
Cañoneo de Pozos



Índice

- [Conceptos Básicos](#)
- [Tipos de Cañoneo/Cañones](#)
- [Evolución](#)
- [Nuevas Tecnologías](#)
- [Explosivos y Proceso de Cañoneo](#)
- [Zona de Daño](#)
- [Geometría de las perforaciones](#)
- [Técnicas de cañoneo](#)
- [Cañoneo Bajo balance](#)



Definición

- El cañoneo es el proceso de crear abertura a través de la tubería de revestimiento y el cemento, para establecer comunicación entre el pozo y las formaciones seleccionadas. Las herramientas para hacer este trabajo se llaman cañones.



Objetivo del cañoneo

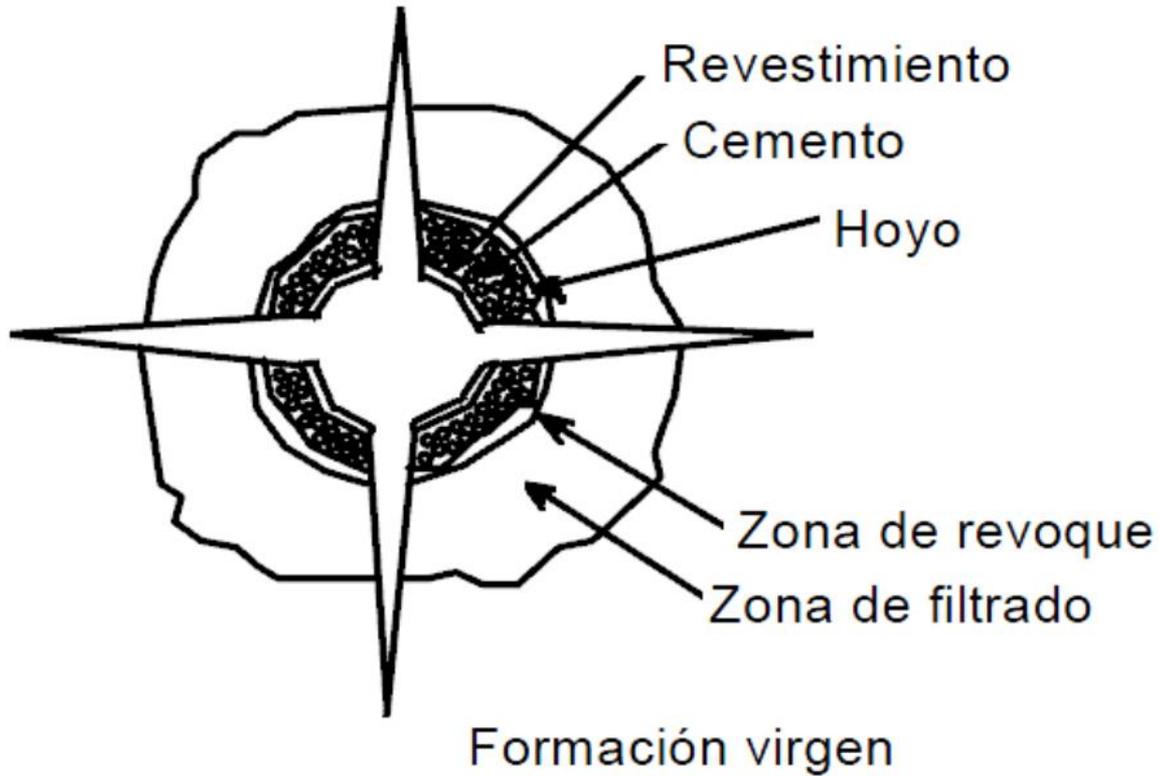
- Establecer una comunicación efectiva entre el yacimiento y el interior del pozo.

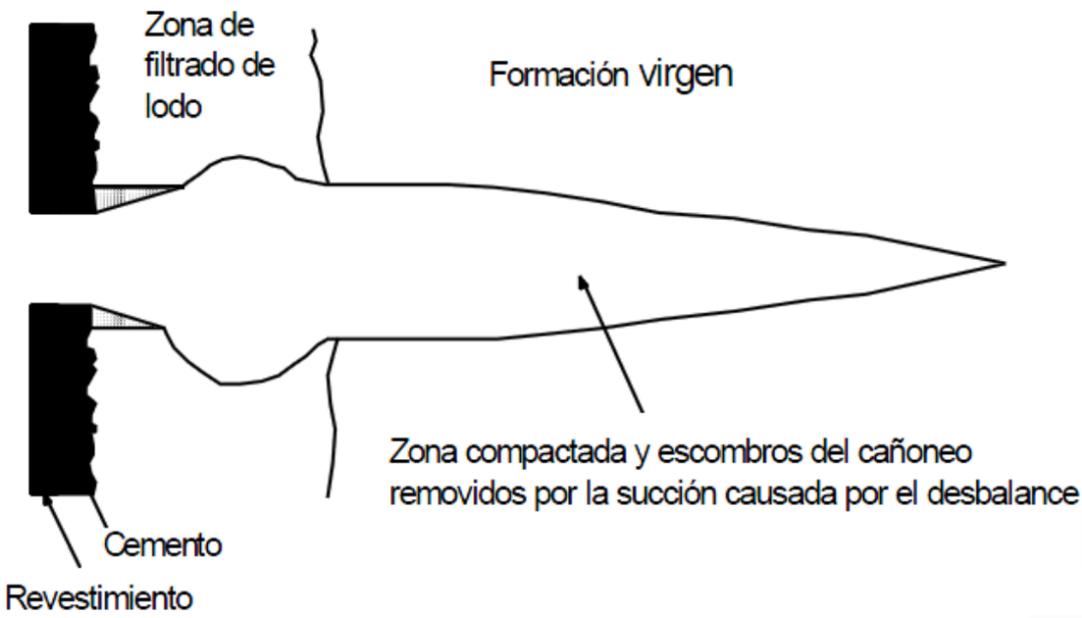
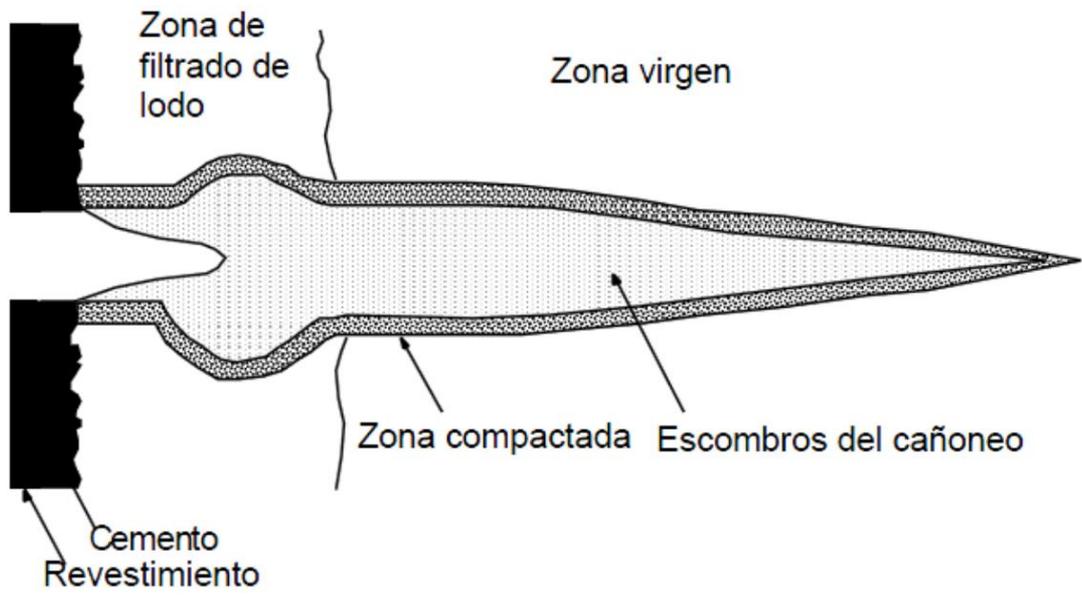
Permite:

- Evaluar zonas productoras
- Mejorar la producción por inyección
- Efectuar trabajos de cementación



Áreas de Alcance del Cañoneo





Factores que afectan la efectividad del cañoneo

- Tipo de equipo usado en el proceso
- Cantidad y tipo de carga en el cañón
- Técnicas usadas en el completamiento del pozo
- Características de la tubería y del cemento
- Procedimiento usado para el cañoneo

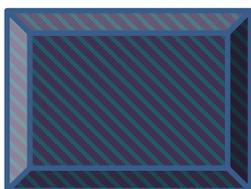




Disparo balanceado

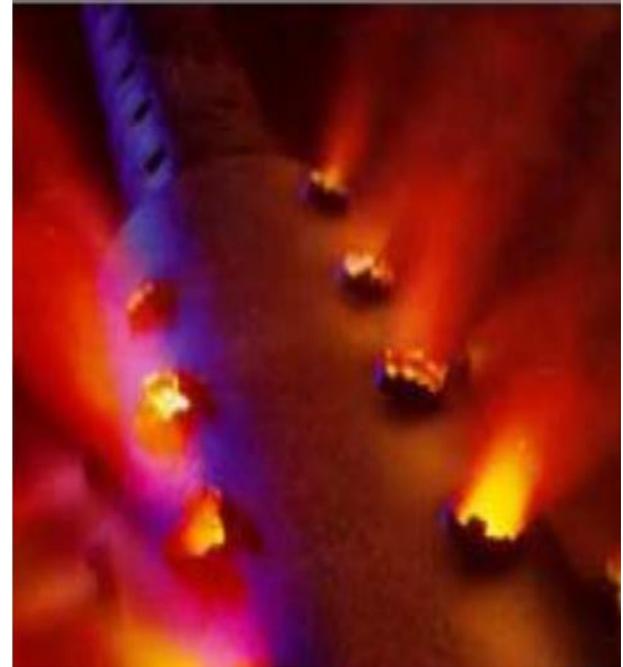


Disparo con presión inversa de 3000 lpc



Tipos de Cañoneo

- Cañoneo Tipo Bala
- Cañoneo Tipo Chorro
- Cañoneo Tipo Hidráulico



Cañoneo Tipo Bala

- Las balas son disparadas hacia el revestidor atravesando el revestimiento hasta llegar a la formación.
- El desempeño disminuye sustancialmente al incrementar la dureza de las formaciones, del revestidor y cemento de altas consistencias.
- Es poco utilizado en la actualidad, pero se utiliza en formaciones blandas o resquebrajadas



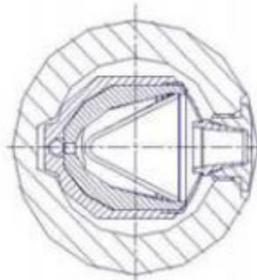
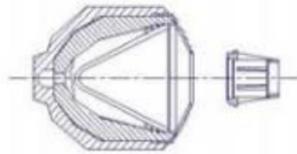
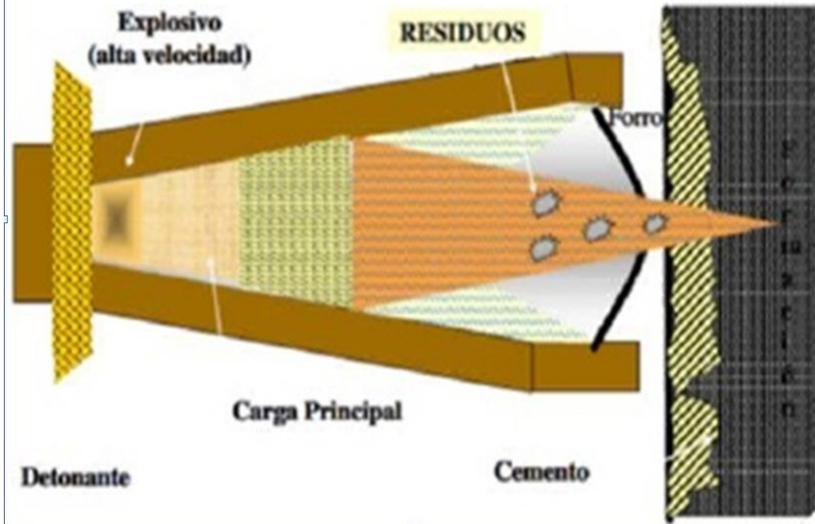


Cañoneo Tipo Chorro

- Involucra el uso de explosivos de alta potencia y cargas moldeadas con una cubierta metálica.
- Es la técnica de cañoneo mas utilizada en la actualidad, mas del 95% de las operaciones de cañoneo utiliza este método.
- Es un sistema muy versátil:
 - Las cargas son seleccionadas para los diferentes tipos de formación.
 - Los cañones pueden ser bajados simultáneamente dentro del pozo, utilizando guayas eléctricas, guaya mecánica, tubería de producción o coiled tubing.



Cañón tipo Chorro



Cañoneo Tipo Hidráulico

- Utiliza altas presiones de fluido (algunas veces con arena) para abrir agujeros a través del revestidor, cemento y formación.
- Los fluidos son bombeados a través de la tubería, con un arreglo de orificios direccionados a la pared del revestidor.
- La tubería es manejada para realizar agujeros, canales e inclusive cortes completos circunferenciales del revestidor.
- El chorro presurizado lanzado hacia la formación, deja túneles limpios con muy poco daño.
- Los agujeros son creados uno a la vez
- Tiene la desventaja de ser un sistema lento y muy costoso



Tipos de Cañones

- Cañones recuperables
- Cañones Semi-recuperables
- Cañones Desechables o No recuperables



Cañones Recuperables

Consisten en un tubo de acero en el cual se fija la carga moldeada. Este tubo se sella a prueba de presión hidrostática, de modo que la carga esta rodeada de aire a presión atmosférica.

Cuando se detona la carga, las fuerzas explosivas expanden el tubo ligeramente, pero este se puede sacar fácilmente.



Ventajas	Desventajas
No dejan residuo en el pozo	Son más costosos que los otros tipos de cañones
No causan deformación de la tubería revestimiento	
Son seguros desde el punto de vista operacional, porque los componentes explosivos están completamente encerrados	Su rigidez limita la longitud de ensamblaje, especialmente para cañones de gran diámetro
Se pueden operar a grandes profundidades y a presiones relativamente altas	
Puede hacerse selectividad de zonas con su uso	En cañones pequeños, se limita la cantidad de explosivos que puede ser utilizada, debido al tamaño de la carga. Por lo tanto, se reduce la penetración que se puede alcanzar con este cañón
Poseen buena resistencia química	



Cañones Semi-recuperables

Constan de un fleje recuperable de acero o alambredonde van montadas las cargas. Éstas se encuentran recubiertas de cerámica o de vidrio, y los desechos después de la detonación se parecen a la arena o grava. Soportan la presión y desgaste, y las cubiertas de cerámica son resistentes a las sustancias químicas.



Cañones Desechables o No recuperables

Consisten en cargas cubiertas, selladas a presión, individualmente, fabricadas por lo común de un material perecedero, tal como: aluminio, cerámica, vidrio o hierro colado. Cuando la carga se detona, fragmenta la cubierta en pequeños pedazos. Estos desechos quedan en el pozo.



Ventajas	Desventajas
Son dispositivos ligeros y flexibles	Los cañones no recuperables no son selectivos.
Su paso a través de tuberías de diámetros pequeños es generalmente sencillo. Por esta razón, es posible usarlos en pozos ya completados o en tuberías con empacaduras de prueba.	En caso de que se rompa el cable, la pesca del cañón se hace difícil. Los desechos quedan en el pozo, total o parcialmente.
Facilitan las operaciones de cañoneo en trabajos de aislamiento y cementación de intervalos.	Por lo general, la longitud máxima del cañón está limitada a 30 pies.
Permite el cañoneo bajo balance y con mayor seguridad en pozos con elevadas presiones de fondo.	En pozos desviados, algunas veces se presentan problemas para bajar el cañón a profundidad máxima. El revestidor debe absorber toda la onda expansiva causada por los disparos.



Evolución del cañoneo



Evolución de las tecnologías en el tiempo

Luego de 1932 se empezarían a utilizar perforadores tipo bala

Antes de 1926 se utilizaban cortadores mecánicos para realizar huecos en la tubería

A partir de 1958 se introdujo la perforación por chorros de agua

En la actualidad se utilizan detonaciones de explosivos con carga



Cortadores mecánicos – antes de 1926

En el pasado el cañoneo consistía simplemente en orificios realizados en el acero del revestidor con cortadores mecánicos, antes del año 1926.



1932 – Cañoneo con Bala



Son balas disparadas hacia el revestidor para penetrarlo junto con el cemento y la formación, es un método que pierde eficiencia a medida que la formación tenga mayor dureza y, en cementos y tuberías muy resistentes.



Cañoneo con chorros de fluidos a alta presión

Los fluidos son bombeados a través de tubería con orificios direccionados

Los orificios son hechos de a uno y dejan túneles limpios

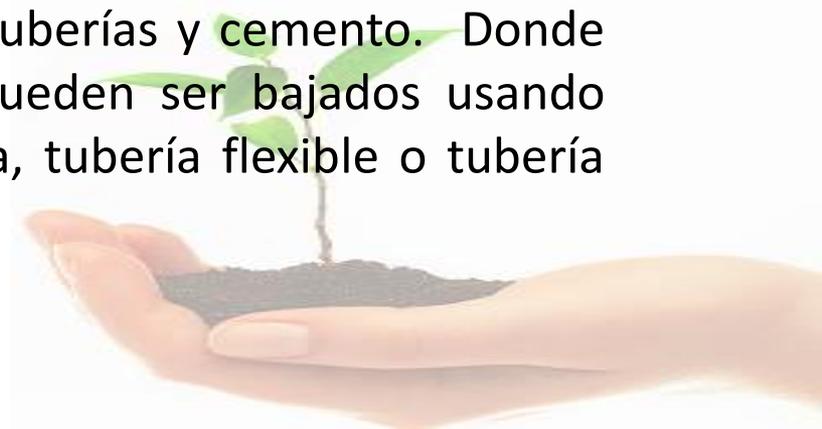
Es un sistema lento y costoso

Actualidad – Cañoneo con cargas moldeadas



- Es un arreglo de explosivos con carga que son detonados desde superficie para irrumpir hasta la formación. Actualmente se utilizan cargas moldeadas con cubierta de metal y explosivos de alta potencia. Este método es utilizado en el 95% de las operaciones de cañoneo.

Es un método muy versátil ya que permite seleccionar las cargas para diferentes formaciones, tuberías y cemento. Donde los cañones pueden ser bajados usando guaya eléctrica, tubería flexible o tubería de producción



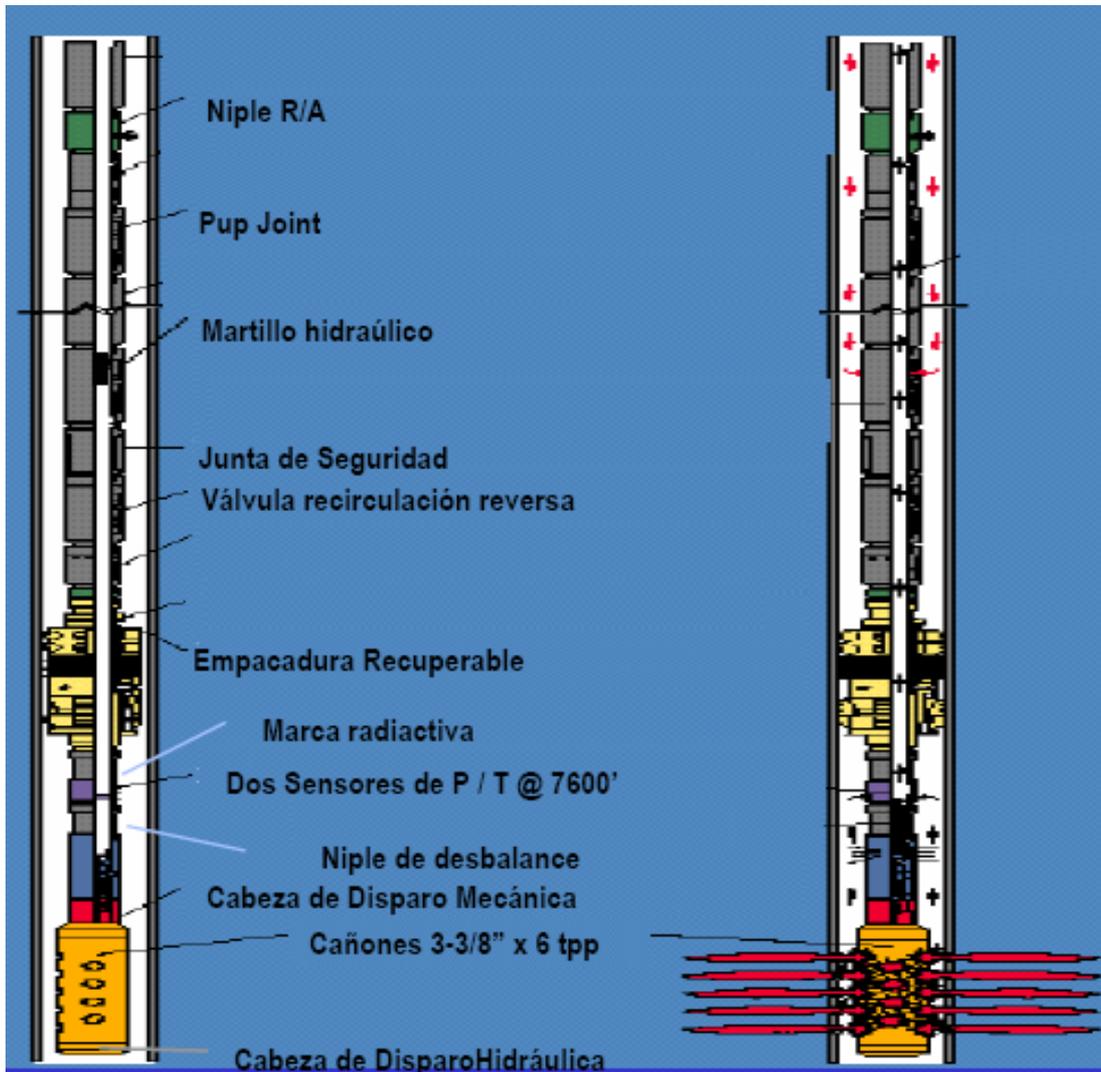
Nuevas Tecnologías de Cañoneo



Técnica TCP bajo-balance

- TCP debe ser operado con una presión de bajo-balance.
- Permite eliminar el daño creado por la perforación, la cementación y el cañoneo,
- Con este sistema se logran orificios profundos y simétricos.
- Grandes intervalos pueden ser perforados simultáneamente en un mismo viaje dentro del pozo.



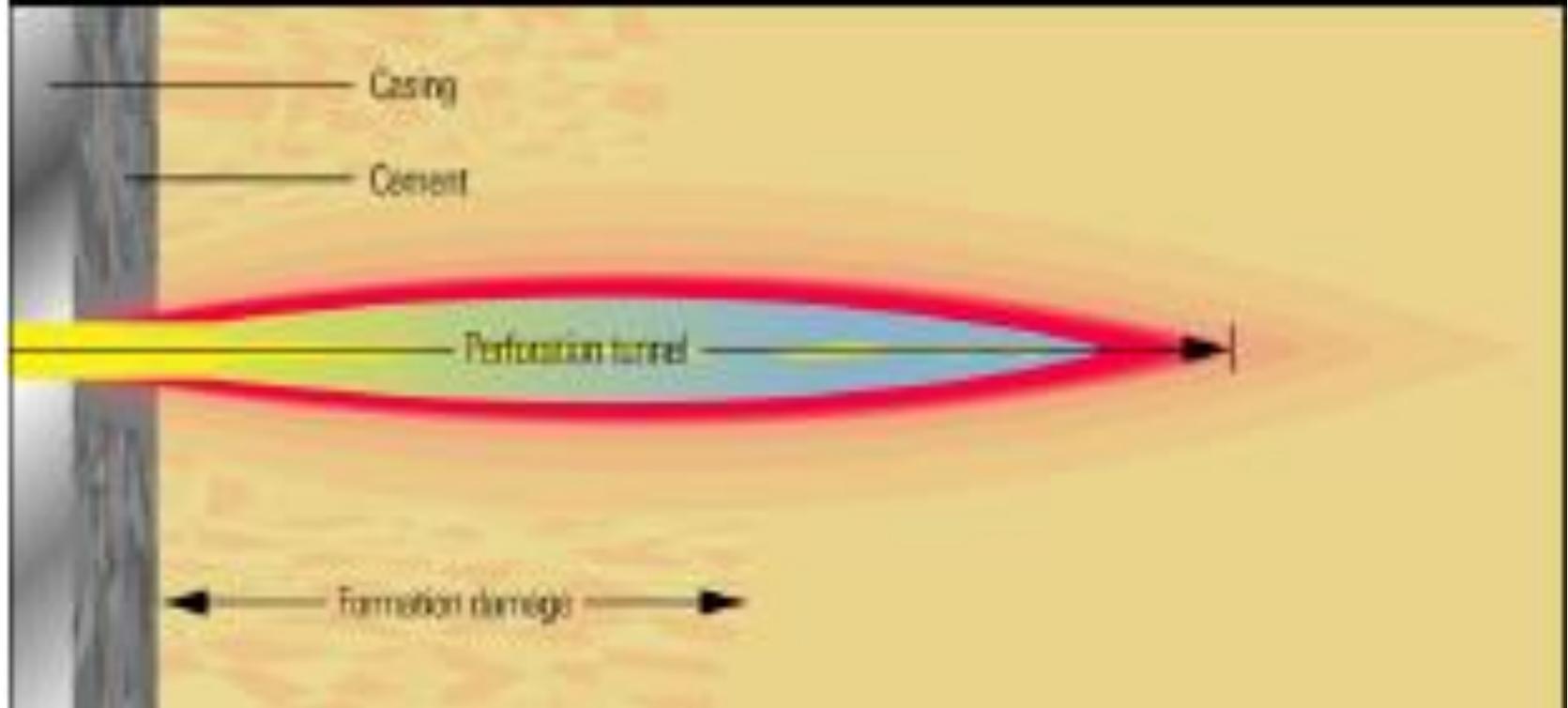


Técnica PURE

- El sistema PURE de perforaciones limpias es mucho más efectivo que los métodos convencionales de perforación con bajo-balance, logrando perforaciones limpias, incrementado productividad e inyectividad en los pozos
- Utiliza operaciones de disparos diseñadas a la medida de las necesidades.



The PURE system removes the damage caused by the perforation process.



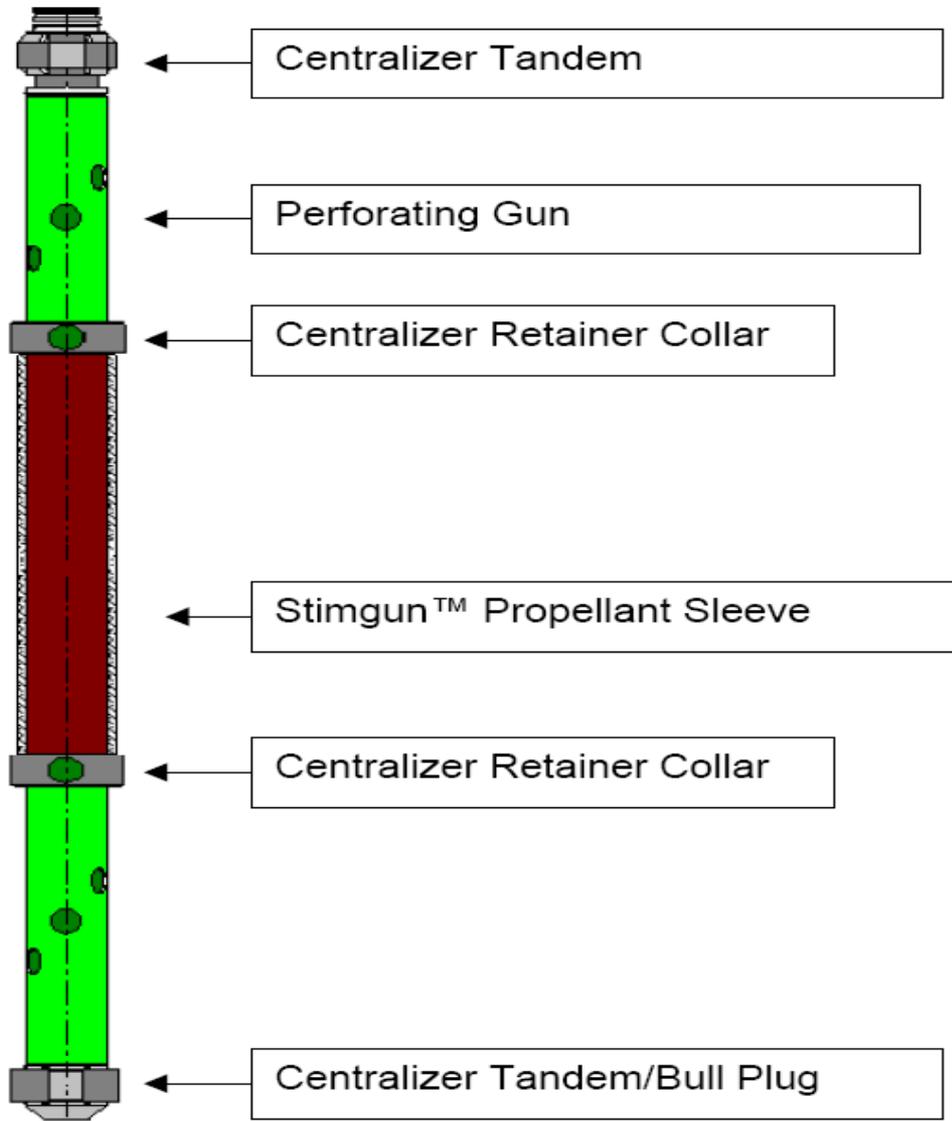
- Reduce presión dinámica en el pozo: reduce la onda de choque en el pozo.



Técnica TCP propelente

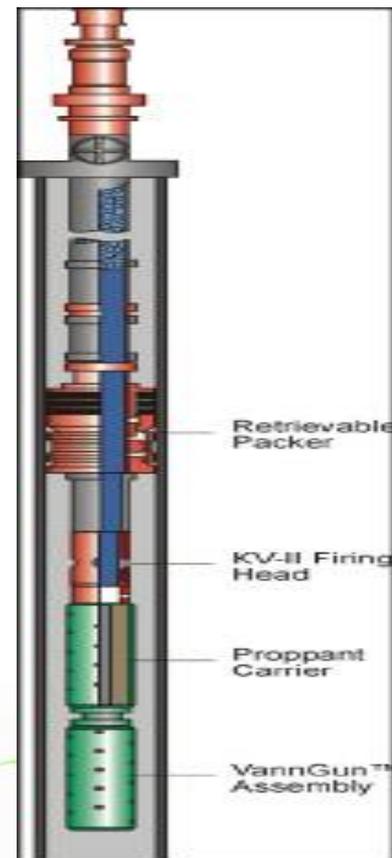
- La camisa propelente está expuesta directamente al agujero y no es tan resistente como el mismo tubo de cañón
- Para formaciones consolidadas la cantidad de propelente es menor que para formaciones no consolidadas, por la facilidad que tiene de expandirse. El propelente se puede usar en pozos inyectoros.





Técnica TCP extremo sobre balance

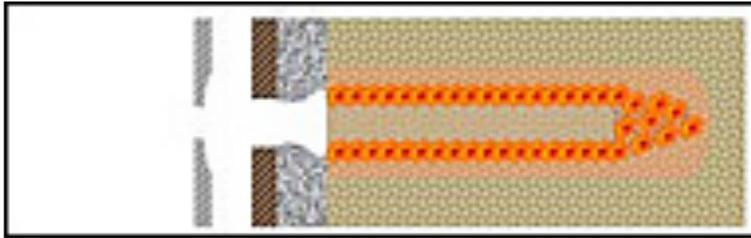
- En muchas formaciones, la presión remanente del reservorio o bajo-balance es insuficiente para limpiar efectivamente las perforaciones.
- La perforación EOB también proporciona fracturas en las formaciones en preparación para otros métodos de estimulación, por lo tanto, elimina la necesidad por los métodos convencionales de fracturamiento.



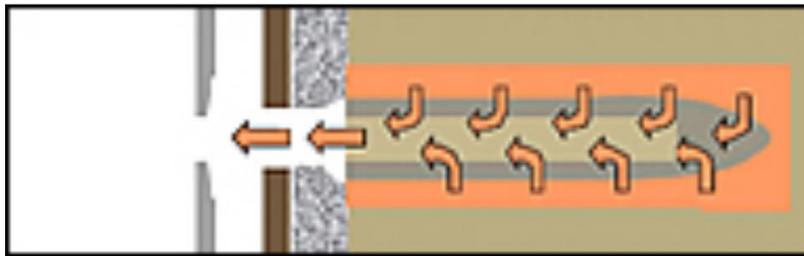
Carga CONNEX

- Sistema de cañoneo de alto desempeño
- Carga Moldeada Reactiva, que perfecciona la geometría del túnel de la perforación durante el cañoneo, mejorando su rendimiento
- La carga genera una reacción secundaria dentro del túnel de la perforación durante el evento de cañoneo gracias a la metalurgia utilizada en el liner y al diseño propio de la carga.
- Tecnología ofrecida por ASIC





Reacción Secundaria de una Carga

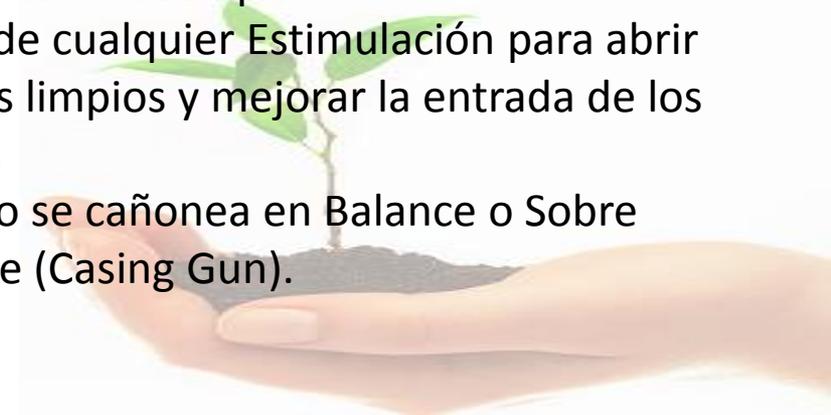


Desperdicios y Roca Triturada



La ventaja que puede esperarse al utilizar la carga CONNEX es su capacidad de crear túneles limpios, sin establecer desbalance de flujo en el pozo; y es probable, ser la aplicación más valiosa para los siguientes escenarios:

- Pozos con Baja Presión de Fondo Fluyente y Presión de Yacimiento. (Alto Drawdown)
- Pozos con Perforaciones Existentes Abiertas, donde la longitud del área dañada es alta.
- Pozos con daños por la invasión de los fluidos durante la perforación del hoyo, la cementación.
- Intervalos que requieren ser fracturados para mejorar el perfil de flujo.
- Intervalos con Permeabilidad Variable en la Roca, alta Anisotropía.
- Antes de cualquier Estimulación para abrir túneles limpios y mejorar la entrada de los fluidos
- Cuando se cañonea en Balance o Sobre Balance (Casing Gun).



Explosivos

- Los explosivos utilizados en el cañoneo están expuestos a las temperaturas de fondo y tienen un tiempo de vencimiento que depende de la temperatura.
- Los explosivos suplen la energía necesaria para realizar una penetración efectiva en el revestidor, cemento y formación.
- Actúan rápidamente, produciendo una explosión caracterizada por la producción de una onda de alta velocidad.

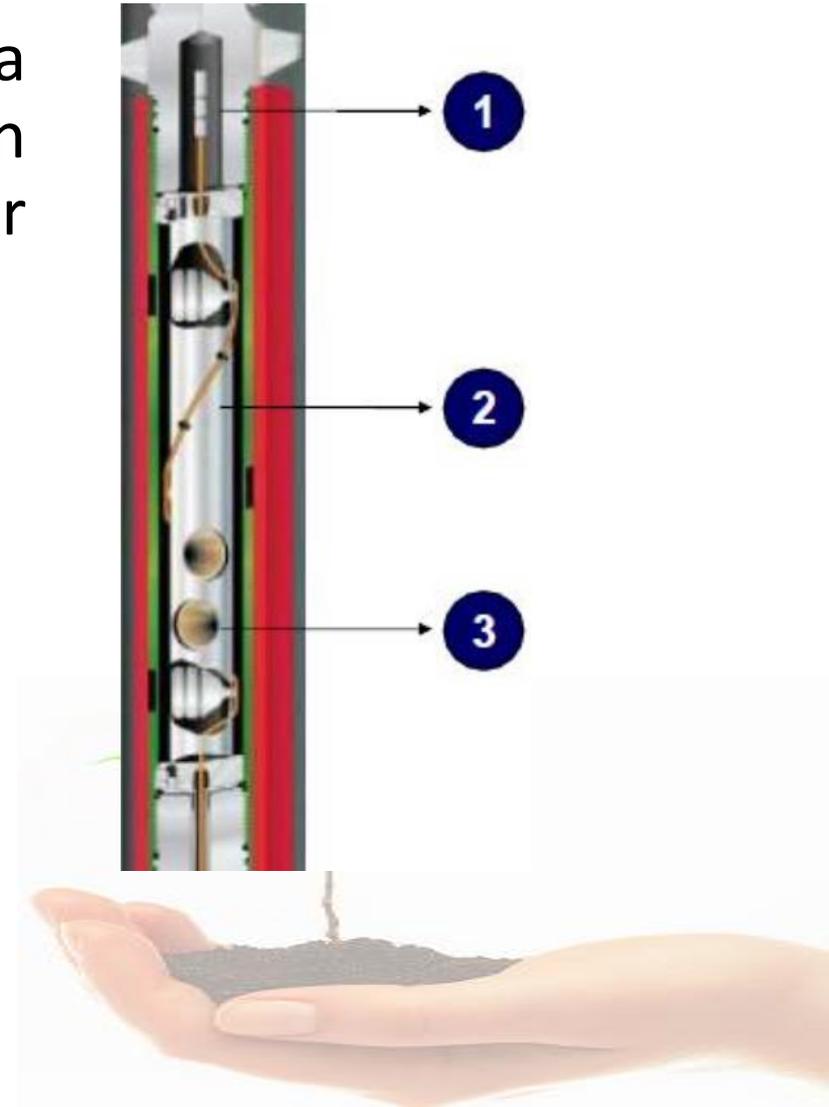


Tren de Explosivos

La secuencia de explosión consta de varios dispositivos que son utilizados para iniciar y extender la detonación de los cañones.

Esta conformada de la siguiente forma:

1. Detonador o Iniciador
2. Cordón detonante
3. Carga explosiva moldeada



Detonador o Iniciador

El detonador inicia el proceso explosivo. El explosivo del cordón detonante deberá estar en contacto con el explosivo del detonador. El iniciador puede estar localizado encima o debajo de los cañones. Existen dos tipos en la aplicación de la Industria petrolera:

- Detonadores eléctricos: los detonadores eléctricos son utilizados para cañones transportados con guaya eléctrica. Hay sensibles al fluido y no sensibles.
- Detonadores de percusión: los detonadores de percusión son utilizados para cañones transportados con tubería. Los impactos con el pin de disparo causan la detonación, de 5 a 7ft-lb. Estos detonadores no son sensibles a corrientes eléctricas.



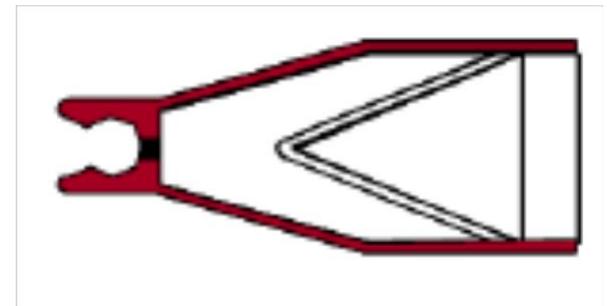
Cordón Detonante

- Es un cordón plástico o metálico que cubre el núcleo, el cual es un explosivo secundario.
- Consiste en un sistema de conexiones que permite la transmisión del iniciador a las cargas huecas.
- Permite la detonación a lo largo del eje cañón.



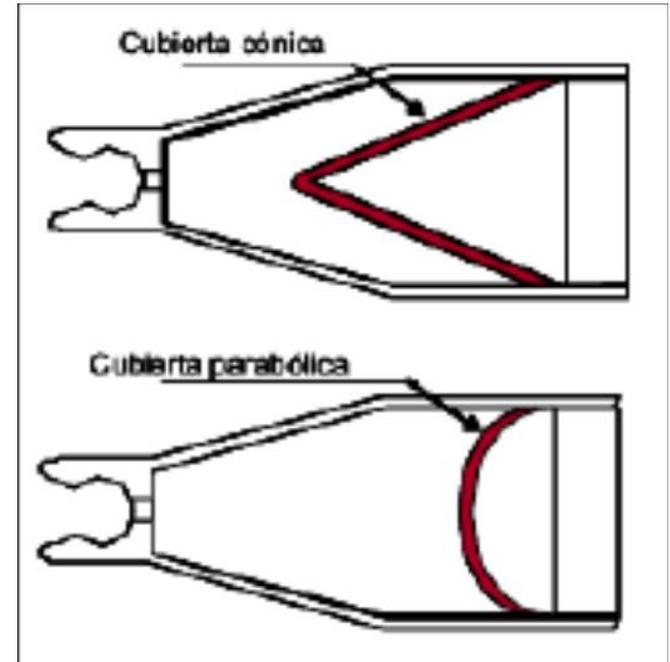
Cargas Moldeadas

- Carcasa de la carga: permite alojar los otros componentes de la carga. Debe soportar altas presiones y temperaturas. Son generalmente fabricadas de zinc o aceros suaves. Las carcadas de zinc se quiebran en pequeñas partículas solubles en ácidos, que también se pueden hacer circular hacia fuera. Las carcadas de acero se fragmentan en trozos grandes que se mantienen en el tubo transportador.



Cargas Moldeadas

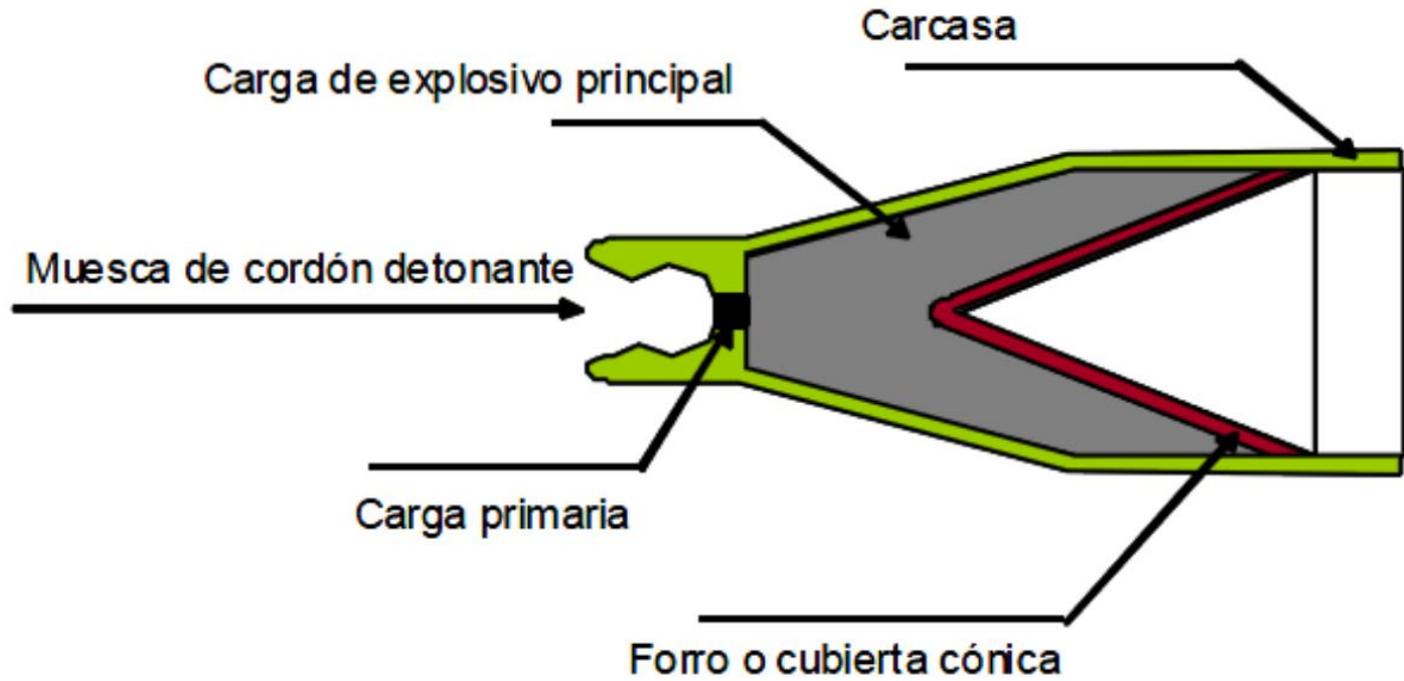
- Cubierta (liner): el material de la cubierta puede ser presionado o sólido. La cubierta puede tener forma cónica o parabólica. La forma cónica es usada en cargas para obtener penetraciones profundas, perforaciones largas. La forma parabólica es usada en cargas para producir hoyos grandes, perforaciones de diámetros grandes



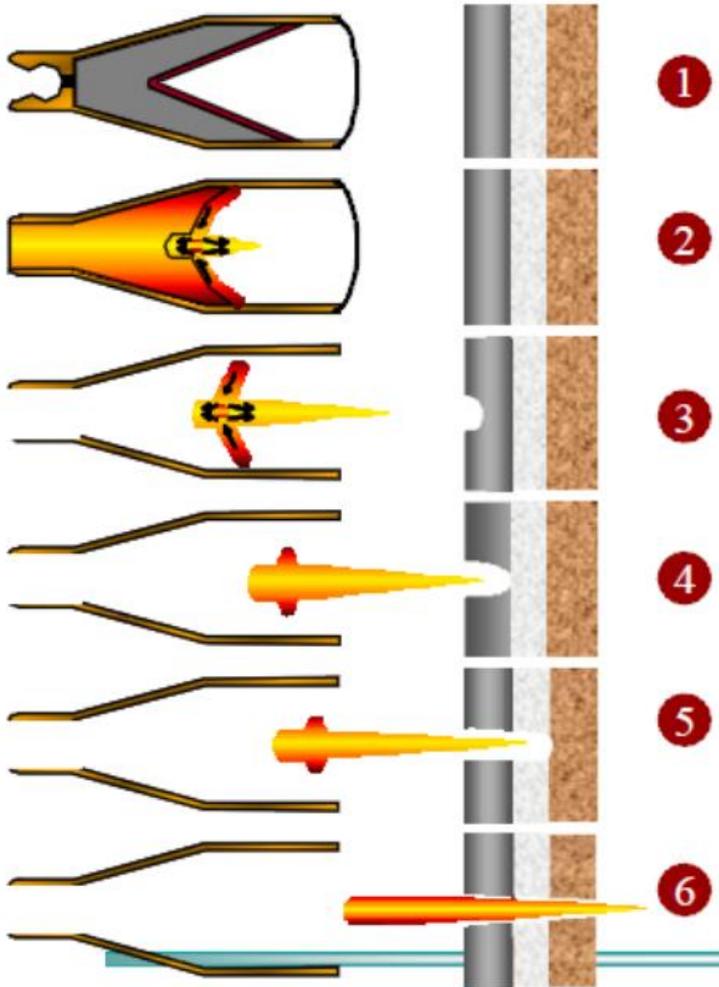
Cargas Moldeadas

- Explosivo principal: el explosivo principal es el que provee la energía necesaria para producir el chorro. El rendimiento de la carga depende en gran proporción de la clase, forma, masa, distribución y velocidad de detonación del explosivo principal. El explosivo es usualmente suplido con una cera sobre los granos, la cual, reduce la sensibilidad del explosivo y lo hace más seguro de manejar



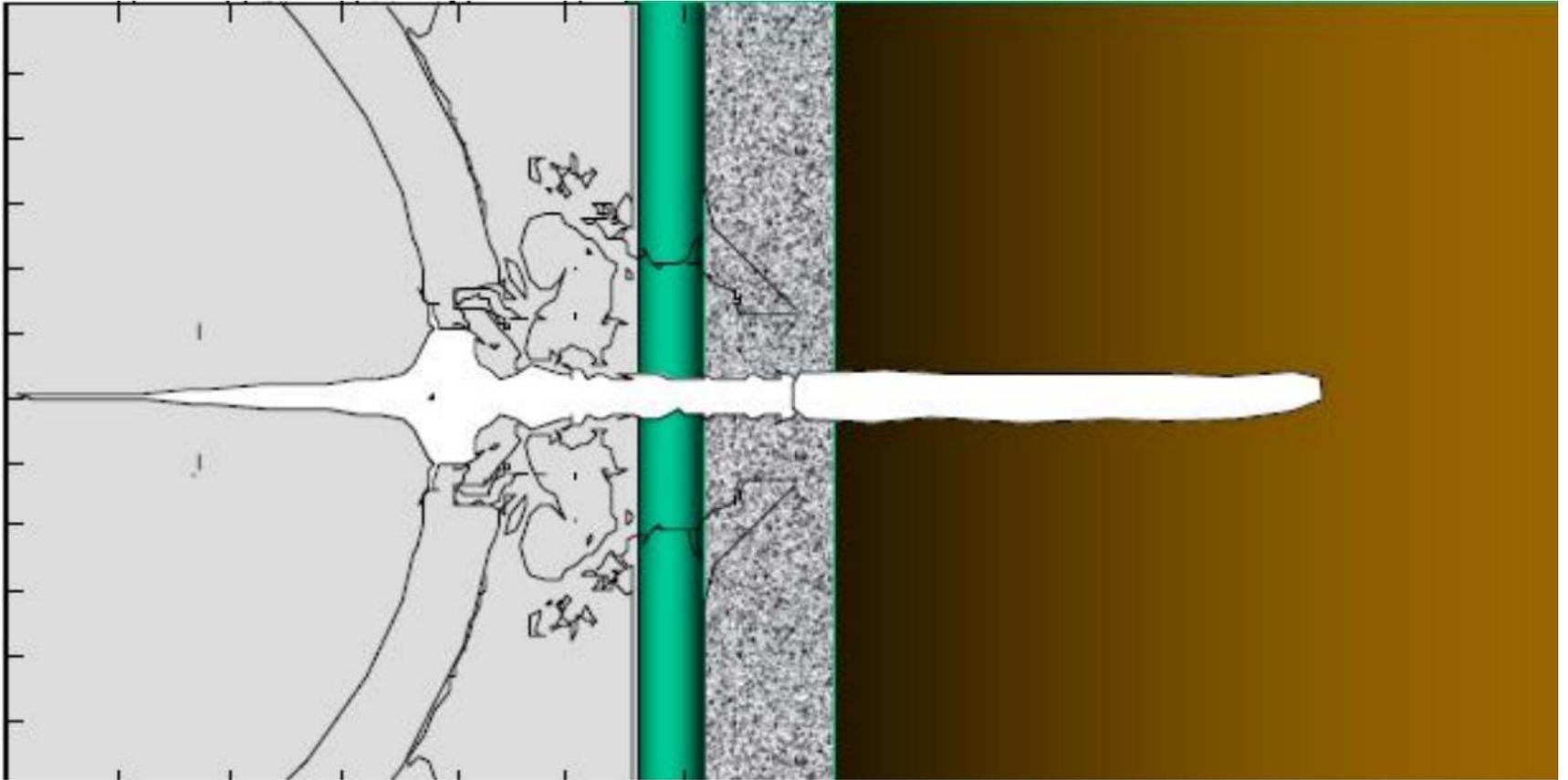


Proceso de Cañoneo



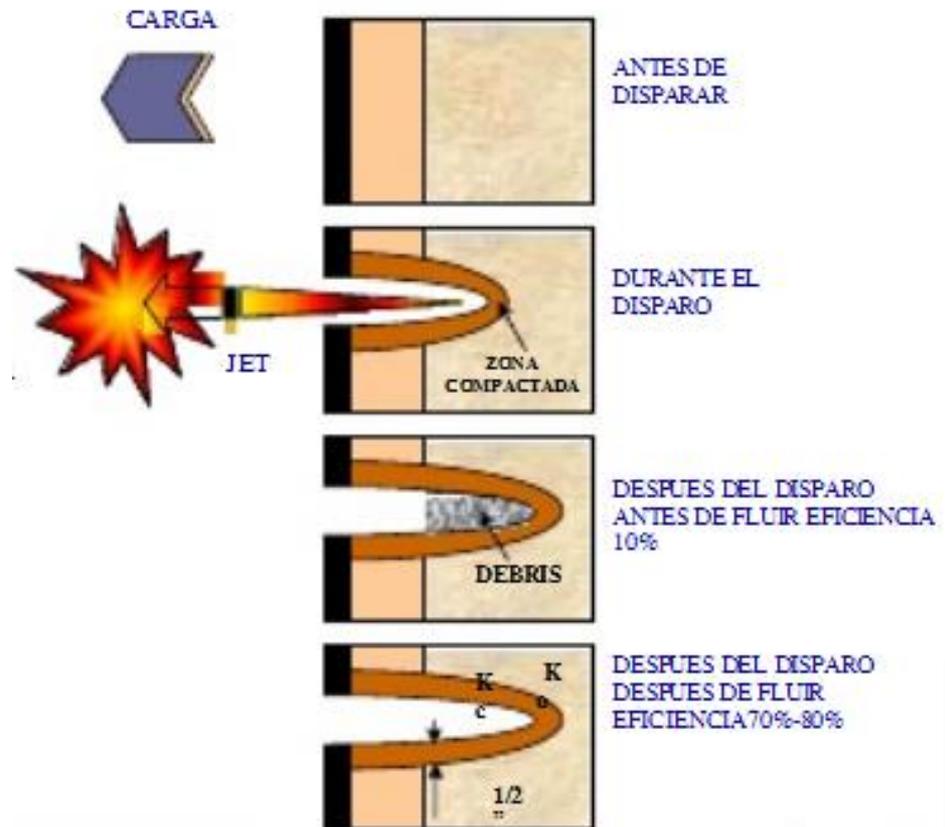
1. Carga sin detonar
2. La carga se detona. La carcasa se expande. El liner comienza a colapsarse
3. Se forma un chorro de alta presión de partículas de metal fluidizado. La onda de presión viaja a 8000 ft/s y 7 millones de psi.
4. El chorro se desarrolla mas. La presión hace que la velocidad aumente a 23000 ft/s.
5. El chorro se elonga porque la parte posterior viaja a una velocidad menor (3000 ft/s).
6. La penetración se logra mediante una presión de impacto elevada; 3-5 millones de lpc en el revestidor y cerca de 300.000 lpc en la formación.





Zona de Daño

- En el proceso de cañoneo se genera un daño a la roca dentro del túnel perforado, la zona que ha sido alterada se denomina **ZONA DE DAÑO**.
- La zona de daño generalmente tiene un espesor de $\frac{1}{4}$ " ;este espesor no es uniforme a lo largo del túnel ya que se genera mayor daño en la entrada del túnel debido al gran impacto de presión.
- En la zona de daño la permeabilidad disminuye entre el 80% y el 90% con respecto de la permeabilidad en la zona virgen.



Zona de Daño

ZONA VIRGEN ANTES DEL CAÑONEO
(K Virgen)

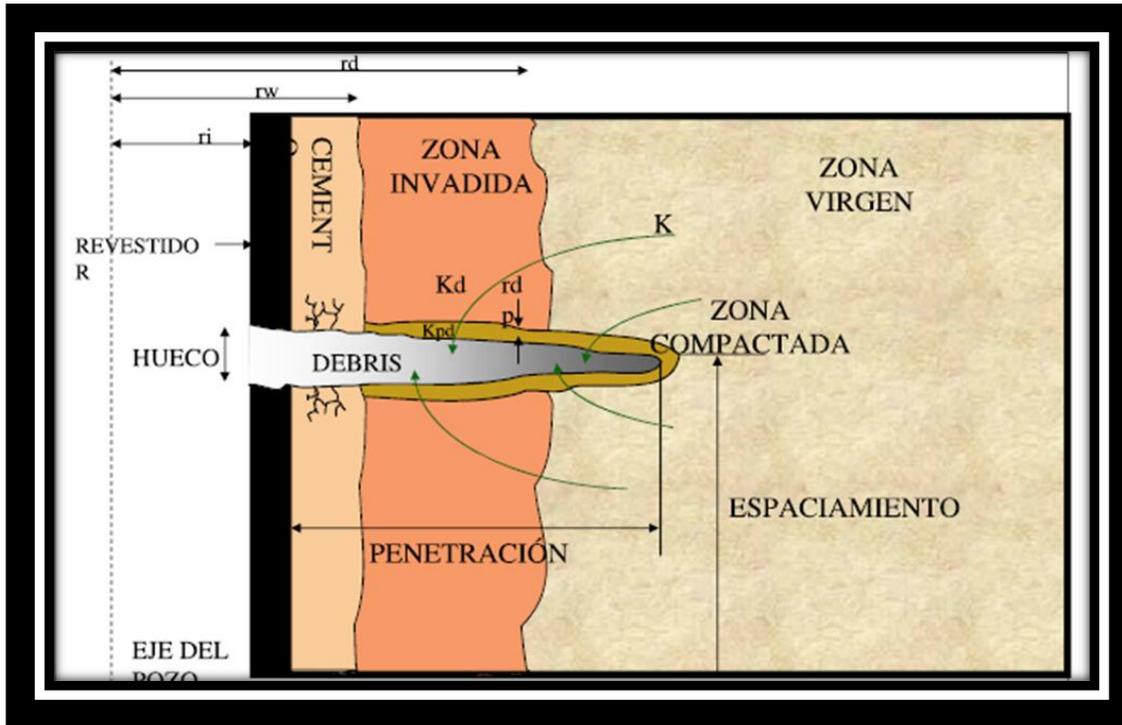


Zona de Daño

ZONA COMPACTADA DESPUES DEL CAÑONEO.
Permeabilidad Reducida hasta en un 70%.



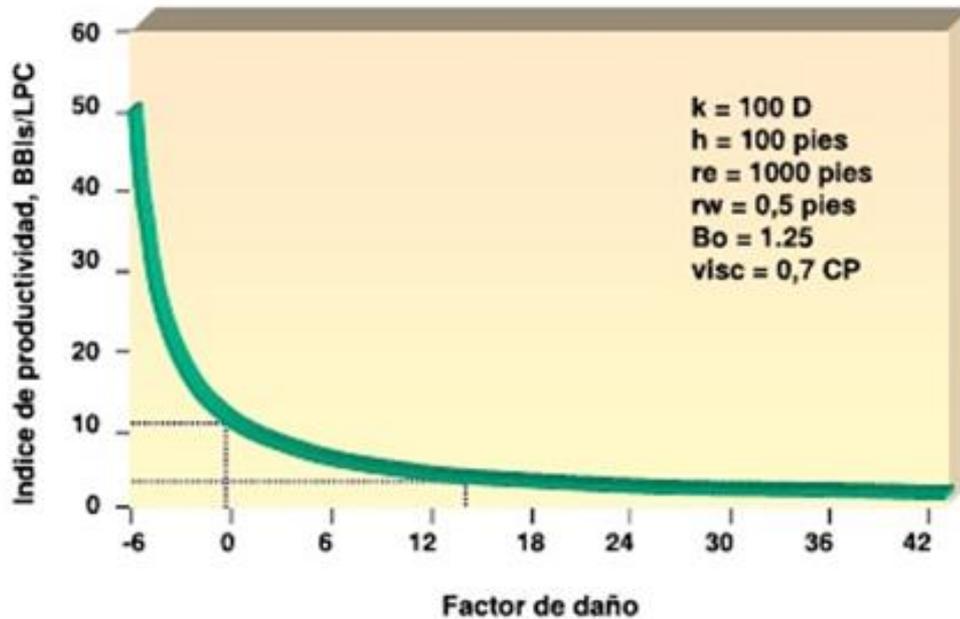
Zona de Daño



El daño puede comprender tres elementos: una zona triturada, la migración de las partículas finas de la formación y la presencia de detritos dentro de los túneles de disparos.



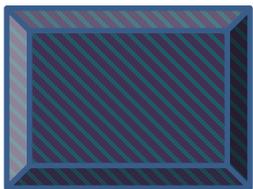
Factor de daño en la producción



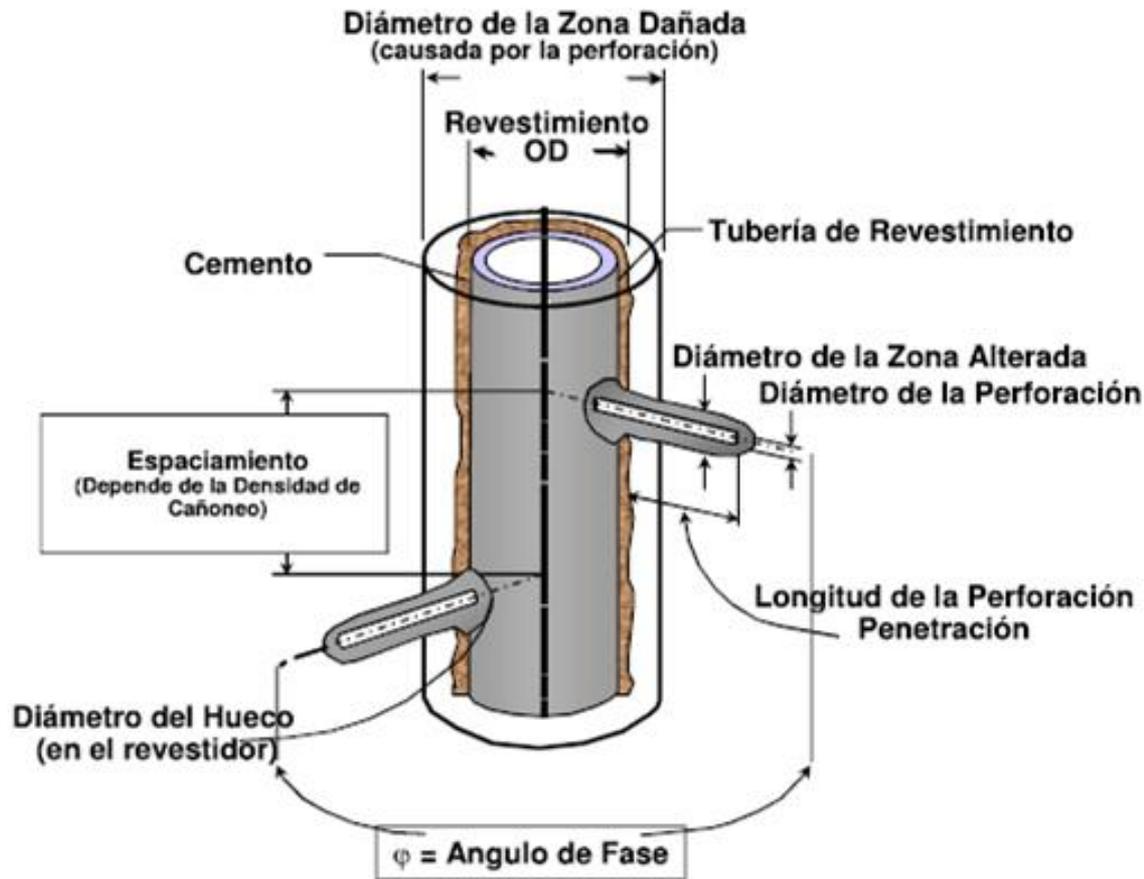
Zona de Daño

Existen varias técnicas para solucionar las consecuencias de la zona de daño:

- Cañoneo Bajo balance
- Lavado en las perforaciones
- Cañoneo sobre balance extremo
- Pozo presurizado con N₂
- Cargas con propelentes
- Nuevos diseños de cargas

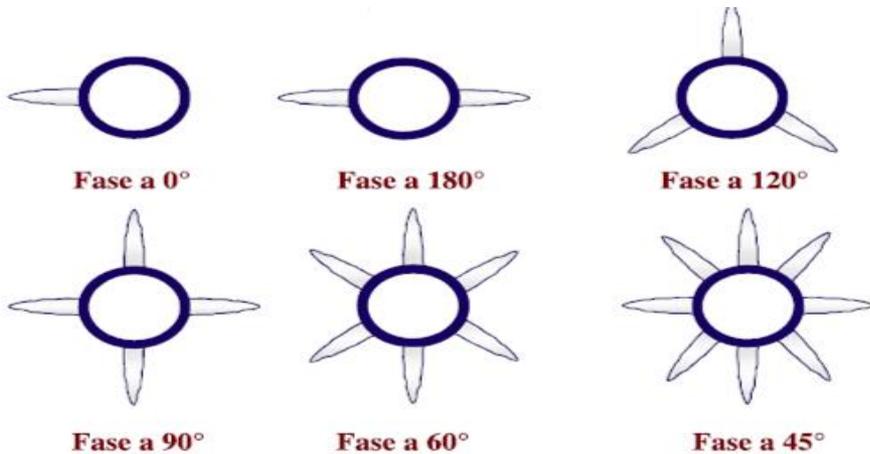


Geometría de la Perforación



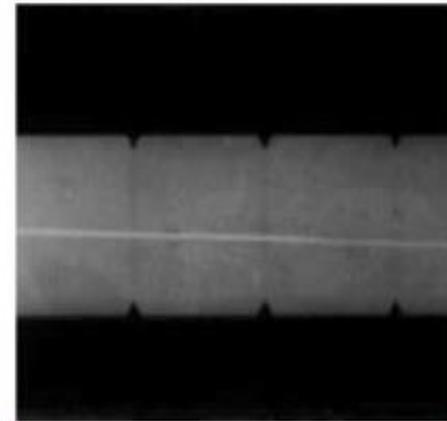
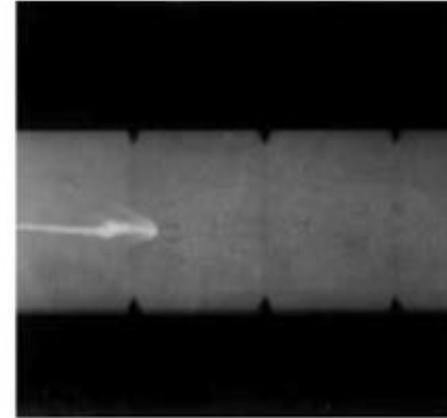
La fase

La fase de un cañón de perforación es la dirección en la cual las cargas son disparadas con relación a los otros disparos.



Penetración

- Es la profundidad o longitud de la perforación realizada por la carga.
- Usualmente se mide siguiendo el método API (API RP43 Standard Procedure for Evaluation Well Perforators)
- Las perforaciones deben extenderse algunas pulgadas dentro de la formación, preferiblemente más allá de la zona que se daña a consecuencia de la invasión de los fluidos de perforación



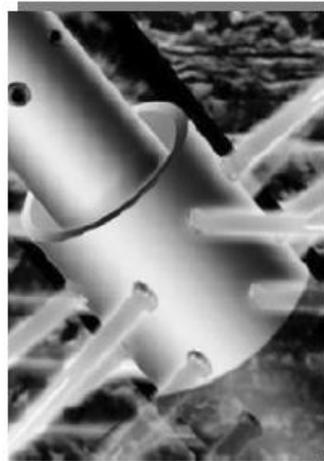
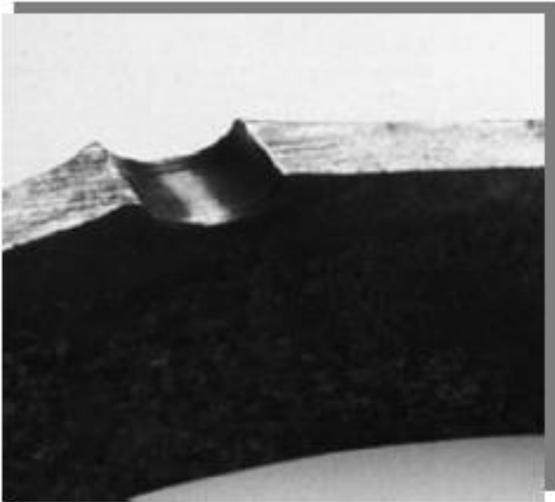
Densidad y Distribución radial de las perforaciones

- Es necesario establecer una combinación adecuada entre la penetración y el diámetro de entrada de la perforación.
- Las primeras pulgadas de penetración son las que poseen un mayor efecto en la profundidad. La influencia de la densidad del cañoneo también es notable



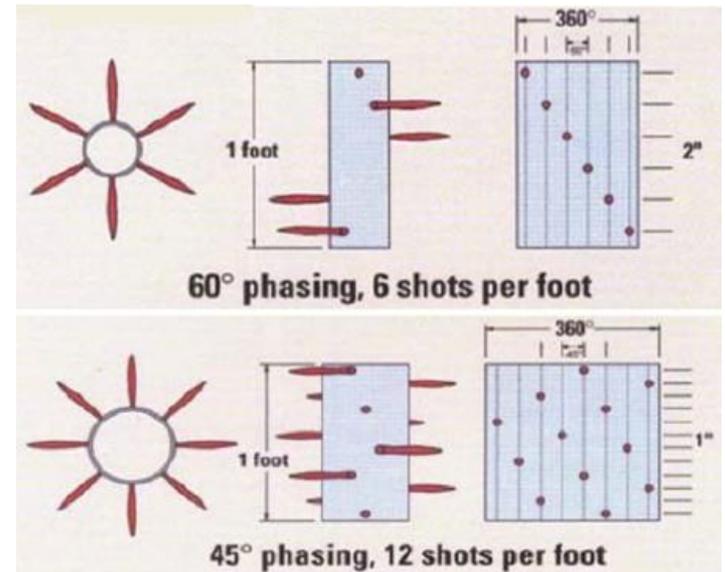
Diámetro de perforación

Representa el diámetro del agujero que se crea en el revestidor durante el proceso de cañoneo



Densidad de Disparo

- El primer paso de un “Diseño Óptimo de Cañoneo” es elegir el sistema de cañoneo más eficaz, o sea, tipo y tamaño de la carga, etc. La mayoría de las selecciones se basan en las condiciones del pozo y del yacimiento.
- Hay que elegir la densidad de disparo para: (1) reducir las reparaciones durante los primeros años de vida del pozo y (2) mantener flujo laminar a través de los orificios, y también reducir al mínimo posible el potencial de producción de arena



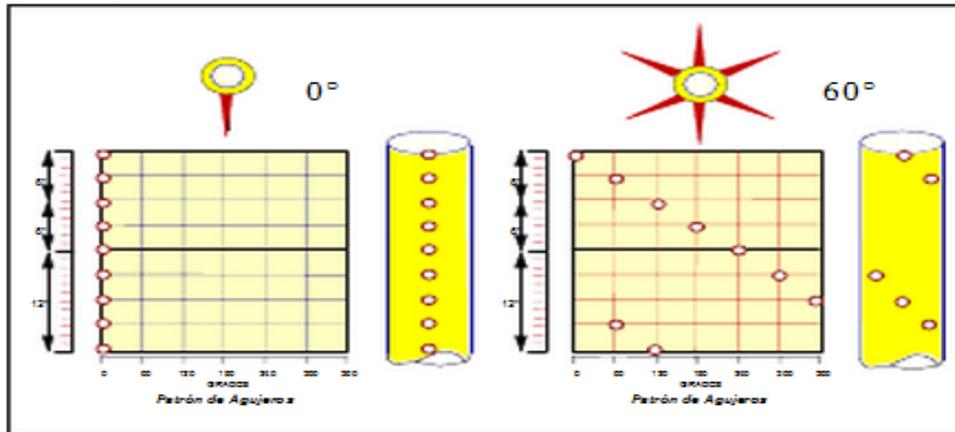


Fig. 3.- Patrón de agujeros para pistolas fase 0° y 60°

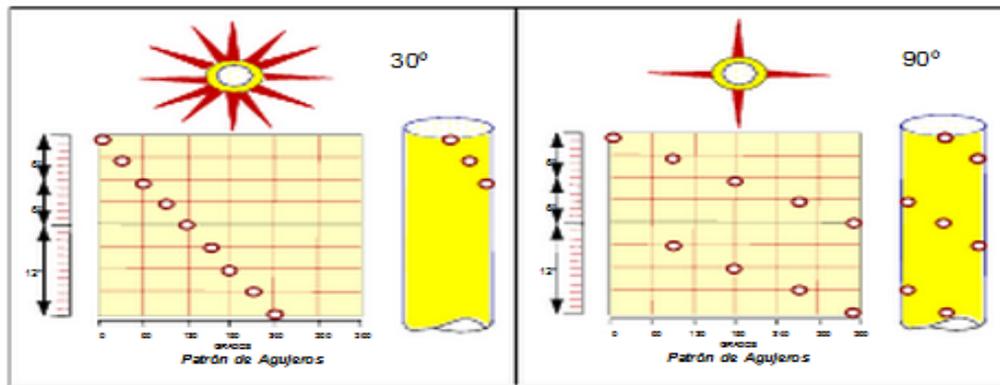
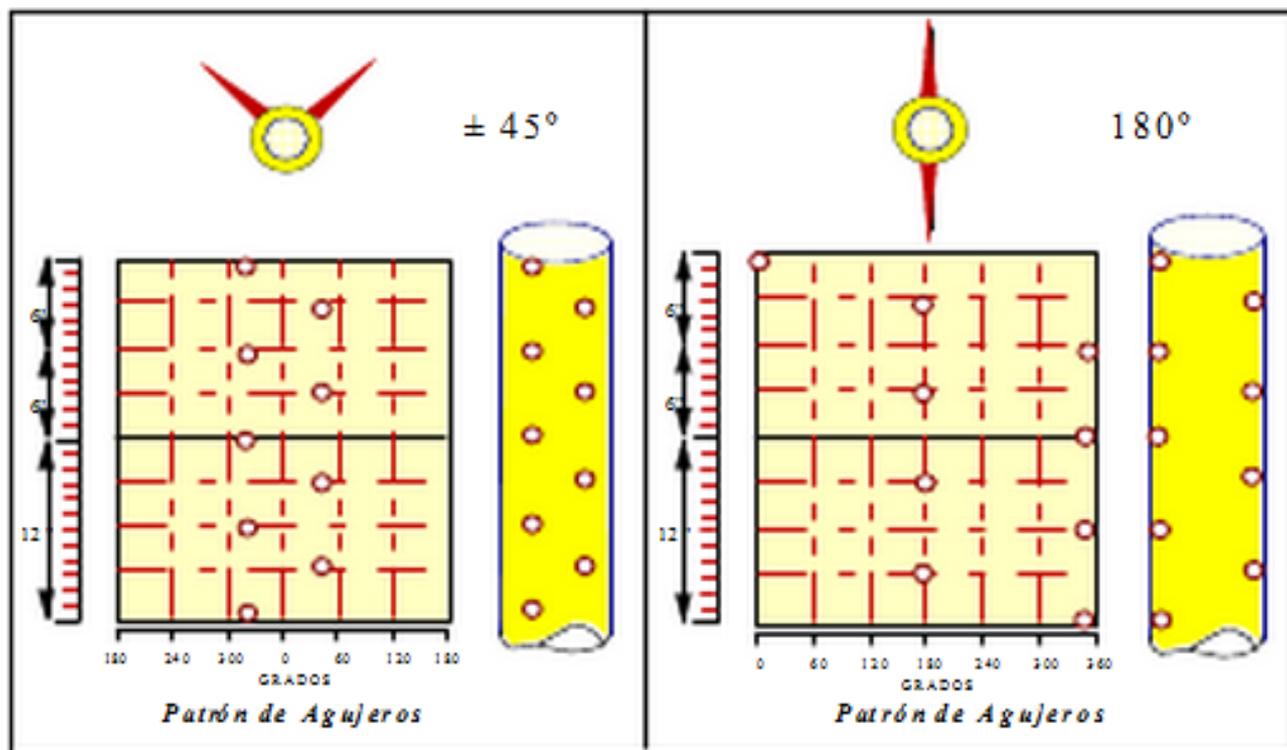
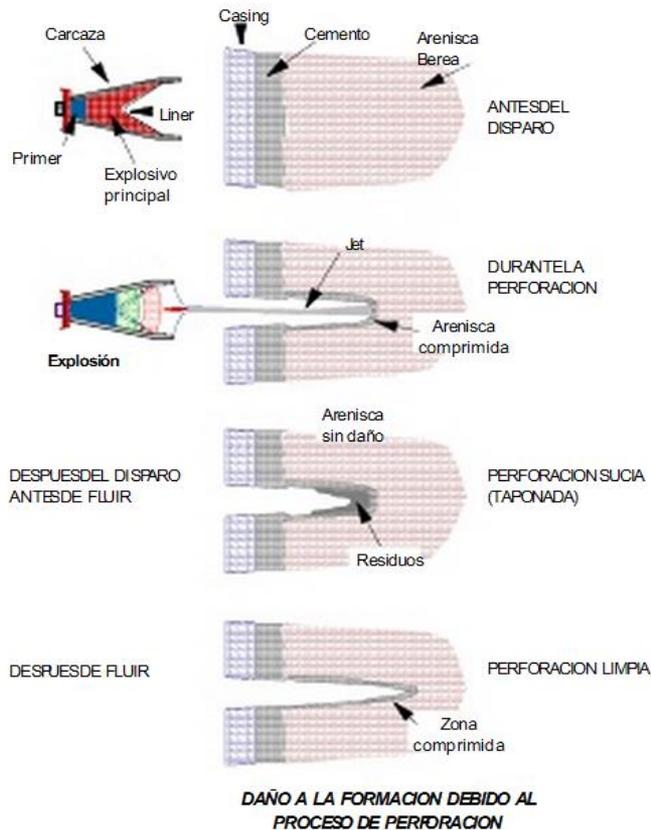


Fig. 4.- Patrón de agujeros para pistolas fase 30° y 90°





Daño generado por el disparo

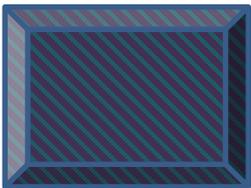


- El proceso de perforación de formaciones permeables y porosas con las cargas moldeadas crea una "película" que se opone al flujo en el agujero.
- El jet penetra la formación a alta velocidad, desplazando radialmente el material de formación, creándose una zona compactada alrededor del agujero y reduciendo la permeabilidad original.
- Para disminuir el efecto pelicular deberá incrementarse la penetración para librar la zona de daño.



Cargas de alta penetración (Deep penetrating charges, DP)

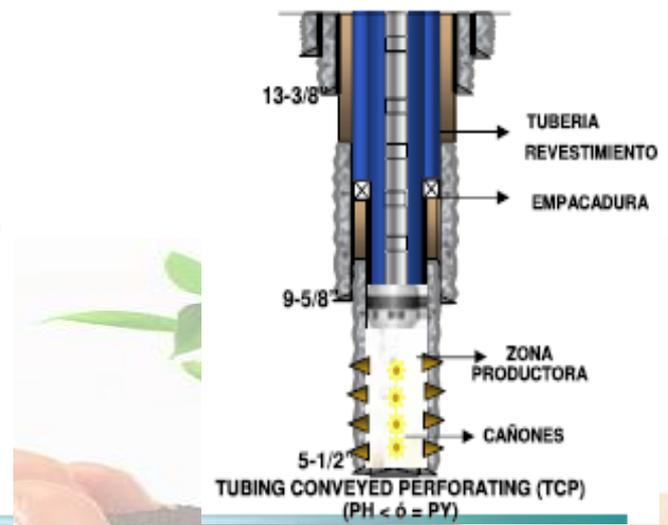
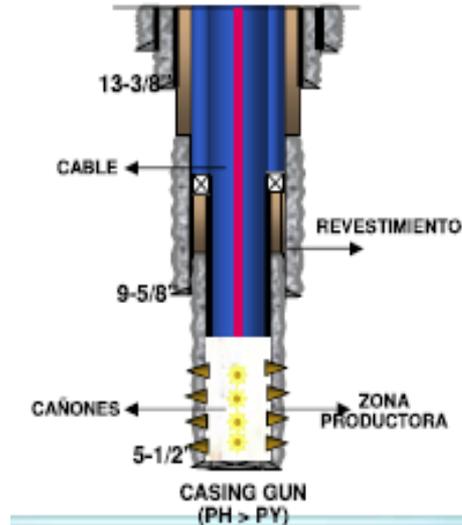
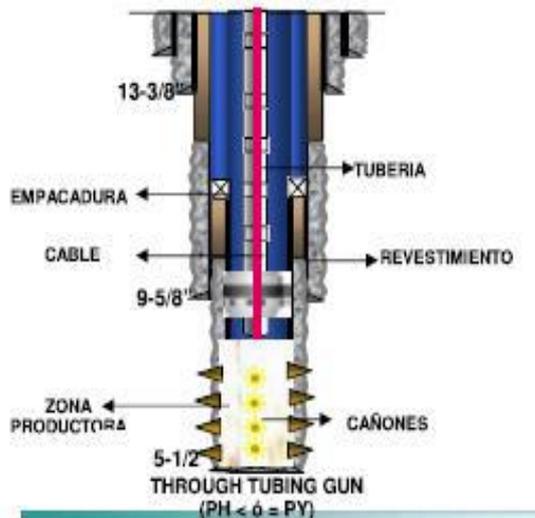
- La geometría del liner es cónica, alargada y fina (de 42 a 45°), produciendo un chorro estrecho.
- La penetración es relativamente profunda (mayor de 13 pulg.) y el diámetro del agujero es pequeño (de 3/8 pulg. a 1/2 pulg.).
- El pico de presión de colapso en la línea central alcanza unos 29 000 000 lpc.
- Las velocidades del chorro pueden ser mayores de 26 000 pies/seg.
- El 20% de la forma del liner forma el chorro de alta velocidad; el 80 % restante pasa a ser de movimiento lento.



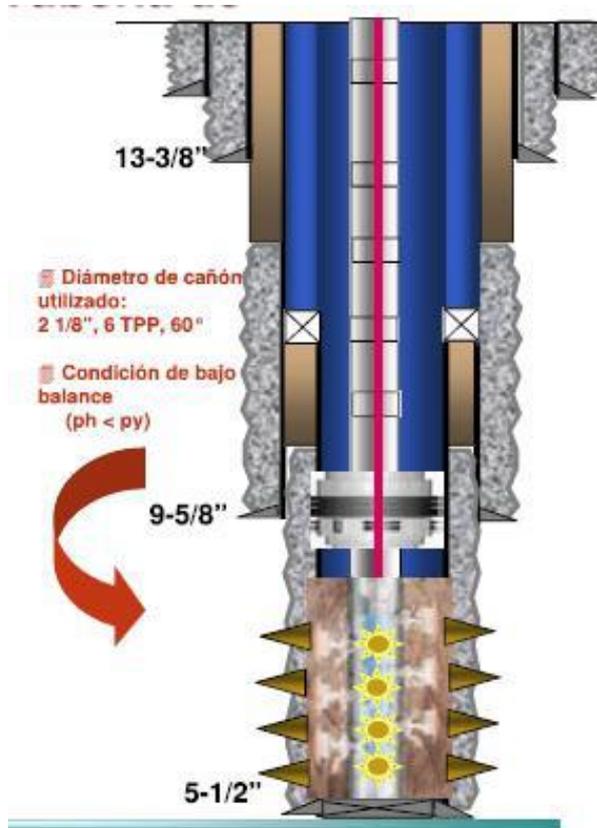
Técnicas de Cañoneo

Existen 3 tipos diferentes de técnicas de cañoneo:

- Cañones bajados a través de la tubería de producción
- Cañones bajados a través del revestidor
- Cañones bajados con tubería



Cañones bajados a través de la tubería de producción (Throug tubing)



- En este método, primero se baja la tubería con empacadura de prueba o se baja la completación final.
- Luego se crea un diferencial de presión negativo ($P_h < P_f$) y posteriormente se baja el cañón con equipo de guaya. Generalmente se usan cañones no recuperable o parcialmente recuperables.
- Los restos recuperables del cañón y la herramienta de profundidad y la guaya se recuperan usando un lubricador.



Ventajas

- Brinda seguridad durante las operaciones por tener tubería dentro del pozo
- Permite el cañoneo del pozo bajo la condición de bajo balance, lo que garantiza tener túneles cañoneados limpios de residuos de cañones.
- Disponibilidad de cañones de hasta 32 pulg de penetración y con densidades de disparos de 4 @ 6 TPP.
- Capacidad de monitorear comportamiento de producción, presiones de fondo en las operaciones de cañoneo por plataforma

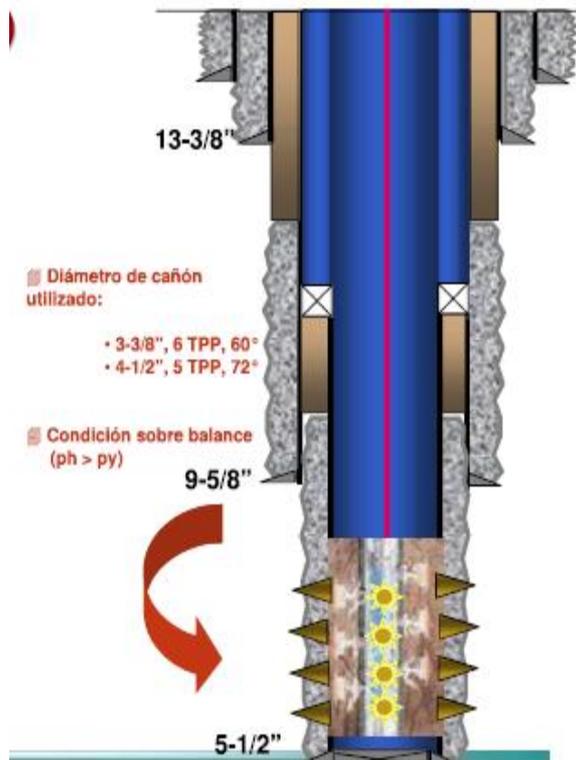


Desventajas

- Intervalos a ser cañoneados esta limitada al uso de coñones cuya longitud es menor o igual a 30 pies por corrida
- Disparo afectado por la holgura y la orientación de las cargas debido a la diferencia de diámetros entre el cañón y el revestimiento a ser cañoneado



Cañones bajados a través del revestidor



- Estos cañones se bajan a través del revestidor utilizando una cabria o equipo de guaya
- Generalmente, las cargas se colocan en soportes recuperables.
- Este tipo de cañoneo se ejecuta con diferencial de presión positivo ($P_h > P_f$), lo cual permite mantener control del pozo.



Cañones bajados a través del revestidor

VENTAJAS

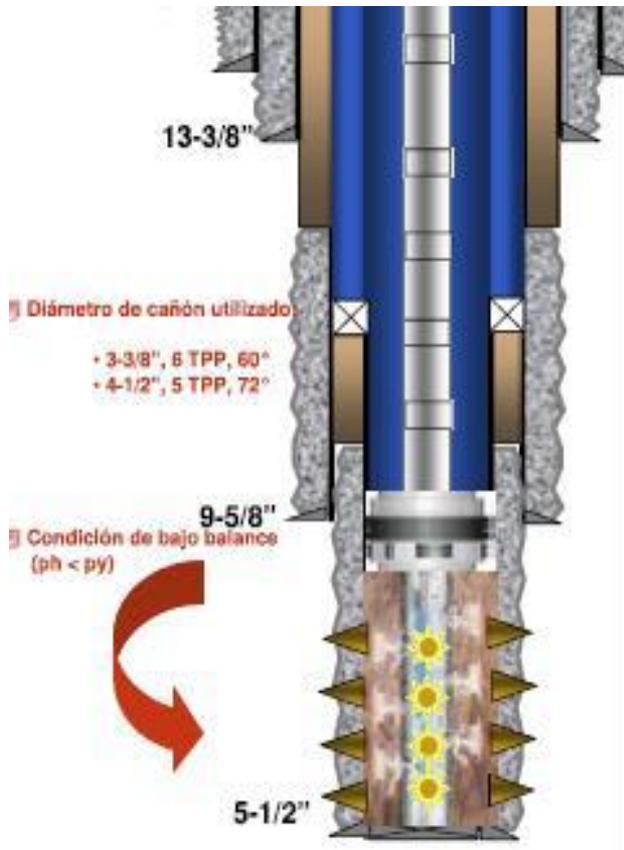
- Cañones diseñados de acuerdo al ID del revestimiento con penetración de hasta 49 pulg. Y con densidades de disparo de 4 @ 27 TPP.
- Capacidad de acuerdo a su alta capacidad de penetración a llegar a zonas no dañadas.
- Capacidad de cañonear intervalos hasta una longitud máxima de 60 pies por corrida.
- Menor tiempo de duración de las operaciones de cañoneo.

DESVENTAJAS

- Riesgo de arremetida al cañonear zonas nuevas por no existir tubería del pozo.
- Operaciones de cañoneo solamente puede realizarse con presencia de taladro en el pozo y el pozo lleno/controlado.
- Existencia de residuos de cañones en los túneles cañoneados.
- Problemas de incompatibilidad y por daño a la formación productora.



Cañones transportados con tubería (TCP)



- Se logran orificios limpios, profundos y simétricos, ya que permiten utilizar cañones de mayor diámetro, cargas de alta penetración, alta densidad de disparo, sin límites de longitud en los intervalos a cañonear en un mismo viaje, todo esto combinado con un diferencial óptimo a favor de la formación.
- Con este método, el cañón se transporta en el extremo inferior de la tubería de producción con una empaadura, la cual debe ser asentada antes de iniciar la operación de cañoneo.



Cañones transportados con tubería (TCP)

VENTAJAS

- Técnica combinada (TT/CG) lo cual garantiza el cañoneo del pozo en condiciones de bajo balance mediante el uso de cañones tipo casing gun
- Brinda seguridad durante las operaciones por tener tubería en el pozo al igual que tener instalado el cabezal del pozo.
- Capacidad de cañonear 100% los intervalos propuestos en una sola corrida.
- Cañones diseñados de acuerdo a ID del revestimiento con penetración de hasta 49 pies y densidades de disparo de 4 @ 27 TTP.

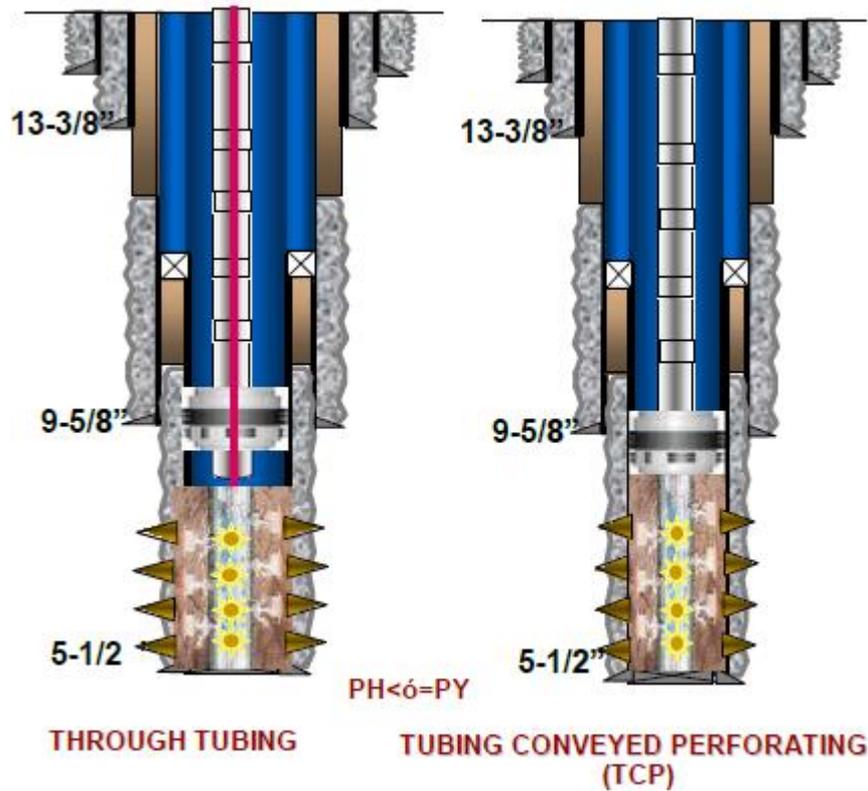


DESVENTAJAS

- Probabilidad de tener que controlar el pozo después de haber efectuado el cañoneo
- Mayor tiempo de ejecución de la actividad de cañoneo
- Requiere de suficiente bolsillo (huevo de rata) para soltar los cañones al momento del disparo con el de reducir la posibilidad de atascamiento de la tubería al momento de sacarla del pozo.



Cañoneo bajo balance



Cañoneo bajo balance

- El cañoneo bajo balance consiste en realizar las operaciones de cañoneo en condiciones de un diferencial de presión entre el pozo y el yacimiento, donde la presión del yacimiento es mayor a la del pozo.
- Luego que se ejecuta el cañoneo, el diferencial de presión hará que los fluidos fluyan hacia el pozo.



Cañoneo bajo balance

El flujo de fluidos hacia el pozo limpia la zona cañoneada de escombros y gases

El diferencial de presión depende del fluido y de la formación

Para gas es necesario un mayor diferencial de presión por el bajo arrastre de este



Cañoneo bajo balance

En formaciones poco consolidadas y con gran desbalance puede haber atascamiento

Mientras menor sea la permeabilidad mayor será el desbalance requerido

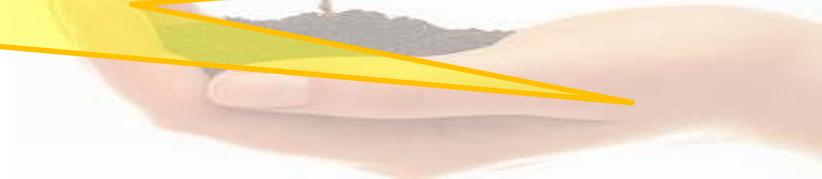
Son necesarios datos del pozo y del yacimiento



Cañoneo bajo balance

No existen riesgos de inyectar los fluidos de completación a la formación

Permite realizar las operaciones con el pozo abierto y en condiciones de fluir hacia la estación de flujo



Fin

