



**IMPLEMENTACION DE BASE DE DATOS QUE PERMITA ADMINISTRAR LA  
INFORMACION DIARIA DE PRODUCCION DEL CAMPO TIBU**

**JUAN CARLOS MARTINEZ AGUAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
BUCARAMANGA**

**2011**



**IMPLEMENTACION DE BASE DE DATOS QUE PERMITA ADMINISTRAR LA  
INFORMACION DIARIA DE PRODUCCION DEL CAMPO TIBU**

**JUAN CARLOS MARTINEZ AGUAS**

**Trabajo de grado modalidad práctica empresarial presentada como requisito  
para optar al título de: Ingeniero de Petróleos**

**Director Ecopetrol:**

**ING. DUMAR FERNEY LEAL TOVAR**

**Co-Director UIS:**

**ING. ERIK GIOVANY MONTES PÁEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
BUCARAMANGA**

**2011**



## DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado esta gran oportunidad en la vida y poder ser guía en  
noches de alegría y tristeza.

A mis papas, Maritza y Juan Carlos por estar siempre ahí conmigo en las buenas y  
en las malas apoyándome en cada momento y porque sin ellos esto no sería  
posible.

A mi abuelo Víctor por sus palabras, recomendaciones y voz de aliento, una  
persona que siempre estuvo pendiente de mí en cada momento.

A mis tíos, Amaury y Raúl por haber sido un soporte incondicional en mis estudios  
ya que gracias a ellos debo en gran parte este triunfo gracias por apoyarme.

A mis amigos de la universidad, en especial a Mao y Camilo mis vales que  
siempre estuvieron presentes en tiempo de estudio para poder alcanzar los logros  
académicos.

A los profesores de la universidad (UIS) y el personal de ECOPETROL S.A por  
sus enseñanzas y lecciones.

**Mil Gracias,**

**Juan Carlos Martínez A.**



## AGRADECIMIENTOS

Un trabajo como el que se llevo a cabo de tanta entrega y dedicación no solo recae en el autor sino en otras personas que hicieron que esto fuera posible y una realidad.

Hago mención especial a los siguientes:

A ECOPEPETROL S.A por haberme brindado la oportunidad de hacer mi práctica empresarial en la mejor empresa de los colombianos y que gracias a ECOPEPETROL S.A se afianzaron mis estudios en mi carrera de pregrado.

Al grupo de ingenieros que hacen parte del Departamento de Producción Tibú por su apoyo incondicional y por estar siempre atentos ante cualquier requerimiento pedido: Ing. Harold Paez, Ing. Orlando Aparicio, Ing. Orlando Sepulveda, Ing. Javier Vargas, Ing. Eliserio Rodriguez; y mención especial a los ingenieros: Julio Patiño, Carmen Montagut, Dumar Leal y Cesar Arenas por haber sido cómplices en el desarrollo de este trabajo

Al personal operativo del Departamento de Producción Tibú (supervisores, recorredores y operadores) por enseñarme el trabajo que se lleva a cabo en la operación y lo indispensable que es para que un campo trabaje en óptimas condiciones.

A todo el personal que hace parte de la Superintendencia de Operaciones Catatumbo Orinoquia ya que gracias a ellos aprendí como se maneja el trabajo en un campo de producción petrolera.



A mis amigos y familiares ya que gracias al apoyo de ustedes y sin su ayuda esto no fuera posible.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
2. GENERALIDADES DEL CAMPO TIBÚ	18
2.1. HISTORIA DEL CAMPO	20
2.2. GEOLOGIA GENERAL	21
2.2.1. Estratigrafía General	22
2.3. DESCRIPCIÓN DE FACILIDADES	25
2.4. PRONOSTICO DE PRODUCCIÓN	28
2.5. INYECCIÓN DE AGUA	30
2.5.1 Plan de desarrollo inyección de agua	33
3. GENERALIDADES DEL BOMBEO MECANICO	35
3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO MECANICO	36
3.2. UNIDADES DE BOMBEO	39
3.2.1 Tipos de unidades de bombeo mecanico	40
3.3. SARTA DE VARILLAS	43
3.3.1 Tipo de varillas y acoples	44
3.4. BOMBAS DE SUBSUELO	46
3.4.1. Nomenclatura API para las bombas de subsuelo	46

4. IMPLEMENTACIÓN BASE DE DATOS CAMPO TIBÚ	49
4.1. RECOPIACIÓN INFORMACIÓN DIARIA DE PRODUCCIÓN	52
4.1.1 AVOCET	52
4.1.2. Open Wells	53
4.1.3. TWM (Total Well Management)	53
4.2. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS CON INFORMACIÓN DIARIA DE PRODUCCIÓN	54
4.2.1 Pruebas de producción	57
4.2.2 Muestras de laboratorio	61
4.2.3 Estado mecánicos pozos	64
4.2.4. Niveles	68
4.2.5. Diseño bombeo mecánico	71
4.2.6. Unidad	73
4.3. IMPLEMENTACIÓN BASE DE DATOS	74
5. RESULTADOS	75
6. CONCLUSIONES	77
7. RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	80

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización Campo Tibú	18
Figura 2. Curvas de Producción e Inyección Historica Campo Tibú	20
Figura 3. Mapa de Localización Geografica Campo Tibú	22
Figura 4. Columna Estratigráfica Cuenca Catatumbo	23
Figura 5. Comportamiento de Producción Campo Tibú 2010	29
Figura 6. Estación de Inyección J-25	31
Figura 7. Comportamiento de Inyección año 2010	32
Figura 8. Alternativa evaluada para plan de desarrollo del campo	33
Figura 9. Unidad de Bombeo Mecánico Convencional Equipo de Superficie	37
Figura 10. Unidad de Bombeo Mecánico Equipo de Fondo	38
Figura 11. Unidad de Bombeo Mecánico Balanceada por Aire	41
Figura 12. Unidad de Bombeo Mecánico Mark II	42
Figura 13. Página de inicio Microsoft Access	50
Figura 14. Menú Principal Base de Datos	56
Figura 15. Menú Información Producción	57
Figura 16. Submenú Pruebas de Producción	58
Figura 17. Visualización Pruebas de Producción	59
Figura 18. Gráfica Pruebas de Producción	59
Figura 19. Generación de Reportes Pruebas de Producción	60
Figura 20. Reporte Pruebas de Producción T-030	61
Figura 21. Edición Muestras de Laboratorio	62
Figura 22. Muestras de Laboratorio T-293	63
Figura 23. Gráfica Cortes de Agua T-007	63
Figura 24. Reporte Muestras de Laboratorio	64

Figura 25. Edición Estado Mecánico	65
Figura 26. Visualización Estado Mecánico Pozos	66
Figura 27. Generación Reportes Estado Actual de Pozos	67
Figura 28. Reporte Unidades de Bombeo Mecánico Instaladas	68
Figura 29. Edición y Cargue Niveles de Fluido	69
Figura 30. Visualización de Niveles de Fluido	70
Figura 31. Gráfica de Niveles de Fluido	70
Figura 32. Reporte Niveles de Fluido	71
Figura 33. Diseño Bombeo Mecánico	72
Figura 34. Edición Unidades de Bombeo Mecánico	73

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Propiedades de los Yacimientos Campo Tibú	19
Tabla 2. Facilidades de Producción Campo Tibú	26
Tabla 3. Pronostico de Producción 2011	29
Tabla 4. Pronósticos de Producción	30
Tabla 5. Facilidades del Sistema de Inyección de Agua Campo Tibú	31
Tabla 6. Pronóstico Inyección de Agua Primer Semestre de 2011	32
Tabla 7. Clasificación de las Unidades de Bombeo Mecánico	41
Tabla 8. Propiedades químicas y mecánicas de los materiales de una varilla con especificación API 11B	46
Tabla 9. Tamaño Tubería de Producción	47
Tabla 10. Diámetros de Bomba	47

## RESUMEN

**TITULO:** IMPLEMENTACION DE BASE DE DATOS QUE PERMITA ADMINISTRAR LA INFORMACIÓN DIARIA DE PRODUCCIÓN DEL CAMPO TIBÚ ECOPETROL S.A

**AUTOR:** Juan Carlos Martínez Aguas \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Base de datos, producción, bombeo mecánico, implementación, Campo Tibú, administración.

### DESCRIPCION

La implementación de una base de datos con información de producción se lleva a cabo ya que en el campo Tibú se da la problemática que a pesar que existen diferentes herramientas corporativas que manejan la información diaria de producción, esta no se encuentra almacenada en un mismo programa; por ende en este trabajo de grado se presenta la implementación de una base de datos que se realizó en el campo Tibú con el fin de poder administrar la información diaria de producción.

Para poder realizar esta base de datos se recopiló toda la información de producción que es relevante en el desarrollo del proyecto y esta fue la información de más importancia: pruebas a pozos, muestras a laboratorio, niveles, estado mecánico de pozos, etc. Usando esta información lo que sigue es diseñar una herramienta que permita manejar y a su vez administrar toda esta información de producción del campo Tibú. Por último luego de haber sido diseñada se pasa a implementar esta base de datos en el departamento de producción del campo Tibú para que le sirva a los ingenieros de control de producción como ayuda en la toma de decisiones y puedan ellos también actualizar la información que se genera día a día.

En este trabajo se va a hablar acerca de los pasos para la realización de esta base de datos, los ítems que se encuentran en esta y la manera de usarla, también hay datos correspondientes a generalidades del campo Tibú y generalidades de las unidades de bombeo mecánico. Por último se presentan los resultados con la implementación y la utilidad que tiene para el departamento de producción Tibú.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. Dumar Ferney Leal Tovar. Co-Director: Ing. Erick Giovany Montes Páez



## ABSTRACT

**TITLE:** IMPLEMENTATION OF DATABASE THAT PERMITTED DAILY INFORMATION PRODUCTION MANAGEMENT FIELD TIBU ECOPETROL S.A.

**AUTHOR:** Juan Carlos Martínez Aguas\*\*

**KEYWORDS:** Database, Production, Implementation, Tibú field, Administration, Mechanical Pump

### DESCRIPTION

The implementation of a database with information production takes place in the field because there is the problem Tibú that although there are different tools that handle corporate daily production information, this is not stored in one program, therefore in this graduate work presents the implementation of a database held in the field Tibú able to manage daily production information.

In order to make this database was compiled all the information that is relevant production in the development of the project and this was the most important information: test pits, laboratory samples, levels, mechanical condition of wells, etc.. Using this information, what follows is to design a tool to manage and administer turn all this information Tibú field production. Finally after having been passed designed to implement this database in the production department Tibú field to serve him to the production control engineers to aid in decision making and may they also update the information generated every day.

This paper will discuss the steps for the realization of this database, the items found in this and how to use it, there are also general data for Tibú and general field of mechanical pumping units. Finally we present the results with the implementation and usefulness to the production department Tibú.

---

\* Work of degree

\*\* Faculty of Physical-Chemistry Engineering. Petroleum Engineering School. Director: Eng. Dumar Ferney Leal Tovar. Co-Director: Eng. Erick Giovany Montes Páez

## INTRODUCCIÓN

A través del tiempo la demanda energética ha sido uno de los factores que ha ganado mayor importancia a nivel mundial. Debido a esto y al poco descubrimiento de nuevas reservas, los campos maduros se han convertido en una de las alternativas para obtener hidrocarburos. Por tal motivo se requiere llevar a cabo proyectos que estén encaminados en la optimización y/o aumento en la producción mediante las operaciones diarias que se realizan en el campo (campañas de perforación, trabajos de reacondicionamiento, inyección de agua usando sartas selectivas, y otras operaciones), que ayudan en el aumento de la producción y así lograr obtener el objetivo del campo en tema de producción.

El Campo Tibú pertenece al convenio de explotación área de operación Directa Tibú, el cual es administrado por la Vicepresidencia de Producción de ECOPETROL S.A. por medio de la Superintendencia de Operaciones Tibú, que hace parte de la Gerencia Regional Catatumbo Orinoquía.

El Campo Tibú se encuentra Ubicado en el Departamento de Norte de Santander, municipio de Tibú. El campo de Tibú fue descubierto en el año 1941 con el pozo Tibú-01, tiene una extensión de 300 km<sup>2</sup> y está constituido por 2 anticlinales denominados Tibú y Socuavó.

En el presente documento usted podrá encontrar información relacionada a la implementación de base de datos con información de producción, aspectos teóricos del campo, generalidades sobre el bombeo mecánico, descripción en la realización de la base de datos implementada.

Con el fin de implementar una base de datos que permita administrar la información diaria de producción del campo Tibú se realiza una base de datos en Microsoft Access para que sirva de ayuda al ingeniero de control de producción en la toma de decisiones, se lleva a cabo en tres fases que son: recopilación de la información diaria de producción, diseño de base de datos en Microsoft Access e implementación de base de datos en el departamento de producción del campo Tibú.

Para realizar esta base de datos se usa Microsoft Access porque a partir de esta herramienta de Windows se realizó la programación del modelo implementado y además que Access tiene la facilidad que se puede exportar todos los reportes y datos que están almacenados y también porque sirve de ayuda para tener la información de producción de una manera muy bien administrada lo que ayuda al ingeniero de control de producción en la toma de decisiones.

En la base de datos que se implemento en el campo Tibú usted tendrá información referente a: pruebas de producción, muestras de laboratorio, niveles, estados mecánicos de los pozos, tipos de unidades de bombeo mecánico que se encuentran en el campo y diseño de bombeo mecánico.

Finalmente se plasman las conclusiones y recomendaciones que se notan luego de haber implementado la base de datos con información diaria de producción en el campo Tibú.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una base de datos que permita administrar la información diaria de producción del campo Tibú, a través de una herramienta en Access que permita integrar y facilitar el manejo de esta en la operación diaria para el ingeniero de producción.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

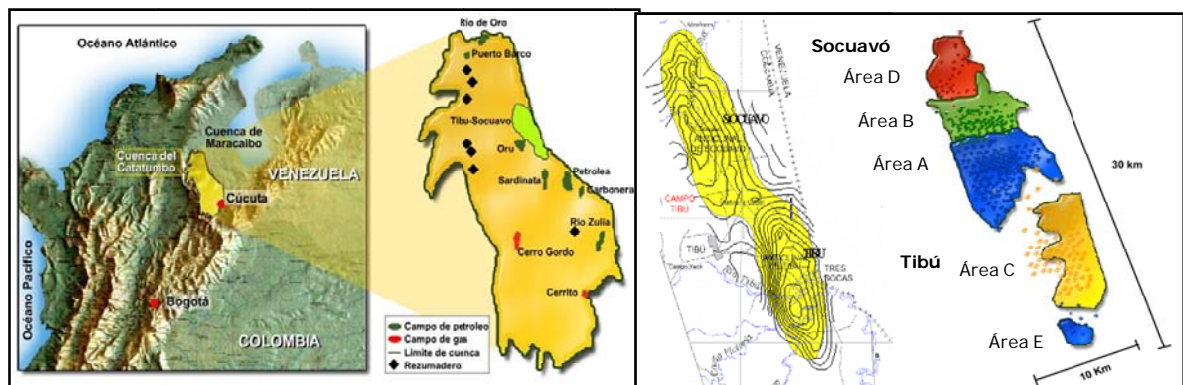
- Recopilar la información histórica de producción (análisis de laboratorios, pruebas de producción, niveles de fluido, estados mecánicos) a partir de las diferentes herramientas corporativas que usa ECOPETROL S.A (AVOCET, OFM, TWM, OPEN WELLS) y de los reportes que llevan los operadores que laboran en la Superintendencia.
- Diseñar base de datos en Access para administrar información diaria de producción.
- Implementar en el departamento de producción la base de datos diseñada con el fin de administrar de manera más aplicada la información diaria de producción del campo Tibú.

## 2. GENERALIDADES DEL CAMPO TIBÚ

El Campo Tibú pertenece al convenio de explotación área de operación Directa Tibú, el cual es administrado por la Vicepresidencia de Producción de ECOPETROL S.A. por medio de la Superintendencia de Operaciones Tibú, que hace parte de la Gerencia Regional Catatumbo Orinoquía.

El Campo Tibú se encuentra Ubicado en el Departamento de Norte de Santander, municipio de Tibú. El campo de Tibú fue descubierto en el año 1941 con el pozo Tibú-01, tiene una extensión de 300 km<sup>2</sup> y está constituido por 2 anticlinales denominados Tibú y Socuavó. Por facilidades y respuesta en la producción el campo se divide en 5 áreas operacionales: A, B, C, D y E, figura 1.

**Figura 1. Localización Campo Tibú**



Este yacimiento tiene como mecanismo de producción primario el empuje de gas en solución y ha sido evidenciado por la rápida disminución de la presión del yacimiento que pasó de 2150 a 700 psi en los primeros 15 años de producción, tal y como se muestra en la Figura 2. Su desarrollo se inició con un espaciamento de 90 acres/pozo y a partir del año 1950 se desarrollaron programas de reducción

de espaciamento a 45 acres/pozo. En 1961 se inicia el proceso de recuperación secundaria con la inyección de agua a través de modelos regulares de 7 puntos. En total se perforaron 510 pozos, de los cuales permanecen activos 130 productores, 9 abastecedores y 39 inyectoros de agua.

Los principales yacimientos encontrados son la formación Barco de edad terciaria a una profundidad promedio de 4500' y el grupo Uribante, compuesto por las formaciones Aguardiente, Mercedes y Tibú, de edad Cretácea a una profundidad promedio de 9500'. En la Tabla 1 se pueden apreciar las principales características de estos Yacimientos. Existen otras formaciones de menor interés como Los Cuervos, Catatumbo y Carbonera.

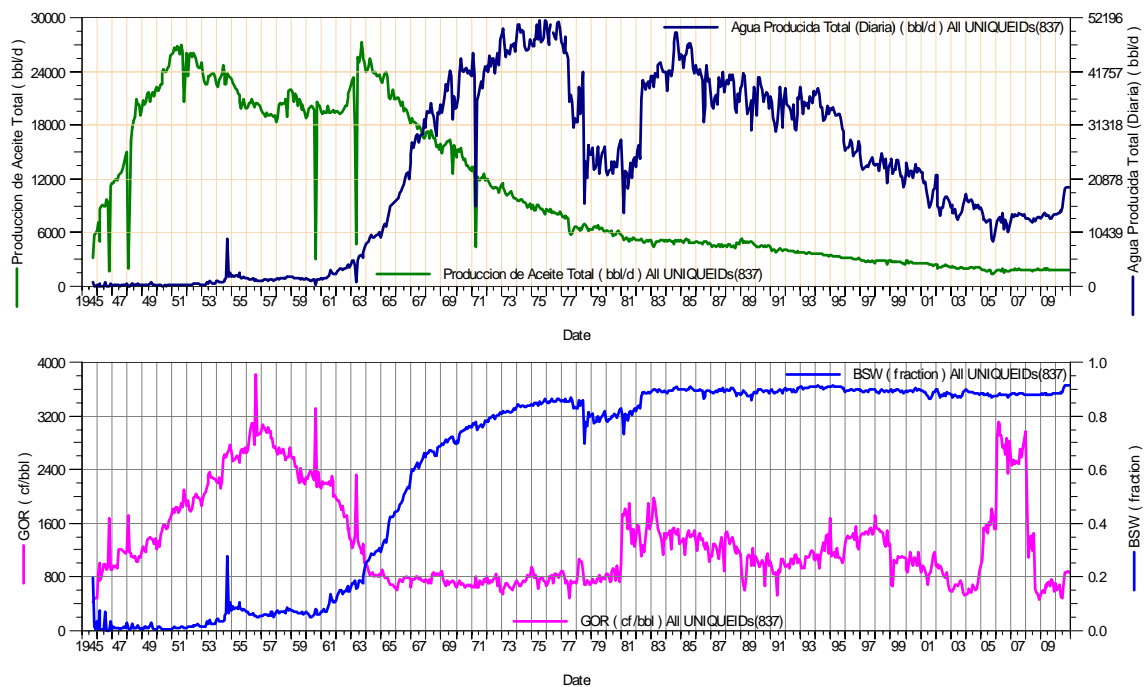
**Tabla 1. Propiedades de los Yacimientos Campo Tibú**

CARACTERÍSTICA	TERCIARIO	CRETÁCEO
Porosidad promedio	15%	6 – 8%
Permeabilidad promedio	100 md	Fracturas
Sw promedio	30%	40 – 50%
Profundidad promedio	4500 pies	9000 pies
Espesor promedio	70 pies	120 pies
Contacto agua-petróleo original	4553 pies	9216 pies
Hidrocarburo tipo	Parafínico	Parafínico
Gravedad API	32	42 - 52
Viscosidad del petróleo	1,5 – 4,1 cp	0,5 cp
Rs	450 scf/stb	7000 scf/stb
Bo	1,2 rb/stb	1,9 rb/stb

La máxima producción se alcanzó en 1963 con 23.000 BPPD, tal y como lo muestra la figura 2. Actualmente el campo produce en promedio 16500 barriles de fluido total por día con un BSW del 89%, que corresponde a 1800 barriles de

petróleo por día; el 84% de esta producción proviene de la Formación Barco. El factor de recobro actual del Campo es del 21% y el factor de recobro de la Formación Barco es de 23%. En el sistema de recuperación secundaria se inyectan en promedio 32500 barriles de agua por día con 39 pozos inyectoros activos.

**Figura 2. Curvas de Producción e Inyección Historica Campo Tibú**



## 2.1. HISTORIA DEL CAMPO

El campo Tibú fue descubierto en el año de 1939 por la Compañía COLPET, por la cual empezó a ser desarrollado en el año de 1944 bajo la concesión Barco. La empresa colombiana de petróleos (ECOPETROL S.A.) inicio operaciones en el campo desde el año de 1976 cuando lo recibió de COLPET. En 1984 todos los

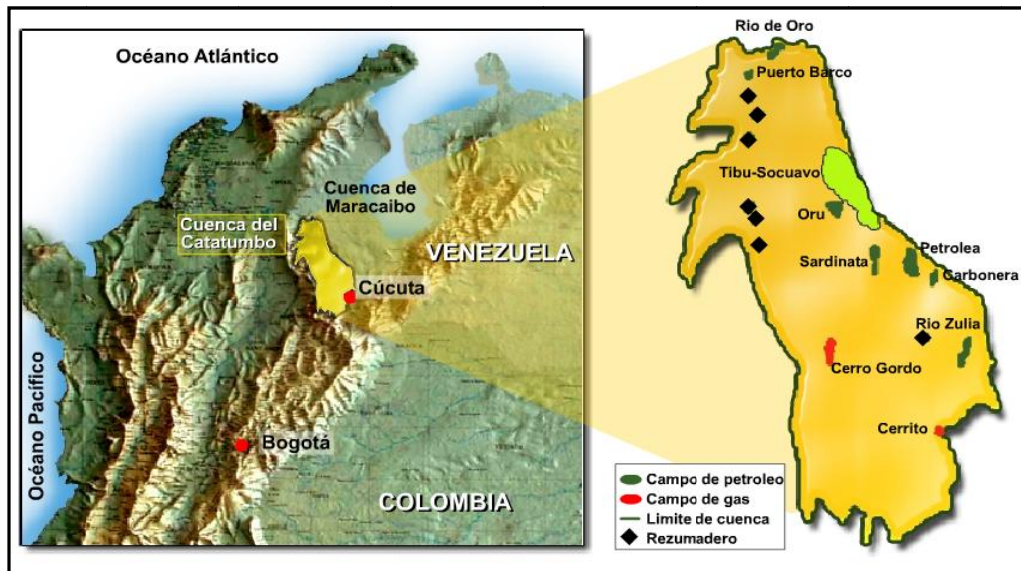
derechos del campo pasaron a ser de ECOPETROL S.A con la reversión de la concesión Barco a la nación.

El inicio de su producción se dio básicamente mediante el mecanismo de gas en solución por lo que se hizo necesario implementar rápidamente sistemas de levantamiento artificial con el de lograr extraer sus reservas. En el año de 1951 el Campo alcanzo su máximo pico de producción primaria de 12500 BPPD, punto desde el cual empezó la declinación. Por tal motivo en el año de 1955 se le dio inicio a los estudios para la implementación de inyección de agua, de los cuales se obtuvieron excelentes resultados y fueron la base para iniciar el proyecto en el año de 1959 en el Área C del campo.

## **2.2. GEOLOGIA GENERAL**

El área bajo contrato o bloque TIBU se encuentra ubicado en la parte central de la Cuenca del Catatumbo (Figura 3). La estructura del Campo Tibú se encuentra ubicada en el flanco oriental de la cuenca. El campo puede ser definido desde el punto de vista estructural como dos estructuras independientes de tipo anticlinal asimétrico, con rumbo N-S, y limitados en el flanco occidental por fallas inversas de alto ángulo que buzcan hacia el este. Los reservorios principales se encuentran en la Formación Barco de Edad Paleógena, y el Grupo Uribante de Edad Cretácica. Como reservorios secundarios, se encuentran la Formación Catatumbo de Edad Paleógena y la Formación Carbonera de Edad Neógena.

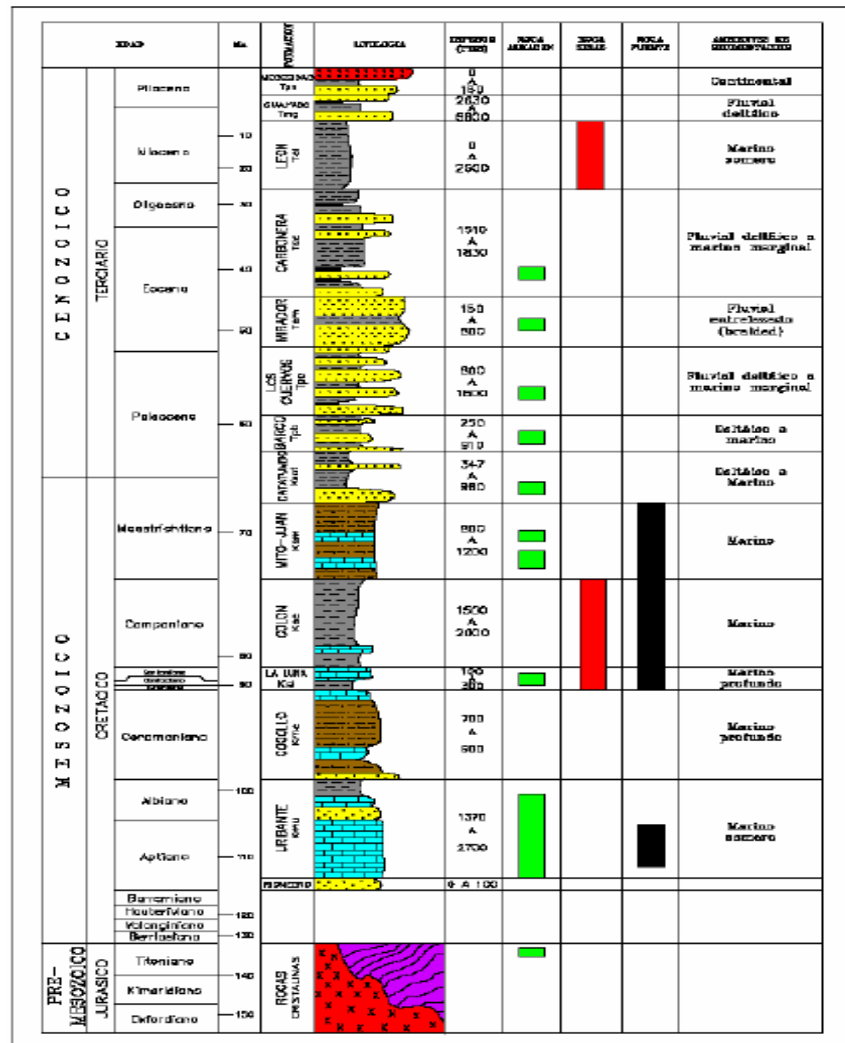
**Figura 3. Mapa de Localización Geografica Campo Tibú**



### 2.2.1. Estratigrafia General

El registro sedimentario de la cuenca del Catatumbo sobrepasa los 15.000 pies de espesor e involucra rocas con un amplio rango de edad desde el Jurásico hasta Reciente. La figura 4. Presenta la columna estratigráfica generalizada para la Cuenca del Catatumbo.

Figura 4. Columna Estratigráfica Cuenca Catatumbo



- Formación Barco: la sección tipo de la Formación Barco está localizada en el flanco oriental del Anticlinal de Petróle. Consiste de areniscas de grano fino a medio intercaladas con arcillolitas. Algunos horizontes delgados de carbón se presentan principalmente hacia el tope de la Formación. El contacto con la suprayacente Formación Los Cuervos es gradacional al igual que con la infrayacente Formación Catatumbo. El espesor varía entre 150 y 278m (492' a 912'). El ambiente de depósito es de tipo albufera y estuarino. A excepción del

campo Río Zulia, la Formación Barco es el almacenador dominante en los campos del Catatumbo. Específicamente, la Formación Barco es productora en el campo Río de Oro y Sardinata y en los campos de Petrólea y Tibú donde en este último es el principal reservorio. Para la Formación Barco, el mayor control sobre la producción de hidrocarburos lo ejerce la distribución espacial de las diferentes arenas productoras, donde el control es de tipo estratigráfico haciendo que los diferentes paquetes arenosos hagan “onlap” o se pinchen en sentido este-oeste del campo aproximadamente.

- Grupo Uribante: En Colombia su definición fue hecha por Notestein, quien lo subdivide en tres unidades; los miembros cartografiados, Tibú, Mercedes y Aguardiente. El Grupo Uribante presenta un espesor que varía entre los 1.300 y 1.800 pies de espesor y está caracterizado por su baja permeabilidad y porosidad (5% promedio).
- Formación Tibú: la sección tipo de la Formación Tibú está localizada en Colombia en la cabecera del Río Tibú, litológicamente está constituida por lodolitas de color gris oscuro, negro y marrón con laminación plano paralela, fisibles, con abundantes restos de conchas y de peces; intercalada con pequeños niveles de calizas lumaquéllicas en bancos de 30cm. con estratificación ondulosa y cuarzoarenitas grises, calcáreas, con abundantes fósiles, bioturbadas en bancos gruesos macizos. El espesor medido por el ICP (1998) en La Don Juana fue de 83m. (272 pies) y en Sardinata de 13m. (42 pies). Descansa inconforme sobre el basamento y su contacto superior es concordante con la Formación Mercedes. El ambiente de sedimentación ha sido interpretado como de origen marino poco profundo (Ruge, 1979). En cuanto a producción, la Formación Tibú es productora en el Anticlinal Tibú.

- Formación Mercedes: la sección tipo de esta unidad se encuentra localizada en el Valle de Las Mercedes en la Concesión Barco, litológicamente está constituida por calizas arenosas y fosilíferas intercaladas con shales, dolomitas y areniscas. Las calizas clasifican en un rango entre mudstones y grainstones. Su contacto inferior es concordante y neto con la Formación Tibú; el contacto superior es transicional con la Formación Aguardiente (Richards, 1968). El ambiente de sedimentación es marino. La formación Mercedes es productora en el Campo Tibú.
- Formación Aguardiente: el nombre proviene del filo del Aguardiente en la Concesión Barco. A escala regional, consiste predominantemente de cuarzoareniscas de grano grueso con niveles de glauconita y fosfatos intercaladas con shales y calizas. Algunos shales presentan alto contenido de materia orgánica y pueden ser potenciales generadores en el área. Su espesor varía entre 148 y 275 m con tendencia de engrosamiento hacia el sur. La base de la Formación Aguardiente es transicional aunque Sutton (1946) indica que puede ser discordante; el contacto superior con la Formación Capacho es concordante y parcialmente gradacional. El ambiente depositacional de esta unidad es marino. La Formación Aguardiente produce en el Campo Tibú principalmente por fracturamiento.

### **2.3. DESCRIPCIÓN DE FACILIDADES**



Actualmente el Campo Tibú está dividido en tres sectores Operativos: Norte, Central y Sur. La producción de los pozos es conducida mediante líneas individuales y en algunos casos mediante troncales cortas hacia las 7 estaciones satélites de recolección y tratamiento de crudo: Norte, L-29, K-27, J-25, M-24, M-14 y J-10; una vez el crudo ha sido tratado, es llevado a la estación principal I-21

de fiscalización y bombeo a oleoducto (ver detalles en la tabla 2). El gas de las estaciones es llevado hacia las instalaciones de la antigua refinería, en donde es acondicionado para el proceso de autogeneración de energía eléctrica.

En el sistema de inyección de agua existen 5 estaciones de inyección, las cuales conducen el agua de los pozos abastecedores por líneas individuales o troncales cortas hacia los pozos inyectoros de agua localizados en los sectores K-27, M-24, M-14, K-32 y J-25.

El sistema de levantamiento predominante es el Bombeo Mecánico, ya que de los 130 pozos productores activos, 113 pozos tienen Bombeo Mecánico, 7 pozos tienen Bombeo por cavidades progresivas (PCP), 1 con Bombeo electrosumergible (BES) y 2 con Plunger Lift (PL), los 7 pozos restantes producen por Flujo Natural.

**Tabla 2. Facilidades de Producción Campo Tibú**

SECTOR	ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	
NORTE	NORTE	Llega la producción de <b>35 pozos</b> Producción promedio de <b>466 BOPD</b> <b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (2) Separadores Bifásicos de General</li> <li>- (1) Separador Bifásico de Prueba</li> <li>- (2) Separadores de Agua Libre</li> <li>- (1) Tratador térmico horizontal</li> <li>- (3) Tanques de Almacenamiento</li> <li>- (1) bomba de despacho a la Estación de bombeo I-21,</li> <li>- Sistema de dosificación de químicos</li> </ul>	<p>Capacidad Nominal</p>  <p>Almacenamiento.: 7000 Bls</p>
	L-29	Llega la producción de <b>16 pozos</b> Producción promedio de <b>200 BOPD</b> <b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (1) separador general</li> <li>- (1) separador de prueba</li> <li>- (1) separador de agua libre</li> <li>- (2) tanques de almacenamiento</li> <li>- (1) bomba de despacho</li> <li>- sistema de dosificación de químicos</li> </ul>	<p>Capacidad Nominal</p>  <p>Almacenamiento.: 2000 Bls</p>

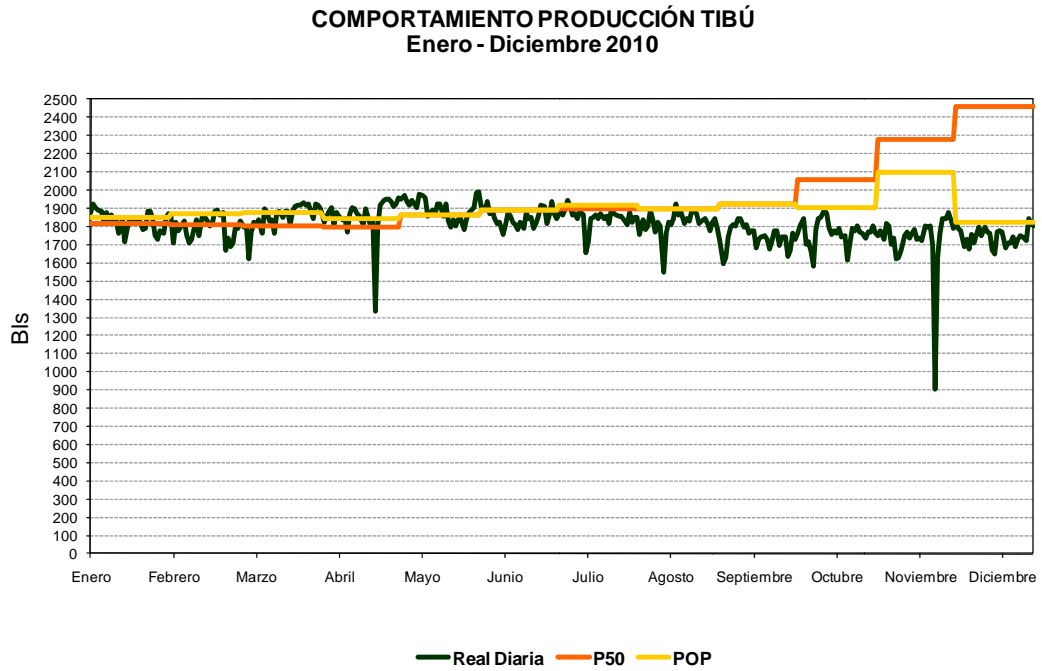
SECTOR	ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	
CENTRAL	K-27	Llega la producción de <b>16 pozos</b> Producción promedio de <b>213 BOPD</b> <b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (1) separador general</li> <li>- (1) separador de prueba</li> <li>- (1) separador de agua libre</li> <li>- (2) tratadores térmicos</li> <li>- (3) tanques de almacenamiento</li> <li>- (1) tanque de lavado</li> <li>- (1) bomba de despacho</li> <li>- sistema de dosificación de químicos</li> </ul>	 <p>Capacidad Nominal Almacenamiento.: 3000 Bls</p>
	J-25	Llega la producción de <b>18 pozos</b> Producción promedio de <b>330 BOPD</b> <b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (1) separador general</li> <li>- (1) separador de prueba</li> <li>- (1) separador general de Livianos</li> <li>- (1) separador prueba Livianos</li> <li>- (2) separadores de agua libre</li> <li>- (4) tratadores térmicos</li> <li>- (3) tanques de almacenamiento</li> <li>- (2) tanques de Lavado de 1000 Bls</li> <li>- (1) Tanque de 750 Bls y (1) tanque de 500 Bls</li> <li>- (1) bomba de despacho</li> <li>- (1) Bomba de recobro desde API</li> <li>- (2) Separadores API</li> <li>- (4) Piscinas de aireación</li> <li>- sistema de dosificación de químicos</li> </ul>	<p>Capacidad Nominal</p>  <p>Almacenamiento.: 4250 Bls</p>
	M-24	Llega la producción de <b>12 pozos</b> Producción promedio de <b>150 BOPD</b> <b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (1) separador general</li> <li>- (1) separador de prueba</li> <li>- (1) separador de agua libre</li> <li>- (1) tratador térmico</li> <li>- (2) tanques de almacenamiento</li> <li>- (1) tanque de lavado de 1000 Bls</li> <li>- (1) bomba de despacho</li> <li>- (1) piscina api</li> <li>- (2) piscinas de aireación</li> <li>- Sistema de dosificación de químicos</li> </ul>	 <p>Capacidad Nominal Almacenamiento.: 2000 Bls</p>
SUR	M-14	Llega la producción de <b>13 pozos</b> Producción promedio de <b>243 BOPD</b> <b>EQUIPOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (1) separador general</li> <li>- (1) separador de prueba</li> <li>- (1) separador de agua libre</li> <li>- (2) tratadores térmicos</li> <li>- (3) tanques de almacenamiento</li> <li>- (1) Tanque de Lavado de 1000 Bls</li> <li>- (1) Piscina API</li> <li>- (2) Piscinas de aireación</li> <li>- (1) bomba de despacho</li> <li>- Sistema de dosificación de químicos</li> </ul>	 <p>Capacidad Nominal Almacenamiento.: 3000 Bls</p>
	J-10	Llega la producción de <b>20 pozos</b> Producción promedio de <b>330 BOPD</b>	

SECTOR	ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	
		<b>EQUIPOS:</b> -(1) separador general -(1) separador de prueba -(1) separador de general de Livianos -(1) separador de prueba livianos -(1) separador de agua libre -(1) tratador térmico -(3) tanques de almacenamiento - -(1) tanque de lavado de 500 Bls - (1) bomba de despacho -Sistema de dosificación de químicos	 <p>Capacidad Nominal Almacenamiento.: 3000 Bls</p>
<b>CENTRAL</b>	I-21	Recibe el crudo de las estaciones del campo para ser bombeado a la Estación Bella Vista. <b>EQUIPOS:</b> -(1) Piscina API -(3) Motores -(3) Tanques de Almacenamiento de 80000 Bls -Equipo Sistema Contraincendios -(1) Tanque Sistema Contraincendios de 1000bbls. -(1) Laboratorio de Pruebas.	 <p>Capacidad Nominal Almacenamiento.: 245000 Bls</p>

## 2.4. PRONOSTICO DE PRODUCCIÓN

Para el sostenimiento de la producción se realizaron servicios de reacondicionamiento de pozos los cuales comprenden cambios de bomba, pruebas de tubería, cambio de varillas, cambios de diseño, chequeo y limpieza de fondo. Con la campaña de workover iniciada durante el convenio de cooperación empresarial se presentó una diferencia en la producción por el préstamo del equipo de reacondicionamiento (Rig 21) al socio, utilizado para el programa de abandono de pozos del campo. En el mes de noviembre se presentó un atentado terrorista que limita el acceso de materiales y equipos al campo, atrasando la campaña de perforación y el proyecto de instalación de sartas selectivas. Lo anterior junto con el invierno presentado causan demoras en arreglos de vías que conducen a los pozos que requieren servicio, lo que aumentó la diferencia y por lo tanto no permitió alcanzar el pronóstico establecido.

**Figura 5. Comportamiento de Producción Campo Tibú 2010**



De acuerdo a los hechos presentados a finales del año 2010 por la voladura del puente sobre el río Sardinata (Vía Cúcuta – Tibú) los pronósticos de producción (P-50) para el año 2011 del Campo Tibú fueron reevaluados por yacimientos, en la siguiente tabla se presentan los nuevos valores aprobados.

**Tabla 3. Pronostico de Producción 2011**

MES	Petróleo (BPPD)*
ENERO	1939
FEBRERO	2017
MARZO	2289
ABRIL	2625
MAYO	3059
JUNIO	3468
JULIO	3872
AGOSTO	4112
SEPTIEMBRE	4109

MES	Petróleo (BPPD)*
OCTUBRE	4093
NOVIEMBRE	4099
DICIEMBRE	4120
<b>PROMEDIO</b>	<b>3325</b>

\*RPDP (Reservas Probadas Desarrolladas Prod).

Los pronósticos de producción promedio para los años 2010 a 2014 no incluyen producción incremental de los Módulos del proyecto Tibu. Sujetos de aprobación de recursos. (ver Tabla 4)

**Tabla 4. Pronósticos de Producción**

AÑO	Petróleo (BPPD)
2012	3479
2013	3242
2014	3022

## 2.5. INYECCIÓN DE AGUA

En la actualidad se están realizando la inyección al área A del campo (estaciones M-24, K-27 y J-25) desde las estación de inyección de J-25 (K-27, y M-24 en stand by), de acuerdo al desarrollo del proyecto se habilitaran o retiraran nuevamente las estaciones K-27 y M-24. Se instalaron bombas electro centrifugas horizontales, con una capacidad instalada de 37.500 BWIPD (capacidad por bomba 12500 BWPD). La puesta en marcha inicio en Febrero del presente año inyectando en 8 pozos reactivados del sector J-25 y en los inyectores activos de las estaciones K-27 y M-24.

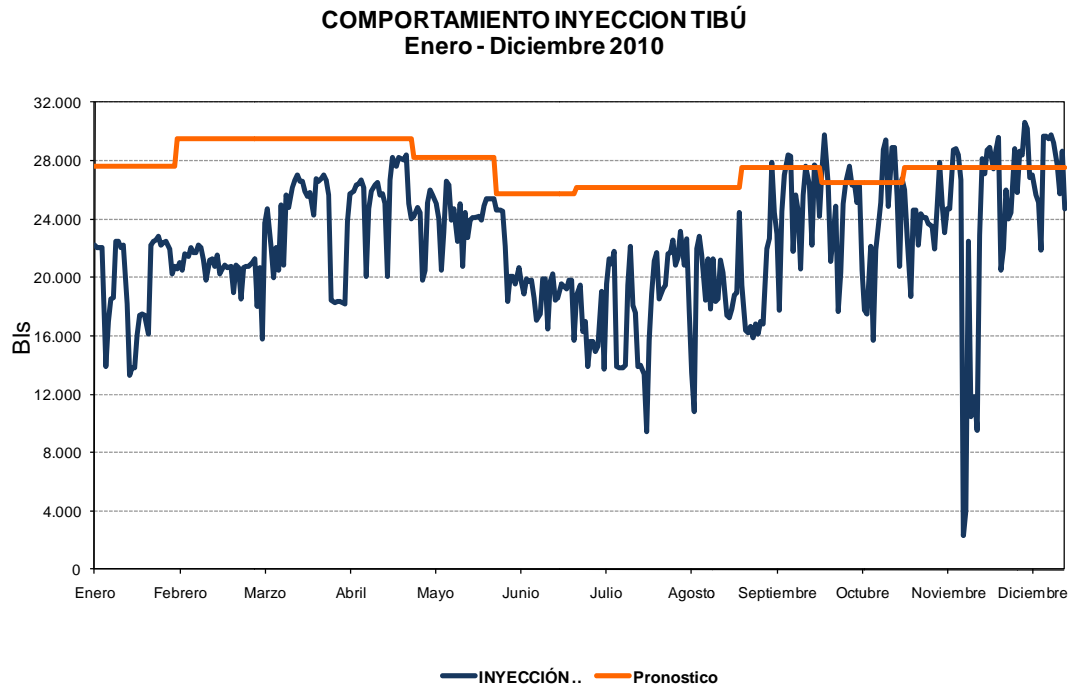
**Tabla 5. Facilidades del Sistema de Inyección de Agua Campo Tibú**

SECTOR	ESTACIÓN	INYECCIÓN ACTUAL	CAPACIDAD INSTALADA	POZO ABASTECEDOR
		BWIPD	BWIPD	BWIPD
NORTE	K-32	4.500	8.000	4.500
CENTRAL	M24		12.000	12.000
	K27		16.000	10.000
	J25	20.000	37.500	24.000
SUR	M-14	8.000	8.000	8.000
<b>TOTAL CAMPO</b>		32.500	81.500	58.500

**Figura 6. Estación de Inyección J-25**



**Figura 7. Comportamiento de Inyección año 2010**



El pronóstico de inyección de agua para el primer semestre del año 2011 es:

**Tabla 6. Pronóstico Inyección de Agua Primer Semestre de 2011**

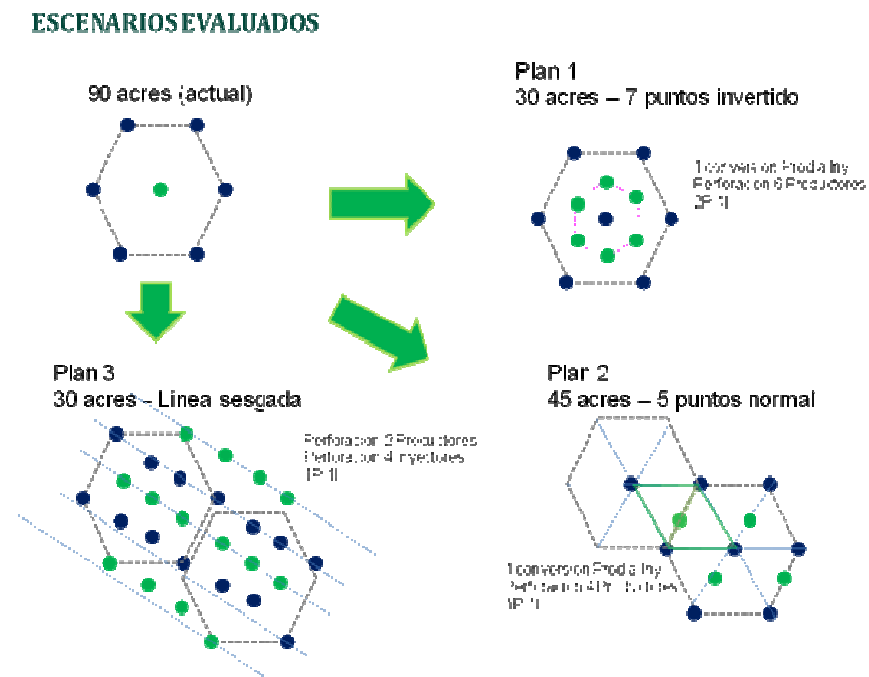
MES 2011	POP YAC.	POP CAMPO
ENERO	32500	27500
FEBRERO	32500	27500
MARZO	32900	32000
ABRIL	34300	32000
MAYO	36500	32000
JUNIO	38455	34000
<b>PRONOSTICO PRIMER SEMESTRE 2011</b>	<b>34539</b>	<b>30865</b>

### 2.5.1 Plan de desarrollo inyección de agua

En la Formación Barco, el objetivo principal del proyecto es reducir el espaciamiento de los patrones de inyección para mejorar la eficiencia volumétrica de la inyección de agua e incrementar el factor de recobro a través de adición de reservas sin drenar.

Teniendo en cuenta los modelos estático y dinámico del campo se consideraron para todo el campo tres escenarios diferentes de desarrollo los cuales tienen en cuenta la reducción de espaciamiento y la distribución de los pozos en patrones de inyección geométricos y balanceados. Los tres escenarios analizados son:

**Figura 8. Alternativa evaluada para plan de desarrollo del campo**



Para el Anticlinal Socuavó se escogió el escenario de siete puntos invertido ya que es mejor se ajusta para la recuperación de aceite en el anticlinal Socuavo. Sin embargo, para algunas áreas en este anticlinal, no es viable el escenario de siete

puntos dado que los pozos a perforar tendrían acumulados de petróleo menor a 200kbp. En estas áreas es conveniente implementar los patrones de 5 puntos. Para el Anticlinal Tibú el escenario de cinco puntos resulta favorable para esta área dado que los espesores netos de arena para el anticlinal Tibú son menores a los del anticlinal Socuavó (entre 40 – 70 pies) y por tanto no se requiere una alta densidad de pozos y el espaciamiento a 45 acres permite a los pozos drenar las reservas remanentes.

Teniendo escogidos los escenarios de desarrollo por anticlinal (7 puntos - 5 puntos para Socuavó y 5 puntos para Tibú) y los pozos necesarios para cada uno de ellos, el siguiente paso a realizar fue la definición del cronograma de actividades de Workover y perforación necesarias. Para este cronograma se realizó la priorización cada uno de los patrones de inyección en el campo a partir del OOIP y el factor de recobro, se definió una prelación para comenzar las actividades en las áreas en las cuales se tienen altos volúmenes de aceite original y bajos factores de recobro. Así mismo se tuvo en cuenta las limitaciones actuales que tiene el campo desde el punto de vista de facilidades.

El plan total abarca actividades entre 2010-2015 y plantea incrementar los niveles de producción del Campo hasta 21.800 bopd, 164.000 bfpd y 165.000 bwipd en el 2015, mediante la perforación de 252 pozos, 209 productores y 43 inyectoras; la reactivación de 40 productores, 70 inyectoras, la conversión de 90 productores a inyectoras y 2 inyectoras. Con estas actividades se espera incrementar el factor de recobro de la Formación Barco al 29.6%.

### 3. GENERALIDADES DEL BOMBEO MECANICO

Para producir pozos en los cuales su presión de fondo (BHP) es menor que las pérdidas de presión en el pozo o para incrementar la tasa de producción en pozos con flujo natural se requiere de un sistema de levantamiento artificial. El principal método de levantamiento artificial en el mundo es el bombeo mecánico, esto ocurre de igual manera en el campo Tibú donde este tipo de levantamiento artificial consta de un 86% de los pozos productores en todo el campo, es decir, es el levantamiento de sistema artificial que predomina.

Además del sistema de bombeo mecánico existen otros sistemas de levantamiento artificial como son:

- Gas lift
- Bombeo de cavidades progresivas (PCP)
- Bombeo electro sumergible (BES)
- Bombeo hidráulico
- Plunger lift

Una instalación típica de un sistema de bombeo mecánico incluye:

- Motor primario
- Varillas
- Unidad de bombeo
- Bomba de subsuelo

Cualquier diseño que se haga debe considerar estos cuatro componentes, y ninguno se debe diseñar independiente de los otros.

El diseño de un sistema de bombeo mecánico está basado en los boletines de la API:

- API 11L-3 (Sucker Rod Pumping System Design Book)
- API 11AX (Subsurface Sucker Rod Pumps & Fittings)
- API 11AR (Recommended Practice For Care & Use of Subsurface Pumps)

### **3.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO MECANICO**

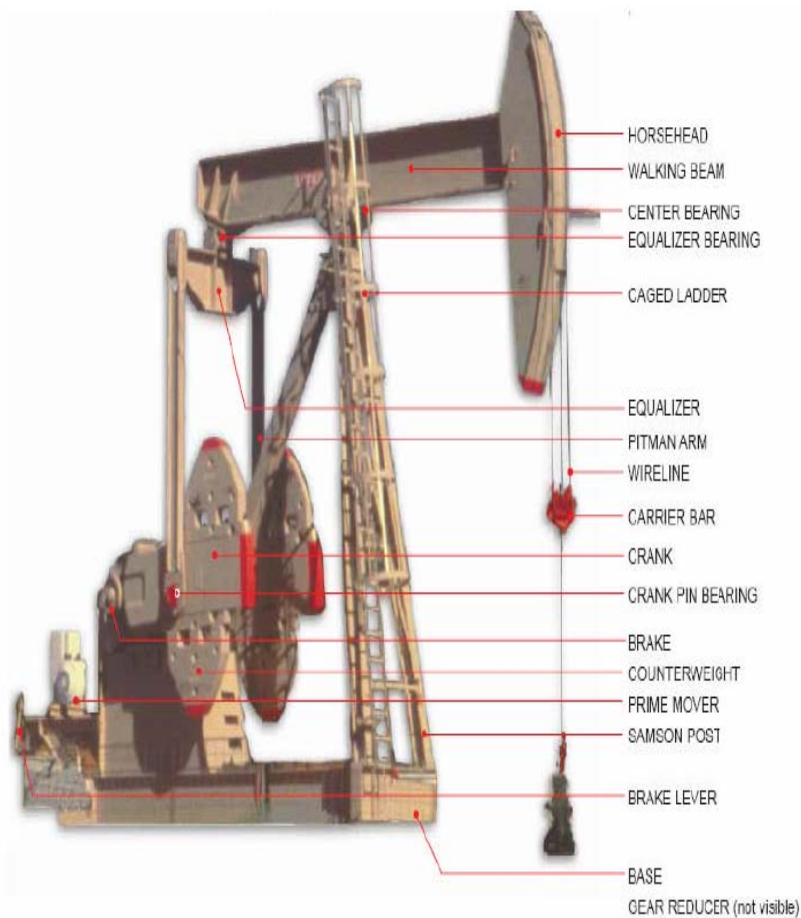
Los componentes individuales de un Sistema de Bombeo Mecánico se pueden dividir en dos grupos principales: el equipo de superficie y el equipo de fondo. Los elementos principales de una instalación de bombeo común se pueden apreciar en la figura 9.

El equipo de superficie está constituido por:

- El motor, el cual proporciona la potencia de impulsión al sistema y puede ser un motor eléctrico o un motor de combustión interna.
- Los engranajes o caja reductora, los cuales reducen la elevada velocidad rotacional del motor a la velocidad requerida para efectuar el bombeo y, al mismo tiempo, incrementan el torque disponible sobre su eje de baja velocidad.
- La unidad de bombeo, es un acople que transforma el movimiento de rotación del engranaje reductor en un movimiento oscilante requerido para operar la bomba de fondo. Su elemento principal es el balancín, el cual trabaja sobre el principio de una palanca mecánica.

- La barra lisa, la cual conecta el balancín a la sarta de varillas y asegura una superficie de sellamiento en el cabezal del pozo con el fin de mantener los fluidos dentro del pozo.
- El ensamble del cabezal del pozo, el cual contiene prensaestopas más conocido como “stuffing box” que sella sobre la barra lisa y una “t” de superficie para hacer los fluidos del pozo lleguen hasta la línea de flujo. El espacio anular de la tubería de revestimiento usualmente está conectado, a través de una válvula de cheque a la línea de flujo.

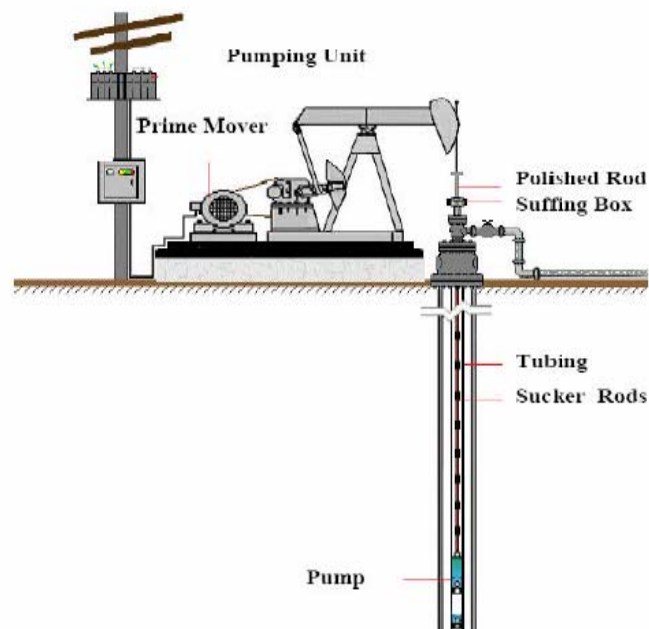
**Figura 9. Unidad de Bombeo Mecánico Convencional Equipo de Superficie**



El equipo de Fondo incluye:

- La sarta de varillas, formada por las varillas de succión, que dentro de la sarta de la tubería de producción del pozo. La sarta de varillas proporciona el acople mecánico entre la bomba de subsuelo y el equipo de superficie.
- La bomba de subsuelo, que permite la entrada de fluido de la formación a la tubería de producción y le proporciona la energía necesaria para levantarlo hasta superficie.
- Tubería de producción, es el medio para transportar el fluido a la superficie y para soportarlo mientras la bomba baja a recoger otra carga.

**Figura 10.1 Unidad de Bombeo Mecánico Equipo de Fondo**



### 3.2. UNIDADES DE BOMBEO

La Unidad de Bombeo es un mecanismo desarrollado para transmitir un movimiento alternativo a la bomba, y por lo tanto convertir el movimiento continuo circular de un motor en un movimiento oscilante alternativo aplicado al vástago del sistema.

Es uno de los métodos de producción más utilizados (80-90%), el cual su principal característica es la de utilizar una unidad de bombeo para transmitir movimiento a la bomba de subsuelo a través de una sarta de varillas y mediante la energía suministrada por un motor el sistema de bombeo mecánico está compuesto básicamente por las siguientes partes: unidad de bombeo, motor (superficie), cabillas, bomba de subsuelo, anclas de tubería, tubería de producción (subsuelo). Un equipo de bombeo mecánico (también conocido como “balancín” o “cigüeña”) produce un movimiento de arriba hacia abajo (continuo) que impulsa una bomba sumergible en una perforación. Las bombas sumergibles bombean el petróleo de manera parecida a una bomba que bombea aire a un neumático. Un motor, usualmente eléctrico, gira un par de manivelas que, por su acción, suben y bajan un extremo de un eje de metal. El otro extremo del eje, que a menudo tiene una punta curva, está unido a una barra de metal que se mueve hacia arriba y hacia abajo. La barra, que puede tener una longitud de cientos de metros, está unida a una bomba de profundidad en un pozo de petróleo. El balancín de producción, que en apariencia y principio básico de funcionamiento se asemeja al balancín de perforación a percusión, imparte el movimiento de sube y baja a la sarta de varillas de succión que mueve el pistón de la bomba, colocada en la sarta de producción o de educación, a cierta profundidad del fondo del pozo.

La válvula fija permite que el petróleo entre al cilindro de la bomba. En la carrera descendente de las varillas, la válvula fija se cierra y se abre la válvula viajera para que el petróleo pase de la bomba a la tubería de educación. En la carrera

ascendente, la válvula viajera se cierra para mover hacia la superficie el petróleo que está en la tubería y la válvula fija permite que entre petróleo a la bomba. La repetición continua del movimiento ascendente y descendente (emboladas) mantiene el flujo hacia la superficie. Como en el bombeo mecánico hay que balancear el ascenso y descenso de la sarta de varillas, el contrapeso puede ubicarse en la parte trasera del mismo balancín o en la manivela. Otra modalidad es el balanceo neumático, cuya construcción y funcionamiento de la recámara se asemeja a un amortiguador neumático; generalmente va ubicado en la parte delantera del balancín. Este tipo de balanceo se utiliza para bombeo profundo.

### **3.2.1 Tipos de unidades de bombeo mecánico**

Las unidades de bombeo han sido divididas por el grupo de palanca al cual pertenecen en:

- Convencionales o Clase I
- Balanceada por Aire o Clase II
- Geometría avanzada o Clase III

Los convencionales (Clase I) tiene el pivote entre la carga del pozo y la generación de torque entre el pivote entre la carga del pozo y la generación de torque y “halan” a la barra pulida.

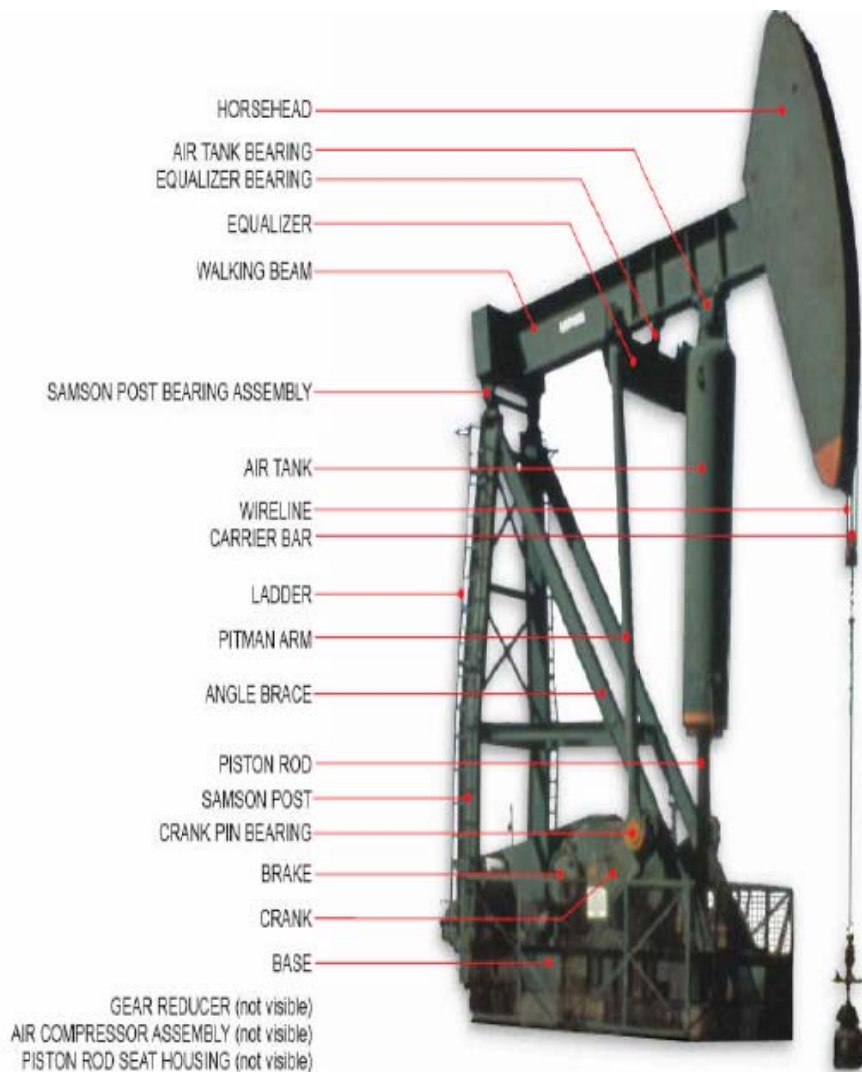
Las balanceadas por aire (Clase II) punto de apoyo extremo delantero del balancín.

Por su parte, los de geometría avanzada (Clase III) tienen la generación de torque entre el pivote y la carga del pozo y “empujan” a la barra pulida.

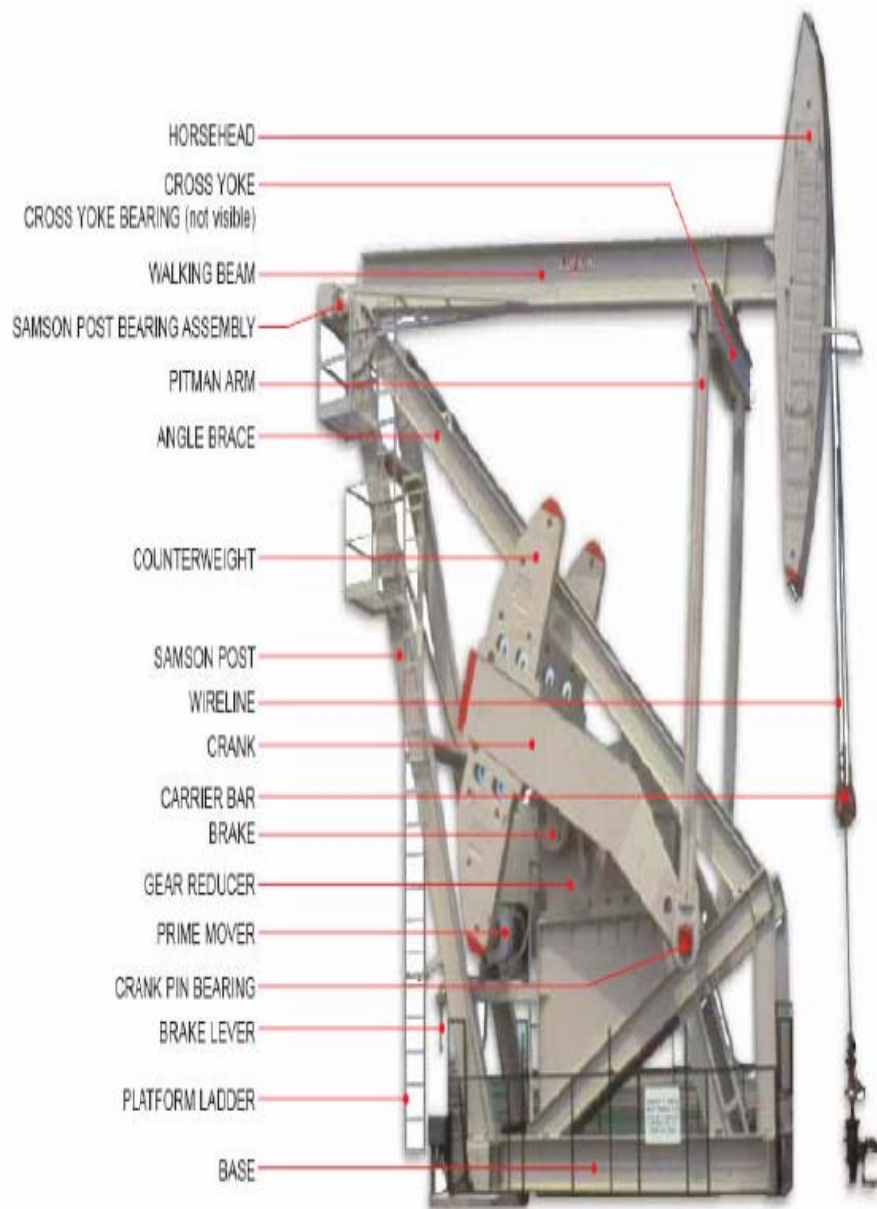
**Tabla 7. Clasificación de las Unidades de Bombeo Mecánico**

TIPO	CLASE	PUNTO DE APOYO	MECANISMO DE CONTRABALANCE	EFICIENCIA	DISEÑO	COSTO
CONVENCIONAL	I	PUNTO MEDIO DEL BALANCIN	POR CONTRAPESO	MUY EFICIENTE	MUY CONFIABLE DEBIDO A SU DISEÑO SIMPLE	LA MÁS ECONOMICA
BALANCEADA POR AIRE	II	EXTREMO DELANTERO DEL BALANCIN	POR CILINDRO DE AIRE	LA DE MENOR EFICIENCIA	LA MÁS COMPLEJA DE LAS UNIDADES	LA MÁS COSTOSA
MARK TWO	III	EXTREMO TRASERO DEL BALANCIN	POR CONTRAPESO	MUY EFICIENTE	IGUAL QUE LA CONVENCIONAL	MODERADAMENTE COSTOSA

**Figura 11. Unidad de Bombeo Mecánico Balanceada por Aire**



**Figura 12. Unidad de Bombeo Mecánico Mark II**



La American Petroleum Institute (API) describe las unidades especificando:

C: si es una unidad convencional.

B: si su contrapeso esta en el balancín.

A: si es una unidad balanceada por aire.

M: si es una unidad Mark II.

- El máximo torque de diseño en el reductor en miles de pulg-lbs. Se adiciona una letra D si el reductor tiene doble reducción.
- La máxima carga de diseño estructural en cientos de libras.

Ejemplo en la descripción de una unidad de bombeo mecánico: C-320D-256-100

\*\*C: TIPO DE UNIDAD

\*\*320D: TORQUE (miles de pulg-lbs)

\*\*256: CARGA MÁXIMA (ciento de libras)

\*\*100: RECORRIDO MÁXIMO

El principio de operación en todas las unidades es el mismo. Un rotor hace girar un reductor de velocidades mediante bandas, el reductor disminuye el número de revoluciones por minuto, a la vez que origina el movimiento del crank, el cual está conectado al balancín mediante una biela.

Todas las unidades tienen un efecto de contrabalance cuyo fin es el de almacenar energía durante la carrera de descenso, para posteriormente suministrada durante la carrera de ascenso.

### 3.3. SARTA DE VARILLAS

La sarta de varillas es la parte más vital del Sistema de Bombeo Mecánico ya que proporciona el vínculo entre la unidad de bombeo en la superficie y la bomba de subsuelo. El comportamiento de la sarta de varillas puede tener un impacto fundamental sobre la eficiencia del levantamiento del fluido y su eventual falla origina una pérdida total de producción. Por tal razón, una sarta de varillas

diseñada apropiadamente no solo asegura buenas condiciones de operación, sino que también puede reducir considerablemente los costos de producción.

La sarta de varillas está compuesta de varillas de succión individual, conectadas unas con otras, hasta alcanzar la profundidad requerida de bombeo. Las primeras instalaciones de bombeo usaron postes de madera, con acoples finales de acero para facilitar la unión entre las varillas. Luego, con la perforación de pozos más profundos, se requirió mayor resistencia de las varillas, y a principios de siglo hicieron su aparición las varillas de acero sólido con extremos forjados para acomodar roscas hembras o macho, un diseño que hasta la fecha no ha cambiado. Los avances más importantes en los métodos de la fabricación de la varilla de succión durante los últimos años son la aplicación de un tratamiento al calor para mejorar la resistencia a la corrosión, mejores construcciones en el pin y el empleo de rodillos en lugar de cortes para hacer precisas las roscas. Las varillas de acero, diferentes a las del tipo de sólido, también quedaron disponibles, así como también, la varilla de succión hueca o tubo de varilla, la varilla continua y la varilla flexible.

La varilla de acero sólido es el tipo de varillo más usado y ha sido estandarizada por el American Petroleum Institute desde 1926. De acuerdo con la última especificación API 11B, las varillas de succión vienen en presentaciones de 25 o 30 pies de largo. Los diámetros de la varilla van desde  $\frac{1}{2}$  pulgada a  $1 \frac{1}{8}$  pulgada con incrementos de  $\frac{1}{8}$  pulgada.

### **3.3.1 Tipo de varillas y acoples**

La American Petroleum Institute, en su especificación 11B, presenta la composición química base de los aceros recomendados para la fabricación de las varillas de bombeo. De acuerdo con la especificación API 11B, las varillas grado

K, son fabricadas con acero tipo AISI-A-46XX aleación Níquel-Molibdeno de baja resistencia, el cual tiene una resistencia aceptable al ataque de  $H_2S$ , y sólo deberá ser sometido a cargas en el rango de 25.000 a 28.000 psi de trabajo. Dado su contenido níquel, el grado K es considerablemente más costoso que el grado C, pero igual puede ser utilizado en algunas aplicaciones especiales.

Las varillas grado C, corresponden a un acero al Carbono-Manganeso tipo AISI 10XX o 15XX, siendo el más económico de todos los grados disponibles y el de menor resistencia a la corrosión. Su empleo se limita a aquellos diagramas de cargas con límites entre los 30.000 psi de trabajo. Este tipo de material deber ser protegido con inhibidores químicos si se va a exponer en ambientes corrosivos.

En la categoría D, la descripción API estipula tres tipos de acero a saber; en acero Carbono-Manganeso tipo AISI 10XX o 15XX con una resistencia de 36.000 a 38.000 psi de trabajo, en acero aleado al Cromo-Molibdeno tipo AISI 41XX de alta resistencia, con un rango entre 40.000 y 45.000 psi de trabajo y en acero especial cuya composición química debe tener un contenido mínimo de cromo, níquel y molibdeno de 1.15% en la mezcla. Todas las varillas grado D deben ser protegidas de fluidos corrosivos.

Las varillas de fibra de vidrio están disponibles en resinas de poliéster y en resinas de esteres vinílicos con vidrio y se fabrican mediante un proceso conocido como extrusión por estirado. El éxito de su rendimiento está en la conexión. Su carga máxima está en el rango de 35.000 a 38.000 psi de trabajo. Los diámetros externos para las varillas de acero varían de 5/8 de pulgada a 1 ½ pulgada, mientras que las de fibra de vidrio se proveen en diámetros externos de 7/8 pulgadas a 1 ¼ pulgadas.

**Tabla 8. Propiedades químicas y mecánicas de los materiales de una varilla con especificación API 11B**

Grado de Varilla	Composición	Fuerza de Tensión, psi	
		Mínima	Máxima
K	AISI 46	85000	115000
C	AISI 1536	90000	115000
D	Aleaciones	115000	140000

### 3.4. BOMBAS DE SUBSUELO

Este equipo permite la entrada de fluido de la formación a la sarta de producción y le proporciona la energía necesaria para levantarlo hasta la superficie. Las bombas de subsuelo que se utilizan en el bombeo mecánico trabajan sobre el principio del desplazamiento positivo y son del tipo cilindro – pistón. Sus partes básicas son: el barril de trabajo (Cilindro), el embolo (pistón) y dos válvulas de bola. La válvula que viene agarrada al barril de trabajo actúa como una válvula de succión y se llama válvula fija. La otra válvula de bola, contenida en el émbolo, actúa como una válvula de descarga y se llama válvula viajera. Estas dos válvulas operan como válvulas cheque y sus movimientos de apertura y cierre, durante el movimiento alterno del émbolo, proporcionan un medio para desplazar los fluidos del pozo hasta la superficie.

#### 3.4.1. Nomenclatura API para las bombas de subsuelo

Con el fin de especificar completamente el conjunto de piezas del bombeo mecánico, el American Petroleum Institute (API) propuso el empleo de una designación de 12 caracteres en la especificación API 11AX. Esta especificación se utiliza ampliamente en todo el mundo para las bombas con varillas que son generalmente aceptadas.

XX XXX X<sub>1</sub> X<sub>2</sub> X<sub>3</sub> X<sub>4</sub> X<sub>5</sub> X<sub>6</sub> X<sub>7</sub>

XX Tamaño de la tubería de Producción

**Tabla 9. Tamaño Tubería de Producción**

15	1.9 pulg
20	2 3/8 pulg
25	2 7/8 pulg
30	3 1/2 pulg

XXX Diámetro de la bomba

**Tabla 10. Diámetros de Bomba**

125	1 1/4 pulg
150	1 1/2 pulg
175	1 3/4 pulg
200	2 pulg
225	2 1/4 pulg
250	2 1/2 pulg
275	2 3/4 pulg

X<sub>1</sub> Tipo de Bomba

R: Varilla

T: Tubería

X<sub>2</sub> Tipo de barril

H: Pared Gruesa

W: Pared Delgada

X<sub>3</sub> Localización del anclaje

A: Arriba

B: Abajo

T: Abajo, barril viajero



X<sub>4</sub> Tipo de Anclaje

C: Copa

M: Mecánico

X<sub>5</sub> Longitud del Barril (pies)

X<sub>6</sub> Longitud nominal del émbolo (pies)

X<sub>7</sub> Longitud total de las extensiones (pies)

#### 4. IMPLEMENTACIÓN BASE DE DATOS CAMPO TIBÚ

Para poder llevar a cabo la implementación de una herramienta que compile y administre la información diaria de producción, es necesario buscar alternativas que ayuden a resolver esta problemática. Siendo el campo Tibú un campo con una cantidad significativa de pozos productores y de estos un 85% son de bombeo mecánico. Se decide implementar una base de datos en Microsoft Access que cumpla con los requisitos necesarios para poder administrar la información diaria de producción que sirve de gran ayuda al ingeniero de control de producción en la toma de decisiones y futuros trabajos de reacondicionamiento que ayudan a la optimización y aumento en la producción del campo.

La problemática que existe en el campo Tibú es que a pesar que existen varias herramientas corporativas que ayudan a mantener cierta información de producción esta no se encuentra en una sola herramienta que contenga información de producción (muestras a laboratorio, pruebas a pozos, niveles, estados mecánicos de los pozos); información que es vital para el ingeniero de control de producción en la toma de decisiones.

Para la implementación de la base de datos se creó una herramienta en Microsoft Access que ayuda a la administración de la información de producción; dicha base de datos se realizó en Access ya que este programa tiene ciertas ventajas como:

- Amplía eficacia en los datos.
- Creación de reportes.
- Exportación de documentos.
- Organización en las tablas y listas creadas.

El programa creado en Access le sirve de soporte al ingeniero de control de producción ya que gracias a esta base de datos él podrá encontrar información referente a las actividades diarias que ocurren en el campo además también podrá editar, cargar y generar reportes que le ayuden para llevar a cabo optimizaciones dentro del campo.

**Figura 13. Página de inicio Microsoft Access**



Luego de haber sido aceptada por el departamento de producción la implementación de una base de datos que administre la información de producción usando un programa que se creó en Microsoft Access; esta fue realizada en tres fases que contribuyeron a la implementación de la misma ya que sin estas fases el proyecto no habría sido ejecutado de una manera exitosa. Las fases que ayudaron para la implementación de la base de datos fueron las siguientes:

- Recopilación de información diaria de producción ayudándose en las diferentes herramientas corporativas que usa ECOPETROL S.A (Avocet, TWM, Open Wells, OFM) y además en información que el personal operativo usa en el día a día, es decir, las muestras realizadas en laboratorio y pruebas a pozos.
- Diseño de la base de datos a implementar; como ya se ha mencionado esta base de datos de contendrá un programa que facilita el uso de la base de datos, en esta fase se comienza a crear el programa, el contenido de este y la manera de cómo usarlo.
- Implementación de base de datos en el departamento de producción; en esta fase se presenta ante el departamento de producción la base de datos creada, los beneficios que tiene esta, lo indispensable que puede ser para tener un riguroso control en la producción y además que sirve como una nueva herramienta en donde el ingeniero de control de producción puede tener cargada y editada la información de producción en una sola base de datos que tendrá compilada y administrada todo lo referente a información diaria de producción que se necesita en el campo.

Cada de una de las fases anteriormente mencionadas serán detalladas una a una, porque en base a estas fases se pueden llevar a cabo la realización de la base de datos que luego se implementó en el departamento de producción.

La importancia de la base de datos implementada en el campo tibú es que con la ayuda de esta el ingeniero de control de producción no se va a ver en la necesidad de estar buscando información concierne a los pozos en otra herramienta sino que está ya va a estar almacenada y administrada en la base de datos y le ayuda al ingeniero de control en tomar menos tiempo en buscar dicha información y por lo tanto conlleva a una toma de decisiones más efectiva.

#### **4.1. RECOPIACIÓN INFORMACIÓN DIARIA DE PRODUCCIÓN**

Para poder hacer la base de datos en Access y luego ser implementada en el campo Tibú; un punto vital es la recopilación de información ya que obteniendo la suficiente información se puede realizar una base de datos muy bien estructurada que contendrá el historial de la información diaria de producción que se maneja en el campo y que sirve de soporte al ingeniero en el control de producción. Para poder recopilar la información de producción fue necesario usar las diferentes herramientas corporativas que usa ECOPETROL S.A. y además apoyarse en la información que manejan los operadores, supervisores que ellos emplean para llevar un control de lo que está ocurriendo en el campo.

Las herramientas corporativas que usaron para hacer la recopilación de la información diaria de producción fueron:

- AVOCET
- Open Wells
- TWM (Total Well Management)

##### **4.1.1 AVOCET**

En esta herramienta se encuentra toda la información referente a producción, es decir, nivel de medida en los tanques de almacenamiento, producción diaria, pruebas a pozos, caudales de pozos inyectores, etcétera. Gracias a AVOCET el ingeniero que se encarga del análisis volumétrico determina cuando es necesario despachar hacia oleoducto, realiza las formas al ministerio de minas y energía y además le sirve de soporte en la fiscalización de crudo. Aquí se registran las pruebas realizadas a pozos que han sido avaladas, esto quiere decir, que ahí pozos a los que se realizan pruebas pero estas no son ingresadas en el sistema



AVOCET; es una herramienta de uso corporativo y no todo el personal que trabaja en la compañía tiene acceso a esta.

#### **4.1.2. Open Wells**

Con esta herramienta tanto el ingeniero de control de producción como el ingeniero de subsuelo pueden verificar y notar cómo está el estado mecánico de los pozos ya sea para realizar una modificación de este o cuando el pozo se le va a realizar una actividad de reacondicionamiento. Es vital saber cómo se encuentra el estado mecánico actual del pozo ya que si se tiene alguna información errónea traería con sí problemas en la realización de cualquier trabajo de reacondicionamiento. Con el manejo de esta herramienta se decide y se cambian varillas, tuberías o en su caso especial cambiar el diseño completo del estado mecánico que tiene el pozo; con el open Wells el ingeniero de control de producción realiza el well planning, que es el paso a paso de las actividades que se van a llevar a cabo cuando se realiza una actividad de reacondicionamiento ya sea un well service o un workover.

#### **4.1.3. TWM (Total Well Management)**

Con esta herramienta se puede determinar las causas por las cuales un pozo no está trabajando como es debido, ya que este software muestra en sus cartas las posibles causas que están pasando. Esta herramienta es utilizada por una compañía que presta sus servicios a ECOPETROL S. A y en campo Tibú esta compañía es WEATHERFORD, ellos se encargan de revisar las unidades de bombeo mecánico de acuerdo a un cronograma que les proporcionan los ingenieros de control de producción; usando ECHOMETER y las herramientas adecuadas ellos realizan la toma de registros tanto de niveles y sonologs y así de esta manera notar como es el comportamiento del pozo en subsuelo. Este

software es de gran ayuda ya que permite saber a ciencia cierta si un pozo tiene algún problema y necesita un trabajo de reacondicionamiento ya sea: cambio de bomba, tubería rota, varilla partida, etcétera.

Aparte de estas herramientas corporativas ahí otra información que es muy importante y que también va a ser ingresada en la base de datos y son: las pruebas a pozos hechas por el personal operativo, aquellas pruebas que se hacen pero no entran en AVOCET porque no cumplen con las condiciones necesarias de caudal y también las muestras de laboratorio que se hacen en el laboratorio de la Estación de Transferencia y Custodia I-21; estas muestras se realizan para determinar si el BSW de los pozos esta siendo el mismo o si ha presentado algún cambio sirven para tener el comportamiento histórico del BSW de los pozos y el cambio que ha tenido con el paso de los años.

Con la información que se va a recopilar tanto en las herramientas corporativas como en las pruebas y muestras hechas por el personal operativo, se procede a tener compilada toda esta información para luego comenzar con el diseño de la base de datos implementada la cual contiene información diaria de producción.

Por consiguiente en el siguiente punto a tratar se va a hablar acerca del diseño de la base de datos implementada en el departamento de producción Tibú.

#### **4.2. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS CON INFORMACIÓN DIARIA DE PRODUCCIÓN**

Luego de haber recopilado toda la información de producción que se necesita para poder implementar dicha base de datos se procede en el diseño y construcción; como se había mencionado anteriormente esta base de datos se va a desarrollar

en Microsoft Access, en esta herramienta se va a crear un programa en Visual Basic que va ayudar y a facilitar el uso de la base de datos. En este subcapítulo se encuentra el paso a paso de cómo usar dicho programa, los datos e información que se ingresaron para poder manejar la base de datos.

El diseño de esta base de datos está enfocado en que sirva para poder administrar la información diaria de producción que se maneja en el campo Tibú, la cual no se encuentra compilada en una sola herramienta y además de soporte al ingeniero de control de producción en facilitar la búsqueda de información necesaria para tomar decisiones efectivas.

Con los datos a ingresar y actualizar el ingeniero de producción podrá tomar decisiones y/o soluciones a diferentes problemas que se presentan dentro del campo, es decir, con las pruebas a pozos se puede redefinir los potenciales a los pozos que no están aportando su respectivo potencial; identificar qué tipo de unidad de bombeo mecánico se encuentran en los pozos también lo correspondiente a sarta de varillas, tuberías y tipo de bomba que usa. Con la información referente a diseño de unidad de bombeo mecánico se tiene una idea clara de cuál es la mejor opción que se puede tener para una optimización en pozo, con el dato de niveles se tiene el dato de cuando fue el último registro que se tomo (dinagramas y sonologs), nivel de fluido, profundidad de la bomba, sumergencia, recorrido que hace la unidad, con las muestras a laboratorio se sabe como es el comportamiento del BSW del pozo a través del tiempo y además se tiene el inventario de las unidades de bombeo mecánico que se encuentran presente en el campo.

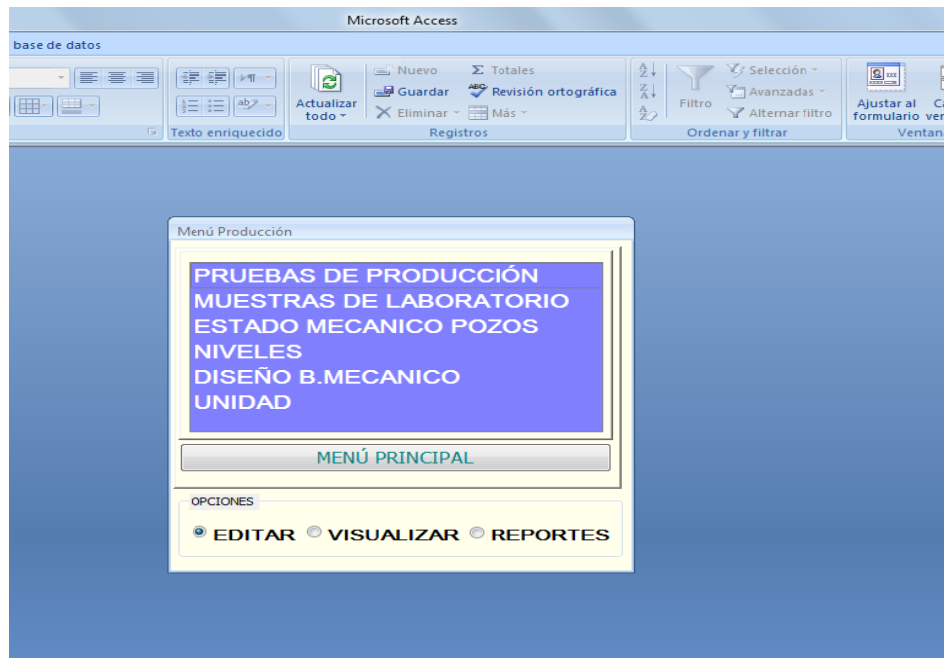
La base de datos creada está conformada de la siguiente manera: Menú Principal en donde se encuentra la opción de salir y producción (ver figura 14). Si se desea generar reportes, visualizar datos o editar información se da click en la opción

Producción el cual va a presentar un nuevo recuadro que va a contener un nuevo menú (ver figura 15), la información que se puede visualizar, generar y editar es la siguiente: pruebas a pozos, muestras de laboratorio, niveles, estado mecánico de los pozos, tipo de unidades que existen en el campo, diseño de bombeo mecánico; todos estos datos se pueden editar, es decir, actualizarlos según se den cambios en el campo, también genera reportes y la información existente se puede visualizar para saber como esta y así poder exportar a EXCEL y a otros formatos.

**Figura 14. Menú Principal Base de Datos**



**Figura 15. Menú Información Producción**



#### 4.2.1 Pruebas de producción

Al hacer click en pruebas de producción y se encuentra en la opción “EDITAR”, el programa abre un recuadro que va a solicitar ingresar los siguientes datos: ingresar el pozo, fecha en la que se realizó la prueba y su total de aceite y agua, el cual se tiene gracias al trabajo hecho por el operador en la estación; ingresando estos datos, el programa calcula BSW y Barriles de fluido total de la prueba y las diferidas que tiene según su potencial (Ver figura 16) y por último se da click en la opción guardar para que guarde la prueba ingresada.

**Figura 16. Submenú Pruebas de Producción**



Para la visualización de pruebas de producción, se regresa al menú de producción, se pulsa la opción “VISUALIZAR” y el programa muestra un recuadro en donde se escribe el pozo al cual se quiere ver la prueba y se selecciona el lapso de tiempo que desea buscar para saber cómo ha sido el aporte del pozo según el tiempo, el programa presenta la fecha de la prueba, su BSW, y el caudal de aceite y agua que dio el pozo el día que se realizó la prueba, además existe una opción en donde se puede seleccionar un comportamiento de producción por medio de una gráfica ( ver figura 17 y 18).

Figura 17. Visualización Pruebas de Producción

Pruebas de Producción

**FILTRO** *PRUEBAS DE PRODUCCIÓN* Visible

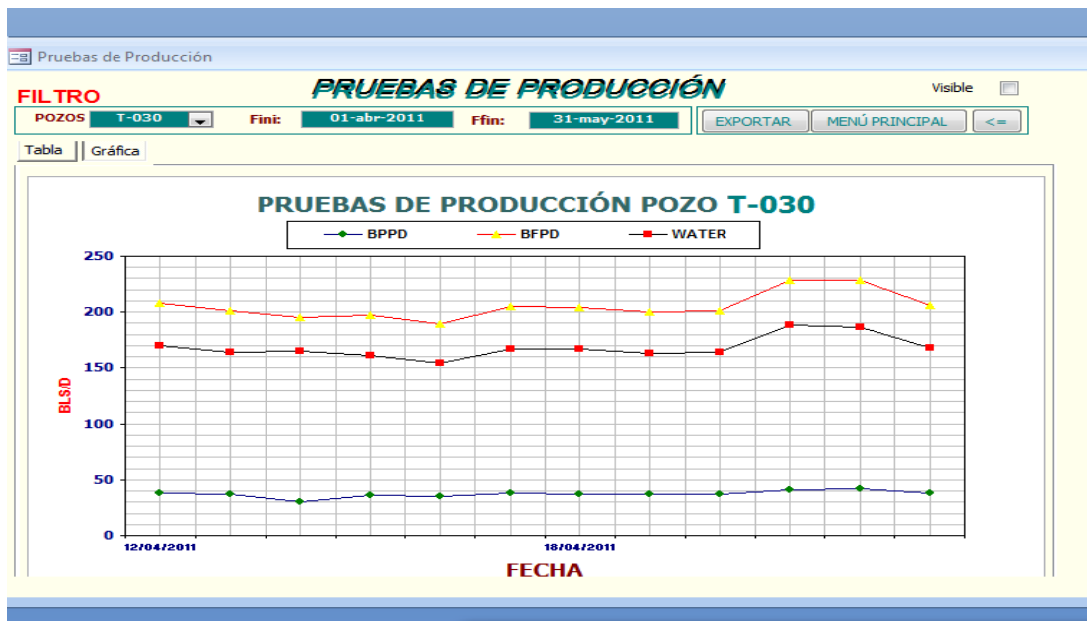
POZOS: T-030 Fini: 31-mar-2011 Ffin: 30-abr-2011 EXPORTAR MENÚ PRINCIPAL <=>

Tabla Gráfica

POZO	BATERIA	FECHA	BF PT	BSW PT	BO PT	BW PT	BFPD	%BSW	BOPD	BWPD	DIF
T-030	L-29	29-abr-2011	228	#####	41	187	206	82	38	168	4
T-030	L-29	28-abr-2011	228	#####	41	187	229	82	42	187	0
T-030	L-29	27-abr-2011	228	#####	41	187	229	82	41	188	0
T-030	L-29	20-abr-2011	228	#####	41	187	201	82	37	164	5
T-030	L-29	19-abr-2011	228	#####	41	187	200	82	37	163	5
T-030	L-29	18-abr-2011	228	#####	41	187	204	82	37	167	4
T-030	L-29	17-abr-2011	228	#####	41	187	205	81	38	167	4
T-030	L-29	16-abr-2011	228	#####	41	187	189	81	35	154	7
T-030	L-29	15-abr-2011	228	#####	41	187	197	82	36	161	6
T-030	L-29	14-abr-2011	228	#####	41	187	195	85	30	165	6
T-030	L-29	13-abr-2011	228	#####	41	187	201	82	37	164	5
T-030	L-29	12-abr-2011	228	#####	41	187	208	82	38	170	4

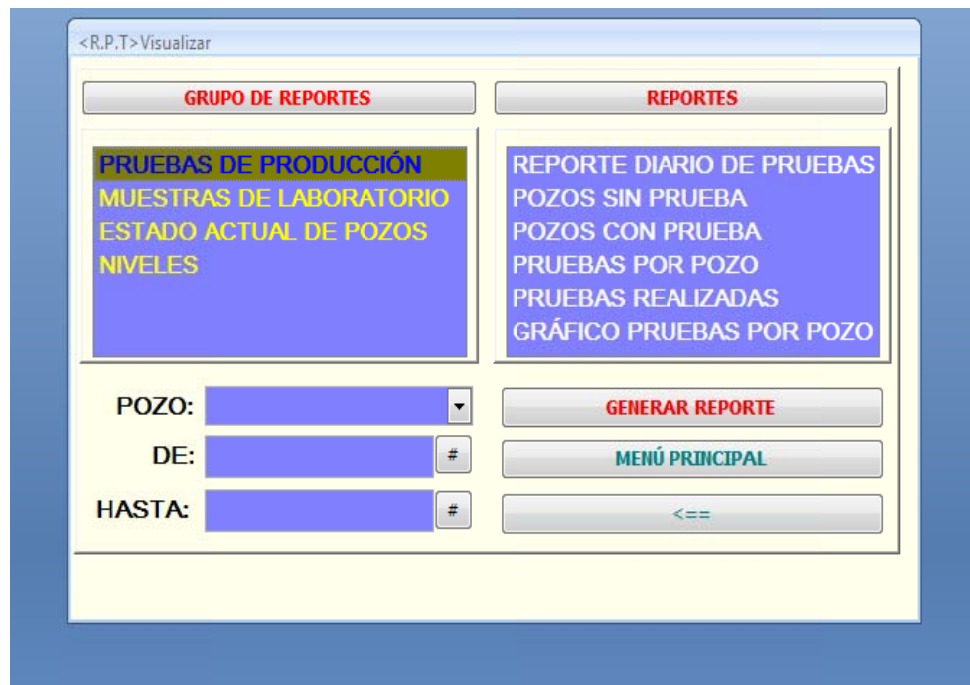
Registro: 1 de 12 Sin filtro Buscar

Figura 18. Gráfica Pruebas de Producción



Por último para la generación de reportes se hace igual que en las opciones anteriores, el programa presenta un submenú (ver figura 19) se pulsa la opción pruebas de producción y el programa presenta 6 opciones dentro de las cuales se toma la opción que se requiere para un respectivo análisis.


**Figura 19. Generación de Reportes Pruebas de Producción**



De las opciones para generar reportes se tiene que se puede hacer para cada pozo y notar como ha sido su historial de producción, gráfico de pruebas por pozo, las pruebas que se han llevado a cabo en todos los pozos en un lapso determinado de tiempo y a cuales pozos les han hecho prueba o no en un tiempo determinado. En la figura 20 se presenta un ejemplo de un reporte para una prueba de producción al pozo Tibú-30.

Figura 20. Reporte Pruebas de Producción T-030

**EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCION TIBU**  
**REPORTE DE PRUEBAS DE PRODUCCION**



POZO	BAT.	BRUTO	POT NETO	POT	ACEITE	AGUA	PRUEBA	DIF.	FECHA.
T-030	L-29	228	41	49	230	279	10	29/07/2007	
T-030	L-29	228	41	45	206	251	15	05/08/2007	
T-030	L-29	228	41	48	224	272	11	13/08/2007	
T-030	L-29	228	41	46	209	255	14	26/08/2007	
T-030	L-29	228	41	52	244	296	7	02/09/2007	
T-030	L-29	228	41	49	227	276	10	03/09/2007	
T-030	L-29	228	41	48	204	252	15	04/09/2007	
T-030	L-29	228	41	45	203	253	14	09/09/2007	
T-030	L-29	228	41	45	205	250	15	10/09/2007	
T-030	L-29	228	41	46	211	257	14	11/09/2007	
T-030	L-29	228	41	46	211	257	14	19/09/2007	
T-030	L-29	228	41	42	192	234	18	22/09/2007	
T-030	L-29	228	41	49	222	271	11	23/09/2007	
T-030	L-29	228	41	48	220	268	12	24/09/2007	
T-030	L-29	228	41	46	212	258	14	07/10/2007	
T-030	L-29	228	41	46	213	259	13	08/10/2007	
T-030	L-29	228	41	47	224	271	11	16/10/2007	
T-030	L-29	228	41	46	213	259	13	17/10/2007	
T-030	L-29	228	41	45	213	258	14	27/10/2007	
T-030	L-29	228	41	46	213	259	13	01/11/2007	
T-030	L-29	228	41	46	213	259	13	01/11/2007	
T-030	L-29	228	41	46	213	259	13	01/11/2007	
T-030	L-29	228	41	52	241	293	7	02/11/2007	
T-030	L-29	228	41	46	216	262	13	03/11/2007	
T-030	L-29	228	41	46	216	262	13	04/11/2007	
T-030	L-29	228	41	45	211	256	14	04/11/2007	
T-030	L-29	228	41	46	216	262	13	08/11/2007	
T-030	L-29	228	41	48	214	262	13	09/11/2007	
T-030	L-29	228	41	46	314	360	-5	10/11/2007	
T-030	L-29	228	41	46	213	259	13	11/11/2007	
T-030	L-29	228	41	44	207	251	15	25/11/2007	
T-030	L-29	228	41	44	209	253	14	26/11/2007	
T-030	L-29	228	41	45	210	255	14	27/11/2007	
T-030	L-29	228	41	44	207	251	15	16/12/2007	
T-030	L-29	228	41	44	205	249	15	17/12/2007	
T-030	L-29	228	41	46	209	255	14	18/12/2007	
T-030	L-29	228	41	45	206	251	15	10/01/2008	
T-030	L-29	228	41	45	264	309	4	11/01/2008	
T-030	L-29	228	41	48	211	259	13	13/01/2008	
T-030	L-29	228	41	44	205	247	16	14/01/2008	

#### 4.2.2 Muestras de laboratorio

Al hacer click en muestras de laboratorio y se encuentra en la opción “EDITAR”, el programa abre un recuadro que va a solicitar ingresar los siguientes datos: fecha en la que se realizó la muestra, operador que tomó la muestra, pozo, analista de la prueba (persona que labora en el laboratorio), BSW, observación y si se avala o no dicha muestra tomada.

Figura 21. Edición Muestras de Laboratorio

<M.BSW> Cargue

FECHA	RECORREDOR	POZO	ANALISTA	BSW	OBSERVACION	AVALADO
12/01/2011	I. BOADA	T-485	J. CASTRO	92%		<input checked="" type="checkbox"/>
12/01/2011	I. BOADA	T-216	J. CASTRO	97%		<input checked="" type="checkbox"/>
12/01/2011	I. BOADA	T-116	J. CASTRO	43%		<input checked="" type="checkbox"/>
12/01/2011	D. BARBOSA	T-046	J. CASTRO	100%		<input checked="" type="checkbox"/>
12/01/2011	D. BARBOSA	T-409	J. CASTRO	87%		<input checked="" type="checkbox"/>
12/01/2011	D. BARBOSA	T-192	J. CASTRO	100%		<input type="checkbox"/>
13/01/2011	I. BOADA	T-044	J. CASTRO	86%		<input type="checkbox"/>
13/01/2011	I. BOADA	T-088	J. CASTRO	95%		<input checked="" type="checkbox"/>
13/01/2011	D. BARBOSA	T-203	J. CASTRO	97%		<input checked="" type="checkbox"/>
13/01/2011	D. BARBOSA	T-409	J. CASTRO	77%		<input type="checkbox"/>
13/01/2011	D. BARBOSA	T-046	J. CASTRO	100%		<input checked="" type="checkbox"/>
14/01/2011	I. BOADA	T-013	J. CASTRO	94%		<input type="checkbox"/>
14/01/2011	I. BOADA	T-485	J. CASTRO	96%		<input type="checkbox"/>
14/01/2011	I. BOADA	T-379	J. CASTRO	26%		<input checked="" type="checkbox"/>
14/01/2011	J. AMAYA	T-247	J. CASTRO	100%		<input checked="" type="checkbox"/>
16/01/2011	I. BOADA	T-379	J. CASTRO	30%		<input type="checkbox"/>
16/01/2011	I. BOADA	T-485	J. CASTRO	91%		<input checked="" type="checkbox"/>
16/01/2011	I. BOADA	T-013	J. CASTRO	88%		<input checked="" type="checkbox"/>
16/01/2011	L. LOPEZ	T-411	J. CASTRO	56%		<input type="checkbox"/>

Registro: 1 de 356 Sin filtro Buscar

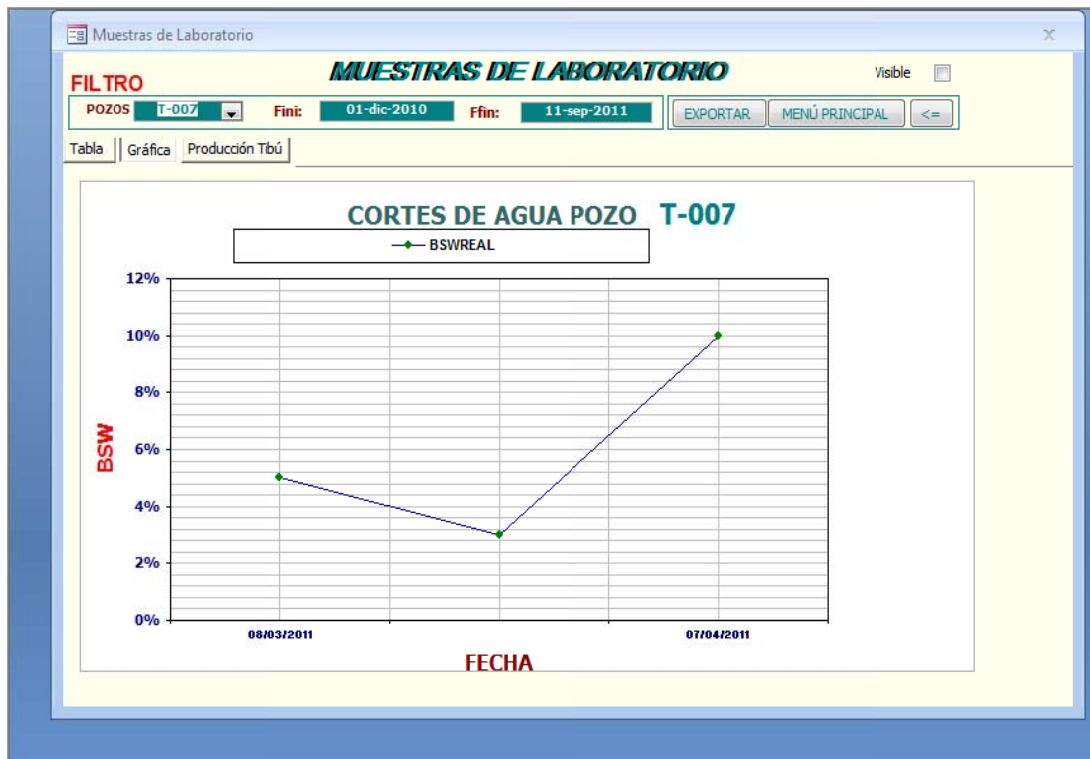
Para poder avalar una prueba se toma de la lista de los potenciales de los pozos, en esa lista se encuentran tanto los BSW como el potencial de producción total, y de aceite. Se toma un margen de error del 5% y se determina si es válida o no.

Para tener una visualización de las muestras hechas, se dirige a la opción "VISUALIZAR", aquí se abre un cuadro que pide el pozo al que se desea ver la prueba y las fechas de inicio y fin del periodo en el que se ha hecho muestras al pozo.

Figura 22. Muestras de Laboratorio T-293



Figura 23. Gráfica Cortes de Agua T-007



Para generar reportes de muestras de laboratorio, se selecciona la opción “REPORTES”, luego se selecciona la opción muestras de laboratorio y ahí el programa le pide al usuario ingresar el pozo y la fecha de inicio y fin para luego generar dicho reporte. El programa presenta el reporte por estaciones que se encuentran en el campo basándose en las fechas de inicio y fin.

**Figura 24. Reporte Muestras de Laboratorio**

PRODUCCION CAMPO TIBU										
ESTACION J-10										
POZO	ERUTOPOT	NETO POT	BSWPOT	F.PRUEBA	F.BSW	ERUTO	BSW	OIL	WATER	OBSERVACION
T-022K	0	0	0	01/03/2011	27/01/2011	107	77%	25	82	SIN PRUEBA
T-064K	131	10	92,36641	31/03/2011	04/02/2011	88	54%	40	48	
T-114	205	23	92	19/04/2011	09/02/2011	154	88%	18	136	
T-140	93	8	91,39783	05/04/2011	09/03/2011	13	65%	5	8	
T-173	28	25	10,71429	13/04/2011	06/02/2011	40	11%	44	5	SIN PRUEBA
T-193	9	4	55,85356	18/07/2010	01/08/2007	37	88%	4	33	SIN PRUEBA
T-193K	8	5	37,5	16/02/2011	14/02/2007	3	13%	3	0	
T-229	0	0	0							SIN PRUEBA
T-248	99	31	48,48485	14/04/2011	27/01/2011	155	20%	124	31	
T-258	49	12	75,3102	19/04/2011	18/01/2011	20	47%	11	9	SIN PRUEBA
T-268	9	5	44,44444	01/04/2011	14/04/2011	10	22%	7	3	SIN PRUEBA
T-273	32	27	48,07692	22/04/2011	04/04/2011	46	17%	38	8	SIN PRUEBA
T-282										SIN PRUEBA
T-284	24	24	0	10/04/2010	03/08/2007	17	36%	16	1	SIN PRUEBA
T-309K				07/10/2008		36				SIN MUESTRA
T-307										SIN PRUEBA
T-312	36	36	0	22/04/2011	14/02/2011	28	38%	17	11	SIN PRUEBA
T-323	0	0	0	03/10/2009		2				SIN MUESTRA

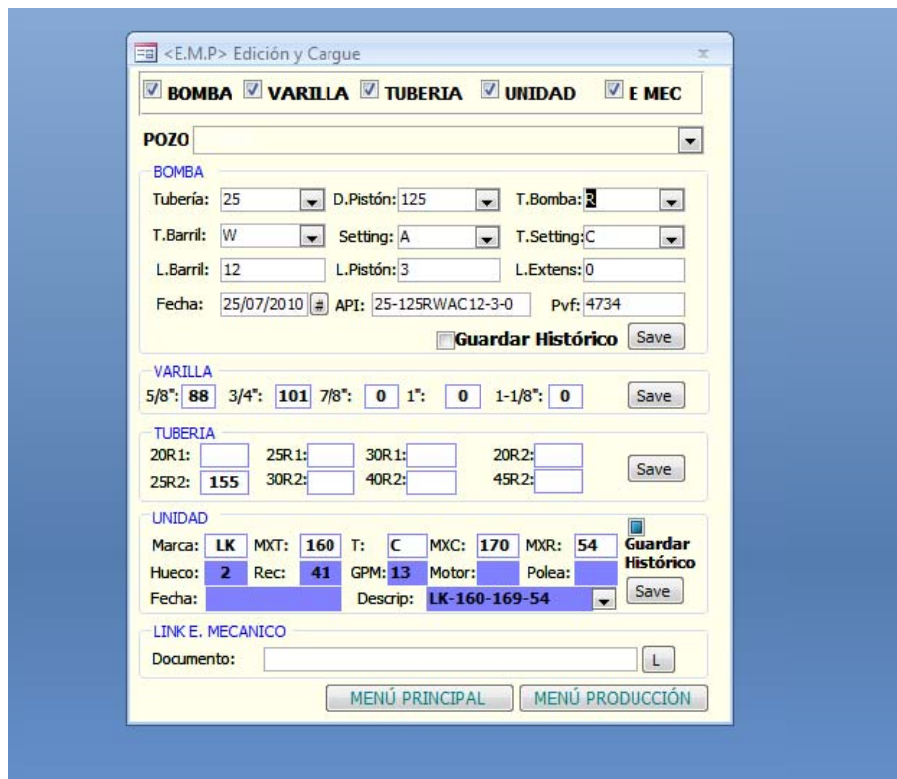
domingo, 11 de septiembre de 2011 Página 1 de 8

### 4.2.3 Estado mecánicos pozos

En esta sección de la base de datos se puede obtener información referente al estado mecánico actual de los diferentes pozos del campo Tibú que tienen como sistema de levantamiento artificial el bombeo mecánico que son el 85% de los pozos actualmente.

Al hacer click en estado mecánico pozos y se encuentra en la opción “EDITAR”, el programa abre un recuadro que va a solicitar que se habiliten los siguientes datos para poder ser ingresados: bomba, varilla, tubería, unidad. Luego de habilitar estos ítems se procede a seleccionar el pozo al cual se le va a editar la información correspondiente a su estado mecánico. La información que se va a editar o crear esta bajo las especificaciones sobre la nomenclatura en las unidades de bombeo mecánico. En cada uno de los ítems en donde se va a cargar información se encuentra las opciones para ingresar los datos necesarios sobre el estado mecánico del pozo (ver Figura 25).

**Figura 25. Edición Estado Mecánico**



The screenshot shows a software window titled "<E.M.P> Edición y Cargue". At the top, there are five checked checkboxes: BOMBA, VARILLA, TUBERIA, UNIDAD, and E MEC. Below this is a dropdown menu for "POZO".

The "BOMBA" section contains the following fields:
 

- Tubería: 25
- D.Pistón: 125
- T.Bomba: 2
- T.Barril: W
- Setting: A
- T.Setting: C
- L.Barril: 12
- L.Pistón: 3
- L.Extens: 0
- Fecha: 25/07/2010
- API: 25-125RWAC12-3-0
- Pvf: 4734
- Buttons:  Guardar Histórico, Save

The "VARILLA" section contains:
 

- 5/8": 88
- 3/4": 101
- 7/8": 0
- 1": 0
- 1-1/8": 0
- Button: Save

The "TUBERIA" section contains:
 

- 20R1: [ ]
- 25R1: [ ]
- 30R1: [ ]
- 20R2: [ ]
- 25R2: 155
- 30R2: [ ]
- 40R2: [ ]
- 45R2: [ ]
- Button: Save

The "UNIDAD" section contains:
 

- Marca: LK
- MXT: 160
- T: C
- MXC: 170
- MXR: 54
- Hueco: 2
- Rec: 41
- GPM: 13
- Motor: [ ]
- Polea: [ ]
- Fecha: [ ]
- Descrip: LK-160-169-54
- Buttons:  Guardar Histórico, Save

The "LINK E. MECANICO" section contains:
 

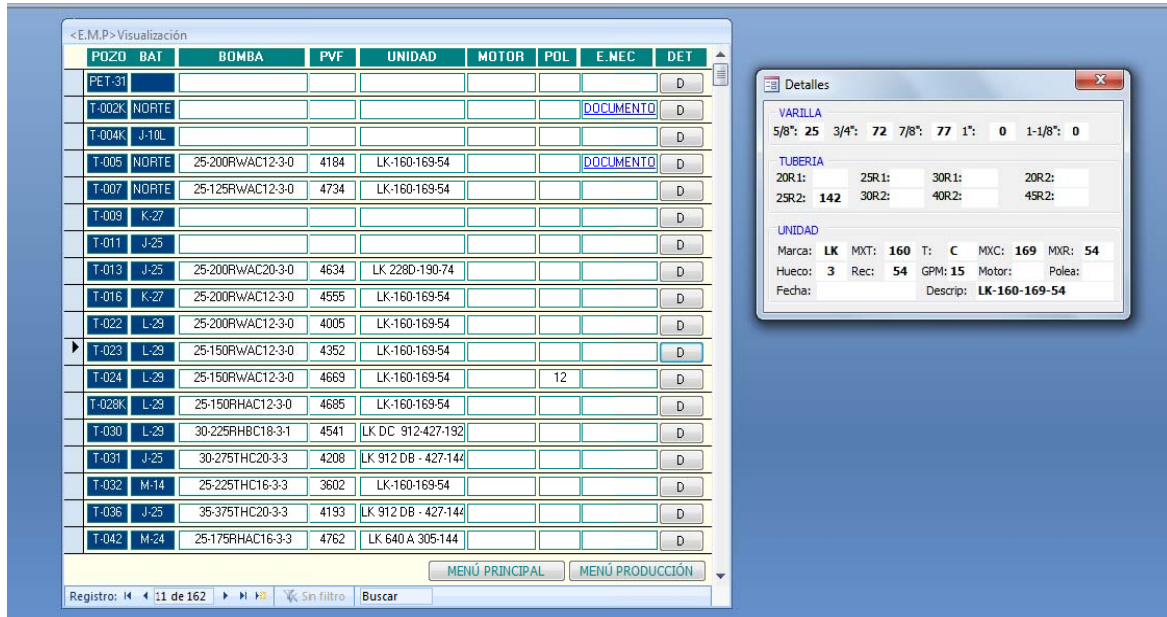
- Documento: [ ]
- Button: L

At the bottom of the window are two buttons: MENÚ PRINCIPAL and MENÚ PRODUCCIÓN.

Para tener una visualización del estado mecánico actual del pozo, se dirige a la opción “VISUALIZAR”, aquí se abre un listado de todos los pozos del campo y aparece la información referente al tipo de bomba que tiene, profundidad de la

bomba, el pozo, estación a la que pertenece y el tipo de unidad; aparte de esto también están los detalles sobre cuantas varillas y tubos tiene y el tipo de unidad que presenta.

**Figura 26. Visualización Estado Mecánico Pozos**



POZO	BAT	BOMBA	PVF	UNIDAD	MOTOR	POL	E. MEC	DET
PET-31								D
T-002K	NORTE						DOCUMENTO	D
T-004K	J-10L							D
T-005	NORTE	25-200RWAC12-3-0	4184	LK-160-169-54			DOCUMENTO	D
T-007	NORTE	25-125RWAC12-3-0	4734	LK-160-169-54				D
T-009	K-27							D
T-011	J-25							D
T-013	J-25	25-200RWAC20-3-0	4634	LK 2280-190-74				D
T-016	K-27	25-200RWAC12-3-0	4555	LK-160-169-54				D
T-022	L-29	25-200RWAC12-3-0	4005	LK-160-169-54				D
T-023	L-29	25-150RWAC12-3-0	4352	LK-160-169-54				D
T-024	L-29	25-150RWAC12-3-0	4669	LK-160-169-54		12		D
T-028K	L-29	25-150RWAC12-3-0	4685	LK-160-169-54				D
T-030	L-29	30-225RHBC18-3-1	4541	LK DC 912-427-144				D
T-031	J-25	30-275THC20-3-3	4208	LK 912 DB - 427-144				D
T-032	M-14	25-225THC16-3-3	3602	LK-160-169-54				D
T-036	J-25	35-375THC20-3-3	4193	LK 912 DB - 427-144				D
T-042	M-24	25-175RHAC16-3-3	4762	LK 640 A 305-144				D

**Detalles**

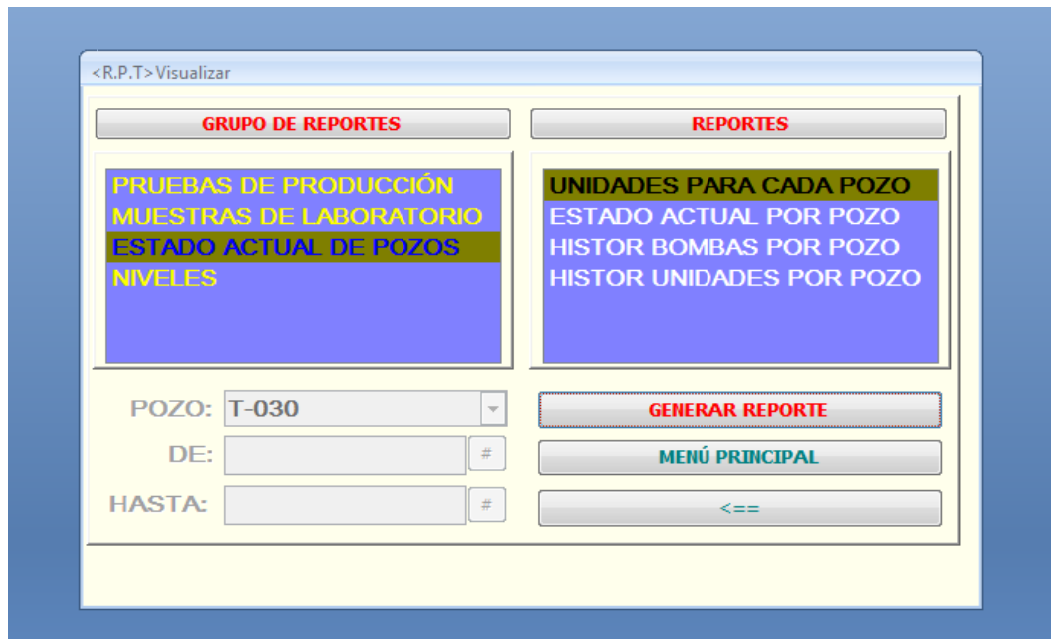
**VARILLA**  
5/8": 25 3/4": 72 7/8": 77 1": 0 1-1/8": 0

**TUBERIA**  
20R1: 25R1: 30R1: 20R2:  
25R2: 142 30R2: 40R2: 49R2:

**UNIDAD**  
Marca: LK MKT: 160 T: C MXC: 169 MXR: 54  
Hueco: 3 Rec: 54 GPM: 15 Motor: Polea:  
Fecha: Descrip: LK-160-169-54

Por último para la generación de reportes se hace igual que en las opciones anteriores, el programa presenta un submenú (ver figura 27) se pulsa la opción estado actual de pozos y el programa presenta 4 opciones dentro de las cuales se toma la opción que se requiere para un respectivo análisis.

Figura 27. Generación Reportes Estado Actual de Pozos



A continuación se presenta el reporte de las unidades existentes en los pozos.

**Figura 28. Reporte Unidades de Bombeo Mecánico Instaladas**

UNIDADES INSTALADAS POR POZO								
POZO	BATERIA	N.POT	UNIDAD	MOTOR	POLEA	GPM	HUECO	FECHA
PE-21		0						
T-421								
T-455								
T-461								
T-452K	3-10	0	SK-1804-09-26				1	
T-454K	3-10	10	SK-1804-09-26				1	
T-414	3-10	22	SK-4802E-065-12K				1	
T-460	3-10	8	SK-1804-09-26				1	
T-475	3-10	25	SK-1804-09-26				1	
T-492	3-10	4	SK-1804-09-26				1	
T-498K	3-10	5	SK-1804-09-26				1	
T-429	3-10	0						
T-468	3-10	21	SK-1804-09-26				1	
T-429	3-10	12	SK-1804-09-26				1	
T-468	3-10	5	SK-1804-09-26				1	
T-472	3-10	27	SK-1804-09-26				1	
T-482	3-10							
T-494	3-10	24	SK-1804-09-26				1	
T-400K	3-10							
T-407	3-10							
T-412	3-10	24	SK-1804-09-26				1	
T-422	3-10	0						
T-460	3-10		SK-1804-09-26				1	
T-466	3-10							
T-467	3-10	2	SK-1804-09-26				1	
T-472	3-10	28	SK-1804-09-26				1	
T-476	3-10							
T-477	3-10	42	SK-4802E-065-12K				1	
T-404K	3-10L	20						

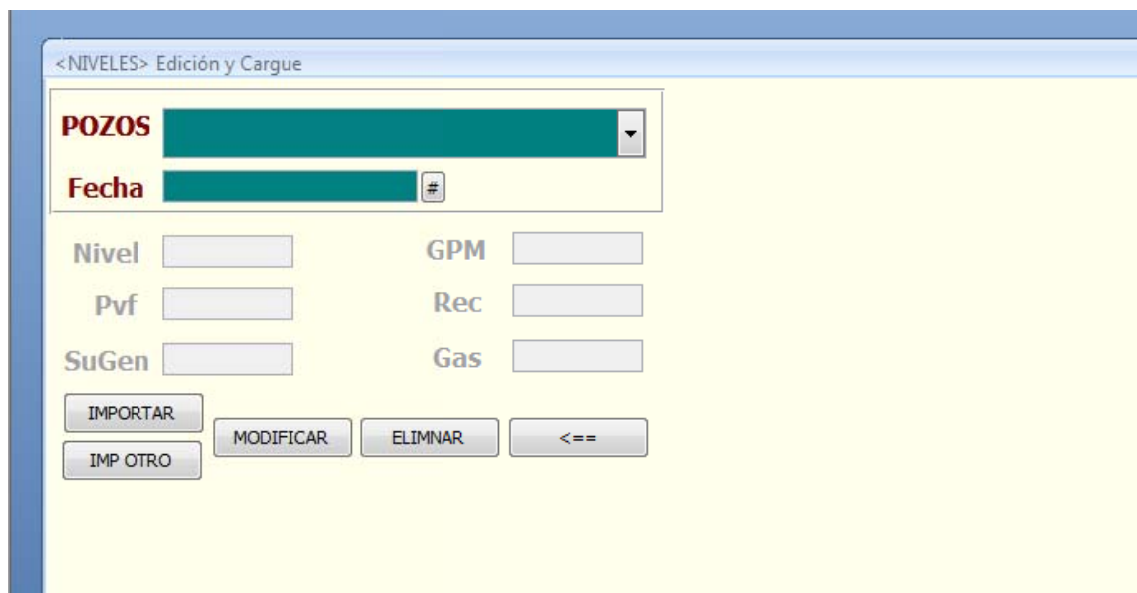
domingo, 11 de septiembre de 2011 Página 1 de 6

#### 4.2.4. Niveles

Al hacer click en niveles y se encuentra en la opción “EDITAR”, el programa abre un recuadro que va a pedir agregar la información de niveles del pozo (dinagramas y sonologs); pero aquí para editar y cargar la información se puede de hacer de una forma más rápida y efectiva ya que la empresa WEATHERFORD es la encargada de realizar estos registros y ellos a su vez generan reportes diarios de estos registros y la información es cargada en el disco de acceso de red más conocido en el Departamento de Producción Tibú como el Disco(L).

Para poder cargar y editar la información de niveles se busca el reporte que el personal de WEATHERFORD ha subido en el disco L y luego se importa en la base de datos desarrollada, esto gracias a las ventajas que tiene Microsoft Access. Luego de haber importado la información esta se actualiza y queda guardada en la base de datos, en la figura 29 se presenta el recuadro donde se importa la información de niveles.

**Figura 29. Edición y Cargue Niveles de Fluido**



Para tener una visualización del registro tomado en el pozo, se dirige a la opción “VISUALIZAR”, aquí se selecciona el pozo al cual se desea revisar los registros tomados en un lapso de tiempo determinado y el programa muestra los registros hechos, la fecha en que se hizo, el nivel de fluido, profundidad de la bomba, sumergencia, recorrido de la unidad de bombeo mecánico y los golpes por minuto. Aparte de eso si se da click en la letra “D” aparece un recuadro con detalles del registro hecho es, decir, comentario, recomendación y el diagnostico.

Figura 30. Visualización de Niveles de Fluido

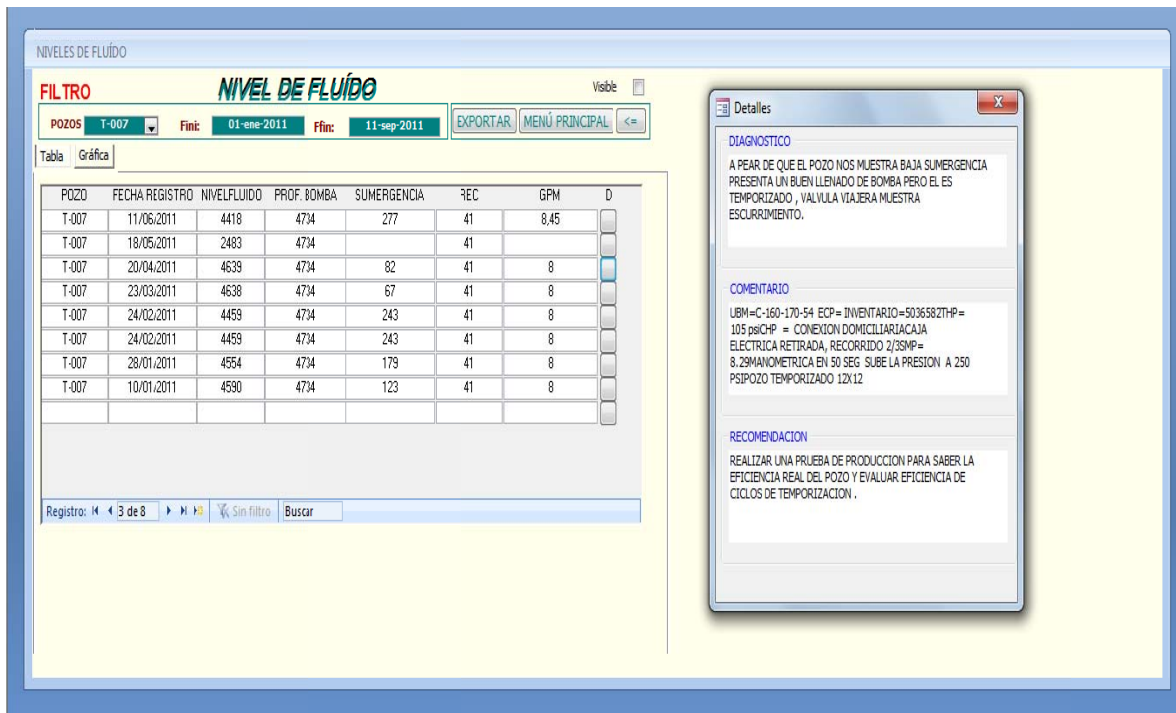
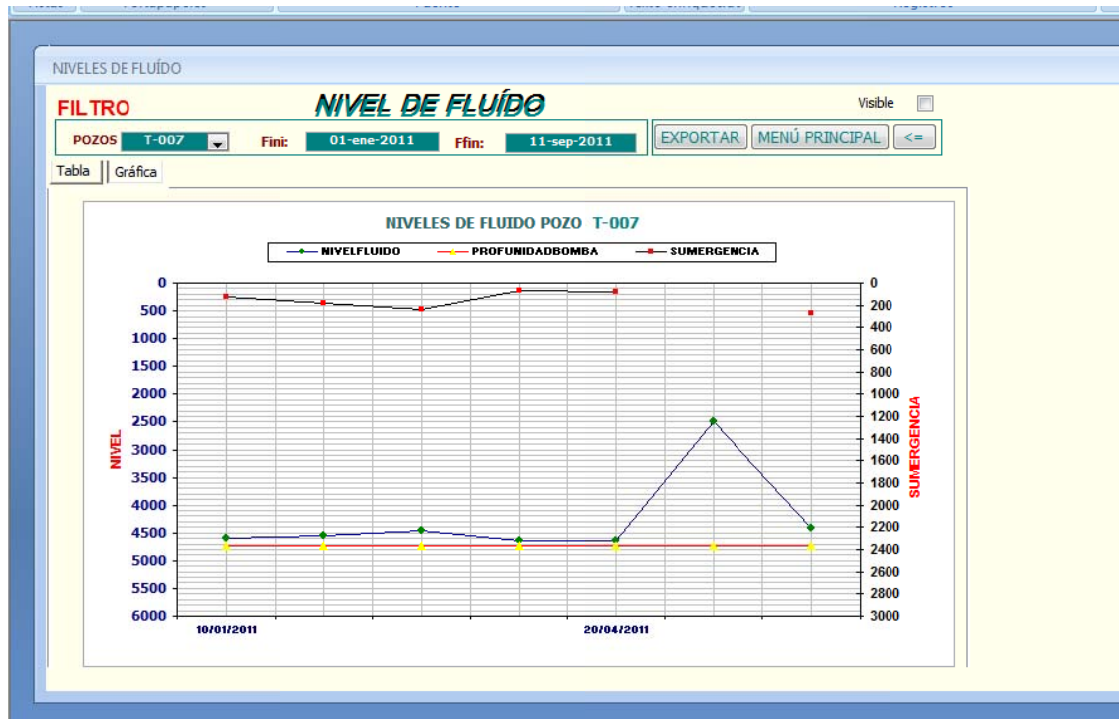


Figura 31. Gráfica de Niveles de Fluido



Por último para la generación de reportes se hace igual que en las opciones anteriores, el programa presenta un submenú (ver figura 32) se pulsa la opción niveles y el programa presenta 2 opciones dentro de las cuales se toma la opción que se requiere para un respectivo análisis. En la siguiente figura se presenta la toma de registros por pozo.

**Figura 32. Reporte Niveles de Fluido**

NIVELES POR POZO						
POZO	T-030	RATF	RTA	T-70		
FECHA	NIVEL FLUIDO	PROF BOMBA	SUMERGENCIA	GAS	GPM	RECORRIDO
18/01/2011	6056	6301		630	7	30"
18/01/2011	6056	6301		630	7	30"
09/02/2011	6228	6301		730	7	30"
09/02/2011	6199	6301		270	7	30"
04/04/2011	2290	6301		1023	7	30"
02/05/2011	2996	6301		530	7	30"
19/05/2011		6301				30"
19/05/2011		6301				30"

domingo, 11 de septiembre de 2011 Página 1 de 1

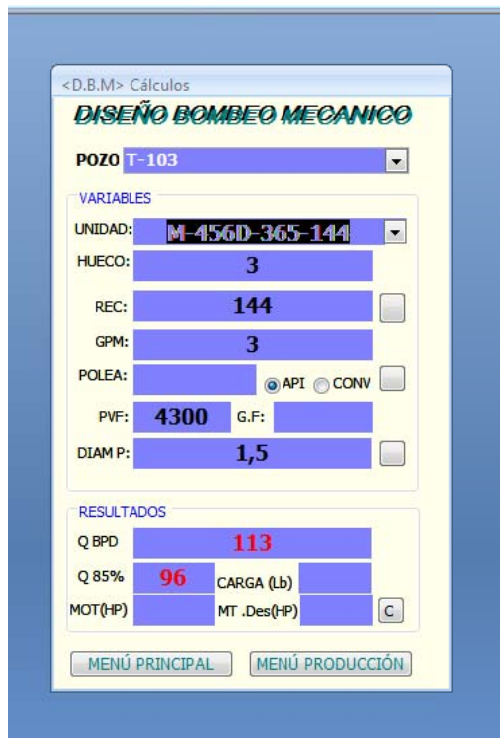
#### 4.2.5. Diseño bombeo mecánico

En esta sección de la base de datos el usuario podrá realizar el diseño de bombeo mecánico con el fin si al notar los resultados obtenidos sirven para realizar una optimización en el pozo, ya sea cambiando el tipo de unidad, recorrido, tipo de

bomba, diámetro del pistón, etcétera. A continuación se describen los pasos para poder darle uso. En esta sección solo se genera el diseño por tal motivo no se generan reportes y tampoco se tiene una visualización de datos porque se está haciendo un diseño con el fin de obtener unos resultados que ayuden al ingeniero de control de producción en la toma de decisiones para hacer mejoras en la producción del campo.

Los pasos para realizar el diseño de bombeo mecánico son: escoger el pozo al cual se le va a ser el diseño y a partir de este pozo manejamos las variables que se presentan que son: tipo de unidad, recorrido, profundidad de la bomba, hueco en el cual va a estar la unidad, diámetro del pistón y golpes por minuto; con estas variables el programa genera unos resultados y con estos resultados obtenidos el ingeniero de control de producción analiza y observa cual es la mejor opción que se puede presentar.

**Figura 33. Diseño Bombeo Mecánico**



The screenshot shows a software window titled "<D.B.M> Cálculos" with the main heading "DISEÑO BOMBEO MECANICO". The interface is divided into several sections:

- POZO:** A dropdown menu showing "T-103".
- VARIABLES:**
  - UNIDAD:** A dropdown menu showing "M-456D-365-144".
  - HUECO:** A numeric input field with the value "3".
  - REC:** A numeric input field with the value "144".
  - GPM:** A numeric input field with the value "3".
  - POLEA:** A numeric input field with radio buttons for "API" (selected) and "CONV".
  - PVF:** A numeric input field with the value "4300".
  - G.F.:** A numeric input field.
  - DIAM P.:** A numeric input field with the value "1,5".
- RESULTADOS:**
  - Q BPD:** A numeric output field showing "113".
  - Q 85%:** A numeric output field showing "96".
  - CARGA (Lb):** A numeric output field.
  - MOT (HP):** A numeric output field.
  - MT .Des (HP):** A numeric output field with a "C" button next to it.

At the bottom of the window, there are two buttons: "MENÚ PRINCIPAL" and "MENÚ PRODUCCIÓN".

#### 4.2.6. Unidad

En la opción de “unidad” ocurre lo mismo que en la sección de “diseño de bombeo mecánico” no se generan reportes; en esta sección el ingeniero de control de producción podrá editar y cargar información correspondiente a las unidades de bombeo mecánico existentes en el campo, es decir, se puede escoger una unidad ya existente y modificar la información que se tiene por ejemplo: máxima carga, los recorridos y otra información.

Aparte de eso también se puede agregar un nuevo tipo de unidad, esto se da ya puede llegar el caso en donde lleguen nuevas unidades de bombeo mecánico y sea necesaria tener la información correspondiente a estas unidades.

Este ítem de “UNIDAD” es muy útil ya que sirve de inventario y se sabe las características que poseen las unidades de bombeo mecánico que se encuentran en el campo Tibú.

**Figura 34. Edición Unidades de Bombeo Mecánico**



<UNIDAD> Edición y Cargue									
UNIDAD	M-456D-365-144	MAX CARGA	365						
MARCA	LUFKIN	MAX TORQ	456						
TIPO	MARK II	FEL C. RED	48						
MAXREC	144	FEL UNID	29						
REC1	110	REC2	128	REC3	144	REC4		REC5	
SELECCIONE LA UNIDAD:		M-456D-365-144							
NUEVO		CONFIRMAR		GUARDAR		<==>			

### 4.3. IMPLEMENTACIÓN BASE DE DATOS

Luego de haber realizado el diseño de la base de datos con información diaria de producción que es usada por los ingenieros de control de producción se procede a la implementación de esta para que se le un uso debido y de esta manera el ingeniero de control de producción pueda realizar un análisis de los datos que se están presentando y así determinar cómo poder atacar los problemas a los que se enfrenta.

Como en el campo Tibu está dividido en tres sectores: norte, centro y sur al implementar esta herramienta cada ingeniero que tiene a cargo un sector podrá enfocarse en su sector de manera muy cuidadosa y rigurosa ya sea actualizando las pruebas para determinar nuevos potenciales o solo para revisar cómo va el comportamiento en el campo. Implementada esta información ya sea trabajo de cada ingeniero que tiene a su cargo un sector actualizar y editar esta información o en su caso nombrar a una persona que se encarga de editar esta para que así se le dé el uso debido a la base de datos y logre administrar muy bien la información diaria de producción del campo Tibú.

Para poder hacer la implementación de esta base de datos fue necesario reunirse con los ingenieros que hacen parte del departamento de producción con el fin de enseñar y presentar lo realizado y los beneficios que traería con si, usar y aplicar esta base de datos como método de control y administración de la información diaria de producción y lo útil que sería en la toma de decisiones. Teniendo un buen control de esta base de datos, es decir, actualizar y cargar la información que se presenta día a día se logra tener un histórico de datos el campo y de esta manera se llega a determinar las falencias que se presentan en el campo en lo concerniente a pruebas de producción, muestras de laboratorio, toma de niveles de fluidos y actualización de los estados mecánicos de los pozos del campo.

## 5. RESULTADOS

Luego de haber instalado la base de datos con contenido de información diaria de producción y que a su vez puede administrar esta información; los resultados son muy óptimos y visibles ya que por medio de esta base de datos implementada el ingeniero de control de producción puede organizar muy bien sus ideas, administrar y tener información actual e histórica de los pozos que pertenecen al campo Tibú.

Con la implementación de la base de datos la toma de decisiones va a ser más efectiva ya que cada ingeniero tiene la información a la mano y la ha estado analizando ya que le ha servido de soporte en la actualización de información de los pozos.

Gracias a esta base de datos se da solución a la problemática existente en el campo en donde no existía herramienta alguna que compilara toda la información diaria de producción que se maneja en el campo ya que esta se encontraba ya sea en las herramientas corporativas como en reportes de operadores y supervisores, con la implementación de la base de datos esto ya no se va a repetir y se soluciona esta falencia ya que en el herramienta implementada tanto los ingenieros de control de producción como los supervisores de cada uno de los sectores del campo podrán conocer la actualidad de lo que está ocurriendo en el campo, ya sea en pruebas de producción, muestras a laboratorio, etcétera y ayuda como indicador para saber si las cosas se están llevando de la mejor manera posible; esto con el fin de llevar una buena administración de la información de producción y así evitar desorganización que conlleva a tomar más tiempo de lo previsto trayendo con sí pérdida de tiempo y dinero.



Usando esta base de datos de la forma correcta se logra emitir conceptos claros y precisos sobre control de producción en el campo porque se tiene un histórico del comportamiento de los pozos de los tres sectores que hacen parte del campo Tibú.

Por consiguiente gracias a esta base de datos se obtiene lo siguiente: toma de decisiones efectivas, medidas correctivas para atacar problemas que suceden en el campo, determinar si es factible o no el cambio en el diseño de bombeo mecánico de un pozo, asumir que trabajos hacer para poder solventar el problema cuando en varios pozos el corte de agua está subiendo de una manera más rápido de lo normal; entre otros grandes beneficios que se tiene al usar la base de datos con información diaria de producción y además que administra todo estos datos y se pueden ya sea exportar o importar en el formato que se desee ya que esta hecho en Microsoft Access una herramienta que permite hacer este tipo de trabajo.

## 6. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de este proyecto se resolvió la problemática existente en el Campo Tibú en lo que respecta al aseguramiento de la información, permitiendo consolidar los datos de interés diario para los Ingenieros de Control de Producción.
- La implementación de la base de datos con información diaria de producción facilita la toma de decisiones del personal de control de producción, en lo que respecta a la programación de servicios a pozo, puesto que esta base de datos permite ver tendencias en el comportamiento de los parámetros de los pozos.
- El análisis de las tendencias de producción de los pozos, simplifica la actualización de los potenciales de los pozos, puesto que la base de datos permite asegurar la información de las pruebas a pozos y análisis de laboratorio.
- La base de datos permite realizar el seguimiento de los pozos del Campo Tibú. Asimismo, genera recomendaciones acerca de la optimización de los pozos a partir de los datos obtenidos de los registros dinagrama y sonolog.

## 7. RECOMENDACIONES

- Dada la complejidad y lo riguroso de esta base de datos implementada es necesario que en el departamento de producción exista una persona que esté encargada de actualizar la información diaria de producción que se maneja en el campo, con el fin de evitar retrasos en el cargue de la información y, como consecuencia, atrasos en las operaciones que se deben desarrollar en el campo.
- Es conveniente que los ingenieros que hacen parte del departamento de producción estén al tanto de la información que se está manejando en el campo para que de esta forma se tenga un trabajo integrado y así poder tomar las medidas respectivas para mantener el control de la producción y en su efecto poder aumentarla.
- Realizar un mejor análisis a las pruebas de pozos que se llevan a cabo ya que en la actualidad las pruebas a pozos que realizan los operadores no son muy confiables ya que los medidores de flujo “flocos” pueden presentar inconsistencias o la forma como ellos prueban un pozo no es la muy adecuada.
- Se sugiere tomar medidas al gas de producción de los pozos; esto es un punto muy importante ya que no se sabe a ciencia cierta qué cantidad de gas es la que se está produciendo de los distintos pozos que hacen parte del campo.
- Es necesario estar al pendiente cuando se realiza un trabajo de reacondicionamiento de pozo y en especial cuando se hace a partir de un nuevo diseño en la unidad de bombeo mecánico ya que de esto depende que

los resultados sean los esperados y así lograr la optimización que se espera, ya sea en el cambio de bomba, varillas, tubería, etc.

- Se recomienda incluir en la base de datos los otros sistemas de levantamiento artificial que operan en el campo, con el fin de poder tener la información de producción correspondiente a todos los pozos productores.
- Se sugiere registrar información acerca de los diferentes pozos inyectoros que se encuentran actualmente en el campo (estado mecánico, caudal inyectado, etc.) con el objetivo de conocer si la inyección de agua que se está llevando a cabo en el campo cumple con los pronósticos de inyección del campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Lufkin Industries Inc “Oilfield Products Groups General Catalog”,2000
- Informe Técnico Campo Tibú, ECOPETROL S.A. 2010
- Partidas, Héctor, “Bombeo mecánico”, Julio 2008.
- Sartecpet, “Manual Para Operaciones de Campo”, abril 2010.
- WEATHERFORD ARTIFICIAL LIFT SYSTEMS, Recomendaciones sobre diseño, selección y manejo de varillas de bombeo, 2010.
- API RC 11AR, Recommended Practice for Care & Use of Subsurface Pumps, 2010.
- Informe Integrado ASIA Campo Tibú, 2005.