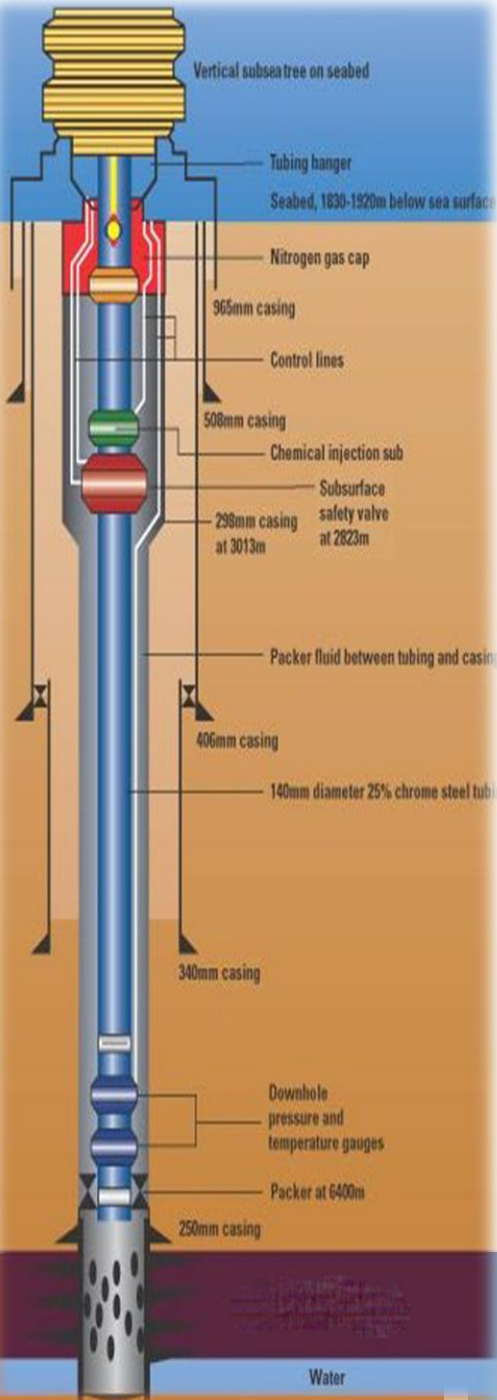
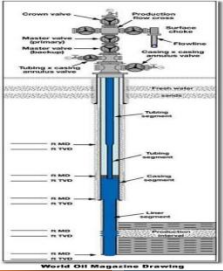




# Completación de Pozos Petroleros



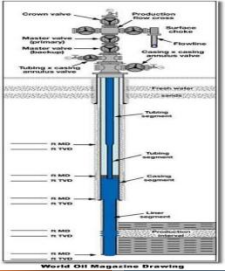
Ing. Mario Arrieta



# Completación de Pozos

Se entiende por completación o terminación al conjunto de trabajos que se realizan en un pozo después de la perforación o durante la reparación, para dejarlos en condiciones de producir eficientemente los fluidos de la formación o destinarlos a otros usos, como inyección de agua o gas. Los trabajos pueden incluir el revestimiento del intervalo productor con tubería lisa o ranurada, la realización de empaques con grava o el cañoneo del revestidor y, finalmente, la instalación de la tubería de producción.

# Visión

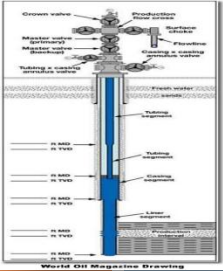


Los pozos son la única manera de comunicar al yacimiento con la superficie.

La efectividad de esa comunicación es un factor importante en la producción del yacimiento así como en la economía total.

La completación de los pozos deben ser diseñadas para obtener la máxima rentabilidad en el campo.

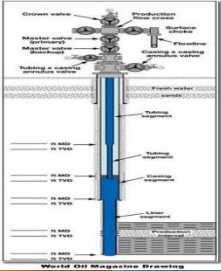
Es necesario seleccionar los diversos elementos y técnicas necesarias para lograr la completación óptima y segura de un pozo productor o inyector, así como también las herramientas que contribuyen a evitar problemas en la producción efectiva de los pozos.



# Factores a considerar

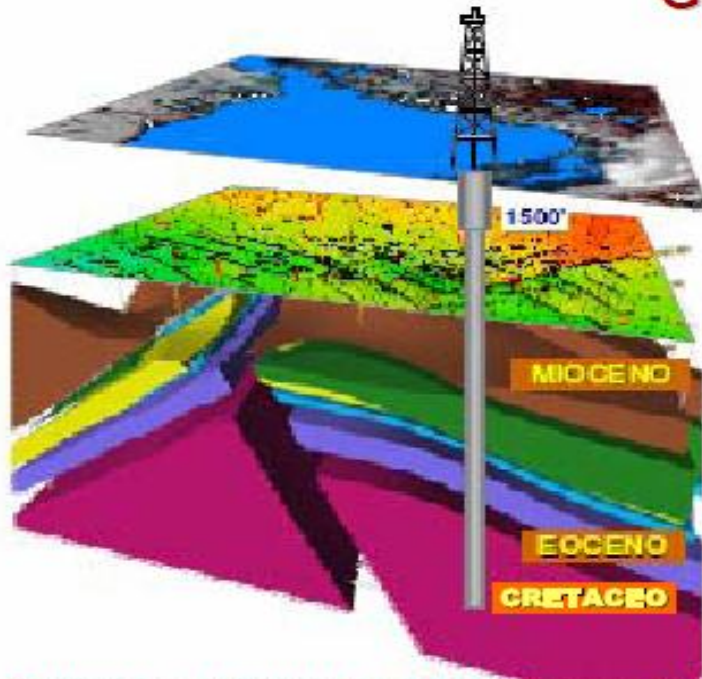
- Tasa de producción requerida.
- Reservas de zonas a completar.
- Mecanismos de producción en las zonas o yacimientos a completar.
- Necesidades futuras de estimulación.
- Requerimientos para el control de arena.
- Futuras reparaciones.
- Posibilidades de futuros proyectos de recuperación adicional de petróleo.
- Inversiones requeridas
- Consideraciones para el levantamiento artificial por gas, bombeo mecánico, etc.

# “Edad Geológicas”



## Introducción a la Completación de Pozos

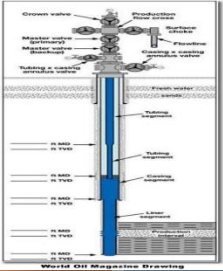
### Clasificación de las Completaciones según su edad Geologica



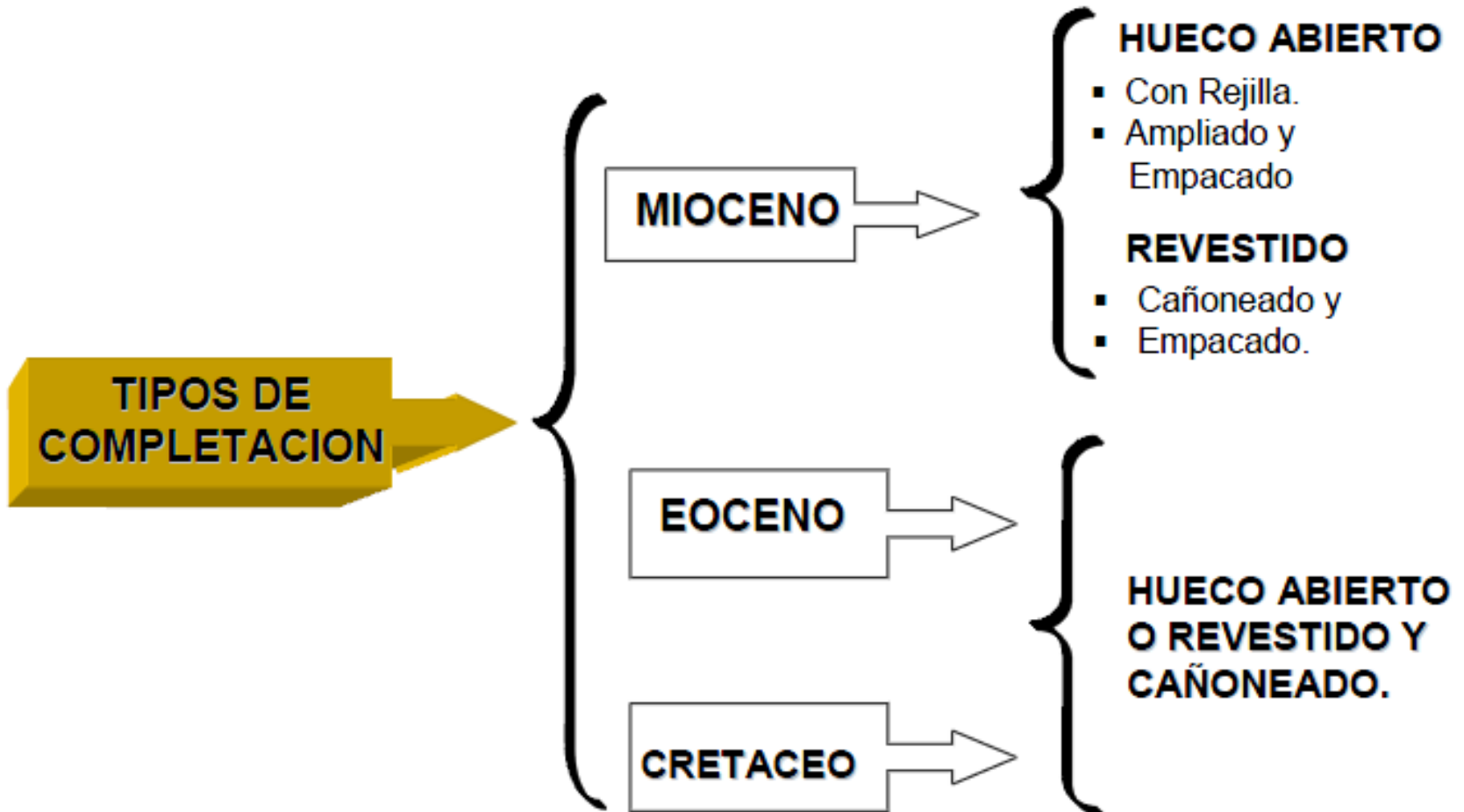
Columna estratigráfica de la Cuenca Maracaibo

Completación y Reacondicionamiento de Pozos

EDAD GEOLÓGICA00	OESTE	ESTE
PLEISTOCENO	ONIA	EL MILAGRO
PLIOCENO	LA VILLA LOS RANCHOS	BETI-JOQUE
		ISNOTU
MIOCENO	EL FAUSTO	PALMAR
		LAGUNILLAS
OLIGOCENO		LA ROSA
EOCENO	LA SIERRA	ICOTEA
	MIRADOR	PAUJI
PALEOCENO	GROQUE	MISOA
	MARCELINA	TRUJILLO
CRETACEO		GUASARE
		MITO JUAN
		COLON
	CAPACHO	LA LUNA
		COGOLLO
		RIO NEGRO
PRE-CRETACEO		BASEMENT



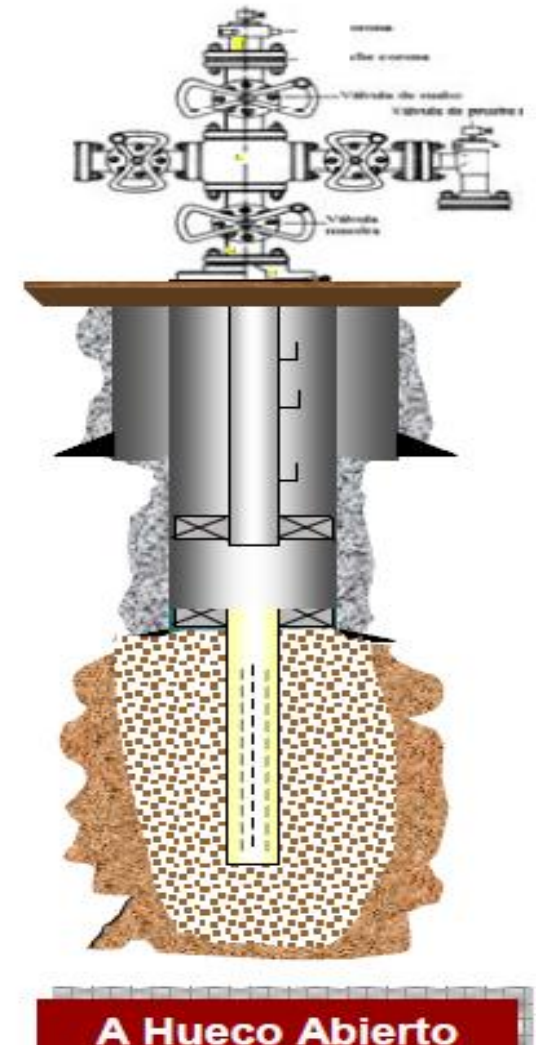
# Clasificación de Completaciones “Edad Geológicas”



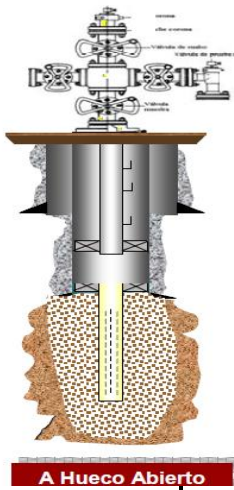
# Completaciones: A Hueco Abierto

**Se realiza** en zonas donde la formación está altamente compactada, siendo el intervalo de completación o producción normalmente grande (100 a 400 pies) y homogéneo en toda su longitud.

**Consiste** en correr y cementar el revestimiento de producción hasta el tope de la zona de interés, seguir perforando hasta la base de esta zona y dejarla sin revestimiento. Este tipo de completación se realiza en yacimientos de arenas consolidadas, donde no se espera producción de agua/gas ni producción de arena ó derrumbes de la formación. Caliza o dolomita.



# Completaciones: A Hueco Abierto

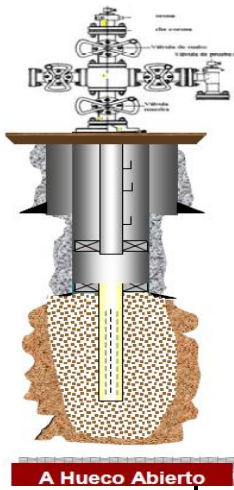


## Ventajas

- Se elimina el costo de cañoneo.
- Existe un máximo diámetro del pozo en el intervalo completado.
- Es fácilmente profundizable.
- Puede convertirse en otra técnica de completación; con forro o revestidor cañoneado.
- Se adapta fácilmente a las técnicas de perforación a fin de minimizar el daño a la formación dentro de la zona de interés.
- La interpretación de registros o perfiles de producción no es crítica.
- Reduce el costo de revestimiento.



# Completaciones: A Hueco Abierto



## Desventajas

- No hay forma de regular el flujo hacia el hoyo.
- No se puede controlar efectivamente la producción de gas o agua.
- Es difícil tratar los intervalos productores en forma selectiva.
- Puede requerirse la limpieza periódica del hueco.

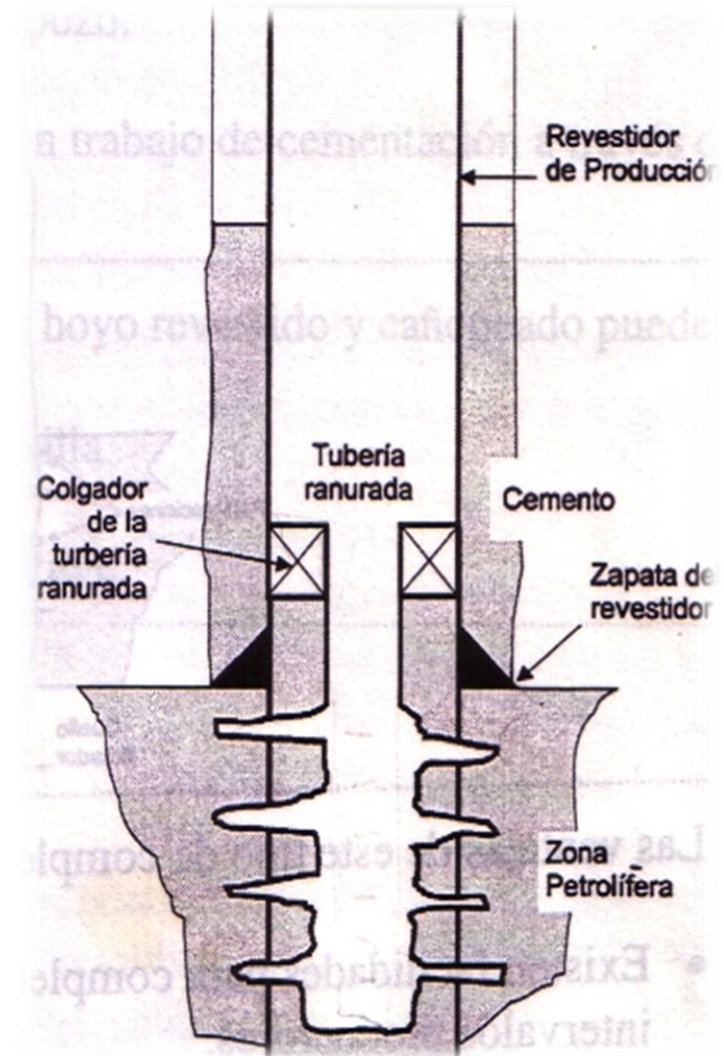
## Notas Importantes.

- la completación a hueco abierto permite empacar el pozo con grava, con ello aumenta su productividad o controla la producción de arena en formaciones no consolidadas.
- La completación a hueco abierto tiene mayor aplicación en formaciones de caliza, debido a su consolidación.

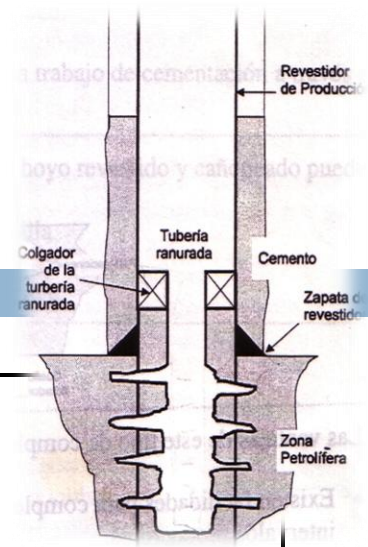
# Completaciones: **Con tubería Ranurada**

Este tipo de completación se utiliza mucho en formaciones **no compactadas** debido a problemas de producción de fragmentos de rocas y de la formación (100 a 400 pies).

En una completación con forro, el revestidor se asienta en el tope de la formación productora y se coloca un forro en el intervalo correspondiente a la formación productiva.



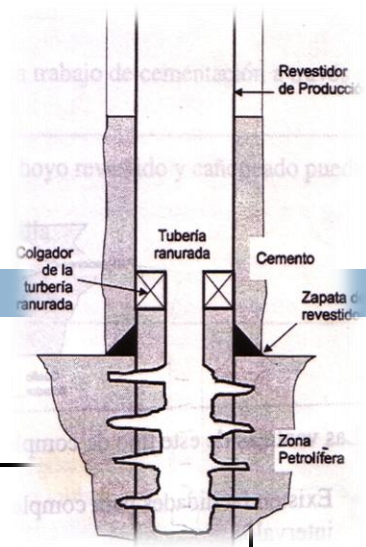
# Completaciones: **Con tubería Ranurada**



## **Ventajas:**

- Se reduce al mínimo el daño a la formación.
- No existen costos por cañoneado.
- La interpretación de los perfiles no es crítica.
- Se adapta fácilmente a técnicas especiales para el control de arena.
- El pozo puede ser fácilmente profundizable

# Completaciones: **Con tubería Ranurada**



## **Desventajas:**

- Dificulta las futuras reparaciones.
- No se puede estimular selectivamente.
- La producción de agua y gas es difícil de controlar.
- Existe un diámetro reducido frente a la zona o intervalo de producción.

# Completaciones: tubería ranurada y empacada con grava

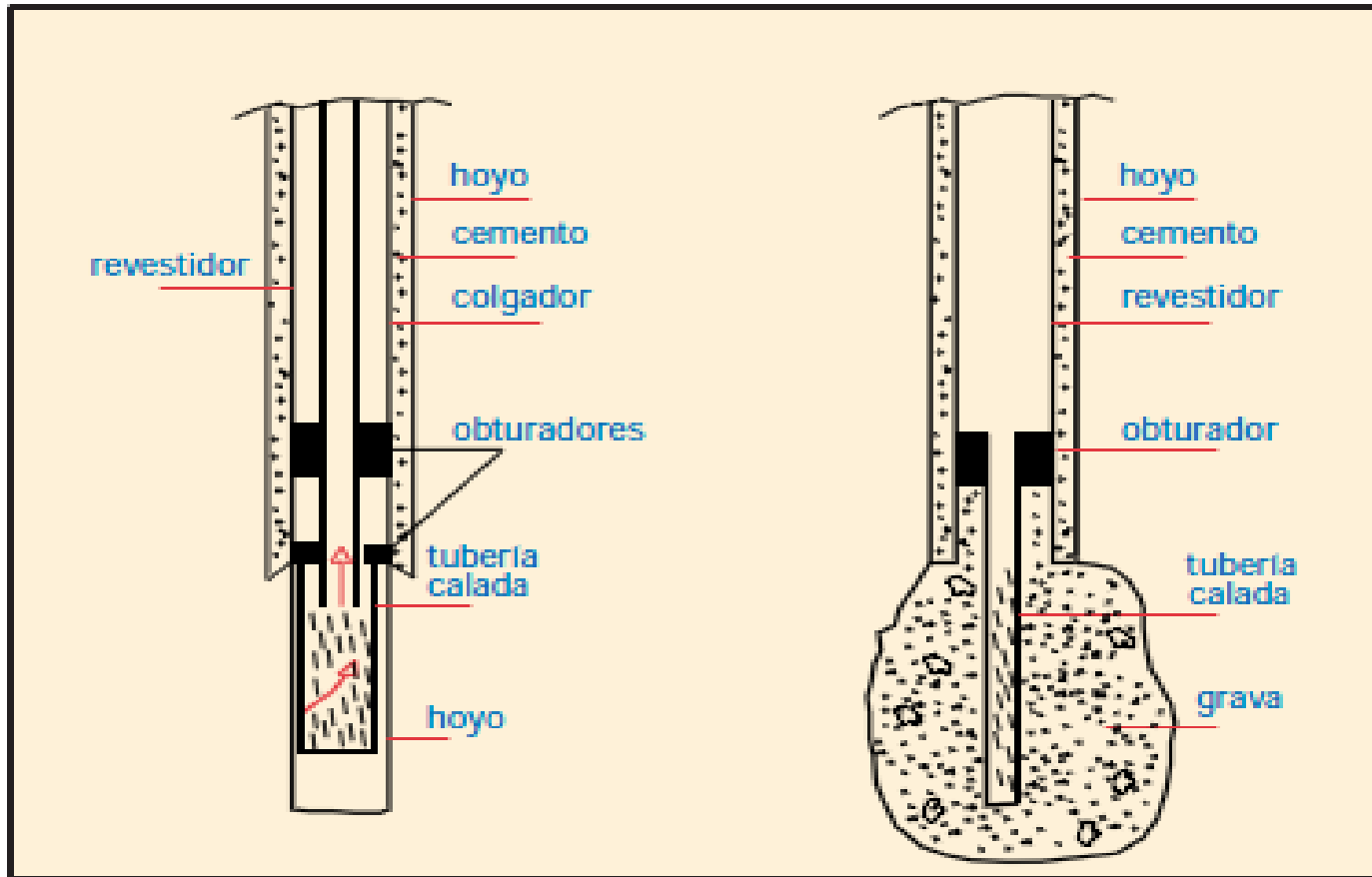
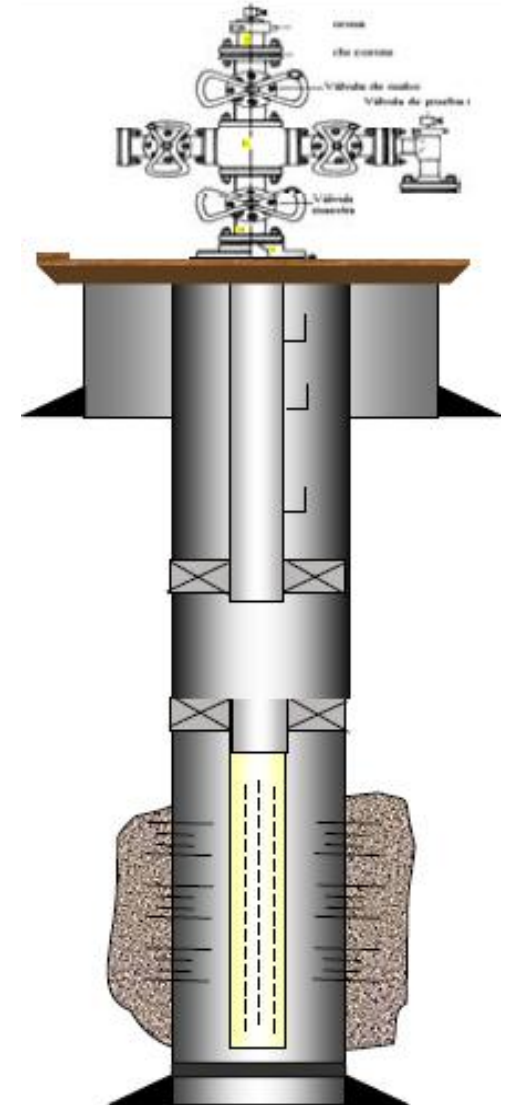


Fig. 4-5. Terminación sencilla con tubería calada.

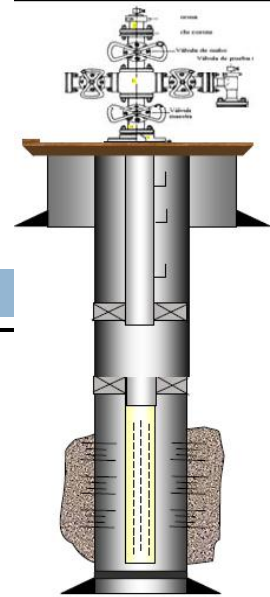
Fig. 4-6. Terminación sencilla y empaque con grava.

# Completaciones: Hoyo Revestido y cañoneado

Es el tipo de completación que más se usa en la actualidad, ya sea en pozos poco profundos (4000 a 8000 pies), como en pozos profundos (10000 pies o más). Consiste en correr y cementar el revestimiento hasta la base de la zona objetivo, la tubería de revestimiento se cementa a lo largo de todo el intervalo o zonas a completar, cañoneando selectivamente frente a las zonas de interés para establecer comunicación entre la formación y el hueco del pozo.



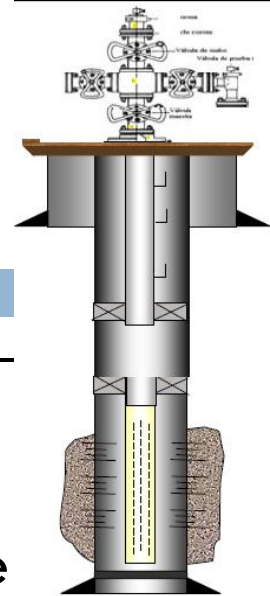
# Completaciones: Hoyo Revestido y cañoneado



## Ventajas:

- La producción de agua y gas es fácilmente prevenida y controlada.
- La formación puede ser estimulada selectivamente.
- El pozo puede ser profundizable.
- Permite llevar a cabo completaciones adicionales como técnicas especiales para el control de arena.
- El diámetro del pozo frente a la zona productiva es completo.
- Se adapta a cualquier tipo de configuración mecánica.

# Completaciones: Hoyo Revestido y cañoneado

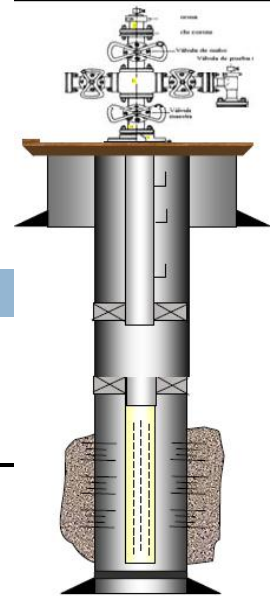


## Desventajas:

- Los costos de cañoneo pueden ser significativos cuando se trata de intervalos grandes.
- Se reduce el diámetro efectivo del hoyo y la productividad del pozo.
- Pueden presentarse trabajos de cementación.
- Requiere buenos trabajos de cementación.
- La interpretación de registros o perfiles es crítica.



# Completaciones: Hoyo Revestido y cañoneado



## Clasificación

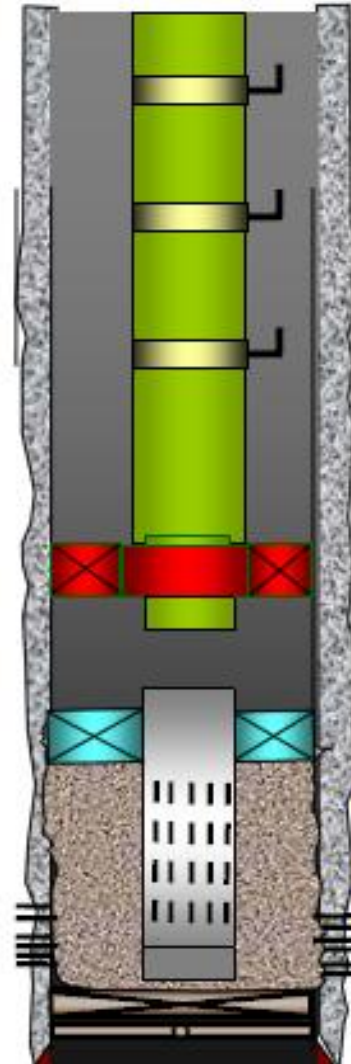
Las completaciones a hoyo revestido y cañoneado pueden ser:

- Completación sencilla.
- Completación múltiple.

# Hoyo Revestido y cañoneado: **Sencilla**

Este tipo de completación es una técnica de producción mediante la cual las diferentes zonas productivas producen simultáneamente o lo hacen en forma selectiva por **una misma tubería de producción**.

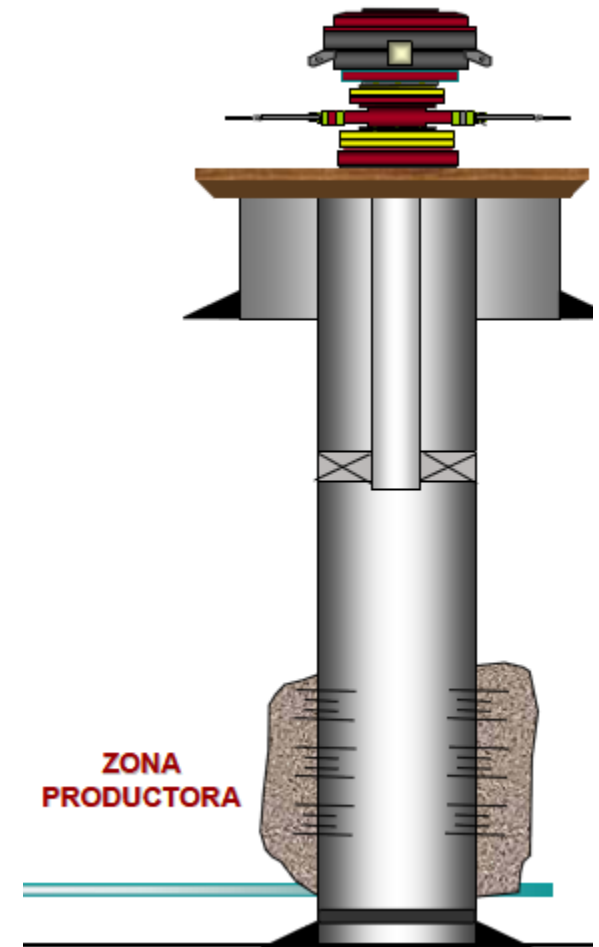
Este tipo de completación se aplica donde existe una o varias zonas de un mismo yacimiento. En completaciones de este tipo, todos los intervalos productores se cañonean antes de correr el equipo de completación. Además de producir selectivamente la zona petrolífera, este tipo de completación ofrece la ventaja de aislar zonas productoras de gas y agua. En caso de que la zona petrolífera no tenga suficiente presión como para levantar la columna de fluido hasta la superficie se pueden utilizar métodos de levantamiento artificial.



# Hoyo Revestido y cañoneado: **Sencilla**

- **Completación sencilla convencional:**

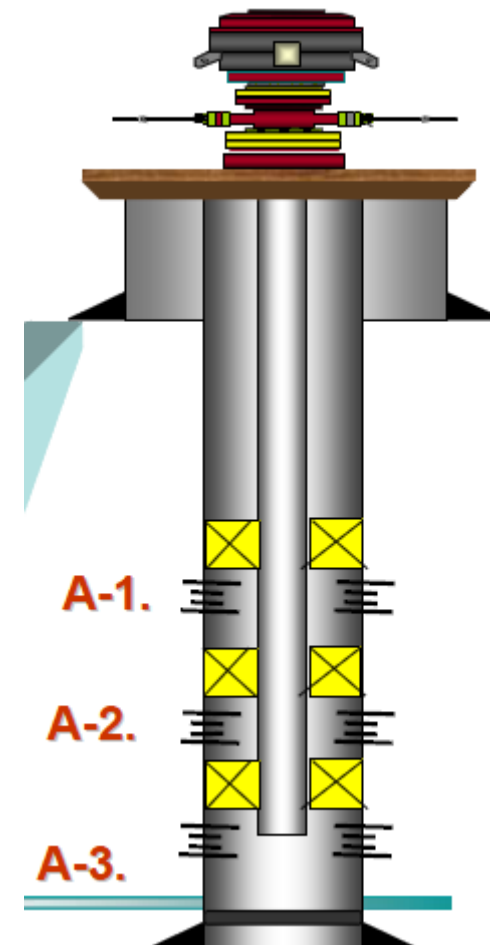
Este tipo de completación se realiza para la producción una sola zona, a través de la tubería de producción.



# Hoyo Revestido y cañoneado: **Sencilla**

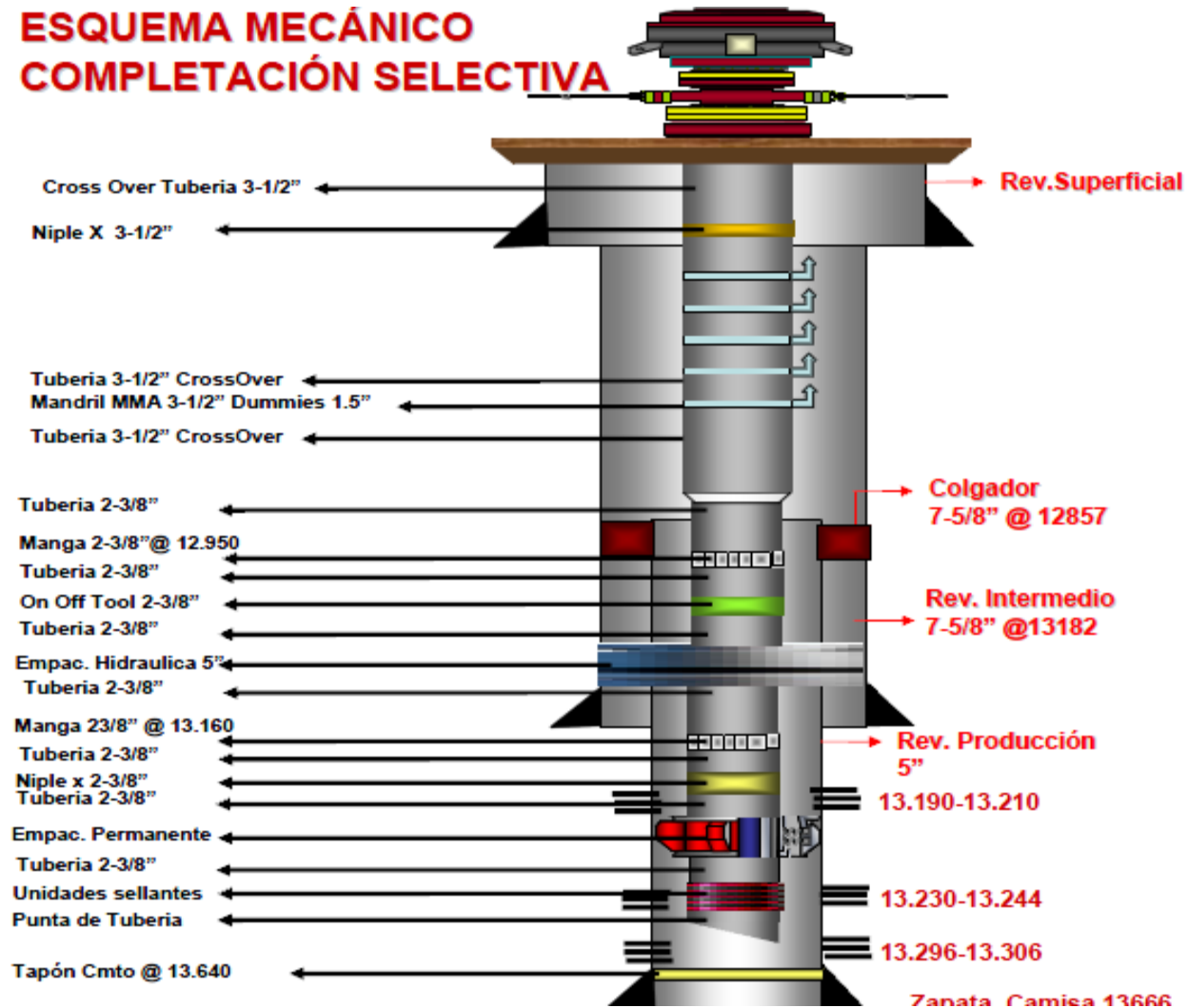
## • **Completación sencilla selectiva:**

Consiste en separar las zonas productoras mediante empacaduras, produciendo a través de mangas ó válvulas de circulación- (una sola tubería de producción)



# Esquema Mecanico

## ESQUEMA MECÁNICO COMPLETACIÓN SELECTIVA

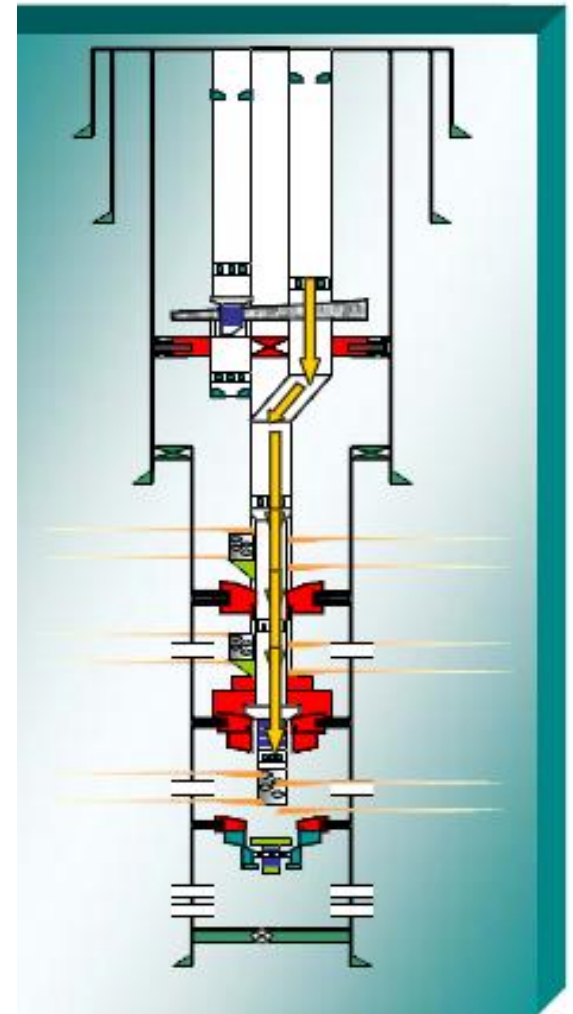


# Hoyo Revestido y cañoneado: **Multiple**

Se utiliza cuando se quiere producir simultáneamente varias zonas petrolíferas (yacimientos) en un solo pozo, sin mezclar los fluidos.

Generalmente reduce el número de pozos a perforar.

Desarrollar los yacimientos en forma acelerada a menor costo



# Hoyo Revestido y cañoneado: **Multiple**

## **Ventajas**

- Se obtiene tasas de producción mas altas y menores tiempos de retorno del capital invertido.
- Para separar zonas que poseen distintos índices de productividad, con el fin de evitar que la zona de alta productividad inyecte petróleo en la zona de baja productividad.
- Para separar yacimientos con distintos mecanismos de producción, pues es indeseable producir yacimientos con empuje por agua con uno de empuje por gas.
- Para tener en control apropiado del yacimiento con el fin de evitar zonas drenadas de petróleo que estén produciendo agua o gas.
- Para observar el comportamiento de los yacimientos.

# Hoyo Revestido y cañoneado: **Multiple**

## **Desventajas**

- Inversión inicial alta para la tubería de producción, empaaduras y equipos de guaya fina.
- Posibilidades de fugas a través de la tubería de producción y de los empaques y sellos de la empaaduras de producción.
- Probabilidades muy altas de que se originen pescados durante y después de la completación, lo que eleva los costos por equipos de pesca, servicios y tiempos adicionales de cabria.



# Hoyo Revestido y cañoneado: **Multiple**

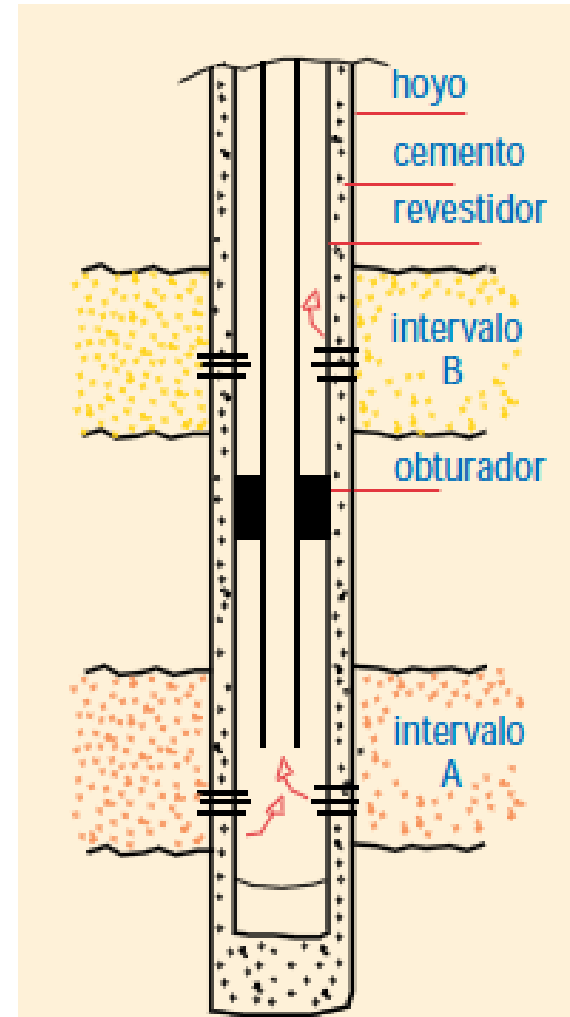
## **Tipos**

- Completación doble con una tubería de producción y una empacadura de producción.
- Completación doble con tuberías de producción paralelas y múltiples empacaduras de producción
- Completación de tres zonas con dos sartas o tres sartas

# Hoyo Revestido y cañoneado: **Multiple**

## **Completación doble con una tubería de producción y una empacadura de producción:**

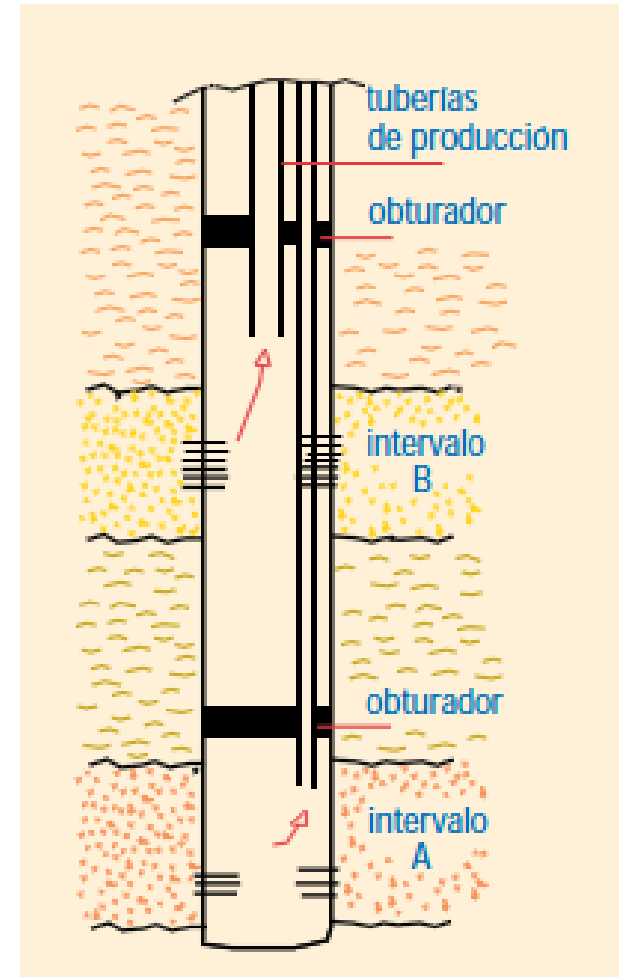
En este tipo de completación, la zona superior produce a través del espacio anular revestidor / tubería de producción, mientras que la zona inferior produce a través de la tubería de producción. Generalmente, se aplica donde la zona superior no requiera levantamiento artificial, no tenga problemas de arena.



# Hoyo Revestido y cañoneado: **Multiple**

## **Completación doble con tuberías de producción paralelas y múltiples empacaduras de producción:**

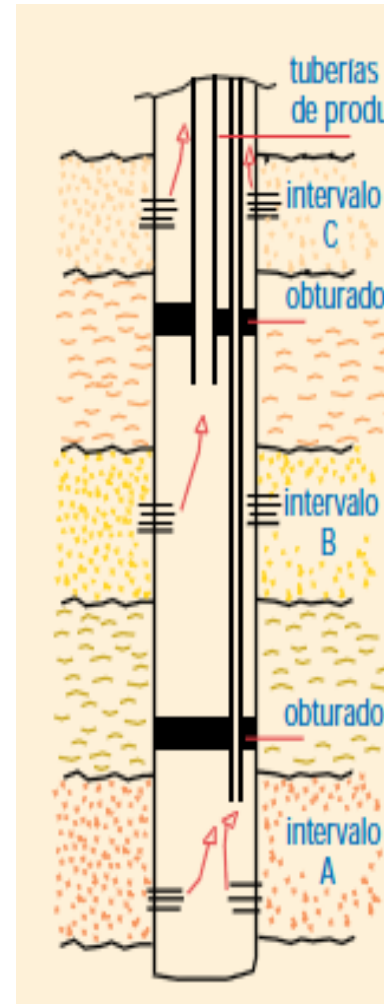
Mediante este diseño se pueden producir varias zonas simultáneamente y por separado a través del uso de tuberías de producción paralelas y empacaduras dobles. No se usa el anular.



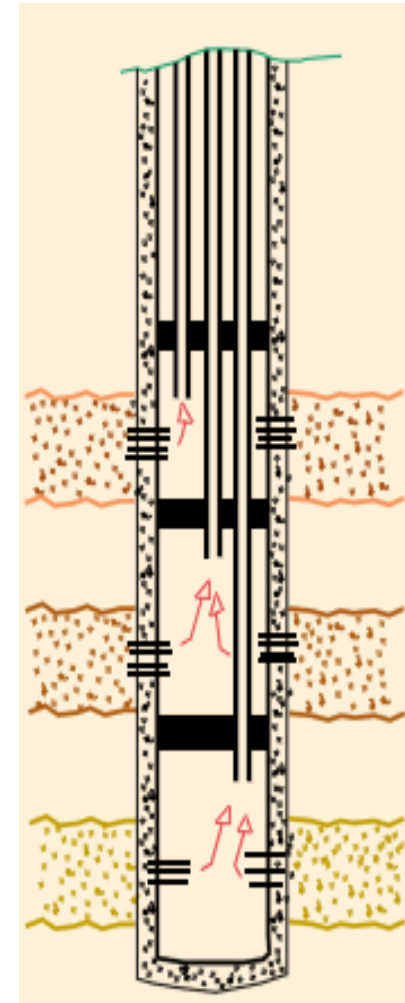
# Hoyo Revestido y cañoneado: **Multiple**

## Completación de tres zonas con dos sartas o tres sartas

Cuando se requiere la producción vertical independiente de tres estratos se opta por la terminación triple. La selección del ensamblaje de las tuberías de educción depende, naturalmente, de las condiciones de flujo natural de cada yacimiento. Generalmente puede decidirse por la inserción de dos sartas para dos estratos y el tercero se hará fluir por el espacio anular. Otra opción es la de meter tres sartas de educción.

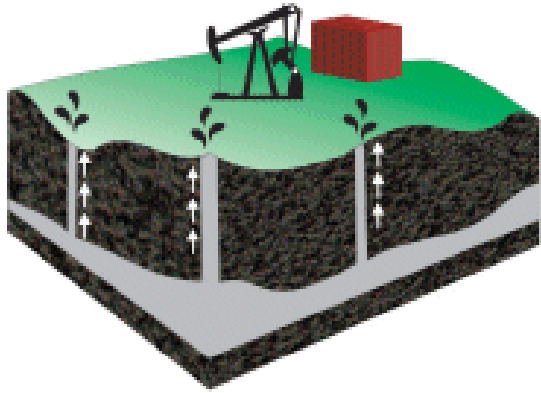


**Dos sartas**



**Tres sartas**

Natural  
Pressure



Primary Recovery

# MECANISMOS NATURALES DE PRODUCCIÓN DEL YACIMIENTO

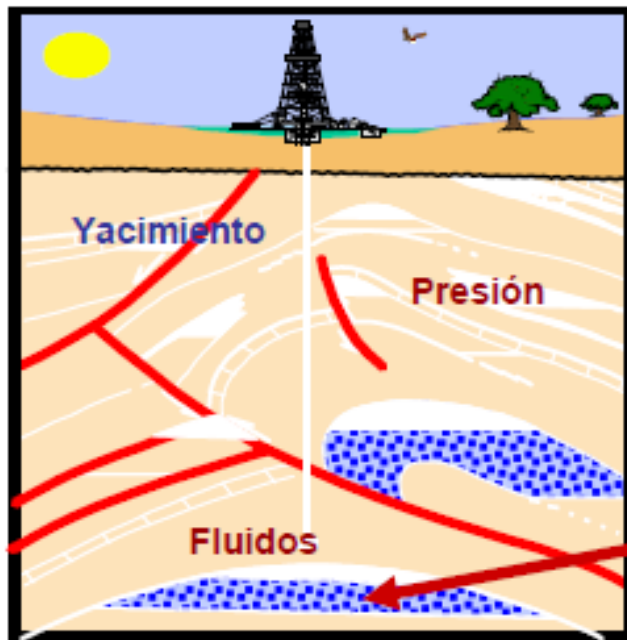
# ENERGÍA DEL YACIMIENTO

Para que un yacimiento petrolífero produzca, debe tener suficiente energía innata capaz de expulsar los hidrocarburos desde cada punto en el yacimiento hasta el fondo de los pozos que lo penetran, y desde aquí hasta la superficie y las estaciones de recolección.

Cuando exista esta situación se dice que el pozo produce por: FLUJO NATURAL.



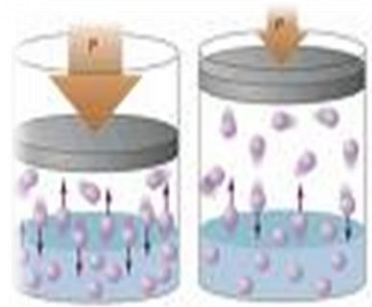
# ENERGÍAS DEL YACIMIENTO



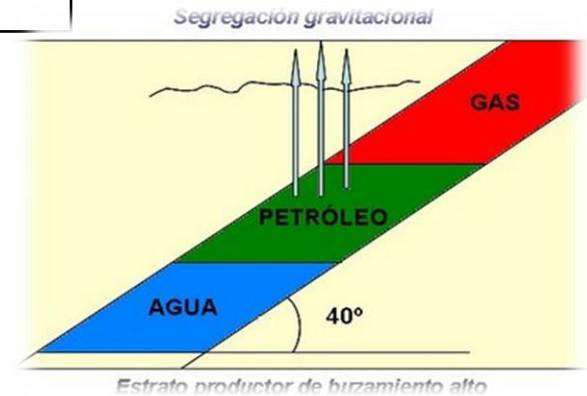
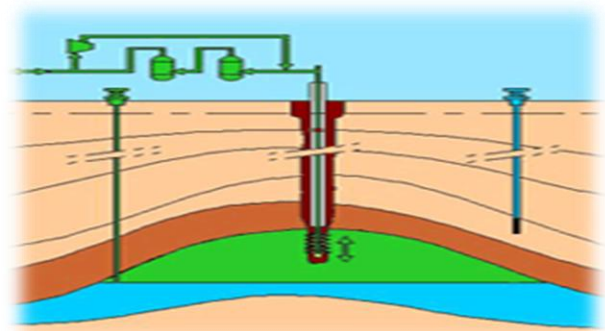
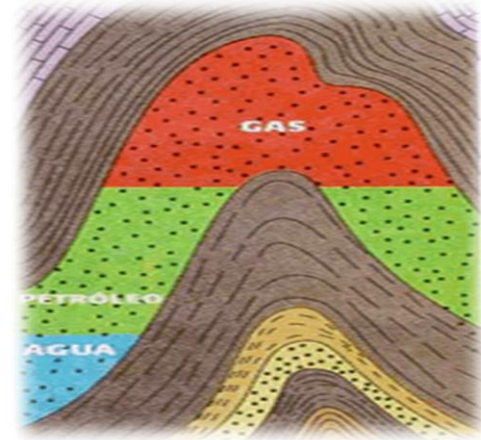
Las fuentes naturales de energía están representadas por la **PRESIÓN**, a la cual se encuentra la roca y sus fluidos (petróleo, gas y agua) en el yacimiento.

Estas energías y fuerzas disponibles, se crearon durante el proceso de formación y acumulación del petróleo, las cuales ayudan a desplazar el crudo a través de los poros; de acuerdo a las características de los yacimientos, existen diferentes

# MECANISMOS DE PRODUCCIÓN DEL YACIMIENTO



Empuje por agua
Empuje por gas en solución
Comprensibilidad de la roca y los fluidos
Empuje por capa de gas
Drenaje por gravedad

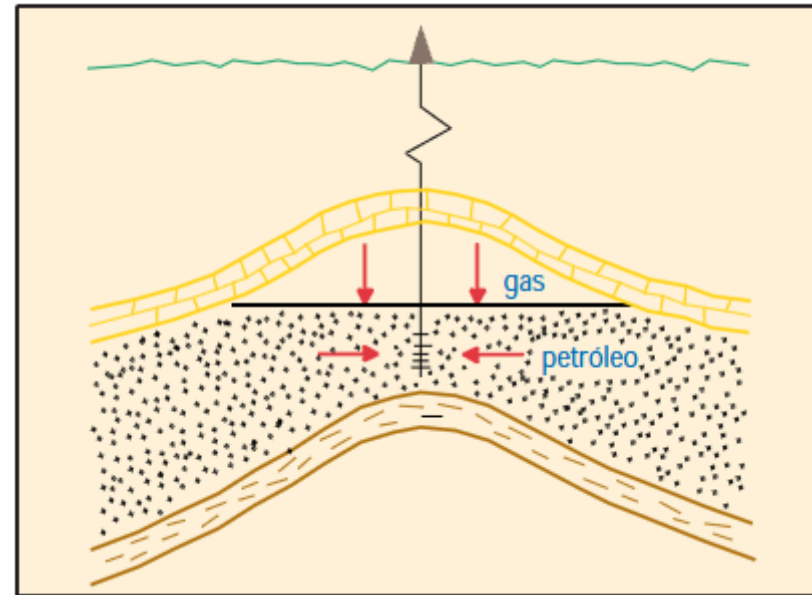




# EMPUJE POR CAPA DE GAS

Si la **presión original de un yacimiento se encuentra por debajo de la presión de burbujeo**, entonces existe la presencia de una capa de gas original. Al iniciarse la extracción de petróleo del yacimiento, dado que la compresibilidad del gas es menor que la del petróleo, el casquete de gas aumentará su volumen, mientras no sea producido. Por otro lado, a medida que la presión disminuye, el gas disuelto en el petróleo se liberará formando parte de la capa de gas y contribuyendo con su expansión.

La recuperación de petróleo para este mecanismo usualmente está en el rango de 20 al 40% del POES

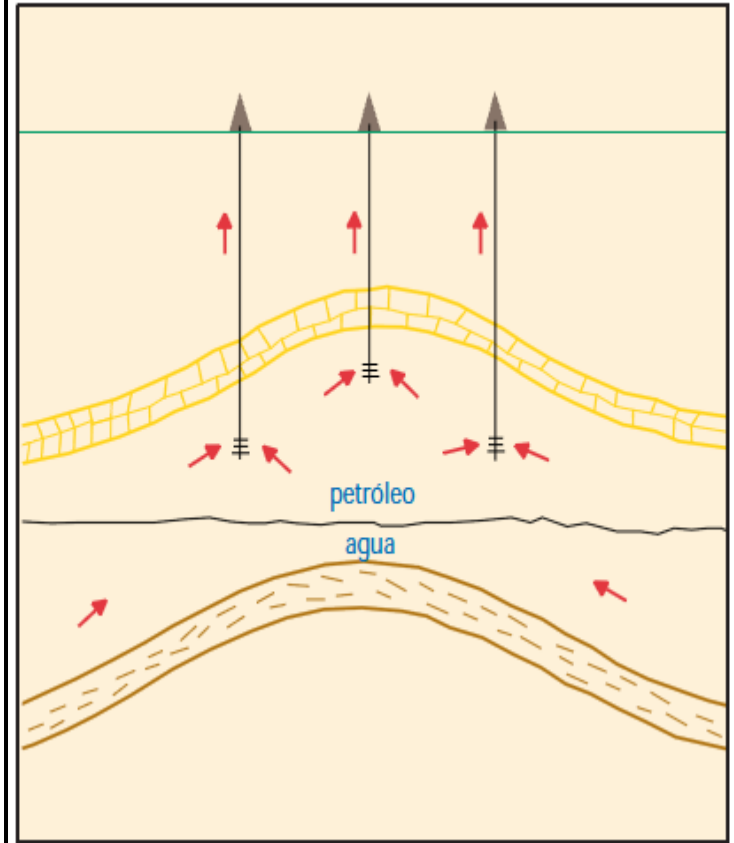


# EMPUJE POR AGUA O HIDRÁULICO

El empuje por agua es considerado el mecanismo natural más eficiente para la extracción del petróleo. Su presencia y actuación efectiva puede lograr que se produzca hasta 60 % y quizás más del petróleo en sitio.

Mantener una relación muy ajustada entre el régimen de producción de petróleo que se establezca para el yacimiento y el volumen de agua que debe moverse en el yacimiento. El frente o contacto agua petróleo debe mantenerse unido para que el espacio que va dejando el petróleo producido vaya siendo ocupado uniformemente por el agua.

Se debe mantener la presión en el yacimiento a un cierto nivel para evitar el desprendimiento de gas e inducción de un casquete de gas.

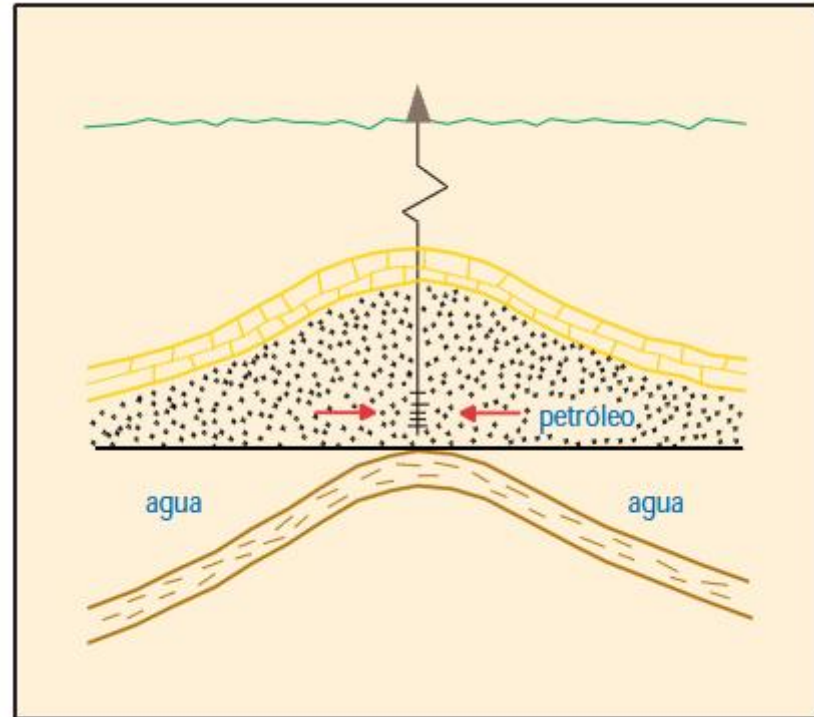


# EMPUJE POR GAS EN SOLUCIÓN

En este tipo de mecanismos no existe capa o casquete de gas. Todo el gas disuelto en el petróleo y el petróleo mismo forman una sola fase, a presión y temperatura originalmente altas en el yacimiento.

Al comenzar la etapa de producción, el diferencial de presión creado hace que el gas comience a expandirse y arrastre el petróleo del yacimiento hacia los pozos durante cierta parte de la vida productiva del yacimiento.

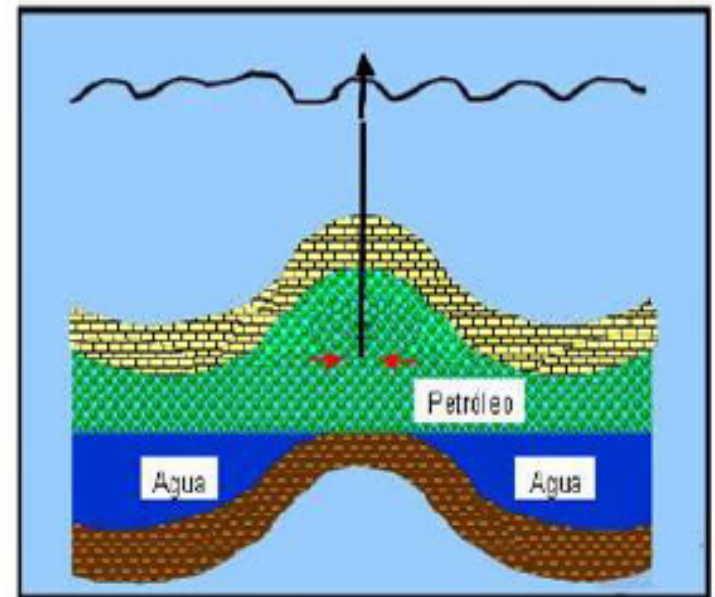
Eventualmente, a medida que se extrae petróleo, se manifiesta la presión de burbujeo en el yacimiento y comienza a desarrollarse el casquete o capa de gas en el yacimiento, inducida por la mecánica de flujo.



# EMPUJE POR GAS EN SOLUCIÓN

## Características:

- La presión de yacimiento declina en forma rápida y continua.
- La Relación Gas — Petróleo producido, primero es baja, luego aumenta hasta un máximo y por ultimo declina.
- El comportamiento de los pozos requiere levantamiento artificial temprano en la vida productiva.
- El factor de Recobro estimado es del 5 al 30% del POES.



# COMPRESIBILIDAD DE LA ROCA Y LOS FLUIDOS

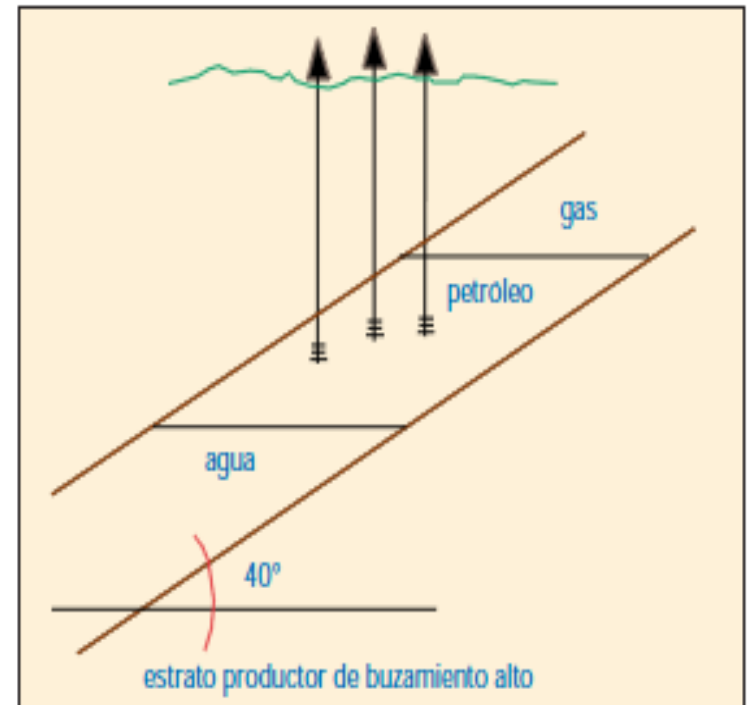
La producción de fluidos de un reservorio, incrementa la diferencia entre la presión de sobrecarga y la presión del poro, lo que origina una reducción del volumen poroso del reservorio y posiblemente cause subsidencia de la superficie.

La recuperación de petróleo mediante el empuje por compactación es significativa sólo si la compresibilidad de la formación es alta. Muchos reservorios que tienen un significativo empuje por compactación son someros y pobremente consolidados.

El peso de sobrecarga es soportado por los granos de la roca y el resto es soportado por el fluido dentro del espacio poroso. La porción de la sobrecarga sostenida por los granos de la roca es denominada presión de la matriz o del grano. La presión del grano incrementa normalmente con la profundidad a una tasa de aproximadamente 0.54 a 0.56 psi por pie

# DRENAJE POR GRAVEDAD

- Este mecanismo de empuje se produce cuando existe suficiente permeabilidad vertical para permitir que las fuerzas gravitacionales sean mayores que las fuerzas viscosas dentro del reservorio.
- Generalmente no poseen capa de gas, pero la recuperación será mayor si existe alguna.
- La presión tiende a mantenerse.
- La recuperación de petróleo para este mecanismo usualmente está en el rango de 25 al 80% del POES.
- Es el mecanismo de empuje primario más eficiente



# DRENAJE POR GRAVEDAD

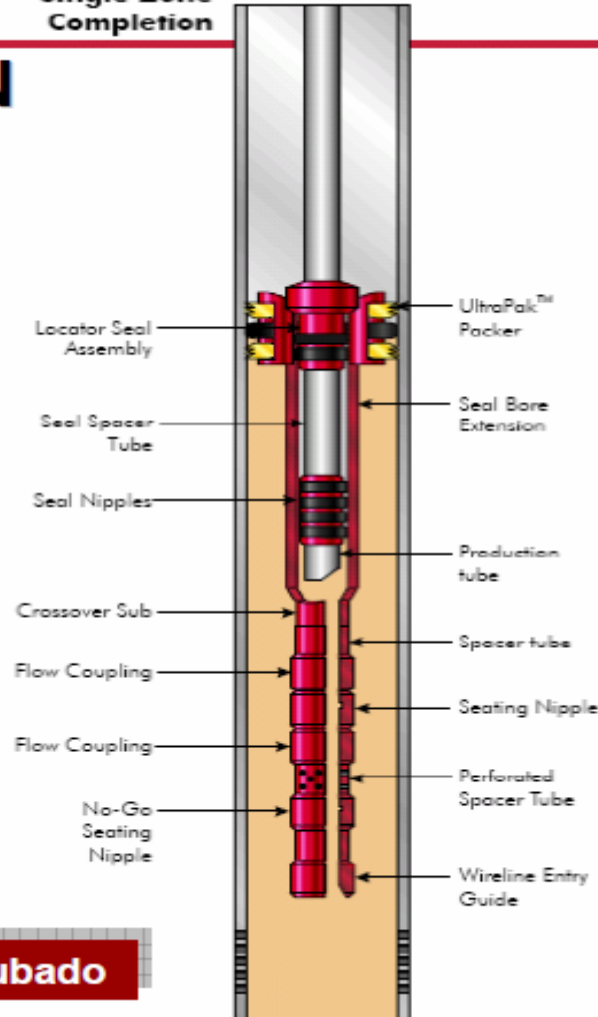
Ocurre únicamente bajo condiciones especiales en las cuales el yacimiento tiene alto buzamiento y favorece la segregación por gravedad del petróleo y gas.

Esta segregación; es un flujo contracorriente donde el gas migra hacia la parte alta de la estructura, separándose del líquido por diferencia de densidad. Con el tiempo y dependiendo del volumen del yacimiento, es posible que se forme una capa de gas secundaria en el tope de la estructura, ayudando al drenaje total del yacimiento.

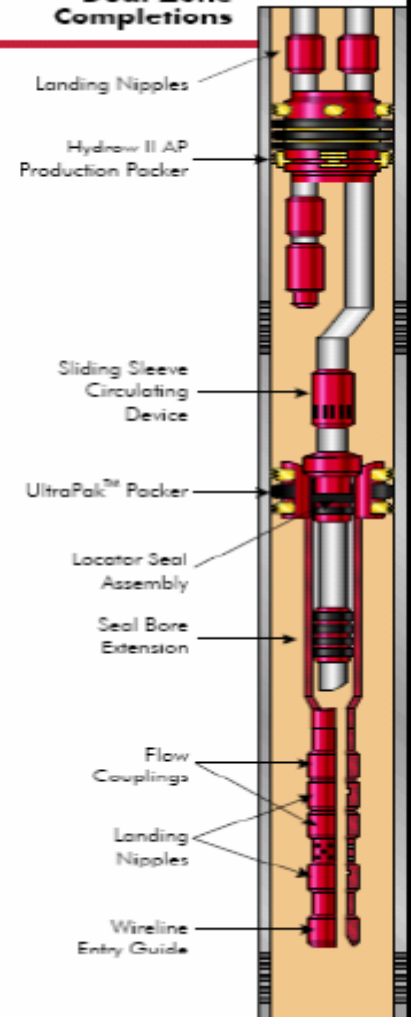
# COMPLETACIONES

## COMPLETACIÓN POR FLUJO NATURAL

Single Zone  
Completion



Dual Zone  
Completions



A Hueco Entubado



# Energía del Yacimiento

Pero, si la presión es solamente suficiente para que los fluidos, especialmente el petróleo, lleguen a un cierto nivel en el pozo, entonces; el pozo deberá hacerse producir por medios de **LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL**



# Métodos de Levantamiento Artificial

Cuando un pozo deja de producir por flujo natural, se debe generalmente al incremento en el porcentaje de agua o a una declinación de presión del yacimiento. En ese momento, es necesario aplicar una energía adicional para levantar el fluido hasta la superficie.

## Los métodos de Levantamiento Artificial son:

1. Levantamiento Artificial por Gas
2. Bombeo Mecánico.
3. Bombeo Electrosumergible.
4. Bombeo de Cavidad Progresiva
5. Bombeo Hidráulico



# MÉTODOS DE PRODUCCIÓN SEGÚN EL TIPO DE COMPLETACIÓN

1

Gas Lift



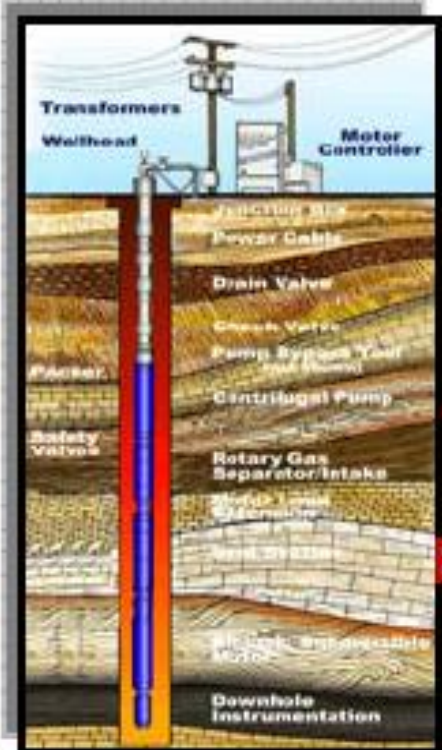
2

Bombeo Mecánico



3

B.E.S



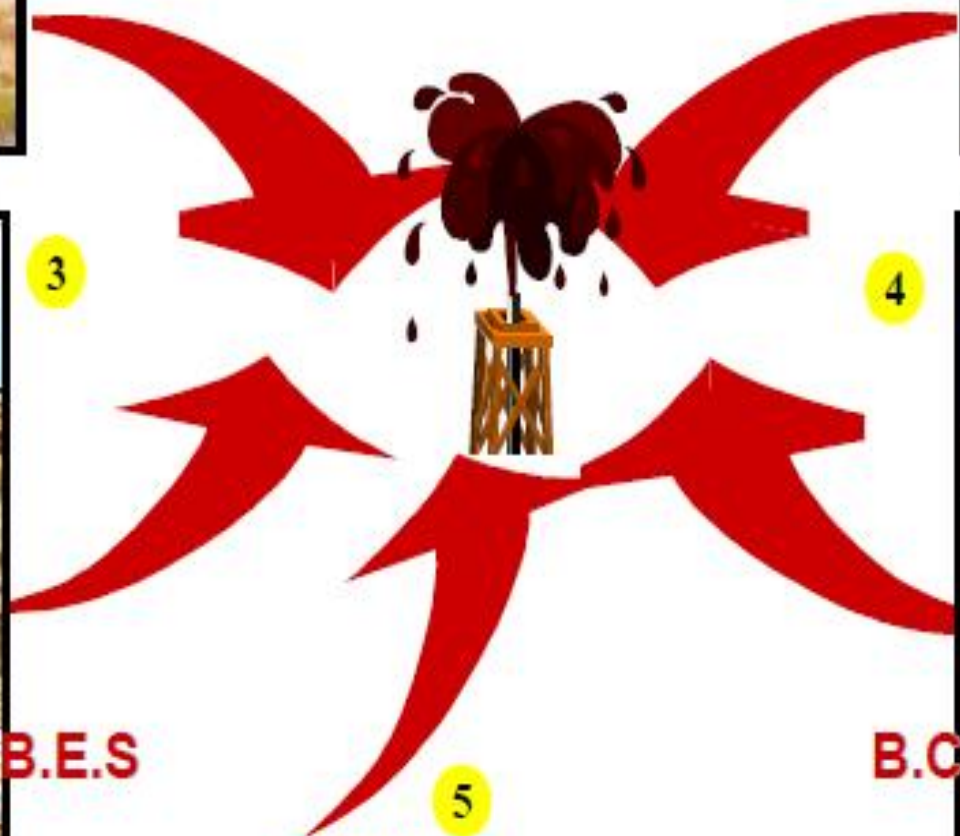
4

B.C.P



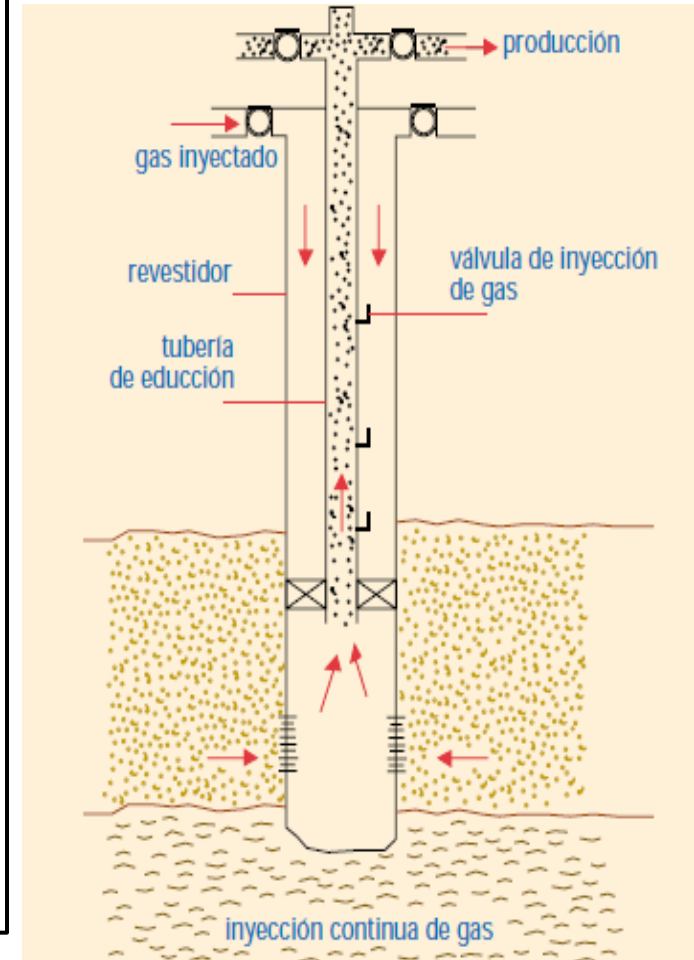
5

Bombeo Hidráulico



# Levantamiento Artificial por Gas

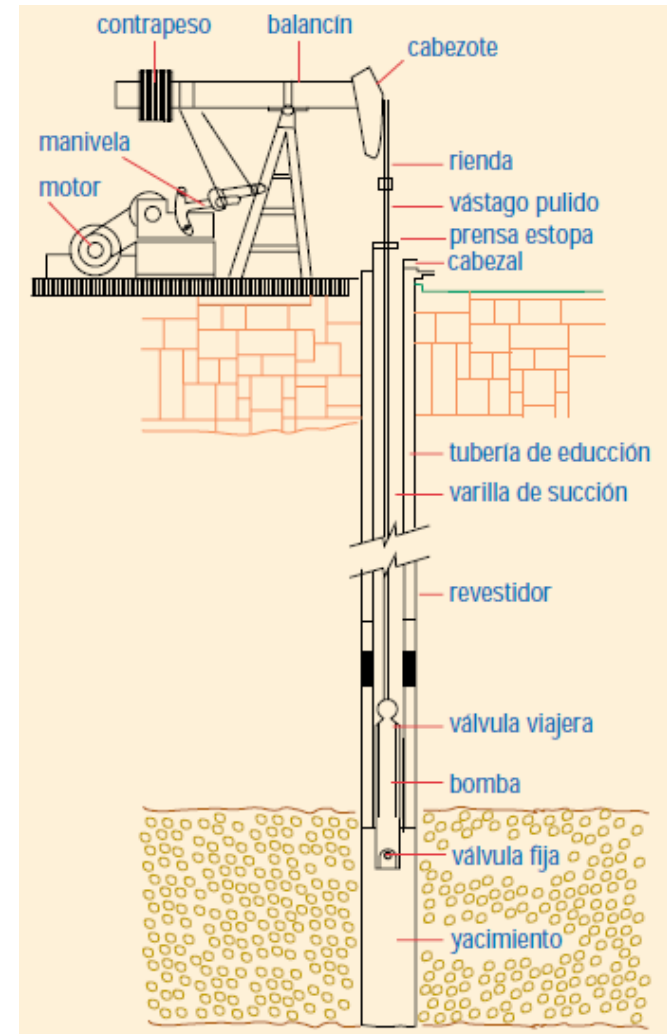
Opera mediante la inyección continua de gas a alta presión en la columna de los fluidos de producción (Flujo continuo), con el objeto de disminuir la densidad del fluido producido y reducir el peso de la columna hidrostática sobre la formación, obteniéndose así un diferencial de presión entre el yacimiento y el pozo que permite que el pozo fluya adecuadamente. El gas también puede inyectarse a intervalos regulares para desplazar los fluidos hacia la superficie en forma de tapones de líquido (Flujo intermitente).



# Bombeo Mecánico

El yacimiento que ha de producir por bombeo mecánico tiene cierta presión, suficiente para que el petróleo alcance un cierto nivel en el pozo. Por tanto, el bombeo mecánico no es más que un procedimiento de succión y transferencia casi continua del petróleo hasta la superficie.

El balancín 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 educción, a cierta profundidad del fondo del pozo



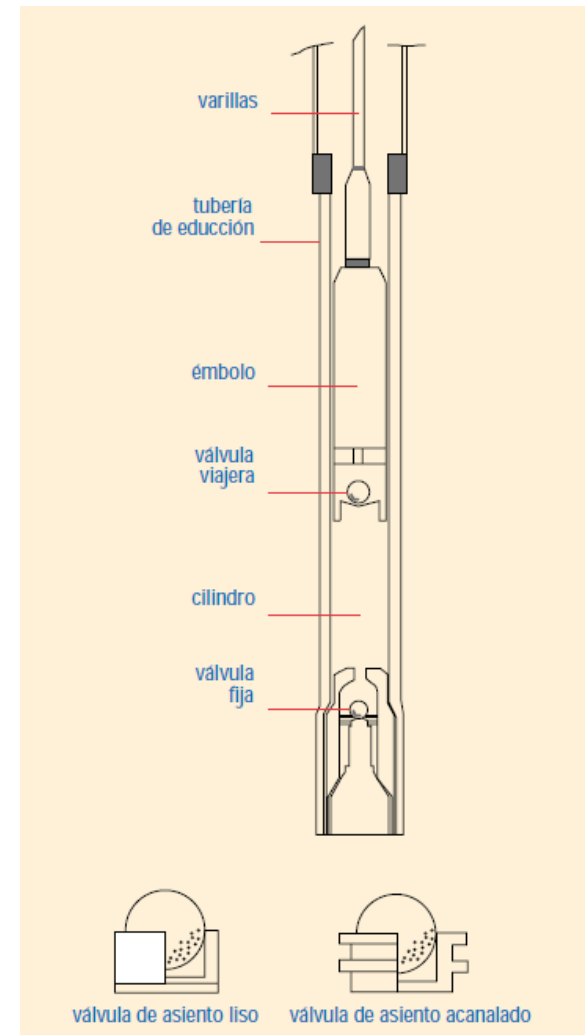
# Bombeo Mecánico

Es un procedimiento de succión y transferencia casi continua del petróleo hasta la superficie

El balancín 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 educción, 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 educción.**

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.



# Bombeo Mecánico

## Aplicaciones del Bombeo Mecánico:

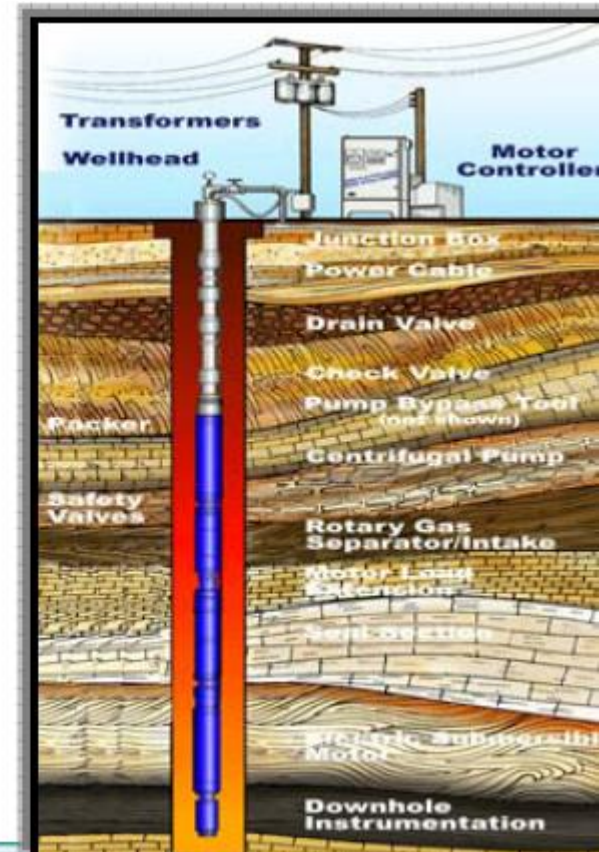
- Pozos de profundidades hasta 8000 pies.
- Pozos de crudos extrapesados, pesados, medianos y livianos.
- No es recomendable aplicar en pozos que producen altos volúmenes de gas.
- Puede realizar levantamientos de crudos a altas temperaturas, así como de fluidos viscosos.



# Bombeo Electrosumergible (BES)

El principio básico del sistema de bombeo a través de bombas electrocentrifugas, es transmitir en forma de presión, la energía de un motor eléctrico sumergida en el fluido del pozo.

La unidad se encuentra suspendida de la tubería de producción, sumergida en el fluido del pozo y conectada hasta la superficie a través de un cable para suministrar la energía eléctrica al motor.





# Bombeo Electrosumergible (BES)

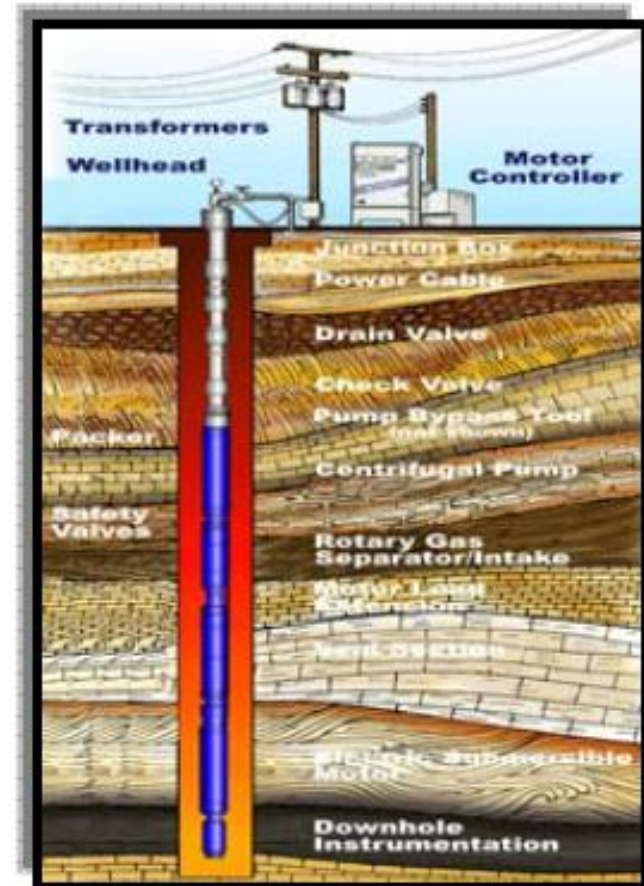
**Bomba electrosumergible:** es de tipo centrífugo—multietapas, cada etapa consiste en un impulsor rotativo y un difusor fijo. El número de etapas determina la capacidad de levantamiento y la potencia requerida para ello. El movimiento rotativo del impulsor imparte un movimiento tangencial al fluido que pasa a través de la bomba, creando la fuerza centrífuga que impulsa al fluido en forma radial, es decir, el fluido viaja a través del impulsor en la resultante del movimiento radial y tangencial, generando al fluido verdadera dirección y sentido del movimiento.



# Bombeo Electrosumergible (BES)

## Aplicaciones del Bombeo Electrosumergible (BES)

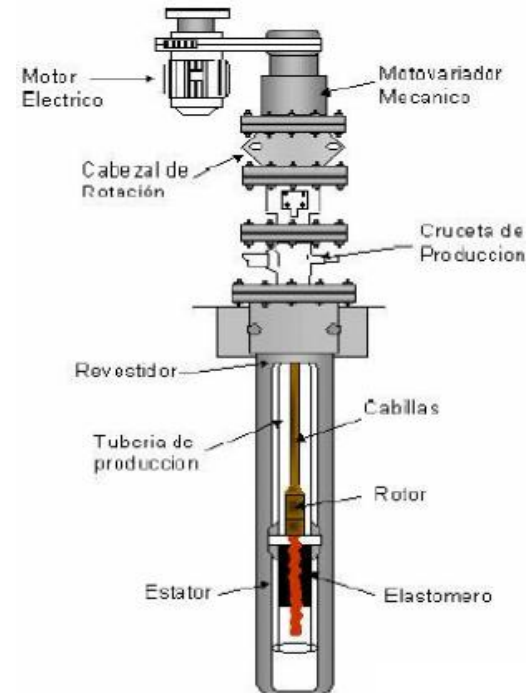
- Se utiliza para manejar grandes volúmenes de crudo.
- Pozos con producciones desde 1000 Bls/dia hasta 100.000 Bls/dia.
- Pozos con revestimientos pequeños.
- Pozos con alta y baja viscosidad.
- Pozos con alta temperatura de fondo (500 grados F).
- Pozos con baja relación de gas.



# Bombeo de Cavidad Progresiva (BCP)

Las bombas de Cavidad Progresiva son máquinas rotativas de desplazamiento positivo, compuestas por un rotor metálico, un estator cuyo material es elastómero generalmente, un sistema motor y un sistema de acoples flexibles.

El efecto de bombeo se obtiene a través de cavidades sucesivas e independientes que se desplazan desde la succión hasta la descarga de la bomba a medida que el rotor gira dentro del estator. El movimiento es transmitido por medio de una sarta de cabillas desde la superficie hasta la bomba, empleando para ello un motor – reductor acoplado a las cabillas.



# Bombeo de Cavidad Progresiva (BCP)

Este tipo de bombas se caracteriza por operar a baja velocidades.

Permitir manejar altos volúmenes de gas, sólidos en suspensión y cortes de agua, así como

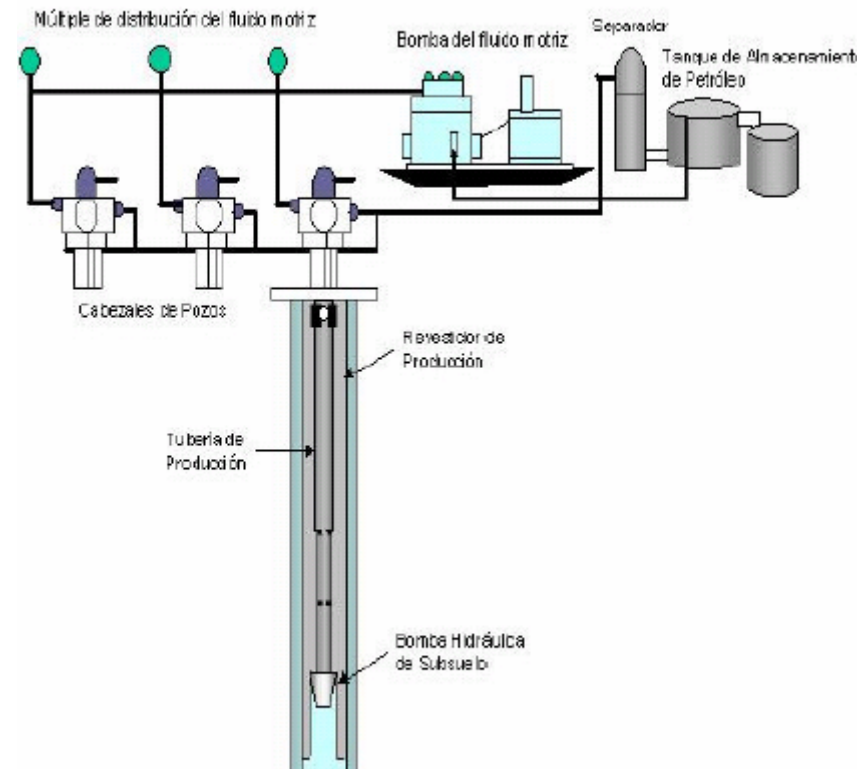
también son ideales para manejar crudos de mediana y baja gravedad API.

Pozos de 800 a 6000 pies de profundidad



# Bombeo Hidráulico

Los sistemas de Bombeo Hidráulico transmiten su potencia mediante el uso de un fluido presurizado que es inyectado a través de la tubería (se bombea por la tubería de educción y el petróleo producido y el fluido suben a la superficie por el espacio anular). Este fluido conocido como fluido de potencia o fluido motor, es utilizado por una bomba de subsuelo que actúa como un transformador para convertir la energía de dicho fluido a energía potencial o de presión en el fluido producido que es enviado hacia la superficie. Los fluidos de potencia más utilizados son agua y crudos livianos que pueden provenir del mismo pozo



# Bombeo Hidráulico

## Aplicaciones del Bombeo Hidráulico

- Cuando se desea incrementar la producción de un pozo que se produce por flujo natural.
- En la producción de crudos pesados y extrapesados, se aplica en menor proporción en crudos medianos y livianos.
- Profundidades de hasta 18.000 pies.
- Tasas de producción que pueden variar en menos de 100 a más 10.000 BIs/día.

**Tu tiempo es limitado, de modo que no lo malgastes viviendo la vida de alguien distinto. No quedes atrapado en el dogma, que es vivir como otros piensan que deberías vivir. No dejes que los ruidos de las opiniones de los demás acallen tu propia voz interior. Y, lo que es más importante, ten el coraje para hacer lo que te dicen tu corazón y tu intuición.**

**Steve Jobs**