

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO



**“Optimización en el Sistema de  
Fiscalización de la Recolección de Petróleo  
en el Distrito Taiman”**

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO DE PETROLEO**

**César Augusto Casquero Aranda**

*Promoción 1988 - 1*

**Lima - Perú - 1991**

OPTIMIZACION EN EL SISTEMA DE FISCALIZACION DE LA  
RECOLECCION DE PETROLEO EN EL DISTRITO TAIMAN

INDICE

1. PRELUDIO
2. SUMARIO
3. INTRODUCCION
4. CRITERIOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA  
RECOLECCION DE PETROLEO
  - 4.1 CONCEPTO
  - 4.2 CRITERIOS PARA EL DISEÑO
    - 4.2.1 UBICACION
    - 4.2.2 PROYECCION
    - 4.2.3 NUMERO DE POZOS
    - 4.2.4 PRODUCCION Y CALIDAD DE LOS FLUIDOS
  - 4.3 DESCRIPCION Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS
    - 4.3.1 MULTIPLES DE RECOLECCION
    - 4.3.2 SEPARADORES DE GAS
    - 4.3.3 SEPARADORES DE AGUA
      - 4.3.3.1 LINEA DE ENTRADA
      - 4.3.3.2 EL DESGASIFICADOR
      - 4.3.3.3 EL TANQUE
      - 4.3.3.4 DIFUSOR
      - 4.3.3.5 EL SIFON
      - 4.3.3.6 LINEA DE DESCARGA DE PETROLEO

- 4.3.4 TANQUES DE ALMACENAMIENTO
- 4.3.5 MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO
- 4.3.6 OLEODUCTOS
  - 4.3.6.1 DATOS
  - 4.3.6.2 FORMULAS A USAR
  - 4.3.6.3 PROCEDIMIENTO
- 4.3.7 BOMBAS DE TRANSFERENCIA
  - 4.3.7.1 DATOS
  - 4.3.7.2 FORMULAS A USAR
  - 4.3.7.3 PROCEDIMIENTO

## 5. SITUACION ACTUAL DEL DISTRITO TAIMAN

- 5.1 UBICACION GEOGRAFICA
- 5.2 POZOS PERFORADOS
- 5.3 POZOS EN PRODUCCION
- 5.4 RECOLECCION DE LA PRODUCCION DE LOS POZOS
- 5.5 PRODUCCION DE CAMPO POR BATERIAS
- 5.6 DESCRIPCION DE LAS BATERIAS
  - 5.6.1 BATERIA 910 - TAIMAN
  - 5.6.2 BATERIA 911 - TAIMAN
  - 5.6.3 BATERIA 914 - TAIMAN
  - 5.6.4 BATERIA 917 - VERDE
  - 5.6.5 BATERIA 942 - TAIMAN
  - 5.6.6 BATERIA 953 - REVENTONES

5.7 SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL CRUDO

5.8 FACILIDADES PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCION

5.9 FISCALIZACION DE LA PRODUCCION

5.9.1 MEDICION DEL NIVEL DEL LIQUIDO Y CORTE DE AGUA

5.9.2 TOMA DE TEMPERATURA

5.9.3 MUESTREO

5.9.4 DETERMINACION DE LA GRAVEDAD API

5.9.5 DETERMINACION DEL AGUA Y SEDIMENTO

5.10 FACTOR DE CORRECCION

6. SUGERENCIAS OPERATIVAS

7. ANALISIS ECONOMICO

8. CONCLUSIONES

9. RECOMENDACIONES

10. ANEXO

I. FIGURAS

II. MAPAS

III. GRAFICOS

IV. DIAGRAMAS

V. INVENTARIO

VI. HOJA DE CALCULOS

VII. CRONOGRAMA

VIII. BIBLIOGRAFIA

## 1. PREFACIO

El presente Trabajo es producto de una Beca de Tesis otorgada por Petróleos del Perú S.A., a través de la División Ingeniería de Producción, Departamento de Ingeniería de Petróleo.

Esta beca llevó a cabo en tres fases:

La Primera fase consistió en la recopilación de información por un período de dos meses, en la Oficina Principal de la Empresa.

La Segunda Fase se desarrolló en forma práctica durante aproximadamente un mes, en las instalaciones del Departamento Producción O.N.O., ciudad de El Alto, con el fin de verificar la información recopilada y recabar los datos que faltaban.

Finalmente, en la Tercera Fase, se procedió a los cálculos, gráficos, conclusiones, recomendaciones y todo lo necesario para la realización del Trabajo aquí expuesto.

Quiero agradecer a Dios por su Misericordia, por su Favor inmerecido Quien, a través de mis queridos Padres y los Ingenieros: Héctor Ruiz Torero (entonces, Jefe de la Div. Producción), Juan Vásquez, Roberto Wong y Tomás Mendoza, hizo posible este deseo personal.

Asimismo, encarecidamente doy gracias a los Ingenieros: Clever Guerra, Tomás García, Alberto Alvarez, Jorge Morales, Luis Del Castillo y, a todos los que laboran en la División Operaciones - Lima y División Norte - El Alto por su orientación, apoyo y paciencia.

De igual forma a mis amigos: Chumpitaz y Ronald.

Gracias a Dios por Ustedes y por aquellos que involuntariamente estoy pasando por alto.

## 2. SUMARIO

Trabaja preparado con el objetivo de Mejorar la Recolección de Petróleo del Distrito Taiman, ubicado en El Alto, Talaña. Para ello primeramente, se mencionan ciertos conceptos y criterios considerados para el Diseño de un Sistema de Recolección Típico de Petróleo en las Operaciones de El Alto 1980, así como, la descripción y dimensionamiento de los mencionados equipos.

Enseguida, se hace una descripción de la Situación en que se encuentra el Distrito Taiman: Ubicación geográfica, estado de los pozos perforados, sistemas de producción empizados, producción de campo por baterías, descripción de las baterías, procesos de tratamiento del petróleo, control y fiscalización de la producción.

Seguidamente, se señalan las sugerencias operativas, de índole económico, las conclusiones y la recomendación básica consistente en Optimizar el Sistema de Fiscalización de la Recolección de Petróleo del Distrito Taiman como punto de partida para Mejorar la Recolección de Petróleo del Distrito en estudio, que a su vez, beneficiará a los Distritos de los Orquesas y Bellona. Esto, en consecuencia, tenderá a mejorar los valores de Corrección y por lo tanto, brindará medidas más precisas de los volúmenes de producción de petróleo por Batería y por Pozo que es fundamental tanto desde el punto económico como para encarar los estudios de reservas individuales.

### 3. INTRODUCCION

La eficiente Recolección de los hidrocarburos de un yacimiento petrolífero, es un factor importante a fin lograr una explotación racional. De ello depende la cantidad de hidrocarburos que se podrán extraer, es decir, el porcentaje de recuperación de las reservas "insitu" del subsuelo.

Por los volúmenes que se manejan, una pequeña variación en el porcentaje de recuperación podrá significar una diferencia de varios barriles ha obtener, y que influirán en los valores económicos de la explotación de un yacimiento.

Por ello, una eficiente recolección de petróleo es fundamental, tanto desde el punto de vista económico como para encarar los estudios de reservorios indispensables.

#### 4. CRITERIOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE PETRÓLEO EN LAS OPERACIONES ONO - EL ALTO, TALARA

##### 4.1 EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE PETRÓLEO

El sistema de tuberías, bombas, tanques, válvulas y otro equipo adicional por medio del cual se transporta el petróleo y se controla el flujo desde los pozos hasta un punto principal de almacenamiento o embarque, se llama "el sistema de recolección" o "sistema colector".

Se pueden efectuar reducciones de costos importantes con un buen diseño del sistema de recolección, con la debida atención a la distribución de las tuberías y la localización de los tanques para sacar la ventaja máxima del flujo por gravedad, con consumo mínimo de fuerza para bombeo y pérdida mínima en el manejo del crudo.

Por supuesto, el sistema de recolección de petróleo debe diseñarse para adaptarse a las condiciones que se presentan en cada caso por separado.

## 4.2 CRITERIOS PARA EL DISEÑO:

### 4.2.1 UBICACION

El contorno del terreno no sólo tiene mucho que ver con la disposición del sistema de recolección, sino que influye en la selección del sitio de la Bateria, Centro de Almacenamiento o Punto de Embarque.

Un mapa topográfico preciso de la zona productora, que muestre las localizaciones de los pozos y que indique las elevaciones de la superficie en todos los puntos con curvas de nivel, sugerirá la disposición apropiada para las líneas colectoras, que permita fluir el petróleo lo más posible por gravedad al centro del almacenamiento.

La ubicación y topografía abruptas del terreno, son factores que, a veces, hacen que la longitud y capacidad de las líneas de transferencia, u oleoductos sean de mayor tamaño y capacidad que de un terreno llano.

Con frecuencia las condiciones topográficas exigirán que se proporcionen dos o más sistemas aislados diferentes, cada uno de ellos drenados a centros de almacenamiento separados. Cuando unos pozos producen petróleo limpio y otros petróleo con agua, puede ser conveniente líneas colectoras separadas para cada grupo.

#### 4.2.2 PROYECCION

Puede asegurarse un sistema de recolección eficiente si al principio del desarrollo de una propiedad (campo o yacimiento), se dá cuidadosa consideración a los requerimientos futuros probables a los que tendrá que ajustarse el sistema.

Deberán diseñarse de manera que se puedan hacer extensiones dentro de áreas no desarrolladas y reajustes dentro de las instalaciones con interrupción mínima del servicio. Con frecuencia, el sistema de recolección crece por partes, al ampliarse las operaciones de perforación, y eventualmente parece mal diseñado e inadecuado.

#### 4.2.3 NUMERO DE POZOS

El número de pozos es necesario tenerlo en cuenta porque determinan el número de "tomas" de los múltiples de recolección, separadores, medidores de desplazamiento (volumeters), y lo que es muy importante, el Volumen Total de petróleo a producir.

#### 4.2.4 PRODUCCION Y CALIDAD DE LOS FLUIDOS

El volumen de producción y calidad de los hidrocarburos determinan la capacidad de los Separadores, Tanques de Lavado, Tanques de Almacenamiento, Oleoductos y Bombas de Transferencia. Asimismo, señalan el tipo de "Tratamiento" a llevarse a cabo, es decir:

Si en la producción se tiene poco gas pero significativa cantidad de agua, entonces se opta por utilizar Tanques de Lavado (tratamiento mecánico), Separadores Verticales Bifásicos (con o sin Calentadores incorporados), según sea el "Tipo de Agua".

De tenerse un considerable GOR, se utilizan Separadores Horizontales que permiten la separación del gas de el líquido para luego (el líquido), ser tratado en un tanque de Lavado para separar agua del petróleo.

Separar el gas de la producción.

Deshidratar el gas para el consumo, mediante los Depuradores de Gas.

Separar el agua del petróleo mediante los Tanques de lavado.

Tratar el líquido emulsionado (petróleo/agua), con desemulsificantes.

Controlar la producción de cada pozo.

Controlar la producción total de la estación ó distrito.

Almacenar el petróleo crudo.

Transferir ó bombear el petróleo a los puntos de fiscalización (Patio de Tanques de Almacenamiento).

Algunas de las Baterías realizan parte de las operaciones descritas y otras efectúan la totalidad de ellas.

En el Diagrama #1 (Ver Anexo IV), se muestra un esquema de una Batería Tipo en la que se indican los equipos e instalaciones necesarias para efectuar el conjunto de operaciones ya citadas. Como puede verse en el Diagrama, el fluido de cada pozo entra al colector ó múltiple de recolección; de allí la producción del conjunto se deriva a un separador general donde se produce la separación gas/líquido.

Efectuada la separación del gas, el líquido ingresa al Tanque de lavado con el fin de separar el agua del petróleo. Luego de ser medido el petróleo a través de los medidores de desplazamiento (vol-u-meter), se almacena en el Tanque Operativo para ser transferido por la(s) Bomba(s) de desplazamiento hacia el punto de fiscalización.

El gas, pasa por los purificadores ó despojadores de líquidos (Scrubber), medidores de gas y, finalmente ingresa a la Estación de Compresores, para ser inyectado a los pozos que producen por bombeo neumático, ó como combustible para los motores de las Unidades de Bombeo, ó como materia prima para la elaboración de **la Urea**, como es el caso del Nor-Oeste.

La producción de los pozos a ensayar se deriva a los separadores de prueba o al tanque de ensayo.

Complementan las instalaciones de la Estación, los Tanques Auxiliares, dispositivos de control, líneas secundarias de alimentación de gas a la Batería y líneas de drenaje del agua a la pileta de tierra y venteo de gas.

Seguidamente, el dimensionamiento de algunos de sus equipos:

•

#### 4.3.1 MÚLTIPLES DE RECOLECCION

Hay dos tipos: Paralelo y Silla. La línea de "prueba" es de 4", mientras que la de "totales" de 6". En cuanto al número de "tomas" o de "bocas", hay de 6, 7 y de 11.

La elección del múltiple de recolección depende del número de pozos y la proyección que se tiene para el Yacimiento.

#### 4.3.2 SEPARADORES DE GAS

Para realizar el mínimo de tres (3) pruebas recomendadas/pozo/mes, es necesario de un separador por cada diez (10) pozos y, para verificar si este requisito se cumple en cada Bateria, se usa la siguiente relación:

$$\text{Nro.Pruebas/Pozo/Mes} = 30 \times (\text{Nro.Separadores/Nro.Pozos})$$

Se usan en las Operaciones del Noroeste los de forma Vertical (Ver Fig. #2 en el Anexo I).

#### 4.3.3 SEPARADORES DE AGUA O TANQUES DE LAVADO

Conocidos en la Industria **Petrolera** con el nombre de "Gun Barrels" (Ver Fig.#5), se usan para la deshidratación y desalado del petróleo. Desempeñan una de las funciones más importantes, ya que eliminan en forma automática el agua libre proveniente de los pozos, así como las gotas de agua que se encuentran en suspensión en el crudo.

La importancia de eliminar el agua del petróleo obedece a los efectos nocivos que ocasionan su presencia en nuestra producción, como:

Ser portadora de sales inorgánicas las cuales generan la corrosión e incrustaciones en los equipos.

Disminuye el API del crudo.

Incrementa los costos del procesamiento del petróleo crudo.

Los Tanques de Lavado están compuestos de seis partes principales:

##### 4.3.3.1 Línea de Entrada

Es la tubería que conduce la emulsión que viene desde el separador hasta el T. Lavador.

#### 4.3.3.2 El Desgasificador

Conocido con el nombre de "Bota", es una tubería vertical, instalada junto al tanque, a través de la cual pasa la emulsión antes de entrar al fondo del tanque. Su misión es separar el gas de la emulsión y reducir la turbulencia al entrar al tanque.

Consta de dos partes: el desgasificador propiamente dicho, el cual se extiende sobre la altura del techo del tanque y, el rompedor de turbulencia que va a continuación del desgasificador y conecta con el tanque por la parte inferior.

Las especificaciones para instalar un desgasificador son las siguientes:

La entrada al desgasificador debe estar preferentemente a 5 pies por encima del techo del tanque y, entre su base y ésta entrada debe contar con "flaps" para romper la solución gas - petróleo.

La parte superior del desgasificador debe ser por lo menos de 2 pies de diámetro y estar 8 pies de altura total sobre el techo del tanque.

La tubería de salida del gas de la bota debe conectarse con la ventilación del T. Lavador

La tubería que conecta la bota con el T.Lavador debe ser por lo menos de 4 pulgadas de diámetro. Esto es necesario con el fin de minimizar las restricciones del flujo durante las descargas de la bota.

Cálculo de la Altura de la "Bota":

La altura máxima de la bota se calcula para las condiciones más desfavorables de operación del T. Lavador, es decir, cuando el Tanque se llene completamente de agua:

$$H \times \text{Gradiente del petróleo} - \\ h \times \text{Gradiente del agua.}$$

H = Altura de la bota.

h = Altura de la descarga del crudo en el tanque.

#### 4.3.3.3 El Tanque

Es el recipiente donde se efectúa el lavado del petróleo.

La velocidad de ascenso recomendable de los líquidos que entran al tanque lavador, debe ser como máximo de 1 pie/mínuto para que el entrampe de las gotas de agua sea efectivo.

Considerando tanques estandard API y aplicando las relaciones matemáticas, el diámetro se calcula:

$$D = 0.07046(Q^{1/2})$$

D = Diámetro en pies.

Q = Caudal total en BPD.

Para cálculos bien aproximados, se puede usar el Nomograma de la Fig. 5A (Ver Anexo I).

#### 4.3.3.4 El Difusor

El propósito del difusor es distribuir el fluido en una amplia superficie.

Permite que el fluido ascienda uniformemente e impide que el petróleo se canalice.

Es preferible un difusor en cruz ocupando casi todo el diámetro del tanque.

Las perforaciones en total del difusor, deberán tener un área 2.5 veces el área de entrada al tanque.

El difusor deberá montarse alrededor de 2 pies sobre el fondo del tanque.

#### 4.3.3.5 El Sifón

Sirve para eliminar el agua que ha sido separada de la emulsión para regular la cantidad de agua que debe permanecer en el Tanque Lavador.

En la Fig. 5B (Ver Anexo), se presenta un nomograma que ayuda a determinar con la precisión requerida dentro de los límites prácticos, la altura del sifón de un tanque de lavado partiendo del nivel de agua y de petróleo en el tanque.

Observando el esquema del lado inferior derecho del Nomograma (Fig. 5B), se tiene:

$h_w$  = nivel de agua en el tanque.

$h_o$  = nivel del petróleo en el tanque.

$d$  = altura del sifón.

$h$  = diferencia de niveles entre la descarga del petróleo y la altura del sifón.

$g_w$  = gravedad específica del agua.

$g_o$  = gravedad específica del petróleo.

Estando en equilibrio las columnas líquidas del tanque y el tubo de descarga, sus alturas son proporcionales a las respectivas gravedades específicas, o expresándolo matemáticamente:

$$g_o/g_w = (d - h_w)/h_o$$

Reemplazando d por su valor  $(h_o + h_w - h)$  se tiene:

$$1 - (g_o/g_w) = h/h_o$$

ecuación que está representada por el Nomograma.

Debe tenerse en cuenta que tanto la gravedad del petróleo como la del agua, deben ser tomadas a la temperatura del tanque, bien sea por determinación directa o por corrección.

Al diseñar el sifón, se debe dejar facilidades, para permitir variar su altura ya que la gravedad específica del agua del colchón puede ser variable.

Es recomendable mantener un nivel de agua  $(h_w)$  igual al 40% de la altura total  $(h_w + h_o)$ .

#### 4.3.3.6 Línea de Descarga del Petróleo

Conduce el petróleo limpio desde el Tanque Lavador hacia el Tanque de Almacenamiento.

#### 4.3.4 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Recibe el nombre también de "Tanque Operativo". Su capacidad está en directa relación con la producción de la Bateria. Para evitar derrames, por petróleo no transferido, la capacidad de éstos tanques es por lo menos, el doble de la producción diaria.

#### 4.3.5 MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO

Llamados también en la industria petrolera con el nombre de "volumeters" (Ver Fig. #3). Tienen como función contabilizar la cantidad de líquido ó petróleo. Su capacidad depende de la producción diaria de cada pozo o de un conjunto de pozos.

#### 4.3.6 OLEODUCTO

Para diseñar el diámetro de un oleoducto se sigue la siguiente secuencia:

##### 4.3.6.1 Datos:

- 1) Producción del petróleo a transferir  $Q$  (BPD) y Régimen de Bombeo trabajando  $RB$  (BPD).
- 2) Características del petróleo a bombear:
  - Gravedad API
  - Viscosidad
- 3) Características del Oleoducto:
  - Rugosidad de la tubería ( $E$ ).
  - Tipo de Material a emplearse.
  - Espesor de la tubería.
- 4) Características del terreno:
  - Ruta (longitud) y Perfil Altimétrico (cotas).
- 5) Estaciones de Bombeo:
  - Número, ubicación y tipo de las Estaciones.
- 6) Potencia que se dispone.
- 7) Capacidad de los Tanques.

El principal criterio para el dimensionamiento es la caída de presión y la velocidad. Se pueden tener los siguientes límites prácticos:

- Presión Máxima = 5 lbs/plg<sup>2</sup>/100 pies.

- Velocidad Máxima = 700 pies/mín. = 3.5 m/seg.

Usualmente:

- Presión: 1.0 a 3.0 lbs/plg<sup>2</sup>/100 pies.

- Velocidad: 300 a 500 pies/mín. = 5 a 8.33 pies/seg.

#### 4.3.6.2 Fórmulas a usar:

1) Ecuación de Continuidad:  $Q = v.A$

donde:  $v$  = velocidad de flujo.

$A$  = área transversal de la tubería.

2) Número de Reynold:  $Re = (v.D)/u$

donde:  $D$  = diámetro de la tubería.

$u$  = viscosidad del fluido.

### 3) Ecuación de Darcy

Weisbach:

$$h_f = f \cdot L \cdot (v^2) / (2gD)$$

donde:  $h_f$  = pérdida por fricción.

$f$  = factor de fricción.

$L$  = longitud de la tubería.

$g$  = aceleración de la gravedad.

Reemplazando la primera ecuación en la segunda y tercera:

$$Re = K_1/D \dots\dots\dots(1)$$

donde,  $K_1 = 4Q/u \cdot \pi$

$$D^5 = K_2 \cdot f \dots\dots\dots(2)$$

donde,  $K_2 = 8L(Q^2) / (h_f \cdot g \cdot \pi^2)$

#### 4.3.6.3 Procedimiento:

- 1) Se asume un valor a  $D$ .
- 2) Se encuentra  $Re$  por la ecuación (1)
- 3) Se halla la rugosidad relativa  $E/D$ .
- 4) Con  $Re$  y  $E/D$ , se calcula  $f$  del Gráfico de Moody ó mediante el programa en BASIC:

```

10 REM CALCULO FACTOR DE FRICCION
20 REM FACTOR DE FRICCION F
30 REM RUGOSIDAD RELATIVA K
40 REM NUMERO DE REYNOLD RE
50 INPUT "RE ="; RE, "K ="; K
60 INPUT "F ="; F
70 IF RE < 2300 THEN F = 64/RE :
    GOTO 100
80 A = -2*LG(2.51/(RE*(F^0.5) +
    K/3.71))*(F^0.5)
90 PRINT "A ="; A, "....=>...",
    "F ="; F : GOTO 60
100 PRINT "F ="; F : GOTO 50
110 END

```

- 5) Utilizando la ec. (2), con el  $f$  calculado, se halla un nuevo  $D$ .
- 6) Con el nuevo  $D$ , se repite el proceso.
- 7) Cuando el valor de  $f$  no cambia, todas las ecuaciones se satisfacen y el problema está resuelto. (Normalmente uno o dos ensayos son necesarios).

Otra opción es, después de haber hallado el nuevo  $D$ , recalculamos  $Re$ . De la Tabla 1A (Anexo VI), se eligen los valores en que se encuentra el  $Re$  calculado, para luego por interpolación encontrar  $f$ , que mediante la ec. (2), nos permitirá tener el Diámetro del oleoducto.

#### 4.3.7 BOMBAS DE TRANSFERENCIA

Sabiendo ya el diámetro del oleoducto, lo siguiente es calcular la potencia necesaria para transferir el petróleo.

##### 4.3.7.1 Datos:

Son los mismos que para el diseño del oleoducto, considerando siempre un margen en el Caudal de bombeo ya sea por estar la zona en desarrollo, problemas en el bombeo, etc.

#### 4.3.7.2 Fórmulas a usar:

1) Ecuación de Bernoulli: Aplicando entre dos puntos 1 y 2:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot e} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + H_b = \frac{P_2}{\rho \cdot e} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_f$$

donde,  $P_1$  y  $P_2$  = Presiones en los puntos señalados.

$\rho \cdot e$  = Peso específico del fluido.

$Z_1$  y  $Z_2$  = Cotas en que se encuentran éstos puntos.

$H_b$  = Carga de la Bomba.

$v_1$  y  $v_2$  = Velocidad del fluido en cada punto.

$h_f$  = Pérdida por fricción.

2) Ecuación de Darcy-Wiesbach:

$$h_f(\text{pies}) = 0.1863 f L (v^2) / D \quad 6$$

$$p_f = 2.648 (10^{-5}) (Q^2) f / (D^5)$$

donde,  $p_f$  = Pérdida por fricción en  
lbs/pulg<sup>2</sup> por pie.

$L$  = Longitud de la tubería en  
pies.

$v$  = Velocidad del fluido en  
pies/seg.

$D$  = Diámetro de la tubería en  
pulgadas.

$Q$  = Caudal de petróleo  
producido, en bpd.

3) Ecuación de Continuidad:

$$Q = v * A$$

donde,  $v$  = velocidad del fluido.

$A$  = Area transversal de la  
tubería.

4) Número de Reynold:

$$Re = (v * D) / u$$

donde,  $v$  = Velocidad del fluido.

$D$  = Diámetro de la tubería.

$u$  = Viscosidad Cinemática.

5) Ecuación de Colebrook y White:

$$\frac{1}{(f^{1/2})} = -2 \log \left( \frac{E}{3.71D} + \frac{2.51}{Re(f^{1/2})} \right),$$

para tuberías de acero comercial,

donde, E = Rugosidad de la tubería.

D = Diámetro de la tubería.

Re = Número de Reynold.

f = Factor de fricción.

#### 4.3.7.3 Procedimiento:

1) Cálculo de la velocidad.

2) Cálculo del Número de Reynold (Re).

3) Cálculo del Factor de Fricción.

4) Cálculo de las pérdidas de carga (hf): Usando la ecuación de Darcy-Weisbach.

5) Cálculo del Hb de la Bomba: Usando la ecuación de Bernoulli, donde, considerando:  $P_1 = P_2 = 0$  y  $v_1 = v_2 = 0$ , se reduce a:

$$H_b = (Z_2 - Z_1) + h_f = \text{Diferencia de Cotas} + h_f$$

6) Cálculo de las presiones de descarga de la Bomba:

$$P_d = H_b \times (\text{Gradiente del Fluído})$$

7) Cálculo de la Potencia necesaria:

Con las presiones y Caudales, vamos a las especificaciones, según la marca de la Bomba (GARDNER DENVER, GASO; ver Figuras 6 y 9 Anexo I) para determinar el Modelo de la Bomba que se ajusta a las condiciones requeridas.

## 5. SITUACION ACTUAL

El Departamento de Producción de Operaciones Nor-Oeste, comprende tres divisiones: División Norte, División Sur y División Operaciones Auxiliares.

La División Norte tiene bajo su administración 5 Distritos o Secciones a saber: Peña Negra, Taiman, Ballena, Los Organos y Hualtaca.

Taiman, está ubicado en el Distrito El Alto, de la Provincia de Talara. Comprende los Yacimientos: Taiman, Verde y Reventones, donde se han perforado 592 pozos de los cuales 257 son productores.

Se emplean dos sistemas de Levantamiento Artificial: Bombeo Mecánico y Bombeo Neumático.

La producción del Distrito Taiman, en Junio de 1990 fue de 2673 bpd x 213 pozos productores, lo que hace un promedio de 12.6 bpd/pozo.

La producción de los pozos es recolectada por seis Baterías: 910, 911, 914, 917, 942 y 953.

En cada Batería dicha producción es contabilizada y procesada con el fin básico de obtener petróleo crudo libre de agua y de gas, haciéndose esto posible mediante los desemulsificantes y, los Separadores de Gas y de Agua (Tanques Lavadores) instalados en las Baterías.

El petróleo, es transferido directamente hacia los Tanques de Almacenamiento del Patio de Tanques de El Alto, con excepción del petróleo de las Baterías 910 y 953 que es recolectado en los Tanques de Almacenamiento de las Baterías 911 y 942 respectivamente, desde donde es transferido hacia el Patio de Tanques.

En el Patio de Tanques de El Alto, el petróleo es fiscalizado para luego ser bombeado hacia la Refinería de Talara.

Luego de esta general descripción, se procederá a pormenorizar la Situación del Distrito en estudio.

## ASPECTOS DESCRIPTIVOS DEL DISTRITO TAIMAN

### 5.1 UBICACION GEOGRAFICA:

El Distrito 6 Sección Taiman se encuentra ubicado en El Alto, distrito de la provincia de Talara, en el Departamento de Piura (Veánse Mapas #1, #2 y #3 en el Anexo II).

### 5.2 POZOS PERFORADOS:

A la fecha, en el distrito de Taiman se llevan perforando alrededor de 592 pozos, distribuidos de la siguiente manera:

<b>ESTADO DE LOS POZOS:</b>	<u>PROD</u>	<u>ATA</u>	<u>APA</u>	<u>DPA</u>	<u>TOTAL</u>
<b>NUMERO:</b>	257	266	44	25	592
<b>%:</b>	<b>43.4</b>	<b>44.9</b>	<b>7.4</b>	<b>4.3</b>	<b>100</b>

PROD: Produciendo

ATA: Abandonado Temporalmente

APA: Abandonado Permanentemente

DPA: Espera Abandono

#### 5.4 RECOLECCION DE LA PRODUCCION DE LOS POZOS:

La producción de petróleo proveniente de los pozos es recolectada en seis (06) Baterías: 910, 911, 914, 917, 942 y 953. En cada Batería, dicha producción es contabilizada y procesada con el fin de obtener el petróleo crudo libre de gas y de agua.

La cantidad de pozos y sus métodos de producción en cada Batería es la siguiente:

<b>BATERIA:</b>	<b>911</b>	<b>914</b>	<b>917</b>	<b>942</b>	<b>953</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MDO.PROD.</b>						
<b>PUG:</b>	50	24	34	51	14	173
<b>PUE:</b>	13	04	06	01		24
<b>G.L.:</b>	10	02	03	16		31
<b>SGT:</b>	04	02	01		02	09
<b>SWB:</b>	03	03	05	04		15
<b>DFG:</b>	02		01	02		05
<b>TOTAL:</b>	82	34	50	73	16	257

### **5.5 PRODUCCION DE CAMPO POR BATERIAS**

La producción de Campo de las Baterías del Distrito Taiman, desde Enero de 1988 hasta Enero de 1990 es como se encuentra en el Cuadro #1, teniéndose en Junio de 1990 una producción en el Distrito de 2673 bpd x 213 pozos productores, con un promedio de 12.6 bpd/pozo.

(Ver Gráficos de la Producción/Batería y Distrito en el Anexo - III).

### **5.6 DESCRIPCION DE LAS BATERIAS**

A continuación se menciona la descripción de las seis Baterías que recolectan el petróleo del Distrito Taiman:

CUADRO No 1:

PRODUCCION DE CAMPO DIARIA/BATERIA -- DISTRITO TAIMAN

(BPD)

ARO: 1988

MES:	EN.88	FB.	MZ.	AB.	MY.	JN.	JL.	AG.	SP.	OC.	NV.	DC.
BATERIA												
910												
911	774.1	763.5	764.8	943.5	987.0	1044.3	958.5	942.8	923.1	1087.9	978.8	928.5
914	459.8	457.7	449.8	481.2	469.0	471.9	520.0	461.0	421.3	413.2	422.7	396.7
917	479.9	518.6	496.8	576.7	507.0	572.7	593.6	574.6	537.3	520.0	452.5	451.4
942	775.2	903.8	808.5	803.8	880.0	867.0	837.5	809.2	777.7	732.5	737.9	703.5
953	225.4	215.2	247.1	214.4	209.0	231.1	261.2	215.3	188.5	208.1	233.1	218.7
TOTAL:	2714.5	2858.8	2767.1	3019.6	3052.0	3187.0	3170.7	3002.9	2847.8	2961.6	2825.1	2698.7

(BPD)

ARO: 1989

MES:	EN.89	FB.	MZ.	AB.	MY.	JN.	JL.	AG.	SP.	OC.	NV.	DC.	EN.90
BATERIA													
910													
911	88.5	123.3	134.2	113.7	135.6	102.0	114.8	212.2	166.9	195.9	173.5	179.0	163.3
914	857.2	813.2	786.6	822.3	1056.6	861.0	857.4	861.1	859.1	830.3	767.0	707.0	687.4
917	360.3	337.7	349.7	323.7	312.6	311.0	401.2	485.1	732.7	519.8	477.8	481.0	413.4
942	483.5	500.6	527.6	555.0	586.7	708.0	764.8	790.6	855.8	761.5	751.3	711.0	614.0
953	659.8	675.1	691.8	758.7	711.0	722.0	714.5	707.4	707.8	694.8	763.2	606.0	741.1
TOTAL:	2652.8	2658.0	2685.2	2788.8	3031.9	2903.0	3051.4	3278.8	3535.9	3196.1	3151.5	2870.0	2787.9

### 5.6.1 BATERIA 910 - TAIMAN

Tiene una producción de 180 a 210 BPD proveniente de 22 pozos productores de petróleo HCT.

#### Ubicación:

Se encuentra en el cuadrante K-24, a 810 pies sobre el nivel del mar (p.s.n.m.), ver Mapa #3 - Anexo II.

#### Equipos:

Múltiples de Recolección: Dos de 11 entradas cada uno.

Separadores: Cuatro, de los cuales dos son de prueba, que permiten realizar un promedio de 2.7 pruebas/pozo/mes.

Tanque Lavador: De 200 barriles de capacidad.

Capacidad de Almacenamiento: 200 bls.

#### Transferencia de Crudo:

La producción es transferida mediante un oleoducto de 4" de diámetro hasta el tanque operativo de la Bateria 911, desde donde es bombeado hasta el Patio Tanques El Alto. Se usa una bomba de transferencia Gardner Denver 5"x8".

El diagrama de la batería e inventario de equipos se muestra en el Anexo IV y V.

Conclusiones:

La capacidad de la Bomba (G.D. de 5" x 8") y de la línea de transferencia (4" de diámetro), se encuentran sobredimensionadas para la capacidad de recolección de la Batería (Ver Hoja de Cálculos - Anexo VI).

5.6.2 BATERIA 911 - TAIMAN

Tiene una producción de 564 a 726 BPD de petróleo HCT proveniente de 82 pozos productores.

Ubicación:

Se encuentra en el cuadrante K-26, a 842 p.s.n.m. (Ver Mapa #3 - Anexo II).

Equipos:

Múltiples de Recolección:

a) De Campo: Cuenta con dos múltiples de recolección de campo.

**1ro:** Ubicado junto al pozo 1588-T donde se encuentran instalados dos múltiples de 5 y 7 entradas cada uno, recepcionando la producción de 12 pozos.

Cuenta con una línea de prueba de 2"0 x 4000' y una de totales de 2"0 x 4000'.

2do: Aproximadamente a 200 metros al N.E. del pozo 7279, se encuentra instalado un múltiple de 7 entradas, recepcionando la producción de 7 pozos.

Cuenta con una línea de totales de 2"0 x 4500'.

b) De Batería: Cuenta con 6 múltiples: 01 de 6 entradas, 04 de 7 entradas y 01 de 11 entradas.

Separadores: Seis, de los cuales 04 son de prueba que permiten realizar 1.5 pruebas/pozo/mes.

Tanque Lavador: De 100 bls. de capacidad.

Capacidad de Almacenamiento: 1450 bls: 01 de 1050 y 02 de 200 bls. Adicionalmente existen 3 tanques fuera de servicio: 02 de 140 y 01 de 70 bls.

### Transferencia del Petróleo:

La producción es transferida al Patio de Tanques El Alto mediante un oleoducto de 3" de diámetro, el cual se conecta al Múltiple Central de Recolección de El Alto (ver Mapa #3 - Anexo II). Se usan dos bombas reciprocantes, G.D., de 4"x5", con motor eléctrico, y de 5"x8", con motor a gas.

El diagrama de la Bateria e inventario de equipos se muestra en el Anexo IV y V.

### Conclusiones:

El número de separadores es insuficiente para controlar adecuadamente la producción de los pozos.

La capacidad del Tanque Lavador es insuficiente (100 bls.) para tratar todo el volumen de crudo producido, siendo necesario reemplazarlo por uno de 500 bls.

### 5.6.3 BATERIA 914    TAIMAN

Tiene una producción de 392 BPD de crudo HCT proveniente de 30 pozos.

#### Ubicación:

Se encuentra en el cuadrante H 25, a 843 p.s.n.m. (Ver Mapa #3 - Anexo II).

#### Equipos:

Múltiples de Recolección: Tiene cinco: 04 de 7 entradas y 01 de 11 entradas.

Separadores: Cuatro, de los cuales 02 son de prueba que permiten realizar 1.9 pruebas/pozo/mes. Al instalarse un separador, un volumeter y un múltiple de 07 entradas, permitirá aumentar a 2.9 pruebas/pozo/mes.

Tanque Lavador: De 200 bls.

Capacidad de Almacenamiento: Es de 1200 bls.: 01 de 800 bls. y 02 tanques de 200 bls.

### Transferencia de Crudo:

La producción es transferida al Patio Tanques El Alto mediante un oleoducto de 4"-6"-4" de diámetro x 5840' de longitud, que se conecta al oleoducto principal, que proviene desde el Múltiple Central de Recolección, a la altura de la Estación de Bombas El Alto. Se usa una bomba reciprocante G.D. 4"x5" con motor a gas.

El diagrama de la Bateria e inventario de equipos se muestra en el Anexo IV y V.

### Conclusiones:

Los Separadores (pruebas total) y volumeters, presentan un severo grado de corrosión.

Observando la dirección del viento en la Bateria (ver Diagrama - Anexo IV), se tiene que la Bomba de transferencia está mal ubicada.

#### 5.6.4 BATERIA 917 - VERDE

Produce 550 BPD de crudo HCT proveniente de 50 pozos.

##### Ubicación:

En el cuadrante K - 27, a 885.6 p.s.n.m. (Ver Mapa #3 - Anexo 2).

##### Equipos:

Múltiples de Recolección:

a) De Campo: Cuenta con tres:

**1ro:** Ubicado a 1250 mts. de la Batería (cerca del pozo 1748 y de la antena de Micro-ondas de El Alto), donde se encuentra instalado un múltiple de 07 entradas, que recepciona 6 pozos. Cuenta con una línea de prueba de 2"0 x 8700' y una línea de totales de 2"0 x 8700'.

**2do:** Ubicado a 1150 mts. de la Batería (frente al pozo 746 Verde), donde se encuentra instalado un múltiple de 07 entradas, que recepciona 7 pozos. Cuenta con una línea de prueba de 2"0 x 4500' y una línea de totales de 2"0 x 4500'.

3ro: Ubicado a 1300 mts. de la Batería (junto al pozo 250 -T), donde se encuentran instalados dos múltiples de 07 entradas cada uno que receptionan 12 pozos. Cuenta con una línea de prueba de 2"0 y una de totales de 3"0 x 5500'.

b) De Batería: Tiene cuatro: 03 de 7 entradas y 01 de 6 entradas.

Separadores: Tiene 05, de los cuales 03 son de prueba que permiten realizar 02 pruebas/pozo/mes.

Tanque Lavador: De 500 bls.

Capacidad de Almacenamiento: Es de 2100 bls.: 01 de 1500 bls. y 03 de 200 bls.

#### Transferencia de Crudo:

La producción es transferida al Patio Tanques El Alto mediante un oleoducto de 4"0 - 3"0 por 950 metros de longitud, el cual se conecta al Múltiple Central de Recolección. Se usa una bomba reciprocante G.D. 5"x8" con motor a gas.

Ver diagrama de la Batería inventario de equipos en el Anexo IV y V.

### Conclusiones:

Batería sobredimensionada en cuanto capacidad de almacenamiento.

El oleoducto de la Batería, así como los que provienen de la Estación 974 - Los Organos y la Batería 990 - Ballena, están sujetos a deterioro por parte de los vehículos que en algunos tramos los transitan.

### 5.6.5 BATERIA 942 - TAIMAN

Tiene una producción de 650 BPD de crudo HCT proveniente de 73 pozos.

#### Ubicación:

**Se encuentra** en cuadrante I 23, a 187 p.s.n.m. (Ver Mapa #3 - Anexo II).

### Equipos:

Múltiples de Recolección:

a) De Campo: Cuenta con tres:

**1ro:** Ubicado a 450 mts. de la Bateria (en el terraplén del pozo 1150), donde se encuentran instalados dos colectores de 11 entradas cada uno, recepcionando 26 pozos. Cuenta con dos líneas de prueba de 2"0 x 3500' y dos líneas de totales de 3"0 x 3500'.

**2do:** Ubicado a 950 mts. de la Bateria (en el terraplén del pozo 5879), donde se encuentra instalado un colector de 11 entradas que recepciona 9 pozos. Cuenta con una línea de prueba de 2"0 x 4500' y una línea de totales de 3"0 x 4500'.

**3ro:** Ubicado a 930 mts. de la Bateria (en el terraplén del pozo 2092), donde se encuentra ubicado un colector de 11 entradas, que recepciona 6 pozos. Cuenta con una línea de prueba de 2"0 x 5000' y una línea de totales de 2"0 x 5000'. En este colector se encuentra pendiente las conexiones de las líneas de flujo de los pozos 5873, 7992 y 6016 lo que permitirá recuperar aproximadamente 15,000' de tubería de 2"0 STD.

b) De Batería: Siete múltiples de 07 entradas cada uno.

Separadores: Siete, de los cuales 05 son de prueba que permiten realizar un promedio de 2.2 pruebas/pozo/mes.

Actualmente está en proceso de instalación un separador de medida que permitirá aumentar a 2.6 pruebas/pozo/mes.

Tanque Lavador: Es de 1500 bls.

Capacidad de Almacenamiento: Es de 3660 bls.:  
01 de 3000 bls., 01 de 140 bls., 06 de 70 bls. y 02 tanques de 50 bls.

#### Transferencia de Crudo:

La producción es transferida mediante tres oleoductos de 3"0 hasta la Batería 914 donde se conecta al oleoducto de 4"0 - 6"0 - 4"0 que llega hasta el Patio Tanques El Alto. Se usa una Bomba GASO 1700 y una bomba de precaución G.D. 4"x5", ambas con motor eléctrico.

El diagrama de la batería e inventario de los equipos se encuentra en el Anexo IV y V.

Conclusiones:

Faltan separadores de prueba para mejorar el control de la producción de los pozos.

La Bateria tiene exceso de capacidad de almacenamiento.

El grado de **corrosión** de los equipos es variable siendo muy severo en dos separadores y ligera corrosión en el Tanque lavador y Tanque Operativo.

5.6.6 BATERIA 953 - REVENTONES

Tiene una producción de 210 BPD de crudo HCT proveniente de 16 pozos.

Ubicación:

En el cuadrante H 22, a 105 p.s.n.m. (Ver Mapa #3 - Anexo II).

Equipos:

Múltiples de Recolección: Tiene dos colectores de 11 entradas cada uno.

Separadores: Cuatro, de los cuales dos son de prueba, que permiten realizar 3.8 pruebas/pozo/mes.

Tanque Lavador: De 500 bls.

Capacidad de Almacenamiento: 01 tanque de 2000 bls.

Transferencia de Crudo:

La producción es transferida mediante un oleoducto de 3"0 hasta el tanque operativo de la Bateria 942, desde donde es bombeado hasta el Patio de Tanques de El Alto. Se usa una bomba G.D. 4"x5" con motor a gas.

El diagrama de la Bateria e inventario de los equipos se tiene en el Anexo IV y V.

### Conclusiones:

El promedio de pruebas/pozo/mes es óptimo pues es de 3.8.

La capacidad de almacenaje de la Bateria está sobredimensionada para una producción de 210 BPD.

El tanque operativo (2000 bls.), el tanque lavador (500 bls.) y el depurador de gas presentan un severo grado de corrosión.

### 5.7 SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL CRUDO:

En este Distrito, como se ha señalado, la separación de agua y crudo se realiza mediante tanques lavadores, aunque este proceso es ineficiente en la Bateria 911 - Taiman, por insuficiente capacidad del tanque (100 bls.).

El tratamiento químico del crudo se realiza mediante inyectoros instalados en las Baterías, que inyectan un promedio de 1/2 galón del desemulsificante NALCO 434 por Bateria.

No se cuenta con Tratadores Térmicos por no ser necesario en el Area.

## 5.8 FACILIDADES PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCION

El control de la producción de los pozos en las Baterías, es uno de los factores más importantes en el logro de los objetivos de producción. Actualmente las Baterías 911, 917 y 942 se encuentran "saturadas" de pozos, lo que no permite un control eficiente de la producción de cada pozo, por lo que es necesario "aumentar la capacidad de medida" en las Baterías, instalando separadores y medidores de desplazamiento (volumeters), para independizar las líneas de prueba de cada uno de los Múltiples de Recolección de Campo. Es necesario mencionar que la Batería 910 ha sido recientemente construida, teniendo como fin, descongestionar la Batería 911 y por tanto, llevar un mejor control de los pozos de esa área.

En resumen: Para optimizar el Control de la Producción de las Baterías se requieren los siguientes Equipos:

<u>BATERIA</u>	<u>SEP.INST.</u>	<u>PB/PZ/MES</u>	<u>SEP.ADIC.</u>	<u>PB/PZ/MES</u>
		<u>ACTUAL</u>		<u>OPTIMIZ.</u>
911:	04	1.5	02	3
914:	02	1.9	02*	3.6
917:	03	2.0	03	4.0
942:	05	2.2	04*	3.9
953:	02	3.8		3.8

\* Un Separador en proceso de instalación.

## 5.9 FISCALIZACION DE LA PRODUCCION

El petróleo contenido en los Tanques de Almacenamiento de las Baterías del Distrito Taiman, es transferido a los Tanques de Techo Fijo 19 ó 20 (según turno de recepción), ubicados en el Patio de Tanques El Alto, a 961 pies sobre el nivel del mar (ver Mapa #3 Anexo II). Estos Tanques tienen una capacidad de 53,000 a 55,000 barriles con una altura de 40 a 41 pies por aproximadamente 100 pies de diámetro; los cuales, también reciben el petróleo de los Distritos Los Organos y Ballena según las horas mencionadas a continuación:

<u>DISTRITO</u>	<u>HORAS</u>
TAIMAN:	6 A.M. - 6 P.M.
LOS ORGANOS:	6 P.M. - 10 P.M.
BALLENA:	10 P.M. - 6 A.M.

Luego, el petróleo recibido, proveniente de éstos tres distritos, es transferido por gravedad o bombeado hacia la Refinería de Talara, mientras que el otro Tanque recibe la producción del día.

La fiscalización es realizada en forma Manual según los procedimientos que se indican a continuación:

### 5.9.1 MEDICION DEL NIVEL DEL LIQUIDO Y CORTE DE AGUA

Se lleva a cabo haciendo uso de una cinta (wincha) de acero, con una plomada de bronce en el extremo para mantenerla vertical (ver Fig. #12 - Anexo I), graduada en pies, pulgadas y octavas ó décimas de pulgadas, la cual se introduce por una escotilla en la parte superior del tanque.

Para facilitar la lectura del corte de agua se utiliza una pasta que se aplica sobre la cinta, que cambia de coloración ante la presencia del agua.

El volumen de petróleo es determinado por el método Directo, es decir, midiendo la distancia desde el fondo del Tanque hasta la superficie del petróleo (ver Fig. #12).

Es necesario hacer notar que cuando un medidor (un operador), lee el nivel de una cinta, su juicio para definir el más cercano cuarto de pulgada (1/4"), o aún, un octavo de pulgada (1/8"), se considera como el valor aceptado de la medición. Sin embargo, un error de 1/8" puede significar muchos barriles en Tanques de 100 pies o más de diámetro.

Por ejemplo, para el caso de los Tanques del Patio de Tanques El Alto:

<u>Diámetro del Tanque</u>	<u>Barriles por:</u>		
(pies)	<u>1/8"</u>	<u>1/4"</u>	<u>1"</u>
100	14.6	29.6	116.6

Obviamente, un error de 1/8", 1/4" ó 1" es una cantidad significativa.

#### 5.9.2 TOMA DE TEMPERATURA

Debido a que el volumen de crudo medido varía con la temperatura, dicho volumen debe ser corregido al volumen que tendría si su temperatura fuese 60 grados Farenheid (Patrón Internacional).

El instrumento que se utiliza es el termómetro ASTM de inmersión total. Este está acoplado a una base de madera con ojal en la parte superior que permite ser acoplado a un cordel para introducirlo dentro del tanque a la profundidad deseada por más o menos cinco minutos. Luego se retira el termómetro rápidamente manteniendo el mismo dentro de la boca de medición para que la temperatura no varíe por acción del viento que es característico en el Patio de Tanques de El Alto. Se lee la temperatura inmediatamente hasta el más próximo grado Fahrenheit.

### 5.9.3 MUESTREO

Normalmente las muestras de crudo que se toman son usadas para determinar su calidad mediante la gravedad API y contenido de agua y sedimentos básicos (BS&W).

#### 5.9.4 DETERMINACION DE LA GRAVEDAD API

El método usado se basa en el principio que la gravedad de un líquido varía directamente con la profundidad de inmersión de un cuerpo flotando en él.

La medida de la gravedad se toma con un instrumento llamado "Hidrómetro" el cual se introduce en la probeta donde se ha vertido la muestra, dejándolo que flote libremente sin rozar con las paredes de la probeta.

Cuando el hidrómetro está en reposo, se lee la gravedad API en la escala graduada. Se toma la temperatura de la muestra y se corrige la lectura a 60 F utilizando las Tablas para este fin.

#### 5.9.5 DETERMINACION DEL AGUA Y SEDIMENTO

El equipo lo constituye:

Una Centrífuga,

Tubos Cónicos graduados de 100 ml. de capacidad, y

Un baño de agua capaz de mantenerse de 120 F a 140 F.

El procedimiento consiste en: Llenar cada uno de los dos vasos de la Centrífuga hasta la marca de 50 ml. de Benzol 90%, Tolueno u otro diluyente; luego se añade 50 ml. del petróleo a probarse agitándose la mezcla vigorosamente. Se sumergen los tubos en el baño hasta la marca de 100 ml., dejándolos a 120 F durante 10 minutos. Luego se colocan los tubos en la Centrífuga en lados opuestos para brindar un buen balanceo de la Centrífuga, poniéndola en marcha a 1500 RPM durante 10 minutos.

Se anotan los resultados obtenidos del agua y sedimento del fondo de cada tubo, luego se retornan nuevamente a la Centrífuga cambiándolos de posición, centrifugándolos durante 10 minutos al mismo número de vueltas, luego de lo cual se lee el volumen de agua y sedimento como se hizo previamente.

Se anota el volumen final de agua y sedimento de cada tubo y **se reporta** la suma de las dos centrifugadas.

Según estudios, el proceso de Centrifugación, método de Laboratorio Capítulo 10.3 del MPS-ASTM D 4007, generalmente subvalúa el verdadero contenido del BSW de la muestra. Y hay que tener en cuenta que una inadecuada medición del BSW, es la más importante fuente de pérdidas de petróleo, siendo la medición de la temperatura la próxima en importancia, mientras que la medición del volumen es el menor problema.

## Conclusiones:

Según lo expuesto:

Las capacidades de Almacenamiento de los Tanques #19 y #20 ubicados en el Patio de Tanques de El Alto, están sobredimensionados para recepcionar la producción de los distritos Taiman, Los Organos y Ballena, lo cual, ocasiona errores en la medición (fiscalización), aún haciendo una aproximación de 1/8" en la cinta métrica (Véase 5.9.1 Medición del Nivel del Líquido y Corte de Agua).

Este sobredimensionamiento, ocasiona también mucha pérdida por evaporación por tener excesiva "fase vapor", ya que, siempre que haya un espacio gaseoso encima de una superficie líquida, las moléculas abandonarán la fase líquida para entrar en la fase de vapor. A medida que la presión de vapor sea mayor, la cantidad de líquido requerido para saturar el espacio gaseoso será mayor.

El instrumento usado actualmente en la medición de la Temperatura del petróleo, no es el apropiado.

Según estudios, el método de Centrifugación, Método de Laboratorio Capítulo 10.3 del MPS - ASTM D 4007, generalmente subvalúa el verdadero contenido del BSW de la muestra.

Tener presente que una inadecuada medición del BSW es la más importante fuente de pérdidas del petróleo, siendo la medición de la Temperatura la próxima en importancia, mientras que la medición del volumen es el menor problema.

## 5.10 FACTOR DE CORRECCION:

El Factor de Corrección es un indicador numérico que representa la desviación porcentual de la medida volumétrica (corregida a 60 F) de la producción de petróleo crudo.

Es de gran importancia porque mediante su análisis, podemos detectar las deficiencias en el Sistema de Recolección y, de este modo, optimizar dicho sistema.

### METODOLOGIA DEL CALCULO Y DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CORRECCION DEL PATIO DE TANQUES Y DE LAS BATERIAS DE EL ALTO

#### DEFINICIONES:

Antes de dar a conocer la metodología empleada, se definirán los parámetros que se toman como base:

#### \* Producción Mensual de Pruebas de Pozos (PP):

Es el promedio aritmético de todas las pruebas de producción diaria, que registra el pozo durante el mes.

$$\text{Promedio del Pozo} = \frac{\text{Suma de Producciones del Pozo}}{\text{Número de Pruebas Tomadas}}$$

(Prod. Diaria/Mes)

Adicionalmente existen las siguientes consideraciones:

+ El tipo y estado del pozo deben corresponder a un pozo activo para poder reportarle pruebas, de lo contrario, las pruebas son rechazadas por el sistema.

+ Si se indica un estado activo para el pozo, éste deberá tener necesariamente alguna prueba reportada.

Si además el pozo se reporta cerrado todo el mes, se emitirá un mensaje informando esta situación:

Si por el contrario, el pozo tuvo algún día de actividad, y se indica "PRODUCIENDO", pero no se reportaron pruebas, se asumirá el promedio del mes anterior.

Si un pozo registra sólo una prueba, ésta prueba es reportada y tomada por el sistema como promedio. El problema radica en que muchas veces se reportan las pruebas "flash", generalmente después de un servicio al pozo.

Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con esta alternativa.

Luego los promedios de producción son almacenados en la Maestra de Pozos.

\* Producción Teórica Mensual por Pozo (PTP):

Es el producto del Promedio Mensual de Pruebas de un pozo (PP), por el número de días (d) que dicho pozo ha estado operativo durante el mes (d = # Días Produciendo # Días del Mes # Días Cerrados).

$$PTP = PP \times d$$

\* Producción Teórica Mensual por Batería (PTB):

Es la sumatoria de las producciones teóricas mensuales de todos los pozos que son colectados en una determinada Batería.

$$PTB = \sum_{i=1}^n (PTP)_i$$

\* Producción de Campo Mensual por Batería (PCB):

Es la sumatoria mensual de la producción diaria medida en campo en cada una de las Baterías de recolección.

\* Producción Total de Campo recibida en el Patio de Tanques (PTC):

Se define como la sumatoria de las producciones de campo mensuales de las Baterías que integran una Propiedad o Patio de Tanques, siendo en nuestro caso, la sumatoria de las producciones de Campo de las Baterías de los tres (03) Distritos: Taiman, Los Organos y Ballena.

\* Producción Fiscalizada en el Patio de Tanques (FF):

Es el conjunto de mediciones volumétricas realizadas diariamente en tanques cubicados (el #19 y #20, recordar en nuestro caso), de acuerdo con las normas establecidas en el estandar API 2545.

\* Factor de Corrección del Ratio de Tanques (F1):

Es el resultado de comparar la Producción Fiscalizada (FF) versus la Producción Total de Campo (PTC) que ha sido recibida en el punto de fiscalización, obtenidas en el mes:

$$F1 = FF / PTC$$

Idealmente, F1 debe aproximarse a la unidad donde, FF y PTC se harían prácticamente iguales. Debido a las condiciones operativas, procedimientos de trabajo, etc. este Factor está por debajo de 0.9.

\* Factor de Batería (F2):

Es el resultado de relacionar las producciones mensuales, de campo y teórica, de una misma Batería de Recolección.

$$F2(B1) = PCB1/PTB1$$

$$F2(B2) = PCB2/PTB2$$

$$F2(B3) = PCB3/PTB3$$

" "

\* Producción Corregida por Batería (PCrB):

Viene ha ser el resultado de multiplicar la producción mensual de Campo por Batería (PCB), por el Factor de Corrección Mensual del Patio de Tanques (F1):

$$PCrB = PCB \times F1$$

\* Factor de Corrección de la Producción por pozo ó Factor Final de Corrección por Batería (F3):

Es el producto resultante de multiplicar el Factor del Patio de Tanques (F1) con el Factor de Batería (F2), de cada una de las Baterías colectadas en dicho Patio de Tanques:

$$F3(B1) = F1 \times F2(B1)$$

$$F3(B2) = F1 \times F2(B2)$$

$$F3(B3) = F1 \times F2(B3)$$

$$F3(B4) = F1 \times F2(B4)$$

" "

Dicho de otro modo: Es el cociente entre la Producción Corregida por Batería (PCrB) y la Producción Teórica Mensual de la Batería (PTB):

$$F3 = PCrB / PTB$$

\* Producción Mensual Corregida por Fozo (PCrP):

Se obtiene la producción fiscalizada por pozo, corrigiendo su Producción Teórica Mensual (PTP) por el Factor F3 de la Batería donde, la producción de dicho pozo es colectada:

$$PCrP = PTP \times F3$$

PROCEDIMIENTO:

Los Operadores de Producción (Recorredores, Baterilleros), son los hombres claves para preparar los reportes del estado de los pozos, la producción diaria por Batería y fiscalizada en el Patio de Tanques; y es ésta información la que origina todo este procedimiento.

El esquema del proceso es el siguiente (Ver Fig.#13 paralelamente a la descripción):

Por cada pozo, el usuario reporta mensualmente las producciones medidas en las pruebas del mes (1), así como la cantidad de días cerrados que tuvo el pozo (2). Así se tendría:

$$\# \text{ Días Produciendo} = \# \text{ Días del Mes} - \# \text{ Días Cerrados}$$

Con éstos datos, se calcula el promedio de las pruebas de producción (PP) y, la producción Teórica del mes (PTP) → (3) sería:

$$PTP = PP \times \# \text{ Días Produciendo}$$

Con el fin de obtener una producción teórica representativa, será necesario realizar un mayor número de Pruebas diarias a todos los pozos productores del área, lo cual es prácticamente imposible debido a la falta de separadores de prueba en las Baterías.

Además las producciones mensuales teóricas (PTP) así calculadas, son sumadas para cada Batería obteniendo la Producción Teórica por Batería (PTB) → (4).

Como se dijo, los Recorredores reportan la Producción de Campo Diaria/Batería/Distrito, obteniéndose luego la Producción de Campo Mensual por Bateria (PCB) → (5). El Departamento de Contabilidad calcula los Factores de Corrección de la producción por Patio de Tanques (F1) → (6). Y, de este modo, se halla la producción corregida por Bateria (PCrB) → (7):

$$PCrB = PCB \times F1$$

Seguidamente se calcula el Factor Final de Corrección de Baterías (F3) → (8):

$$F3 = PCrB / PTB \text{ ó } (7) / (4)$$

Luego, para cada pozo, se calcula la producción corregida (PCrP) → (9):

$$PCrP = PTP \times F3$$

En la Empresa PETROPERU S.A., se elaboran los Listados EPEPE202 ONO donde figura esta información.

Con la producción teórica del pozo y los factores de corrección por batería, se pasa a actualizar los acumulados y la historia de producción (Ver Fig.

#14)

Para actualizar los acumulados, se suma producción corregida del pozo a la producción acumulada contenida en el archivo. Para actualizar la historia, se crea un nuevo registro para el mes del proceso (Ver Fig. #15)

En la Fig. 16, se tiene un Diagrama de flujo de la producción a computarizarse.

#### Conclusiones:

+ Es necesario concientizar a los operadores de producción acerca de la importancia de efectuar un riguroso control en la producción de los pozos, baterías y puntos de fiscalización, por su trascendencia tanto desde el punto de vista económico como para encarar los estudios de reservorios indispensables.

- a) Económico: Factores de corrección imprecisos, afectan los costos de operación.
- b) Reservorio: Una defectuosa medición, tanto de la producción total, como de las pruebas individuales de los pozos, conduce a acumulados erróneos, según sea el caso, se asigna mayor o menor producción fiscalizada a los pozos.

+ Sin embargo, aún a pesar de la rigurosidad que se ponga en la medición de la producción, se caería en inexactitudes debido a :

Falta de Equipos, repuestos, mantenimiento; imprecisión en los instrumentos de medición.

- Inconveniente fiscalización de la producción de las Baterías y de los pozos, de cada Distrito, con un Factor de Corrección del Patio de Tanques (F1) que viene a ser un "Factor de Corrección Promedio" ya que, como se dijo, es el resultado de dividir la producción fiscalizada (PF) en el Patio de Tanques y la producción total de campo (PTC), que es, la sumatoria de la producción de los Distritos Taiman, Los Organos y Ballena.

Y ésta inconveniencia es por el hecho de que las condiciones de operación de cada Distrito no son las mismas, es decir: estado de los equipos, medidas efectuadas, porcentajes de agua sedimentos (BS&W). EJEMPLO: (Considerando sólo que cada Distrito tiene diferente BS&W).

<u>DISTRITO</u>	<u>PRODUCCION (BPD)</u>	<u>BSW (%)</u>
Taiman	3000	20
Ballena	600	25
Los Organos	900	30

Factor de Fiscalización Promedio (F1):

$$F1 = \frac{0.8 \times 3000 + 0.75 \times 600 + 0.70 \times 900}{3000 + 600 + 900} = 0.773333$$

Mientras que el Factor de Fiscalización Real del Distrito Taiman es:

$$F1 = \frac{0.80 \times 3000}{3000} = 0.80$$

Entonces con el Factor de Fiscalización Promedio se tendría una Producción Fiscalizada de:

$0.7773333 \times 3000 = 2320$  BPD; mientras que con el Factor de Fiscalización Real sería:

$0.8 \times 3000 = 2400$  BPD.

## 6. SUGERENCIAS OPERATIVAS

A continuación, se señalan las Sugerencias Operativas de algunos de los puntos mencionados:

### 6.1 BATERIAS:

#### + Batería 911:

- Reubicar los dos Múltiples de Campo ubicados junto al pozo 1588 debido a que presentan fugas por las válvulas y uniones.

- Adaptar los tanques que están fuera de servicio en la Batería (de 140 barriles cada uno - Ver Inventario), en Tanques Lavadores, interconectándolos en serie, con el fin de incrementar la capacidad de tratamiento del petróleo.

Intercambiar las ubicaciones de las Bombas de Transferencia de las Baterías 910 (G.D. 5"x8") y 911 (G.D. 4"x5"), ya que ésta tiene una mayor producción.

#### + Batería 914:

- Reubicar la Bomba de Transferencia de la Batería 914 hacia el lugar mostrado en el Diagrama de la Batería (ver Anexo), para evitar que alguna chispa del motor de la Bomba, caiga en alguna de las instalaciones de la Batería.

Pintar a la brevedad posible la batería como medida de protección contra la corrosión.

+ Batería 917:

Reemplazar los múltiples de 07 entradas de los M.R.C. Nro. 1, 2 y 3 ya que presentan fugas por las válvulas y uniones.

+ Batería 953:

- De no existir perspectivas para la perforación de pozos nuevos en la zona que incremente la producción en la Batería, reubicar el Tanque Lavador de 500 bls. a la Batería 910 y reemplazarlo por un Tanque Lavador de 200 bls.

6.2 FACILIDADES PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCION:

Para optimizar el Control de la Producción de las Baterías se requieren los siguientes Equipos:

<u>BATERIA</u>	<u>SEP. INST.</u>	<u>PB/PZ/MES</u>	<u>SEP. ADIC.</u>	<u>PB/PZ/MES</u>
	<u>ACTUAL</u>		<u>OPTIMIZ.</u>	
911:	04	1.5	02	
914:	02	1.9	02*	3.6
917:	03	2.0	03	4.0
942:	05	2.2	04*	3.9
953:	02	3.8		3.8

\* Un Separador en proceso de instalación.

### 6.3 FISCALIZACION DE LA PRODUCCION:

Utilizar Tanques de Almacenamiento de Techo Flotante cuyas capacidades sean proporcionales a la producción de la zona, para reducir las pérdidas por evaporación.

Para eliminar los errores de Medición y otros posibles problemas (errores en la calibración del tanque, BSW, etc.), los sistemas de Medición Automática mediante el uso de los medidores de desplazamiento positivo (P. D. METER) ó turbinas, así como los sistemas de prueba correspondientes de dichos instrumentos (PROVING SYSTEMS), han contribuido a mejorar la exactitud de la medición.

Usando como guías los estandars API: MPMS 5.2 -1977 (API 1101) y API MPMS 4 - 1978 (API 2531) para los medidores de desplazamiento positivo y el MPMS 5.3 - 1976 (API 2534) para las turbinas; y con un adecuado diseño de ingeniería y experiencia operativa, éstos sistemas de medición proporcionan la mejor exactitud para cada situación en particular.

Sin embargo, se debe puntualizar que un sistema automático requiere un programa adecuado de mantenimiento del sistema de calibración que asegure la exactitud requerida.

La medición de la Temperatura se puede optimizar usando termómetros portátiles electrónicos digitales que permiten una rápida y exacta medición manual del promedio de la temperatura de un Tanque (Cap. 7.3 del MPMS).

Para definir con mayor exactitud el agua de una muestra, se debe usar procedimiento de destilación - Capítulo 10.2 del MPMS - ASTM D 4006.

Actualmente, se utilizan los Sistemas L.A.C.T. (Lease Automatic Custody Transfer), definidos como el conjunto de equipos ó instrumentos (como los mencionados líneas arriba) que miden el volumen del fluido que está siendo vendido, esto es, mide; previene la venta de petróleo no comercial, esto es, monitorea; y colecta una muestra representativa del fluido a vender, esto es, muestrea.

Un Sistema L.A.C.T., consiste de medidores (de desplazamiento ó turbina); un probador del sistema (fijo ó portable); y dispositivos para la determinación de la temperatura, presión, densidad (o gravedad API) del fluido, y para su muestreo (Véase Diagrama #12 - Anexo IV).

Se ha hecho un estudio comparativo: Fiscalización Automática Vs. Fiscalización Manual en Patio de Tanques en el Proyecto Laguna-Zapotal, donde se evidencia la diferencia en las medidas, siendo el sistema de medición automática superior en exactitud al método convencional de medición con wincha (Ver Anexo VI).

- Independizar el Sistema de Recolección de petróleo del Distrito Taiman, así como el de Ballena y de Los Organos, con la finalidad de Mejorar la Fiscalización por cada Distrito.

Para ello:

\* Instalar en el Múltiple Central de Recolección, un "Múltiple de Prueba" de tal manera que derive el petróleo de las Baterías o Distritos por la línea de 3", paralela a la línea de 4" (Ver Diagramas ACTUAL #8 y PROPUESTO #9 en Anexo IV). Las líneas que llegan hacia el Múltiple Central de Recolección se unirán también con el Múltiple de Prueba (Ver Diagrama #9).

Para llevar a cabo lo dicho líneas arriba, conectar el Múltiple de Recolección de Prueba con la línea de 3", mediante un tramo de tubería "recuperada" de 3" x 300' (Ver Diagrama #9).

- \* Conectar el oleoducto de 4" que viene desde la Bateria 914 al oleoducto de 3" que transfiere el petr3leo hacia El Patio de Tanques El Alto (Ver Diagrama ACTUAL #10 y PROPUESTO #11).
- \* Conectar la l3nea de 3" con el Tanque 21 (Ver Diagrama PROPUESTO #11).
- \* Tender una l3nea de 3", desde la Bateria 990 Ballena, hasta el M3ltiple Central de Recolecci3n.

#### Funcionabilidad:

La instalación del Múltiple de prueba y el uso de la línea de 3" de diámetro, se podría utilizar también como:

- "by pass", en caso de hacer mantenimiento al oleoducto de 4" que transfiere el crudo hacia el Patio de Tanques de El Alto y,
- para el bombeo simultáneo del crudo de dos distritos, es decir, haciendo uso de los dos oleoductos (el de 3" y 4" de diámetro).

#### Explicación:

Periódicamente, se fiscalizaría la producción de los Distritos ó Baterías del Distrito Taiman (como es el caso de la 911, 914, 917 y 942, cuyas producciones van directamente hacia El Patio Tanques - Ver Mapa #3 en Anexo II) mediante el Tanque #21 ("Tanque de Prueba"), desde donde, luego de la fiscalización, la producción es derivada al oleoducto (de 8" de diámetro) que transfiere el petróleo hacia Talara (ver Diagrama #10 y #11 - Anexo IV).

Esto se llevaría a cabo mediante el manejo de las válvulas:

del Múltiple de Prueba (instalado en el Múltiple Central de Recolección) y, de la Conexión, ubicada cerca a la Estación de Bombas - El Alto (Ver Diagrama #11 - Anexo IV).

Los Materiales ha emplearse se muestran en la Tabla #6 (Ver Anexo V).

Es menester señalar que antes de plantear la sugerencia de independizar el Sistema de Recolección del Distrito Taiman, se ha previsto si con las condiciones y el equipo existente (oleoductos, bombas de transferencia que se dispone), es posible transferir el petróleo, a través de la línea de flujo de 3 pulgadas, hasta el "Tanque de Almacenamiento de Prueba" (Ver Hoja de Cálculos: Tablas #3 al #8 - Anexo VI).

En la Hoja de Cálculos, se hace un análisis considerando la secuencia de flujo de cada Bateria para diferentes Regímenes de Flujo (Q). Seguidamente, se calcula la pérdida de fricción en cada tramo (HF1, HF2, HF3, etc.) en pies, y luego para el caso ACTUAL (1) y PROPUESTO (2), se halla: la pérdida de fricción total en cada caso (HFT1, HFT2) en pies; el HB de la Bomba (HB1, HB2) en pies; y la presión de descarga necesaria de la Bomba (P1 y P2 en libras/pulg<sup>2</sup>). Los valores de la presión de descarga, teniendo el Régimen de flujo requerido en cada Bateria, se confrontan con las especificaciones de las Bombas de Transferencia (según el Tipo de Bomba, ver Figura #6 ó #9 - Anexo I) Por otro lado, se consideró las Pérdidas por Accesorios (Ver Tabla #9 - Anexo VI) y el incremento de la Rugosidad debido al tiempo de servicio de las tuberías, llegando a la conclusión de ser despreciables.

## ALTERNATIVAS:

Utilizar como "Tanque de Prueba", un tanque de techo Flotante de 10,000 barriles. Esto disminuiría los errores por medición Manual del nivel del líquido, pero incrementaría la capacidad de inversión en alrededor de \$100,000 dólares que, haciendo la evaluación económica para la nueva inversión (80,000 + 100,000 dólares), resultaría aún siendo rentable.

Hacer el estudio necesario para utilizar la Unidad L.A.C.T. (Lease Automatic Custody Transfer), ubicada cerca de la estación de Bombas de El Zilito (ver Diagrama R10 y R11 Anexo IV), empleada actualmente por el Proyecto Laguna-Zapotán, con la finalidad también de fiscalizar por separado o en conjunto, el petróleo de los Distritos Tamana, Ballena y Los Organos. La capacidad de medida de dicha Unidad está sobredimensionada.

## 7. EVALUACION ECONOMICA

Como el Factor de Corrección (F1) ó Factor de Fiscalización es un indicador de la eficiencia del Sistema de Recolección de Petróleo de una Propiedad ó Distrito, la Evaluación Económica se ha realizado considerando el Incremento en el Factor de Fiscalización el cual, se llevaría a cabo por medio de las Ideas Sugeridas para Mejorar la Fiscalización de la Producción (Ver acápite 6.3).

Los parámetros que se han considerado en la evaluación económica son los siguientes:

Precio del petróleo: \$ 19.8/bl.(1990)

Vida del Proyecto: 5 años (1991 - 1995)

Tasa Impositiva: 35%

Tasa de descuento: 15%

Antes de evaluar los Ingresos y Egresos de las ideas sugeridas, en la Tablas #10 y #11, se tienen los INGRESOS que se hubieran obtenido durante los años 1988 y 1989 al incrementarse el Factor de Corrección del Patio de Tanque de El Alto, de haberse mejorado las condiciones existentes:

En las tres primeras columnas de cada Tabla se muestran los Meses, la Producción de Campo Mensual del Distrito Taiman y el Factor de Corrección Mensual del Patio de Tanques de El Alto (F1) ó Factor de Fiscalización.

En las siguientes columnas se aprecia que sólo un incremento en una centésima (0.01) en el Factor de Fiscalización Promedio durante ese año con respecto al Factor de Fiscalización Mensual, habría redundado en varios miles de dólares según se menciona al pie de cada Tabla. También se indican los Factores de Corrección Promedio (FCP) durante los años 1988 y 1989: 0.853069 y 0.857983 respectivamente.

Ahora bien, proyectándonos cinco años, desde 1991 hasta 1995 y, teniendo como referencia el Comportamiento Productivo de El Alto (Ver Gráfico #8 - Anexo II), se obtienen las Producciones Diarias para los años considerados (Ver Gráfico #9 - Anexo II).

Es así, cómo se deducen los barriles de petróleo producidos anualmente en el Campo en el Distrito Taiman, los que, nos permiten realizar la Evaluación Económica (Ver Tabla #12 - Anexo V).

Incrementando en cinco milésimas (0.005) el Factor de Fiscalización con respecto a su valor actual promedio 0.86 (ya que como se dijo, los F.C.P. durante 1988 y 1989 fueron 0.853069 y 0.857983 respectivamente), se hallan las producciones incrementales para cada año (Ver Tabla #12 - Anexo V).

Siendo \$19.8 el precio del barril de petróleo en el presente año (1990), la evaluación de los INGRESOS y GASTOS son como sigue:

INGRESOS (Ver Tabla #13):

Es el producto del precio del barril de petróleo, por la Producción Incremental en cada año.

GASTOS (Ver Tabla #14):

Las variables consideradas en el presente Trabajo, que ocasionan los Gastos son:

\* Inversión:

Que resulta de cuantificar:

a) Materiales ha emplearse (Ver Tabla #6 - Anexo V):

	\$	Sub-Total	Total
	-----	-----	-----
Accesorios:	16,463.00		
Tubería:	30,651.25		
		\$ 47,114.25	
b) Instalación:	19,617.00	\$ 66,731.25	
c) Imprevistos:	6,673.125	\$ 73,404.375	
	(10%)		
d) Ingeniería:	3,336.6	\$ 76,740.9	\$76,740.9
	(5%)		

Redondeando la cifra deducida: Inversión \$ 80,000

\* Depreciación:

Considerando una depreciación lineal durante los 5 años de Vida del Proyecto, se tiene:

$$\$ 80,000.00 / (5 \text{ Años}) = \$ 16,000/\text{Año.}$$

\* Mantenimiento:

No se ha considerado por ser la tubería de tramo corto (cerca de 2 kms.), estar soldada y ubicada en las Operaciones del Nor-Oeste.

\* Impuestos:

Se obtienen sus valores al aplicar la Tasa Impositiva del 35%, al monto resultante de hacer la diferencia: Ingresos - Depreciación.

En la Tabla #15, figura el Flujo de Caja Neto ( $\$$ ), como resultado de: Ingresos - (Depreciación + Impuestos), por cada año, para cada Factor de Corrección.

En la Tabla #16, se tiene el Flujo de Caja Actualizado ( $\$$ ) para una Tasa de Descuento de 15%.

Es así, como se determina el Flujo Neto Actualizado (F.N.A. al 15%) durante el tiempo que dura el proyecto.

La diferencia entre el Flujo Neto Actualizado y la Inversión, dá el Valor Actual Neto (V.A.N. al 15%), resultando todos ellos positivos para los diferentes valores que alcanzaría el Factor de Fiscalización, por lo cual, se concluye que el Proyecto es Rentable.

Finalmente, es determinado el tiempo de recuperación de la inversión (PAY-OUT), expresado en meses, observando que, sólo para los Factores de Corrección 0.865 y 0.870 el tiempo de recuperación de la inversión resulta mayor a un (1) año, mientras que para los valores siguientes, tiempos menores a diez (10) meses (Véase al pie de la Tabla #16).

En otras palabras: hay mayor rentabilidad cuanto mayor es la inversión, evidenciándose **por** un tiempo de recuperación de la inversión corto y un VAN alto.

## **8. CONCLUSIONES:**

8.1 De los 592 pozos perforados en el Distrito Taiman, se tiene que el 43.4% están produciendo y el 44.9% se encuentran temporalmente abandonados (ATA). Es necesario hacer un estudio cuidadoso de éstos pozos para su reactivación.

8.2 Se usan dos tipos de Levantamiento Artificial: Bombeo Mecánico y Neumático, siendo el Bombeo Mecánico el de mayor uso (76.6%), donde el 67.3% de este tipo de bombeo, son accionados con motores a gas (PUG); los cuales por su uso continuo, sus equipos se encuentran deteriorados y representan un peligro para el personal que labora.

8.3 Múltiples de Recolección de Campo en las Baterías 911 (#1) y 917 (#1, #2 y #3), presentan fugas por las válvulas y uniones.

8.4 Deficiente Control de la producción de los pozos y en las Baterías debido a la:

Falta de Separadores y Medidores en cinco (05) de las seis (06) Baterías que tiene el Distrito Taiman; a saber: Baterías 910, 911, 914, 917 y 942.

Falta de precisión en los instrumentos de medición usados: Varios de ellos se encuentran descalibrados.

8.5 La capacidad del Tanque de Lavado (100 bls.) de la Bateria # 911 - Taiman, es insuficiente para tratar todo el volumen de petróleo crudo que se recolecta.

8.6 En la Bateria 910, la capacidad de la Bomba (5" x 8") **línea** de transferencia (4" de Ø), están sobredimensionadas para su capacidad de transferencia.

8.7 Observando la dirección del viento en la Bateria 914 (Ver Diagrama de la Bateria en el Anexo), se tiene que la Bomba de transferencia está mal ubicada.

8.8 Se presenta un severo grado de corrosión en la Bateria:  
#914: Separadores (prueba y total) medidores de desplazamiento.

#953: El Tanque Operativo, Tanque Lavador y el Depurador de gas.

Así también en la Bateria 942, el grado de corrosión de los equipos es variable, siendo muy **severo** en dos separadores y ligera corrosión en el tanque lavador y operativo.

8.9 Las capacidades de almacenamiento de los Tanques #19 y #20 ubicados en el Patio de Tanques de El Alto, están sobredimensionados para recepcionar la producción de los Distritos Taiman, Los Organos y Ballena (53,000 a 55,000 versus 5,000 barriles, apróx.); lo cual ocasiona errores en la medición (fiscalización), aún haciendo una aproximación de 1/8" en la cinta métrica, y pérdidas por evaporación por excesiva "fase vapor".

- 8.10 Tramos de los oleoductos que van hacia el **Múltiple** Central de Recolección se encuentran sujetos al deterioro por parte de los vehículos que por los alrededores transitan.
- 8.11 Falta de precisión en los instrumentos que se emplean en la determinación del Volumen de petróleo, Temperatura y contenido de Agua y Sedimentos (BS&W), para la Fiscalización de la producción.
- Tener en cuenta que una inadecuada medición del BS&W es la más importante fuente de pérdidas de petróleo, siendo la medición de la temperatura la más próxima en importancia, mientras que la medición del volumen es el menor problema.
- 8.12 La mayoría de los Equipos de las Baterías, se encuentran en mal estado, es decir, Condición 3 (Ver Anexo V).
- 8.13 No es conveniente corregir las producciones de las Baterías y de los pozos, de cada Distrito, con el Factor de Corrección del Patio de Tanques (F1), ya que, las condiciones de operación de cada Distrito no son las mismas: estado de los equipos, contenido de agua y sedimentos, procedimientos de trabajo, etc.

## 9. RECOMENDACIONES:

Se recomendaría fundamentalmente como punto de partida para Mejorar la Recolección de Petróleo del Distrito Taiman, que a su vez, beneficiará los Distritos de Los Organos y Ballena:

- \* "Optimizar el Sistema de Fiscalización de la Recolección de Petróleo del Distrito Taiman".

Para lo cual, se requiere de:

Fiscalizar el Petróleo por cada Distrito.

- Utilizar el Sistema apropiado para su Fiscalización.

Esto, en consecuencia, tenderá a mejorar los Factores de Corrección y por lo tanto, brindar mayor precisión de los volúmenes de producción de petróleo en cada pozo, que es fundamental tanto desde un punto de vista económico como para encontrar los estudios de reservorios indispensables. (Ver Tabla # 17 en SUGERENCIAS OPERATIVAS, Acápitu 6).

- \* Hacer inversiones en la compra y reparación de Equipos conducentes a optimizar el sistema de recolección de petróleo, resulta rentable y cuanto más si ésta es mayor (Ver Tabla # 17 - Anexo VI).

## ANEXO VIII

### BIBLIOGRAFIA

- \* Manual de Operaciones de Producción - PETROPERU.
- \* Curso de Producción - Graña y Montero.
- \* Ingeniería de Producción de Petróleo - Uren Lester.
- \* Cursillo sobre Diseño de Baterías de Producción - J. Ruesta / PETROPERU.
- \* Baterías y Sistemas de Recolección para Ancha y Lomitos - J. Ruesta / PETROPERU.
- \* Optimización en el Manejo de la Producción - Petróleo Internacional (Nov. 1977).
- \* Optimización de Instalaciones de Captación y Bombeo de Petróleo - ARPEL 86'.
- \* Estudio de Pre-factibilidad para Automatizar Corrientes - Ricarte Dávila / PETROPERU.
- \* Energía Solar Acciona Terminales para Automatizar Campó - Petróleo Internacional.
- \* Diagnóstico de los Factores de Corrección de la Producción en ONO - Miguel Cely / PETROPERU.
- \* Informe de Laguna Zapotal sobre la Unidad L.A.C.T. PETROPERU.
- \* Normas para Evaluar y Elaborar Proyectos de Inversión Planeamiento Corporativo / PETROPERU.