODUCCION
 FILIAL DE PETROEQUADOR
 POTENCIA:

EL ECUADOR HA SIDO, ES
 Y SERA PAIS AMAZONICO

TOSHIVA (ELECTRICO) 250 HP.

BOMBAS BOOSTER / TRANSFERENCIA

DURCO 2K 4X3X10/94 RV
 N. SERIE 402874
 POTENCIA: BALDOR 15 HP – 1800 RPM

DURCO 2K 4X1310/94 RV
 N. SERIE: 402875
 POTENCIA: BALDOR 15 HP – 1800 RPM.

LINEAS DE POWER OIL.

| ORIGEN | POZO | # | TIPO | LONG (M) | EXT. |
|---------------|------|----|------|-------------|-------|
| MATRIZ | LAGO | 1 | I. | 74 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 1 | I. | 471 | 4-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 13 | I. | 1310 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 13 | I. | 600 | 3-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 13 | I. | 26 | 6-5/8 |
| MATRIZ | LAGO | 17 | I. | 15 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 17 | I. | 795 | 4-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 23 | I. | 50 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 23 | I. | 1690 | 4-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 30 | I. | 66 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 30 | M. | 318 | 4-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 30 | M. | 1211 | 6-5/8 |
| MATRIZ | LAGO | 30 | M. | 60 | 8-5/8 |
| MATRIZ | LAGO | 35 | I. | 75 | 2-3/8 |
| MATRIZ | LAGO | 35 | I. | 470 | 4-1/2 |
| MATRIZ | LAGO | 37 | I. | | |
| TOTAL: | | | | 6561 | |

LINEAS DE GAS

| ORIGEN | # | TIPO | LONG. (m) | EXT. |
|-------------------|---|------|--------------|-------|
| L.Norte – Lago C. | | C | 5.380 | 3-1/2 |
| L.Norte – Lago C. | | C | 50 | 4-1/2 |
| TOTAL: | | | 5.430 | |

SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

MOTOR: PERKINS
 BOMBA DE AGUA: PEERLES
 400 GPM – 150 PSI.
 BOMBA ESPUMA: 30 GPM – 205 PSI.



PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR

Y SERA PAIS AMAZONICO

TANQUE DE AGUA: 1.000 BLS.

BOMBA DE CAPTACION: NO TIENE.

POZOS:

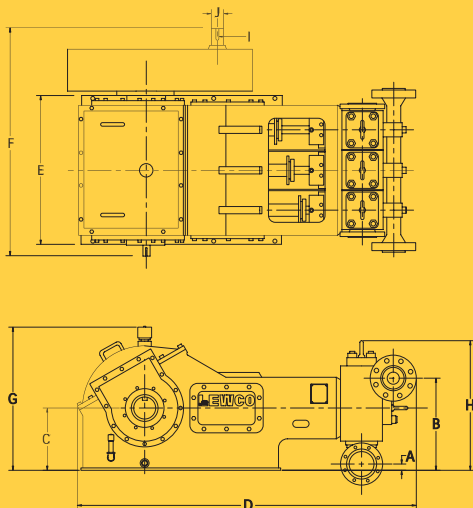
| POZO | NOMBRE | TIPO | LONGITUD | TAMAÑO |
|-------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|
| 1 | LAGO NORTE | BH | 60 | 4-1/2 |
| 1 | LAGO NORTE | BH | 1010 | 6-5/8 |
| 2 | LAGO NORTE | BE | 2250 | 4-1/2 |
| 3 | LAGO NORTE | CERRADO | 3167 | 4-1/2 |
| 11 A | LAGO NORTE | BH | 2900 | 3-1/2 |
| 11 B | LAGO NORTE | CERRADO | 129 | 4-1/2 |
| 17 | LAGO NORTE | BH | 1285 | 3-1/2 |
| 17 | LAGO NORTE | BH | 125 | 4-1/2 |
| 18 | LAGO NORTE | BH | 160 | 4-1/2 |
| POZO | NOMBRE | TIPO | LONGITUD | TAMAÑO |
| 18 | LAGO NORTE | BH | 1505 | 6-5/8 |
| 23 | LAGO NORTE | CERRADO | 250 | 4-1/2 |
| 23 | LAGO NORTE | CERRADO | 1650 | 6-5/8 |
| 24 | LAGO NORTE | BH | 160 | 4-1/2 |
| 24 | LAGO NORTE | BH | 1380 | 6-5/8 |
| 28 | LAGO NORTE | BH | 210 | 4-1/2 |
| 29 | LAGO NORTE | BH | 1600 | 6-5/8 |
| 29 | LAGO NORTE | BH | 240 | 4-1/2 |
| 30 | LAGO NORTE | BH | 775 | 4-1/2 |
| 30 | LAGO NORTE | BH | | |
| 31 | LAGO NORTE | CERRADO | 185 | 4-1/2 |
| 32 | LAGO NORTE | CERRADO | 1180 | 6-5/8 |
| 32 | LAGO NORTE | BE | 255 | 4-1/2 |
| 33 | LAGO NORTE | BE | 2160 | 6-5/8 |
| 33 | LAGO NORTE | CERRADO | 1930 | 4-1/2 |
| 35 | LAGO NORTE | BE | 1535 | 4-1/2 |
| 36 | LAGO NORTE | CERRADO | 2185 | 4-1/2 |
| 37 | LAGO NORTE | BH | | 4-1/2 |
| 41 | LAGO NORTE | | | |

ANEXO #8

PRODUCTION & PROCESS FACILITY PUMP MODELS & DIMENSIONS

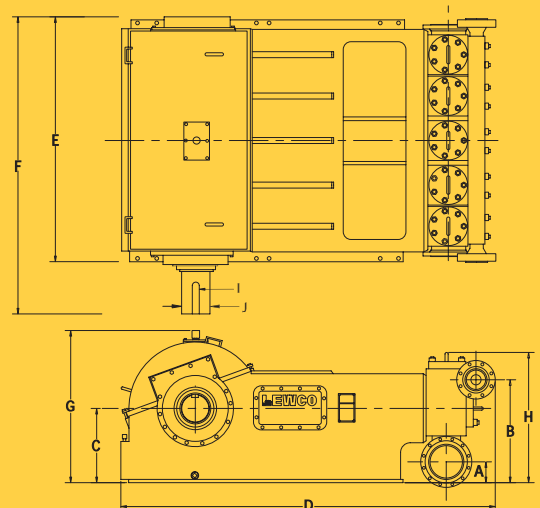
| Classification | Production & Process Facility | | | | |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------------------|--|
| | Pump Model | WP-300 | WP-444 | WQ-660 | WQ-1000 |
| Pump Type | Triplex Plunger Direct-Drive | Triplex Plunger | Quintuplex Piston/Plunger | Quintuplex Piston/Plunger | Quintuplex Piston/Plunger |
| A. Height, Floor to Center of Suction, in (mm) | TBA | 11-3/8 (288.9) | 17-3/8 (441.3) | 7-1/2 (190.5) | 6-1/2 (165.1) |
| B. Height, Floor to Center of Discharge, in (mm) | TBA | 28-1/2 (723.9) | 45-1/8 (1,146.2) | 32-3/4 (831.9) | 32-3/4 (831.9) |
| C. Height, Floor to Center of Input Shaft, in (mm) | TBA | 11-5/8 (295.3) | 12-1/2 (317.5) | 23-3/4 (603.3) | 23-3/4 (603.3) |
| D. Overall Length, in (mm) | TBA | 97-3/4 (2,482.8) | 97-1/2 (2,476.5) | 118 (2,997.2) | 123 (3,124.2) |
| E. Width Over Frame, in (mm) | TBA | 38-1/8 (968.4) | 54 (1,371.6) | 71-1/2 (1,816.1) | 71-1/2 (1,816.1) |
| F. Width Over Pinion, in (mm) | TBA | 48 (1,219.2) | 74-3/4 (1,898.6) | 93-1/4 (2,368.5) | 93-1/4 (2,368.5) |
| G. Height, Floor to Top of Gear Case, in (mm) | TBA | 43-5/8 (1,108.1) | 42 (1,066.8) | 45-3/4 (1,162.0) | 47-3/4 (1,212.9) |
| H. Height Over Fluid Cylinders, in (mm) | TBA | 38-1/4 (971.6) | 50-3/4 (1,289.1) | 40-1/4 (1,022.3) | 40-1/4 (1,022.3) |
| I. Pinion Keyway, in (mm) - Width - Depth - Length | TBA | 7/8 (22.2) 5/16 (7.9) 6-1/4 (158.8) | 1-1/2 (38.1) 3/4 (19.0) 8 (203.2) | 2 (50.8) 3/4 (19.0) 10 (254.0) | 2-1/4 (57.2) 1-1/8 (28.6) 10 (254.0) |
| J. Pinion (Input) Shaft Diameter, in (mm) | TBA | 3-3/4 (95.3) | 6 (152.4) | 8-1/4 (209.5) | 9 (228.6) |
| Max. Input HP (kW) | 300 (224) | 440 (328) | 660 (492) | 1,000 (746) | 1,200 (895) |
| Rated Pump Strokes Per Minute | 300 | 300 | 280 | 200 | 200 |
| Stroke, in (mm) | 5 (127.0) | 6 (152.4) | 7 (177.8) | 8-1/2 (215.9) | 10-1/2 (266.7) |
| Test Pressure of Standard Modules, psi (kg/cm ²) | 10,000 (703.1) | 11,250 (791.0) | 10,000 (703.1) | 10,000 (703.1) | 10,000 (703.1) |
| Internal Gear Ratio | NA | 4.58 | NA | NA | NA |
| Piston Rod API Number | NA | NA | SA-4 | SA-4 | SA-4 |
| Suction Connection, in | TBA | 6 | 6 | 8 | 10 |
| Discharge Connection Size, API 5,000 psi, in | TBA | 3/10,000 | 4/5,000 | 4/5,000 | 4/5,000 |
| Valve Pot API Number | TBA | 4 | 4 | 5 | 6 |
| Approx. Weight, Less Skid, lbs (kgs) | TBA | 7,560 (3,429) | 13,500 (6,123) | 25,480 (11,558) | 27,940 (12,673) |

TBA = To Be Advised NA = Not Applicable



WP-300

WQ-660
WQ-1000
WQ-1200



The Balance of PowerSM

PRODUCTION & PROCESS FACILITY PUMP PERFORMANCE DATA

WQ-1000 Quintuplex Piston/Plunger Model — Continuous Duty Performance Data

Stroke, in (mm): 8-1/2 (215.9)

Gear Ratio: NA

Rated HP (kW): 1,000 (746) @ 200 spm

| STROKES PER MINUTE | | | 200 | 170 | 140 | 110 | 80 | 50 |
|-------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MAXIMUM INPUT HP (kW) RATING* | | | 1,000 (746) | 850 (634) | 700 (522) | 550 (410) | 400 (298) | 250 (186) |
| LINER SIZE inches (mm) | DISCHARGE PSI (kg/cm ²) | GAL (L) PER REVOLUTION | OUTPUT GAL (L) PER MINUTE** | | | | | |
| 7 (177.8) † | 1,089 (76.6) | 7.080 (26.800) | 1,416 (5,360) | 1,204 (4,556) | 991 (3,752) | 779 (2,948) | 566 (2,144) | 354 (1,340) |
| 6-1/2 (165.1) | 1,263 (88.8) | 6.105 (23.108) | 1,221 (4,622) | 1,038 (3,929) | 855 (3,235) | 672 (2,542) | 488 (1,849) | 305 (1,155) |
| 6 (152.4) | 1,483 (104.2) | 5.202 (19.690) | 1,040 (3,938) | 884 (3,348) | 728 (2,757) | 572 (2,166) | 416 (1,575) | 260 (985) |
| 5-1/2 (139.7) | 1,765 (124.1) | 4.371 (16.545) | 874 (3,309) | 743 (2,813) | 612 (2,316) | 481 (1,820) | 350 (1,324) | 219 (827) |
| 5 (127.0) | 2,135 (150.1) | 3.612 (13.673) | 722 (2,735) | 614 (2,325) | 506 (1,914) | 397 (1,504) | 289 (1,094) | 181 (684) |
| 4-1/2 (114.3) | 2,636 (185.3) | 2.926 (11.075) | 585 (2,215) | 497 (1,883) | 410 (1,551) | 322 (1,218) | 234 (886) | 146 (554) |
| 4 (101.6) | 3,336 (234.5) | 2.312 (8.751) | 462 (1,750) | 393 (1,488) | 324 (1,225) | 254 (963) | 185 (700) | 116 (438) |
| 3-1/2 (88.9) | 4,357 (306.4) | 1.770 (6.700) | 354 (1,340) | 301 (1,139) | 248 (938) | 195 (737) | 142 (536) | 89 (335) |
| 3 (76.2) | 5,000 (351.5) | 1.300 (4.922) | 260 (985) | 221 (837) | 182 (689) | 143 (542) | 104 (394) | 65 (246) |
| 2-1/2 (63.5) | 5,000 (351.5) | 0.903 (3.418) | 181 (684) | 154 (581) | 126 (479) | 99 (376) | 72 (273) | 45 (171) |
| 2-1/4 (57.2) | 5,000 (351.5) | 0.732 (2.769) | 146 (554) | 124 (471) | 102 (388) | 80 (305) | 59 (222) | 37 (138) |
| 2 (50.8) †† | 5,000 (351.5) | 0.578 (2.188) | 116 (438) | 98 (372) | 81 (306) | 64 (241) | 46 (175) | 29 (109) |

* Based on 90% mechanical efficiency **Based on 100% volumetric efficiency † Piston only †† Plunger only

WQ-1200 Quintuplex Piston/Plunger Model — Continuous Duty Performance Data

Stroke, in (mm): 10-1/2 (266.7)

Gear Ratio: NA

Rated HP (kW): 1,200 (895) @ 200 spm

| STROKES PER MINUTE | | | 200 | 170 | 140 | 110 | 80 | 50 |
|-------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| MAXIMUM INPUT HP (kW) RATING* | | | 1,200 (895) | 1,020 (761) | 840 (626) | 660 (492) | 480 (358) | 300 (224) |
| LINER SIZE inches (mm) | DISCHARGE PSI (kg/cm ²) | GAL (L) PER REVOLUTION | OUTPUT GAL (L) PER MINUTE** | | | | | |
| 7 (177.8) | 1,058 (74.4) | 8.746 (33.105) | 1,749 (6,622) | 1,487 (5,628) | 1,225 (4,635) | 962 (3,642) | 700 (2,649) | 437 (1,655) |
| 6-1/2 (165.1) | 1,227 (86.3) | 7.542 (28.545) | 1,508 (5,709) | 1,282 (4,853) | 1,056 (3,997) | 830 (3,140) | 603 (2,284) | 377 (1,427) |
| 6 (152.4) | 1,440 (101.3) | 6.426 (24.322) | 1,285 (4,865) | 1,092 (4,135) | 900 (3,405) | 707 (2,676) | 514 (1,946) | 321 (1,216) |
| 5-1/2 (139.7) | 1,714 (120.5) | 5.400 (20.438) | 1,080 (4,088) | 918 (3,475) | 756 (2,862) | 594 (2,248) | 432 (1,635) | 270 (1,022) |
| 5 (127.0) | 2,074 (145.8) | 4.462 (16.891) | 892 (3,378) | 759 (2,872) | 625 (2,365) | 491 (1,858) | 357 (1,351) | 223 (845) |
| 4-1/2 (114.3) | 2,561 (180.0) | 3.615 (13.681) | 723 (2,737) | 614 (2,326) | 506 (1,916) | 398 (1,505) | 289 (1,095) | 181 (684) |
| 4 (101.6) | 3,241 (227.8) | 2.856 (10.810) | 571 (2,162) | 486 (1,838) | 400 (1,514) | 314 (1,189) | 228 (865) | 143 (541) |

* Based on 90% mechanical efficiency **Based on 100% volumetric efficiency



The Balance of PowerSM

ANEXO #9

LAGO # 04

W.O. # 10

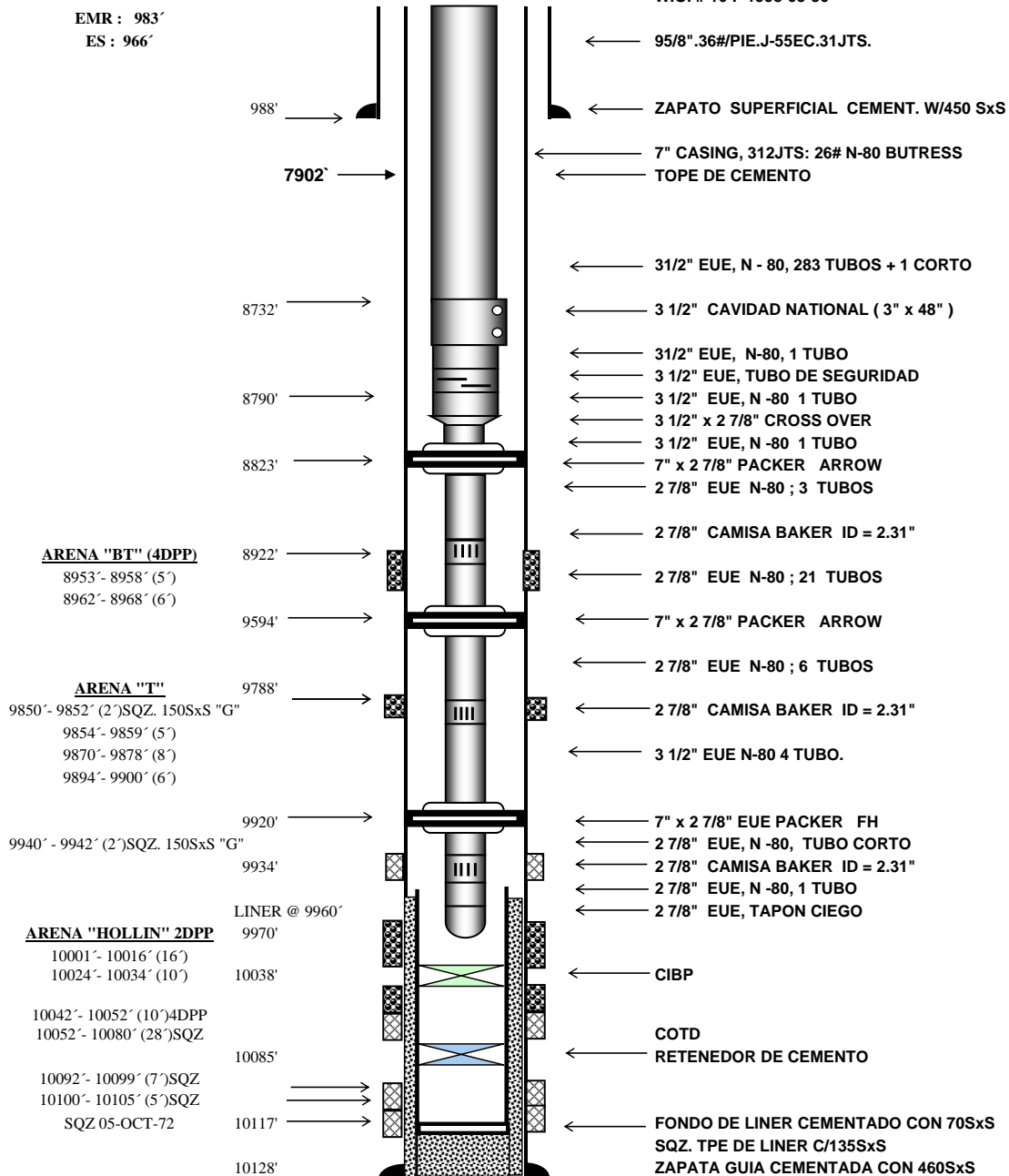
COMPLETACION : 1973-11-20

W.O. # 08 : 1993-10-10

W.O. # 09 : 1998-04-23

W.O. # 10 : 1998-05-30

EMR : 983'
ES : 966'



PT = 10137

POR :C. Ronquillo

LAGO # 09A

W.O. # 14

COMPLETACION : 1970-06-03

W.O. # 11 : 1995-08-12

W.O. # 12 : 1998-05-03

W.O. # 13 : 1998-12-11

EMR : 974'
ES : 958'

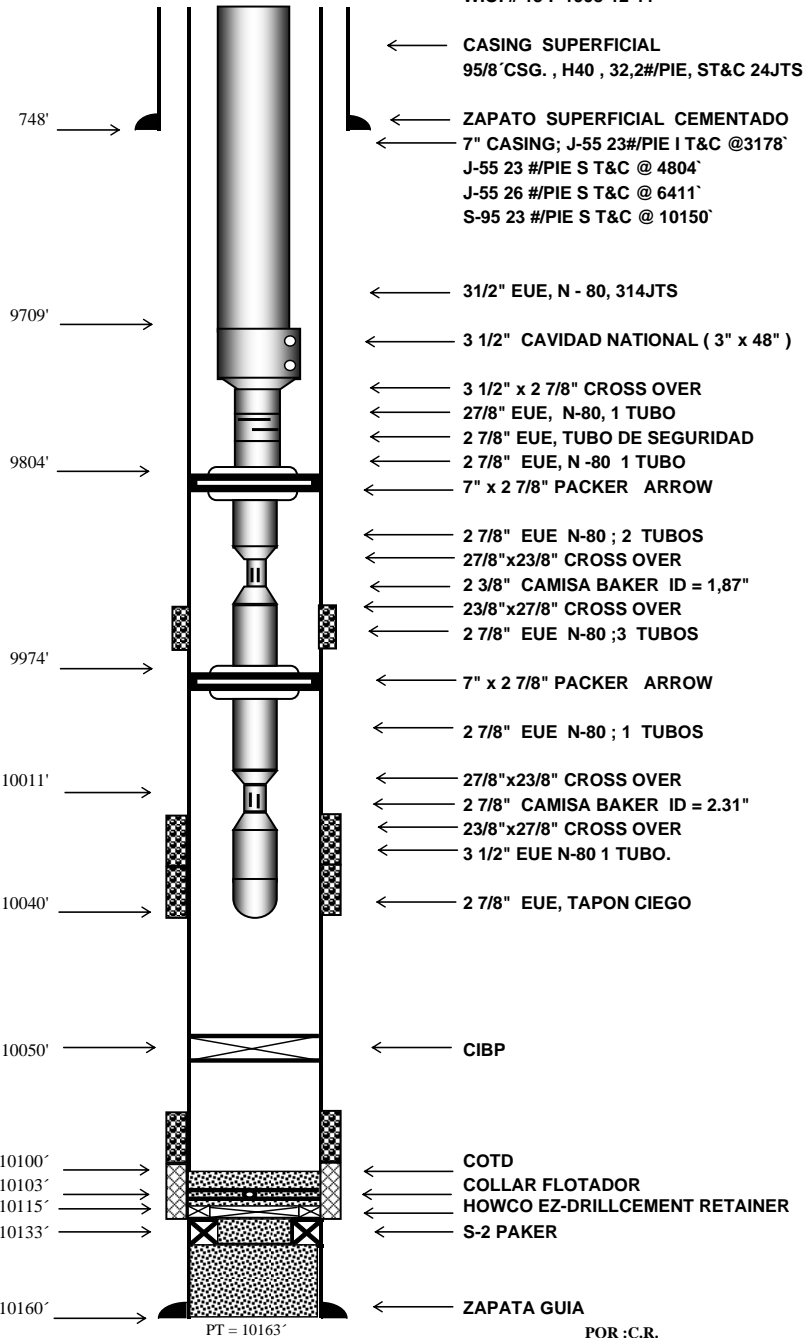
ARENA "T" (5DPP)
9878' - 9902' (24')

HOLLÍN SUP (4DPP)
9998' - 100012' (14') 8DPP
10014' - 10021' (7') 8DPP
10025' - 10031' (6') 8DPP
10031' - 10037' (6') 4DPP
10040' - 10044' (4') 4DPP

ARENA HOLLIN (4DPP)

10056' - 10065' (9')
10068' - 10071' (3')
10075' - 10080' (5')
10082' - 10095' (13')
10095' - 10112' (17') SQ

10122' - 10130' (8') SQ



FOR :C.R.

LAGO # 11A

W.O. # 17

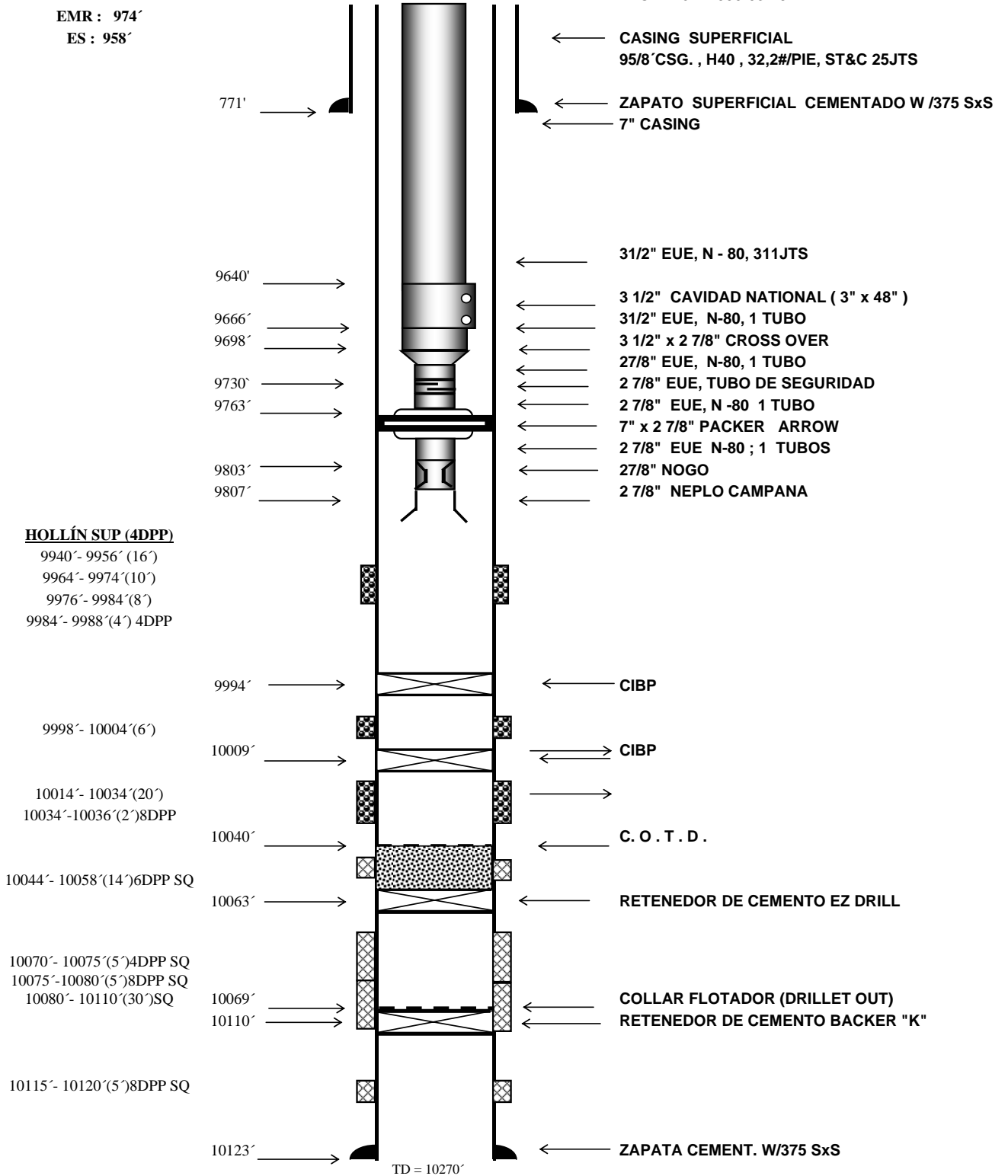
COMPLETACION : 1998-08-24

W.O. # 14 : 1997-05-26

W.O. # 15 : 1998-09-14

W.O. # 16 : 2000-03-19

EMR : 974'
ES : 958'



POR :C.R.

LAGO # 13

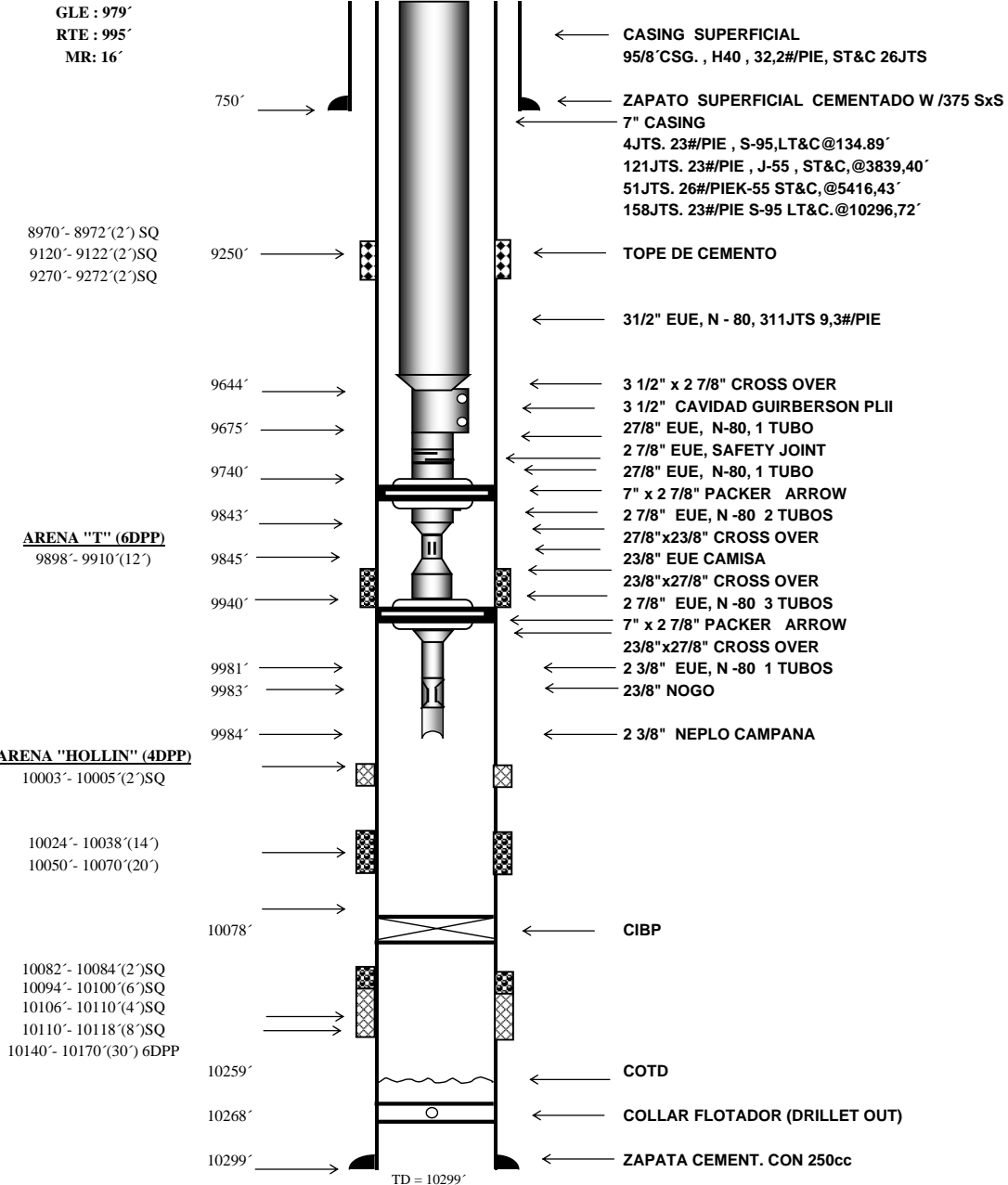
W.O. # 29

COMPLETACION : 1970-09-09

W.O. # 26 : 1993-12-20

W.O. # 27 : 1994-10-24

W.O. # 28 : 1995-12-04



POR :C.R.

LAGO #17

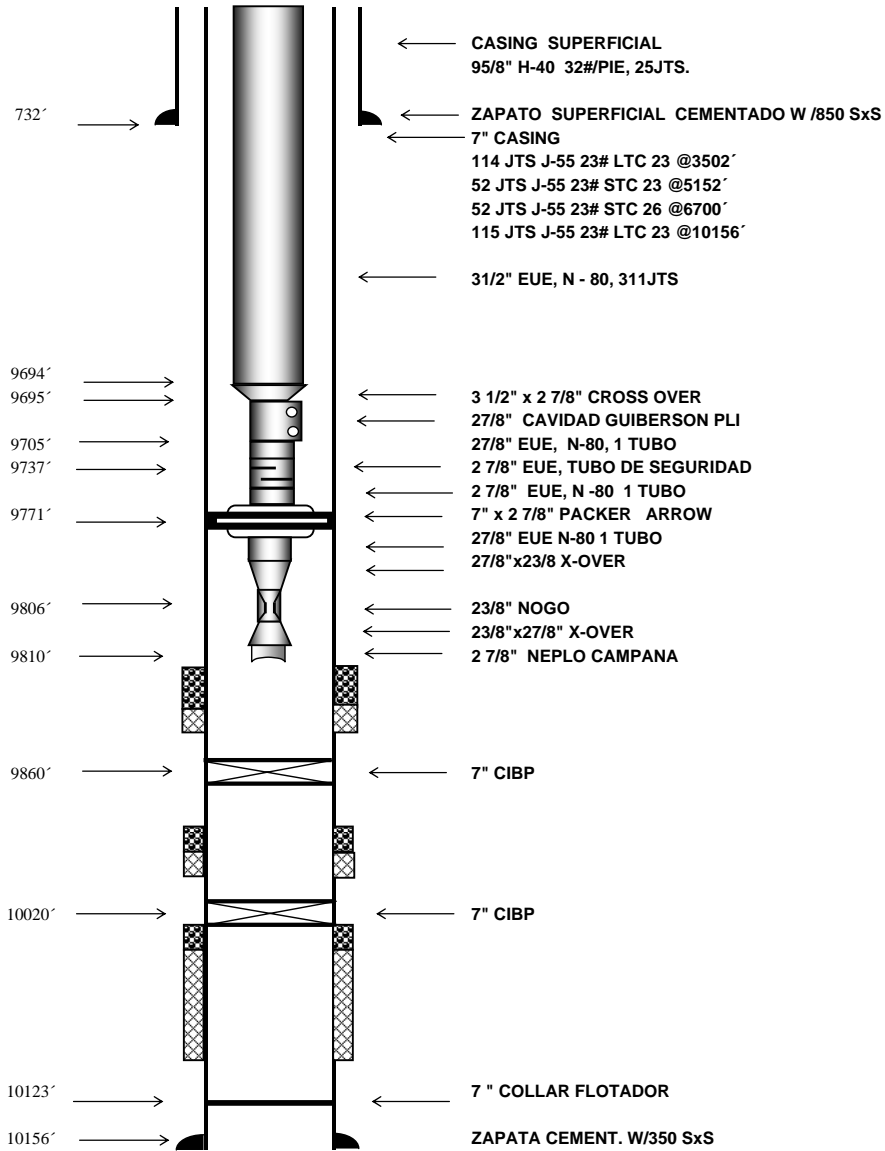
W.O. # 15

COMPLETACION : 1970-12-10

W.O. # 13 : 1994-11-17

W.O. # 14 : 1995-06-26

ELTER:979'
EMR:963'



ARENA "T"
9810' - 9834' (24')5DPP
9838' - 9848' (10')5DPP
9905' - 9913' (8')SQ

"HOLLIN SUP." (4DPP)
9964' - 9978' (14')SQ
9978' - 9990' (12')
9990' - 9992' (2')SQ
10005' - 10013' (8')SQ

"HOLLIN INF." 4 DPP
10022' - 10027' (5')SQ
10044' - 10050' (6')SQ
10050' - 10060' (10')SQ
10080' - 10088' (8')SQ

POR :C.R.

LAGO # 18

W.O. # 13

COMPLETACION : 1970-10-20

W.O. # 11 : 1997-11-15

W.O. # 12 : 1998-03-03

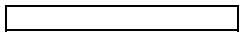
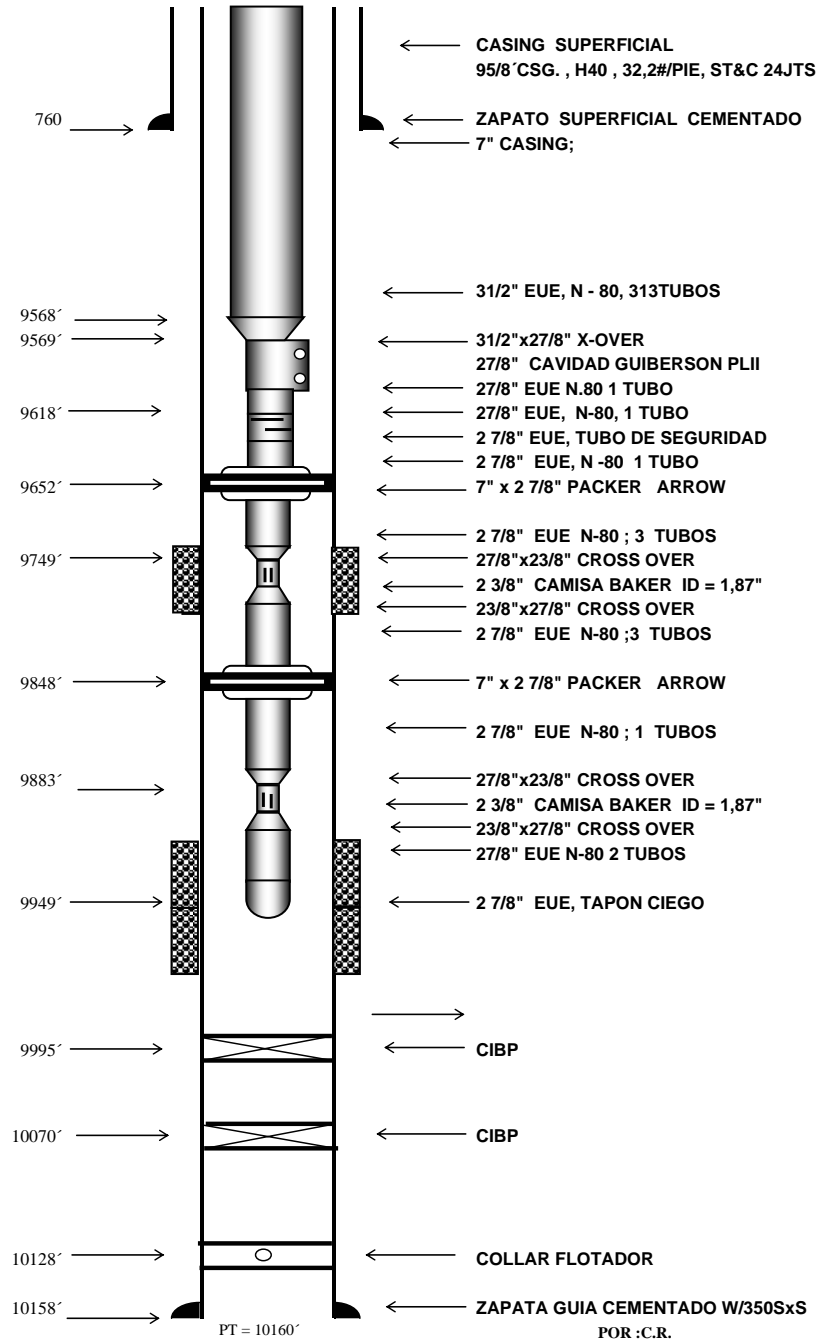
RTE : 973'
GLE : 957'

ARENA "T"
9735' - 9750'(15') @ 7DPP
9758' - 9782'(24') @ 7DPP

ARENA "HOLLIN"
9898' - 9914'(16') @ 8DPP
9920' - 9930'(10') @ 8DPP
9944' - 9954'(10') @ 8DPP
9954' - 9962'(8') @ 8DPP
9962' - 9970'(8') @ 2DPP
9978' - 9988'(10') @ 2DPP

10000' - 10050'(50') @ 1DPP

10080' - 10102'(22') @ 2DPP



LAGO # 22

W.O. # 26

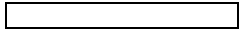
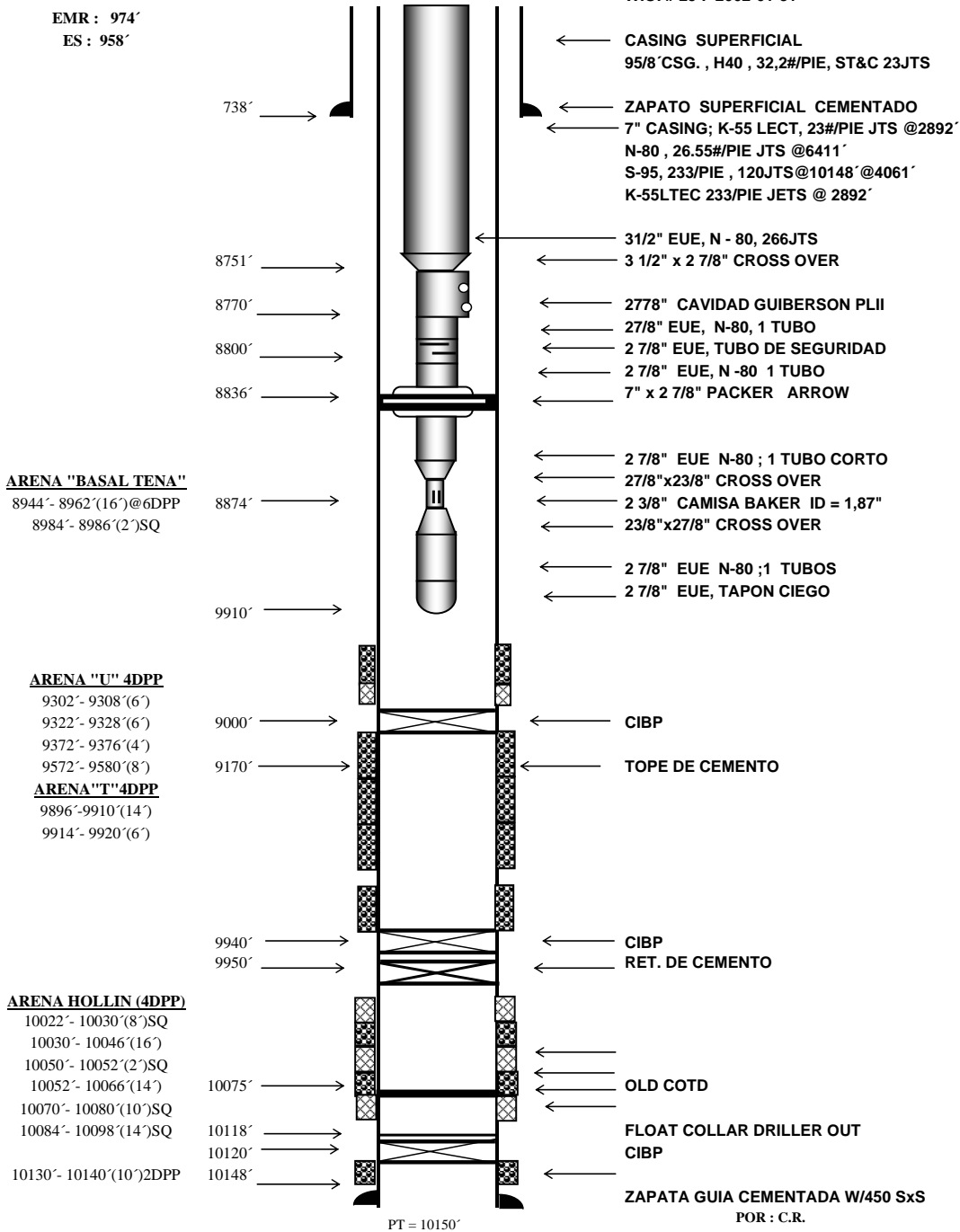
COMPLETACION : 1971-01-01

W.O. # 23 : 1997-03-01

W.O. # 24 : 1998-02-12

W.O. # 25 : 2002-01-31

EMR : 974'
ES : 958'



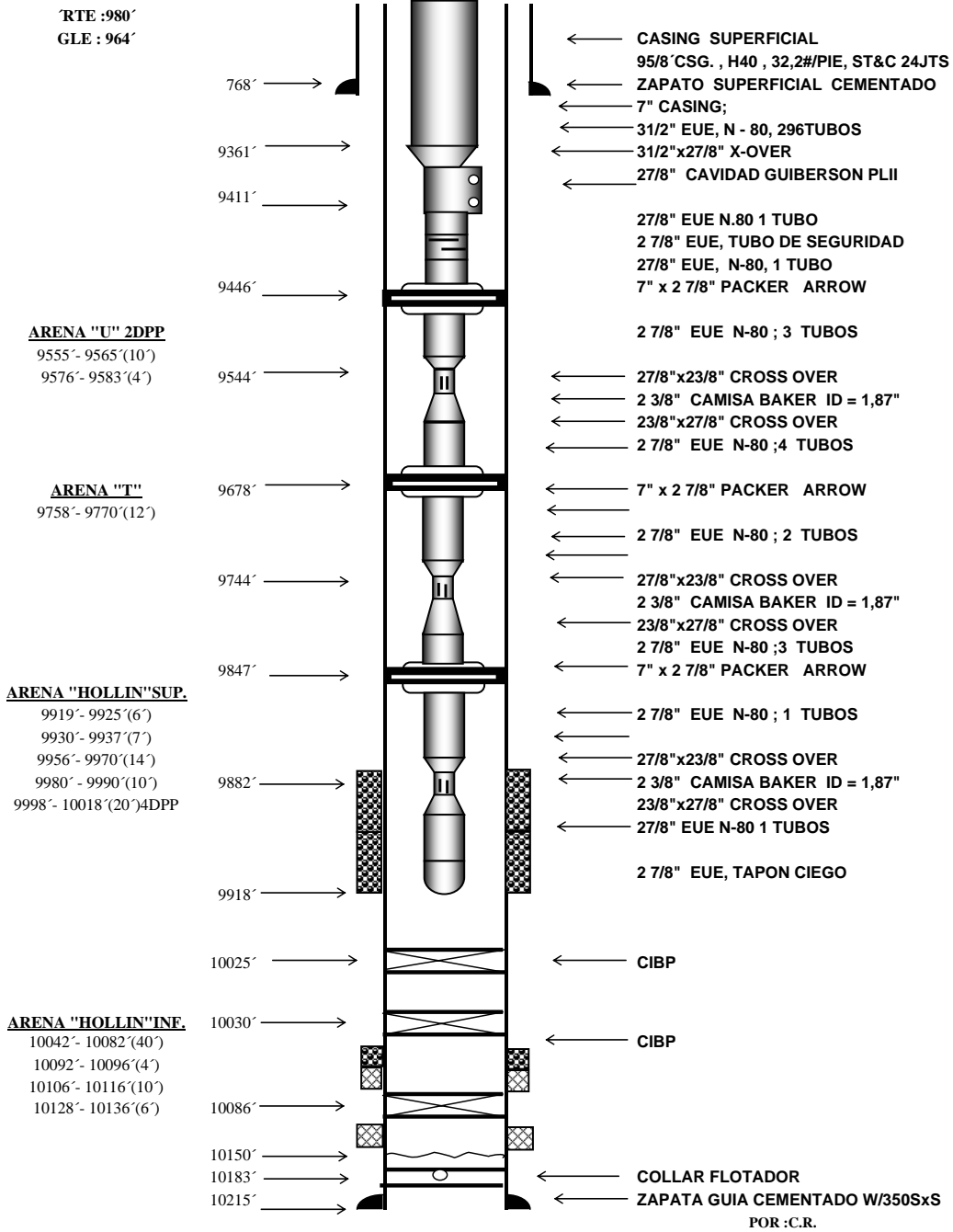
LAGO # 24

W.O. # 14

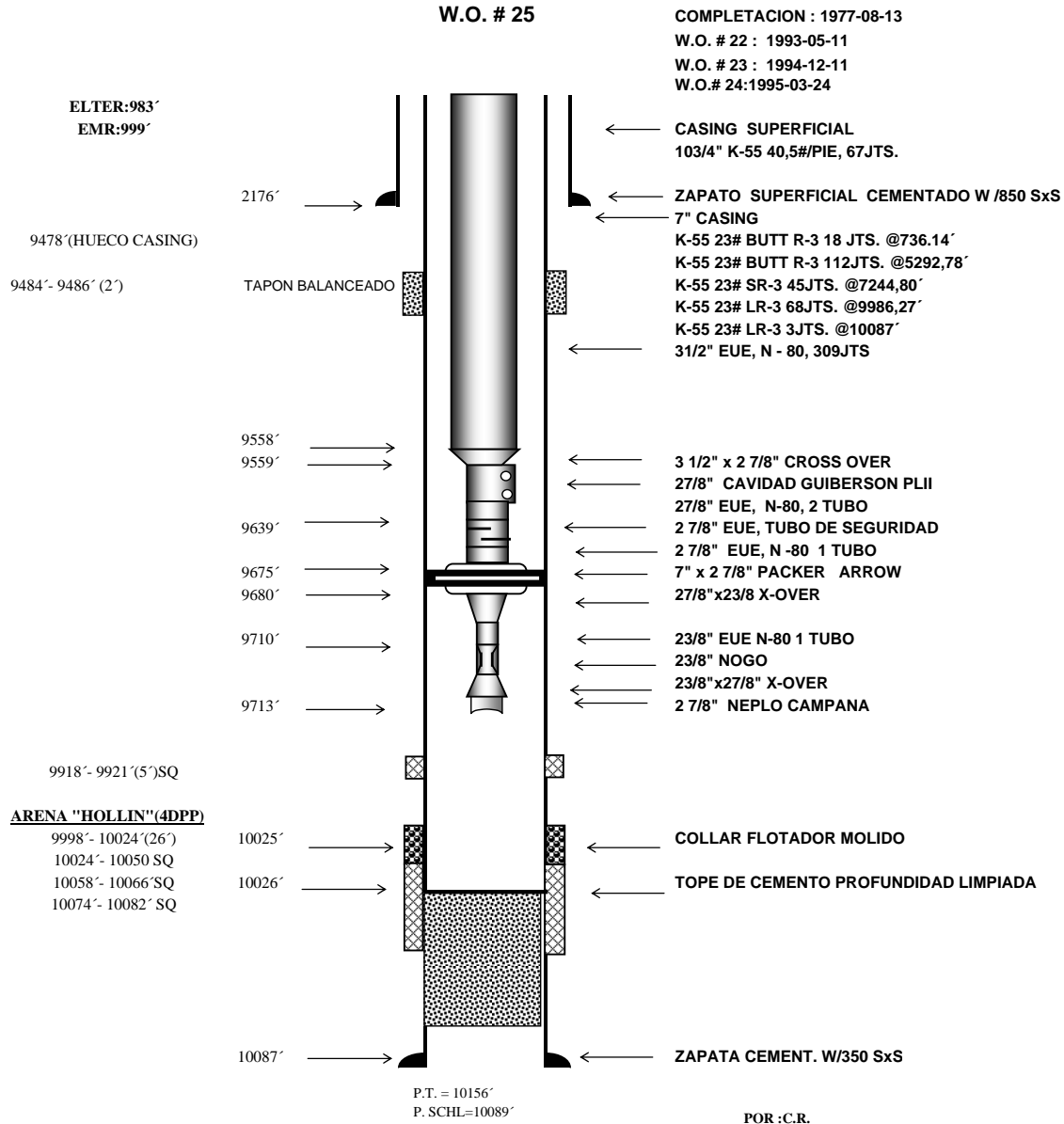
COMPLETACION : 1971-01-07

W.O. # 12 : 1997-02-26

W.O. # 13 : 1997-11-28



LAGO # 27



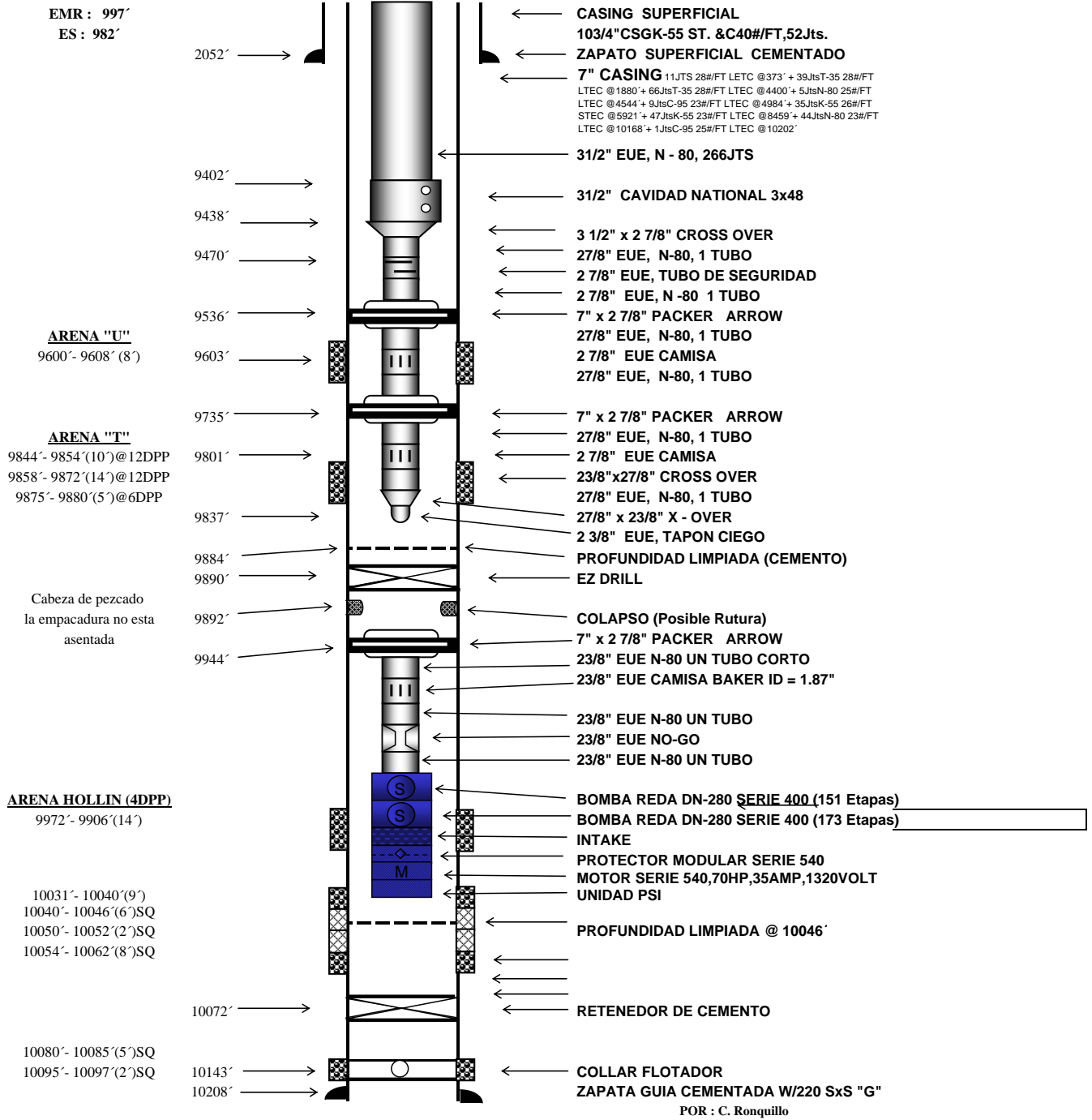
LAGO # 29

W.O. # 21

COMPLETACION : 1981-09-29

W.O. # 19 : 1998-03-18

W.O. #20 : 2000-04-21



LAGO # 30

W.O. # 18

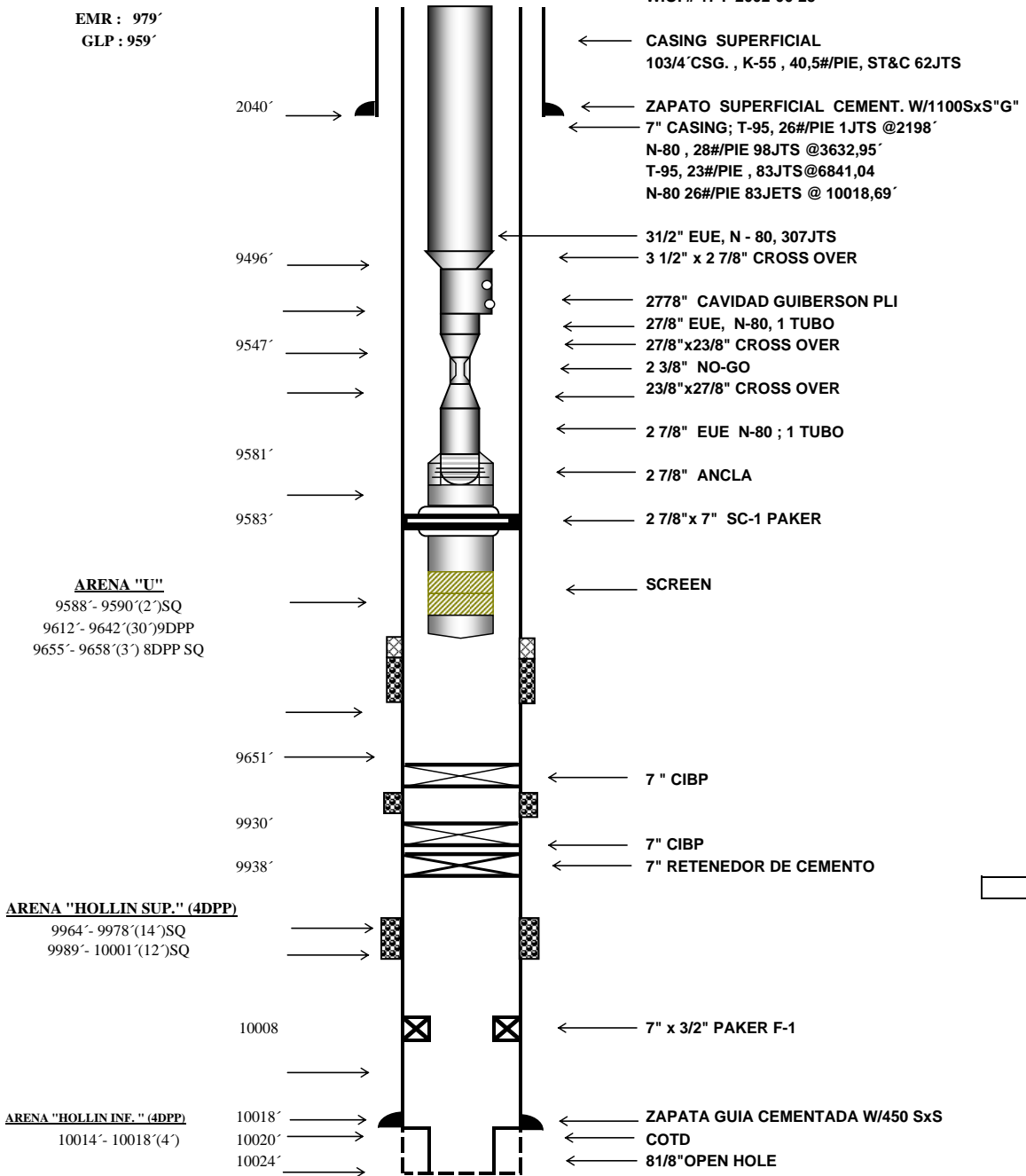
COMPLETACION : 1982-11-10

W.O. # 15 : 2001-11-16

W.O. # 16 : 2002-05-20

W.O. # 17 : 2002-06-25

EMR : 979'
GLP : 959'



POR : C.R.

LAGO #32

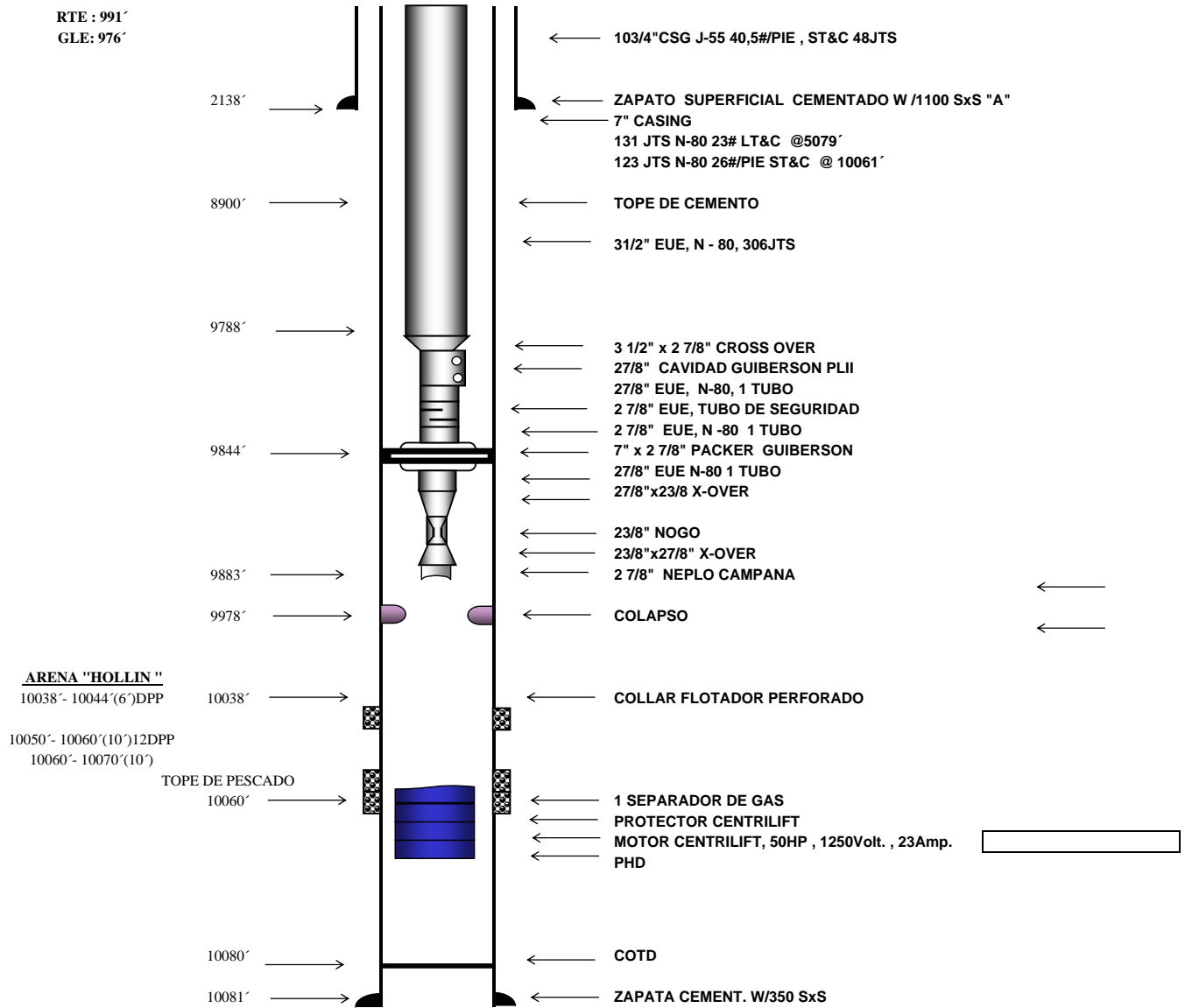
W.O. # 20

COMPLETACION : 1983-02-27

W.O. # 18 : 1998-05-15

W.O. # 19 : 1998-06-26

RTE : 991'
GLE: 976'



POR :C.R.

LAGO # 34

W.O. # 17

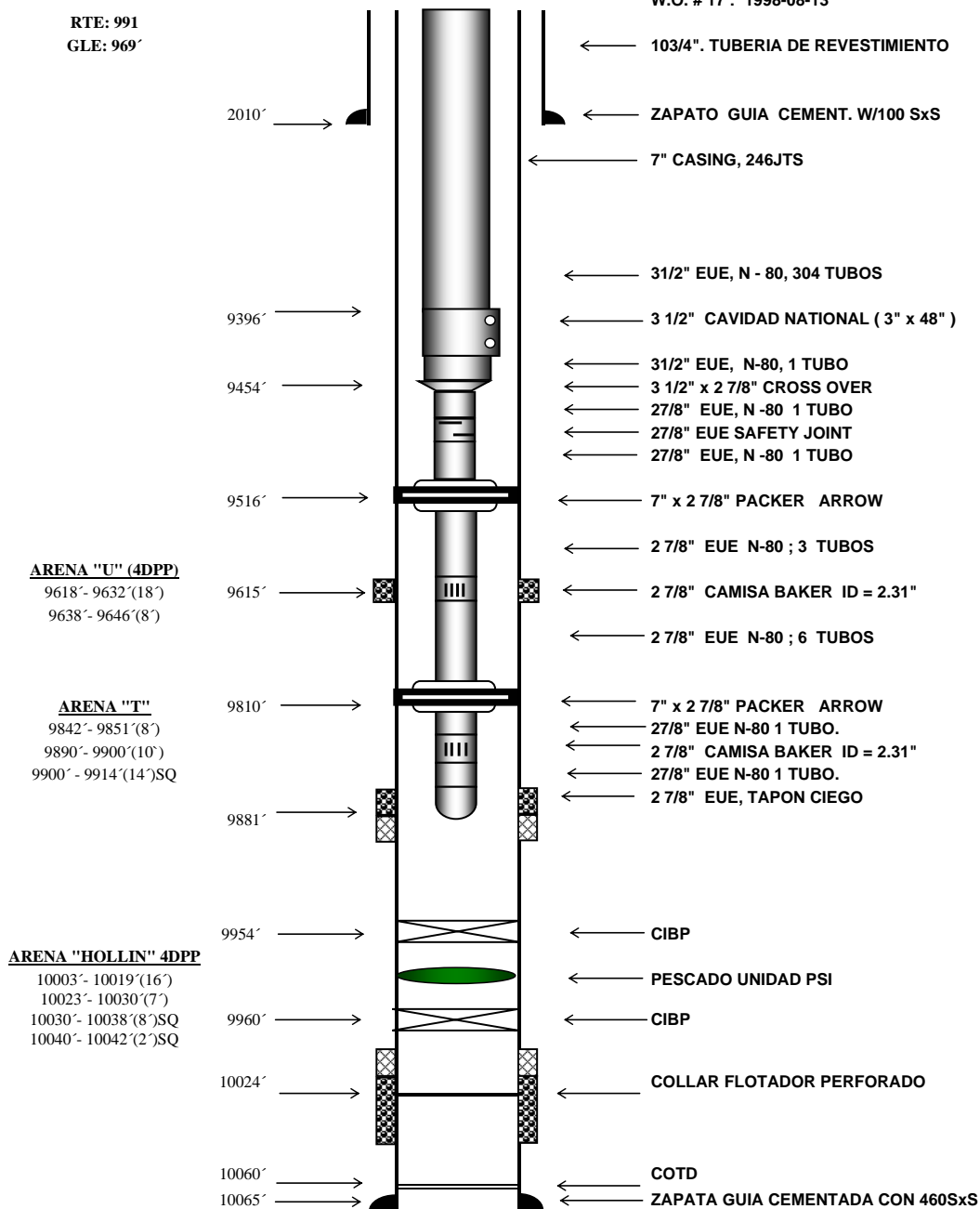
COMPLETACION : 1986-08-18

W.O. # 15 : 1996-08-31

W.O. # 16 : 1998-05-27

W.O. # 17 : 1998-08-13

RTE: 991
GLE: 969'



ARENA "U" (4DPP)
9618'- 9632'(18')
9638'- 9646'(8')

ARENA "T"
9842'- 9851'(8')
9890'- 9900'(10')
9900'- 9914'(14')SQ

ARENA "HOLLIN" 4DPP
10003'- 10019'(16')
10023'- 10030'(7')
10030'- 10038'(8')SQ
10040'- 10042'(2')SQ

PT = 10077

POR :C. Ronquillo

LAGO # 37

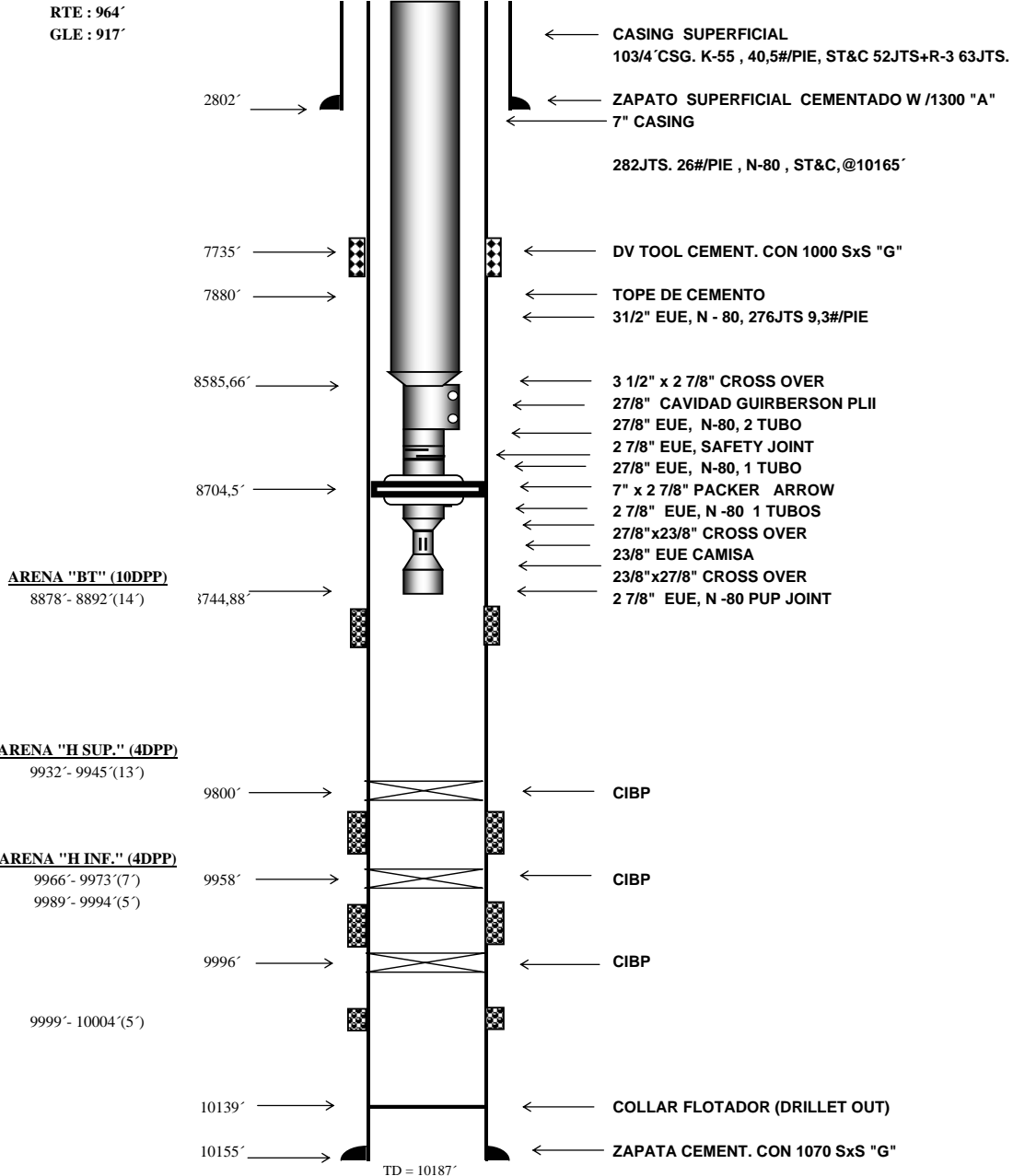
W.O. # 04

COMPLETACION : 1993-05-09

W.O. # 01 : 1994-04-22

W.O. # 02 : 1996-10-18

W.O. # 03 : 1998-04-21



POR :C. RONQUILLO

LAGO # 38

W.O. # 03

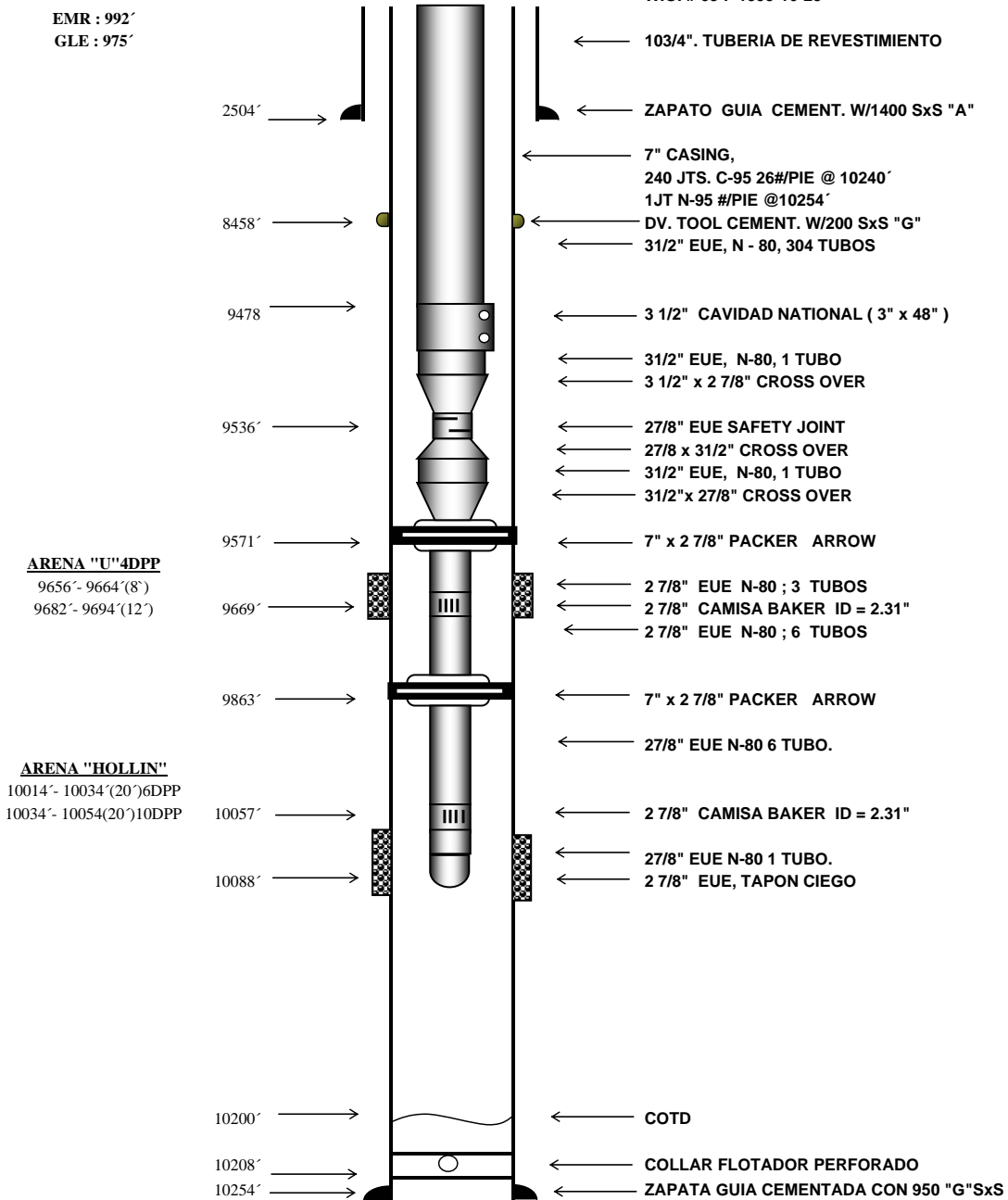
COMPLETACION : 1995 - 01 - 31

W.O. # 01 : 1997-03-24

W.O. # 02 : 1997-03-31

W.O. # 03 : 1999-10-25

EMR : 992'
GLE : 975'



ARENA "U"4DPP

9656'- 9664'(8')
9682'- 9694'(12')

ARENA "HOLLIN"

10014'- 10034'(20')6DPP
10034'- 10054(20')10DPP

PT = 10077

POR :C. Ronquillo

LAGO # 39

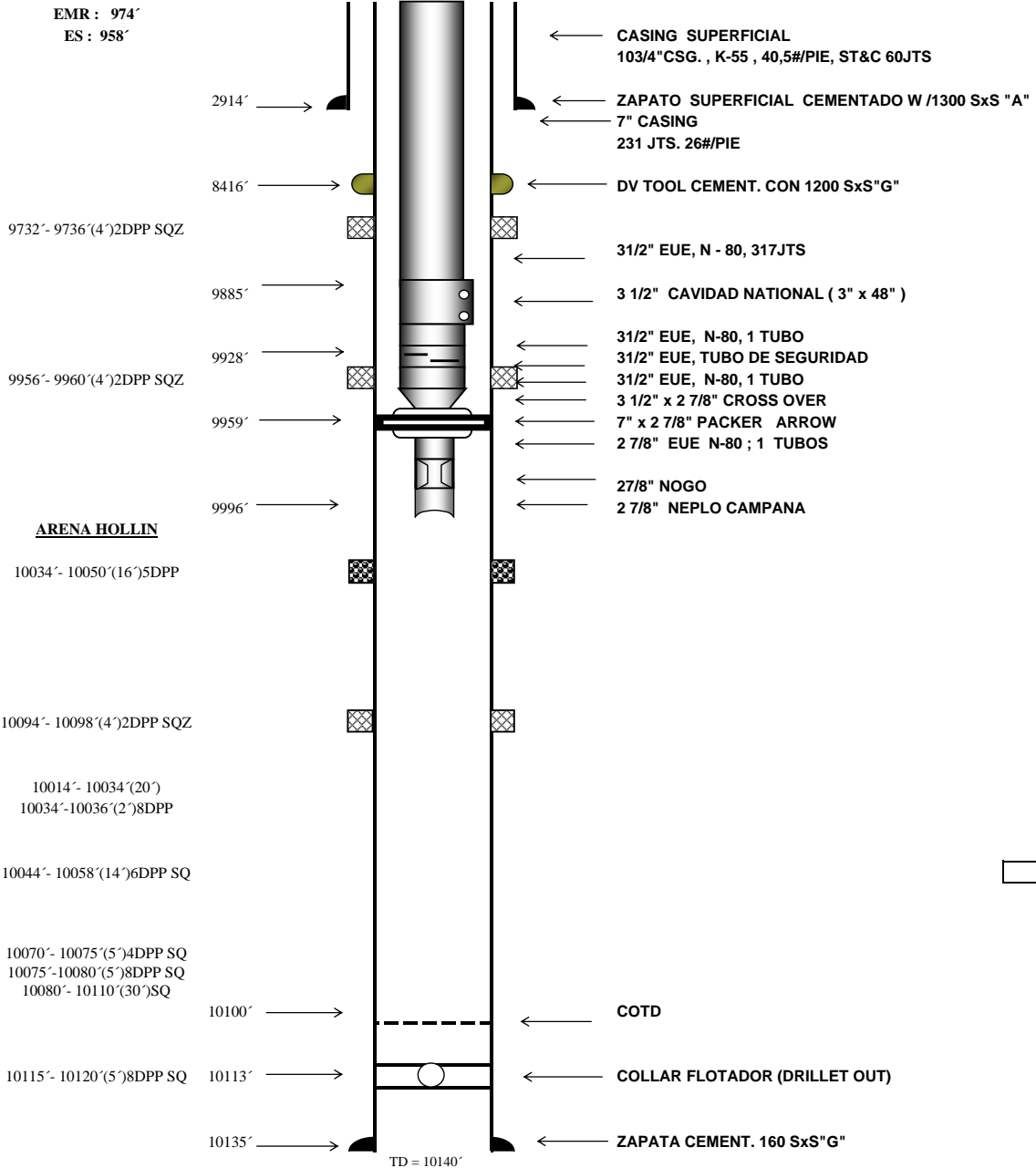
W.O. # 03

COMPLETACION : 1998-09-04

W.O. # 01 : 1998-12-16

W.O. # 02 : 2000-02-14

W.O. # 03 : 2000-06-04



POR : C. RONQUILLO

LAGO # 41

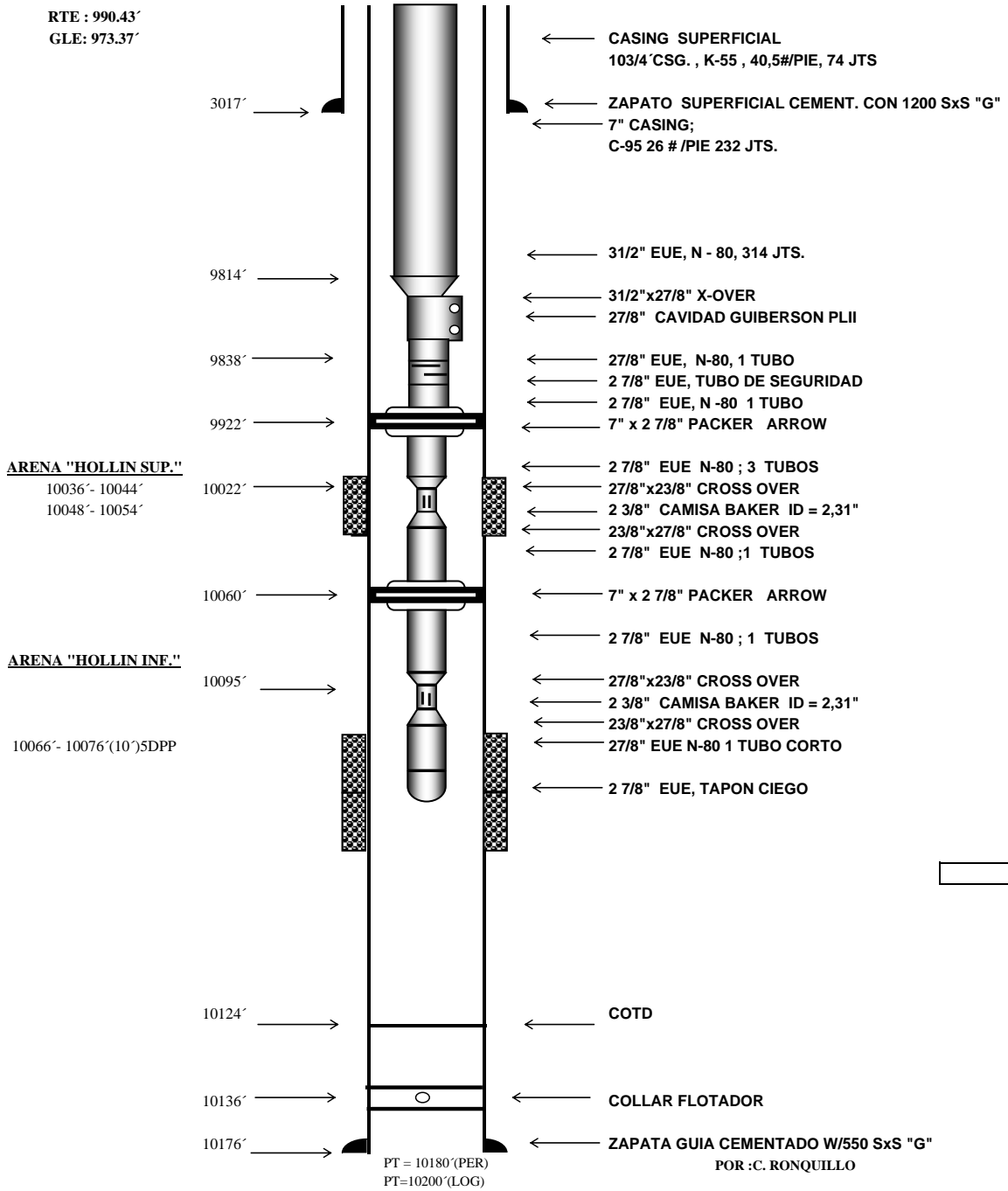
W.O. # 02

COMPLETACION : 1999-05-14

W.O. # 01 : 1999-08-04

W.O. # 02 : 2000-05-23

RTE : 990.43'
GLE: 973.37'



3017' →

9814' →

9838' →

9922' →

10022' →

10060' →

10095' →

10124' →

10136' →

10176' →

← CASING SUPERFICIAL
103/4" CSG. , K-55 , 40,5#/PIE, 74 JTS

← ZAPATO SUPERFICIAL CEMENT. CON 1200 SxS "G"
← 7" CASING;
C-95 26 # /PIE 232 JTS.

← 31/2" EUE, N - 80, 314 JTS.

← 31/2"x27/8" X-OVER
← 27/8" CAVIDAD GUIBERSON PLII

← 27/8" EUE, N-80, 1 TUBO
← 2 7/8" EUE, TUBO DE SEGURIDAD

← 2 7/8" EUE, N-80 1 TUBO
← 7" x 2 7/8" PACKER ARROW

← 2 7/8" EUE N-80 ; 3 TUBOS
← 27/8"x23/8" CROSS OVER
← 2 3/8" CAMISA BAKER ID = 2,31"
← 23/8"x27/8" CROSS OVER
← 2 7/8" EUE N-80 ;1 TUBOS

← 7" x 2 7/8" PACKER ARROW

← 2 7/8" EUE N-80 ; 1 TUBOS

← 27/8"x23/8" CROSS OVER
← 2 3/8" CAMISA BAKER ID = 2,31"
← 23/8"x27/8" CROSS OVER
← 27/8" EUE N-80 1 TUBO CORTO

← 2 7/8" EUE, TAPON CIEGO

← COTD

← COLLAR FLOTADOR

← ZAPATA GUIA CEMENTADO W/550 SxS "G"
POR : C. RONQUILLO

ANEXO #10

TABLA DE DATOS
POZOS BOMBEO HIDRAULICO CAMPO LAGO AGRIO

| POZOS | Pump Vertical Depth | Casing ID | TubingOD | TubingID | Tubing length to pump |
|--------|------------------------|--------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| lag004 | 8732 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 8732 |
| lag009 | 9709 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9709 |
| lag11A | 8965 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 8965 |
| lag013 | 9644 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9644 |
| lag017 | 9599 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9599 |
| lag018 | 8855 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 8855 |
| lag022 | 8700 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 8700 |
| lag024 | 9361 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9361 |
| lag027 | 9559 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9559 |
| lag030 | 9496 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9496 |
| lag032 | 9788 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9788 |
| lag034 | 9396 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9396 |
| lag037 | 8585 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 8585 |
| lag038 | 9478 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9478 |
| lag039 | 9865 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9865 |
| lag041 | 9979 | 7" (6,276ID) | 31/2 | 2,992 | 9979 |
| POZOS | Water Specific Gravity | GOR | Temperatura de Fondo | linea de superficie | Presion de separador |
| lag004 | 1,03 | 38 | 200 | 4,00 | 20 |
| lag009 | 1,03 | 238 | 200 | 4,00 | 22 |
| lag11A | 1,03 | 147 | 200 | 4,00 | 20 |
| lag013 | 1,03 | 45 | 200 | 4,00 | 20 |
| lag017 | 1,03 | 265 | 200 | 4,00 | 20 |
| lag018 | 1,03 | 146 | 200 | 4,00 | 21 |
| lag022 | 1,03 | 163 | 200 | 4,00 | 22 |
| lag024 | 1,03 | 223 | 200 | 4,00 | 20 |
| lag027 | 1,03 | 101 | 200 | 4,00 | 24 |
| lag030 | 1,03 | 245 | 200 | 4,00 | 21 |
| lag032 | 1,03 | 126 | 200 | 4,00 | 21 |
| lag034 | 1,03 | 221 | 200 | 4,00 | 22 |
| lag037 | 1,03 | 44 | 200 | 4,00 | 22 |
| lag038 | 1,03 | 154 | 200 | 4,00 | 24 |
| lag039 | 1,03 | 170 | 200 | 4,00 | 26 |
| lag041 | 1,03 | 170 | 200 | 4,00 | 21 |

| POZOS | Gas Specific Gravity | Water fraccion | Surface Temperature | Power Fluid Used | *Surface line Length | **%Efic. Bomba | **%Efic.Motor |
|---------|----------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------|----------------|---------------|
| lag004 | 0,85 | 1,6 | 95 | oil | 2952 ft | | |
| lag009 | 0,85 | 5,5 | 95 | oil | 5576 ft | | |
| lag11A | 0,85 | 12,8 | 95 | oil | 9512 ft | 72 | 79 |
| lag013 | 0,85 | 17,6 | 95 | oil | 1312 ft | 12 | 34 |
| lag017 | 0,85 | 7,1 | 95 | oil | 4592 ft | | |
| lag018 | 0,85 | 47 | 95 | oil | 5904 ft | 58 | 92 |
| lag022 | 0,85 | 3,4 | 95 | oil | 9184 ft | | |
| lag024 | 0,85 | 57 | 95 | oil | 5248 ft | | |
| lag 029 | 0,85 | 64 | 95 | oil | 13756 ft | | |
| lag027 | 0,85 | 27,4 | 95 | oil | 2624 ft | | |
| lag030 | 0,85 | 3,7 | 95 | oil | 3280 ft | | |
| lag032 | 0,85 | 39 | 95 | oil | 9512 ft | | |
| lag034 | 0,85 | 1,6 | 95 | oil | 7544 ft | 70 | 56 |
| lag037 | 0,85 | 38,5 | 95 | oil | 15416 ft | 44 | 82 |
| lag038 | 0,85 | 1,8 | 95 | oil | 3936 ft | 77 | 93 |
| lag039 | 0,85 | 40,3 | 95 | oil | 2952 ft | 95 | 98 |
| lag041 | 0,85 | 21,8 | 95 | oil | 10168 ft | | |

| POZOS | Presion de fondo | Oil Gravity | ***Production rate | ESTACION | CAVIDAD | BOMBA |
|--------|------------------|-------------|--------------------|----------|-----------|---------------------|
| lag004 | 341 | 29,5 | 368 | CENTRAL | NATIONAL | JET-8A |
| lag009 | 1285 | 30,1 | 279 | CENTRAL | NATIONAL | JET-9A(3x48) |
| lag11A | 1362 | 29,2 | 524 | NORTE | NATIONAL | PISTON(3x48) |
| lag013 | 830 | 29,5 | 94 | CENTRAL | GUIBERSON | PL-12-1/2x2x1-5/8 |
| lag017 | 750 | 28,8 | 186 | NORTE | GUIBERSON | PL-II JETC-5 |
| lag018 | 950 | 29,6 | 497 | NORTE | GUIBERSON | PL-II 2 x1/2x1-7/8 |
| lag022 | 1500 | 29,3 | 830 | CENTRAL | GUIBERSON | PL-II(JET-E8) |
| lag024 | 1436 | 29,6 | 490 | NORTE | GUIBERSON | PL-II(JET-B+5) |
| lag027 | 1333 | 29,5 | 206 | CENTRAL | GUIBERSON | PL-II(JET B+5) |
| lag029 | 1160 | 29,1 | 168 | NORTE | | super A GJPLII-21/2 |
| lag030 | 303 | 29,5 | 228 | NORTE | GUIBERSON | PL -II(JET D6) |
| lag032 | 1109 | 29,2 | 268 | NORTE | GUIBERSON | PL -II(JET D7) |
| lag034 | 1000 | 29,7 | 177 | CENTRAL | NATIONAL | SA3X1-7/8X1-3/4 |
| lag037 | 755 | 28,9 | 259 | NORTE | GUIBERSON | PL - II 2-1/2x1-1/2 |
| lag038 | 651 | 29,7 | 434 | CENTRAL | NATIONAL | PISTON(3x48) |
| lag039 | 1878 | 29,5 | 1024 | CENTRAL | NATIONAL | PISTON(3x48) |
| lag041 | 1253 | 29,6 | 641 | NORTE | GUIBERSON | PL - (JET C5) |

Nota: *Las distancias de los Pozos estan tomados desde la estacion a la que pertenece cada Pozo

**Las eficiencias de Motor y bomba corresponde a las bombas actuales y no las diseñadas a futuro

***Los datos de produccion fueron obtenidos de los valores mas representativos del forecast 2003

Estos datos fueron obtenidos de esta manera ya que no existen datos de B'UP actualizados

ANEXO #11

LAG004
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAG004
 LAGO AGRIO

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 8732. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 8732. FT |
| PRODUCTION RATE | 368. BPD | PRODUCING B. H. P. | 341. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.50 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 38. CFPB | WATER FRACTION | 0.02 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 2952. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:

| | | | |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| POWER FLUID TBG O. D. | 3.500 IN | POWER FLUID TBG I. D. | 2.992 IN |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------|

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 410. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 94. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

INFLOW PERFORMANCE :

2 x 1-9/16 PL-II

PRODUCTION RATE = 368. BPD
 PRODUCING BHP = 341. PSI

ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM
 PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 52. SPM
 DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
 PRESSURE RATIO = 1.147

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 3439. PSI
 POWER FLUID RATE = 379. BPD
 STROKES PER MINUTE = 13.7 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 25. HP

GAS THRU PUMP GOR = 38. : 1

LAG09A
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAG009
 LAGO AGRIO

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 9709. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9709. FT |
| PRODUCTION RATE | 279. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1285. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 30.10 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 238. CFPB | WATER FRACTION | 0.05 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 5576. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:

| | | | |
|----------------------|----------|----------------------|----------|
| POWER FLUID TBG O.D. | 3.500 IN | POWER FLUID TBG I.D. | 2.992 IN |
|----------------------|----------|----------------------|----------|

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 343. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 86. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

2 x 1-9/16 PL-II
 ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM
 PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 52. SPM
 DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
 PRESSURE RATIO = 1.147

GAS THRU PUMP GOR = 238. : 1

INFLOW PERFORMANCE :

PRODUCTION RATE = 279. BPD
 PRODUCING BHP = 1285. PSI

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 2246. PSI
 POWER FLUID RATE = 317. BPD
 STROKES PER MINUTE = 11.4 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 13. HP

LAG011A

HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
PERFORMANCE CALCULATIONS
VERSION 2.10
G U I B E R S O N D I V I S I O N
D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR:

RONQUILLO - MEDINA
ESPOL
06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:

LAG011A
LAGO AGRIO

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 8965. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 8965. FT |
| PRODUCTION RATE | 524. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1362. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.20 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 147. CFPB | WATER FRACTION | 0.13 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 9512. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 593. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 93. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

INFLOW PERFORMANCE :

2 x 1-9/16 PL-II

PRODUCTION RATE = 524. BPD
PRODUCING BHP = 1362. PSI

ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM
PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM
MAXIMUM SPM = 52. SPM
DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
PRESSURE RATIO = 1.147

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 2257. PSI
POWER FLUID RATE = 548. BPD
STROKES PER MINUTE = 19.8 SPM
BRAKE HORSEPOWER = 23. HP

GAS THRU PUMP GOR = 147. : 1

LAG013
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAG013
 LAGO AGRIO

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 9644. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9644. FT |
| PRODUCTION RATE | 94. BPD | PRODUCING B. H. P. | 830. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.50 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 45. CFPB | WATER FRACTION | 0.18 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 1312. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:

| | | | |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| POWER FLUID TBG O. D. | 3.500 IN | POWER FLUID TBG I. D. | 2.992 IN |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------|

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 100. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 99. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

INFLOW PERFORMANCE :

2 x 1-9/16 PL-II

PRODUCTION RATE = 94. BPD
 PRODUCING BHP = 830. PSI

ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM
 PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 52. SPM
 DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
 PRESSURE RATIO = 1.147

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 3230. PSI
 POWER FLUID RATE = 93. BPD
 STROKES PER MINUTE = 3.3 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 6. HP

GAS THRU PUMP GOR = 45. : 1

LAG017
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAG017
 LAGO AGRIO

| | | | | |
|-------|------------------------|------------|-----------------------|----------|
| | PUMP VERTICAL DEPTH | 9599. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9599. FT |
| | PRODUCTION RATE | 186. BPD | PRODUCING B. H. P. | 750. |
| PSI | STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 28.80 |
| API | WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| | GAS / OIL RATIO | 265. CFPB | WATER FRACTION | 0.07 |
| DEG F | BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. |
| | CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| | SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 4592. FT |
| | SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:

| | | | |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| POWER FLUID TBG O. D. | 3.500 IN | POWER FLUID TBG I. D. | 2.992 IN |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------|

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 320.
 BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 61.
 PERCENT

| | | |
|-----|-----------------------------------|----------------------------|
| | PUMP SPECIFICATIONS : | INFLOW PERFORMANCE : |
| BPD | 2 x 1-9/16 PL-II | PRODUCTION RATE = 186. |
| PSI | | PRODUCING BHP = 750. |
| | ENGINE END DI SP. = 26.35 BPD/SPM | PUMP PERFORMANCE : |
| | PUMP END DI SP. = 30.00 BPD/SPM | OPERATING PRESSURE = 3010. |
| PSI | MAXIMUM SPM = 52. SPM | POWER FLUID RATE = 296. |
| BPD | DI SP. @ MAX. SPM = 1560. BPD | STROKES PER MINUTE = 10.7 |
| | PRESSURE RATIO = 1.147 | BRAKE HORSEPOWER = 17. |
| SPM | GAS THRU PUMP GOR = 265. : 1 | |
| HP | | |

LAG018
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAG018
 LAGO AGRIO

| | | | | |
|-------|------------------------|------------|-----------------------|----------|
| | PUMP VERTICAL DEPTH | 8855. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 8855. FT |
| | PRODUCTION RATE | 497. BPD | PRODUCING B. H. P. | 950. |
| PSI | STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.60 |
| API | WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| | GAS / OIL RATIO | 146. CFPB | WATER FRACTION | 0.47 |
| DEG F | BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. |
| | CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| | SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 5904. FT |
| | SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:

| | | | |
|----------------------|----------|----------------------|----------|
| POWER FLUID TBG O.D. | 3.500 IN | POWER FLUID TBG I.D. | 2.992 IN |
|----------------------|----------|----------------------|----------|

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 556.
 BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 94.
 PERCENT

| | | |
|-----|----------------------------------|----------------------------|
| | PUMP SPECIFICATIONS : | INFLOW PERFORMANCE : |
| BPD | 2 x 1-9/16 PL-II | PRODUCTION RATE = 497. |
| PSI | | PRODUCING BHP = 950. |
| | ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM | PUMP PERFORMANCE : |
| | PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM | OPERATING PRESSURE = 3068. |
| PSI | MAXIMUM SPM = 52. SPM | POWER FLUID RATE = 514. |
| BPD | DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD | STROKES PER MINUTE = 18.5 |
| SPM | PRESSURE RATIO = 1.147 | BRAKE HORSEPOWER = 30. |
| HP | GAS THRU PUMP GOR = 146. : 1 | |

LAGO22
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAGO22
 LAGO AGRIO

| | | | | |
|-------|------------------------|------------|-----------------------|----------|
| | PUMP VERTICAL DEPTH | 8700. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 8700. FT |
| | PRODUCTION RATE | 830. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1500. |
| PSI | STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.30 |
| API | WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| | GAS / OIL RATIO | 163. CFPB | WATER FRACTION | 0.03 |
| | BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. |
| DEG F | CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| | SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 9184. FT |
| | SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:

| | | | |
|----------------------|----------|----------------------|----------|
| POWER FLUID TBG O.D. | 3.500 IN | POWER FLUID TBG I.D. | 2.992 IN |
|----------------------|----------|----------------------|----------|

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 951.
 BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 92.
 PERCENT

| | | |
|-----|----------------------------------|----------------------------|
| | PUMP SPECIFICATIONS : | INFLOW PERFORMANCE : |
| | 2 x 1-9/16 PL-II | PRODUCTION RATE = 830. |
| BPD | | PRODUCING BHP = 1500. |
| PSI | ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM | |
| | PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM | PUMP PERFORMANCE : |
| | MAXIMUM SPM = 52. SPM | OPERATING PRESSURE = 1970. |
| PSI | DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD | POWER FLUID RATE = 879. |
| BPD | PRESSURE RATIO = 1.147 | STROKES PER MINUTE = 31.7 |
| SPM | | BRAKE HORSEPOWER = 33. |
| HP | GAS THRU PUMP GOR = 163. : 1 | |

LAGO24
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAGO24
 LAGO AGRIO

| | | | | |
|-------|------------------------|------------|-----------------------|----------|
| | PUMP VERTICAL DEPTH | 9361. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9361. FT |
| | PRODUCTION RATE | 490. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1436. |
| PSI | STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.60 |
| API | WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| | GAS / OIL RATIO | 223. CFPB | WATER FRACTION | 0.57 |
| DEG F | BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. |
| | CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| | SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 5248. FT |
| | SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
 POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 549.
 BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 94.
 PERCENT

| | | | |
|-----|----------------------------------|--|----------------------------|
| | PUMP SPECIFICATIONS : | | INFLOW PERFORMANCE : |
| BPD | 2 x 1-9/16 PL-II | | PRODUCTION RATE = 490. |
| PSI | | | PRODUCING BHP = 1436. |
| | ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM | | PUMP PERFORMANCE : |
| | PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM | | OPERATING PRESSURE = 2743. |
| | MAXIMUM SPM = 52. SPM | | POWER FLUID RATE = 507. |
| PSI | DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD | | STROKES PER MINUTE = 18.3 |
| BPD | PRESSURE RATIO = 1.147 | | BRAKE HORSEPOWER = 26. |
| SPM | GAS THRU PUMP GOR = 223. : 1 | | |
| HP | | | |

LAGO27
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 G U I B E R S O N D I V I S I O N
 D R E S S E R I N D U S T R I E S , I N C .

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAGO27
 LAGO AGRIO

| | | | | |
|-------|------------------------|------------|-----------------------|----------|
| | PUMP VERTICAL DEPTH | 9559. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9559. FT |
| | PRODUCTION RATE | 206. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1333. |
| PSI | STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.50 |
| API | WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| | GAS / OIL RATIO | 101. CFPB | WATER FRACTION | 0.27 |
| DEG F | BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. |
| | CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| | SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 2624. FT |
| | SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:

| | | | |
|----------------------|----------|----------------------|----------|
| POWER FLUID TBG O.D. | 3.500 IN | POWER FLUID TBG I.D. | 2.992 IN |
|----------------------|----------|----------------------|----------|

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 224.
 BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 97.
 PERCENT

| | | |
|-----|----------------------------------|----------------------------|
| | PUMP SPECIFICATIONS : | INFLOW PERFORMANCE : |
| BPD | 2 x 1-9/16 PL-II | PRODUCTION RATE = 206. |
| PSI | | PRODUCING BHP = 1333. |
| | ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM | PUMP PERFORMANCE : |
| | PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM | OPERATING PRESSURE = 2687. |
| | MAXIMUM SPM = 52. SPM | POWER FLUID RATE = 207. |
| PSI | DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD | STROKES PER MINUTE = 7.5 |
| BPD | PRESSURE RATIO = 1.147 | BRAKE HORSEPOWER = 11. |
| SPM | GAS THRU PUMP GOR = 101. : 1 | |
| HP | | |

LAGO30
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 GUIBERSON DIVISION
 DRESSER INDUSTRIES, INC.

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAGO30
 LAGO AGRI O

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 9496. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9496. FT |
| PRODUCTION RATE | 228. BPD | PRODUCING B. H. P. | 303. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.50 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 245. CFPB | WATER FRACTION | 0.04 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 3280. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
 POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 751. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 32. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

2-1/2 x 1-1/2 PL-II

ENGINE END DI SP. = 17.47 BPD/SPM
 PUMP END DI SP. = 12.67 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 105. SPM
 DI SP. @ MAX. SPM = 1330. BPD
 PRESSURE RATIO = 0.725

GAS THRU PUMP GOR = 245. : 1

INFLOW PERFORMANCE :

PRODUCTI ON RATE = 228. BPD
 PRODUCING BHP = 303. PSI

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 2591. PSI
 POWER FLUID RATE = 1090. BPD
 STROKES PER MI NUTE = 59.3 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 53. HP

LAG032
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 GUIBERSON DIVISION
 DRESSER INDUSTRIES, INC.

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-27-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAGO32
 LAGO AGRI O

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 9788. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9788. FT |
| PRODUCTION RATE | 268. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1109. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.20 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 126. CFPB | WATER FRACTION | 0.39 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 9512. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
 POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 296. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 95. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

2 x 1-9/16 PL-II

ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM
 PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 52. SPM
 DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
 PRESSURE RATIO = 1.147

GAS THRU PUMP GOR = 126. : 1

INFLOW PERFORMANCE :

PRODUCTION RATE = 268. BPD
 PRODUCING BHP = 1109. PSI

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 3151. PSI
 POWER FLUID RATE = 274. BPD
 STROKES PER MINUTE = 9.9 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 16. HP

LAGO34
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 GUIBERSON DIVISION
 DRESSER INDUSTRIES, INC.

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-29-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAGO34
 LAGO AGRI O

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 9396. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9396. FT |
| PRODUCTION RATE | 177. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1000. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.70 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 221. CFPB | WATER FRACTION | 0.02 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 7544. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
 POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 235. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 79. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

2 x 1-9/16 PL-II

ENGINE END DISP. = 26.35 BPD/SPM
 PUMP END DISP. = 30.00 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 52. SPM
 DISP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
 PRESSURE RATIO = 1.147

GAS THRU PUMP GOR = 221. : 1

INFLOW PERFORMANCE :

PRODUCTION RATE = 177. BPD
 PRODUCING BHP = 1000. PSI

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 2607. PSI
 POWER FLUID RATE = 218. BPD
 STROKES PER MINUTE = 7.8 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 11. HP

LAG037
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 GUIBERSON DIVISION
 DRESSER INDUSTRIES, INC.

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-29-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAG037
 LAGO AGRI O

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 8585. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 8585. FT |
| PRODUCTION RATE | 259. BPD | PRODUCING B. H. P. | 755. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 28.90 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 44. CFPB | WATER FRACTION | 0.38 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 15416. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
 POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 276. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 99. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

2 x 1-9/16 PL-II

ENGINE END DI SP. = 26.35 BPD/SPM
 PUMP END DI SP. = 30.00 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 52. SPM
 DI SP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
 PRESSURE RATIO = 1.147

GAS THRU PUMP GOR = 44. : 1

INFLOW PERFORMANCE :

PRODUCTION RATE = 259. BPD
 PRODUCING BHP = 755. PSI

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 3115. PSI
 POWER FLUID RATE = 255. BPD
 STROKES PER MINUTE = 9.2 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 15. HP

LAGO38
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 GUIBERSON DIVISION
 DRESSER INDUSTRIES, INC.

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-29-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAGO38
 LAGO AGRI O

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 9478. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9478. FT |
| PRODUCTION RATE | 434. BPD | PRODUCING B. H. P. | 651. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.70 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 154. CFPB | WATER FRACTION | 0.02 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 3936. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
 POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 605. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 75. PERCENT

PUMP SPECIFICATIONS :

2 x 1-9/16 PL-II

ENGINE END DI SP. = 26.35 BPD/SPM
 PUMP END DI SP. = 30.00 BPD/SPM
 MAXIMUM SPM = 52. SPM
 DI SP. @ MAX. SPM = 1560. BPD
 PRESSURE RATIO = 1.147

GAS THRU PUMP GOR = 154. : 1

INFLOW PERFORMANCE :

PRODUCTI ON RATE = 434. BPD
 PRODUCING BHP = 651. PSI

PUMP PERFORMANCE :

OPERATING PRESSURE = 3174. PSI
 POWER FLUID RATE = 560. BPD
 STROKES PER MI NUTE = 20.2 SPM
 BRAKE HORSEPOWER = 34. HP

LAG039
 HYDRAULIC PISTON PUMP ANALYSIS
 PERFORMANCE CALCULATIONS
 VERSION 2.10
 GUIBERSON DIVISION
 DRESSER INDUSTRIES, INC.

FOR: RONQUILLO - MEDINA
 ESPOL
 06-29-2003

WELL NAME AND LOCATION:
 LAG039
 LAGO AGRI O

| | | | |
|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| PUMP VERTICAL DEPTH | 9865. FT | TUBING LENGTH TO PUMP | 9865. FT |
| PRODUCTION RATE | 1024. BPD | PRODUCING B. H. P. | 1878. PSI |
| STATIC B. H. P. | 0. PSI | OIL GRAVITY | 29.50 API |
| WATER SPECIFIC GRAVITY | 1.03 | GAS SPECIFIC GRAVITY | 0.85 |
| GAS / OIL RATIO | 170. CFPB | WATER FRACTION | 0.40 |
| BOTTOMHOLE TEMPERATURE | 200. DEG F | SURFACE TEMPERATURE | 95. DEG F |
| CASING I. D. | 6.276 IN | POWER FLUID USED | OIL |
| SURFACE LINE I. D. | 4.000 IN | SURFACE LINE LENGTH | 2952. FT |
| SEPARATOR PRESSURE | 60. PSI | | |

THE POWER FLUID PATH IS THE TUBING DESCRIBED BELOW:
 POWER FLUID TBG O. D. 3.500 IN POWER FLUID TBG I. D. 2.992 IN

THE PRODUCTION RETURN PATH IS THE ANNULUS

MECHANICAL EFFICIENCIES OF THE ENGINE AND PUMP ENDS ARE USED
 TO PERMIT CALCULATIONS FOR WORN PUMPS

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF ENGINE END, % ? 95

ENTER MECHANICAL EFFICIENCY OF PUMP END, % ? 95

THE REQUIRED PUMP DISPLACEMENT FOR THE GIVEN CONDITIONS IS : 1130. BPD

THE APPARENT VOLUMETRIC EFFICIENCY DUE TO GAS IS: 95. PERCENT

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| PUMP SPECIFICATIONS : | INFLOW PERFORMANCE : |
| 2 x 1-9/16 PL-II | PRODUCTION RATE = 1024. BPD |
| ENGINE END DI SP. = 26.35 BPD/SPM | PRODUCING BHP = 1878. PSI |
| PUMP END DI SP. = 30.00 BPD/SPM | PUMP PERFORMANCE : |
| MAXIMUM SPM = 52. SPM | OPERATING PRESSURE = 2594. PSI |
| DI SP. @ MAX. SPM = 1560. BPD | POWER FLUID RATE = 1045. BPD |
| PRESSURE RATIO = 1.147 | STROKES PER MINUTE = 37.7 SPM |
| GAS THRU PUMP GOR = 170. : 1 | BRAKE HORSEPOWER = 51. HP |

