

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“CARACTERIZACIÓN DEL CONGLOMERADO BASAL DE
TIYUYACU PARA LA CORRECTA APLICACIÓN DE BROCAS
EN LOS CAMPOS YANAQUINCHA ESTEE Y LIMONCOCHA EN
EL COMPLEJO INDILLANA”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE PETRÓLEOS

Presentado por:

Alex Mauricio Monzón Rivas

Guayaquil – Ecuador

Año: 2010

Agradecimiento.

A Dios por su presencia en mi vida.

A mis padres Doris y Hesiodo,
por sus sabios consejos y ser para mí,
ejemplos de sabiduría y superación.

A mis hermanos Byron,
Joffre y Manolo por su cariño y apoyo.
A Maqui, por tu entrega y amor sincero.

Dedicatoria.

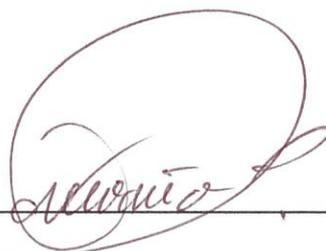
A Dios, porque sin su presencia nada sería posible.

A mis padres por ser los gestores de mis logros
con su apoyo incondicional,
a todas y cada una de las personas que han sabido
entregarme un poco de su experiencia en el día a día.

A mis hermanos Joffre, Byron y Manolo,
por estar siempre a mi lado

A Maqui por devolverme la fe.

TRIBUNAL DE GRADUACION.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Gastón Proaño C.', written over a horizontal line.

Ing. Gastón Proaño C.

PRESIDENTE

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Héctor Román F.', written over a horizontal line.

Ing. Héctor Román F.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Daniel Tapia F.

VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alex Monzón Rivas', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat illegible due to the cursive nature of the writing.

Alex Mauricio Monzón Rivas

RESUMEN

El presente trabajo presenta mapas estructurales que nos permiten conocer los espesores, así como el comportamiento del Conglomerado Basal de Tiyuyacu. Se analizó el tipo de broca que se utiliza al momento de atravesar esta formación así como un análisis de eficiencia de cada tipo broca.

Los mapas se desarrollaron a partir de información de pozos que ya han sido perforados en el Complejo Indillana, de estos pozos se utilizó las coordenadas de superficie, profundidades de contacto con el Conglomerado Basal de Tiyuyacu así como los registros de los pozos que nos permitió conocer el tipo de roca que constituye esta formación.

Se utilizó el software Surfer 8 con el cual se desarrollaron los mapas.

El análisis de brocas se lo hizo a partir de los datos de ROP de los pozos más significativos de los campos Yanaquincha Este y Limoncocha con los cuales se llevó a las conclusiones del presente trabajo.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS	VII

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3 Descripción del Problema.....	5
1.4 Meta.....	5
1.5 Objetivos General.....	6
1.6 Objetivos Específicos.....	6
1.7 Presentación de Métodos, Técnicas y Instrumentos de Investigación Aplicados en el Trabajo.....	7

CAPITULO 2

2. CARACTERIZACION DEL CONGLOMERADO BASAL DE TIYUYACU..9

2.1 Mapa Geológico de la Cuenca Oriente.....	9
2.2 Mapa Estructural de la Cuenca Oriente.....	11
2.3 Áreas de Actividad de Petroamazonas en el Oriente.....	13
2.4 Descripción Litológica de la Cuenca Oriente.....	15
2.5 Descripción del Conglomerado Basal de Tiyuyacu.....	16
2.6 Análisis Petrográfica.....	17
2.7 Descripción del Conglomerado Basal de Tiyuyacu en el Área de Indillana.....	19
2.7.1 Conglomerado Basal en el Campo Yanaquincha Este.....	19
2.7.2 Conglomerado Basal en el Campo Yanaquincha Oeste.....	20
2.7.3 Conglomerado Basal en el Campo Palmar Oeste.....	21
2.7.4 Conglomerado Basal en el Campo Limoncocha.....	21
2.7.5 Conglomerado Basal en el Campo Paka Sur.....	21
2.8 Descripción de los Minerales Formadores del Conglomerado Basal de Tiyuyacu.....	22
2.8.1 Cuarzo.....	22
2.8.2 Sílice.....	23
2.8.3 Feldespato.....	23
2.8.4 Conglomerado.....	24

2.9 Mapas Estructurales de los Campos de Estudio	24
2.9.1 Mapa Estructural del Tope del Conglomerado Basal del Campo Yanaquincha Este.....	25
2.9.2 Mapa Estructural de la Base del Conglomerado Basal del Campo Yanaquincha Este.....	29

CAPITULO 3

3. APLICACIONES DE BROCAS	43
3.1 Brocas Tricónicas	44
3.1.1 Tipos de Brocas Tricónicas.....	44
3.1.2 Componentes de una Broca Tricónica.....	46
3.1.2.1 Cuerpo de la Broca.....	47
3.1.2.2 Estructura de Corte.....	48
3.1.2.3 Cojinetes.....	52
3.1.2.4 Sellos.....	53
3.1.2.5 Sistemas de Lubricación.....	55
3.1.3 Utilización de Brocas Tricónicas.....	58
3.2 Brocas PDC	59
3.2.1 Partes de una Broca	61
3.2.2 Componente de una Broca PDC.....	63
3.2.2.1 Estructura de Corte.....	64

3.2.2.2	Cuerpo de la Broca.....	71
3.2.2.3	Shank.....	73
3.2.3	Perfil.....	74
3.2.4	Diseños de las Aletas.....	79
3.2.4.1	Forma de Pastel.....	81
3.2.4.2	Aletas Rectas.....	81
3.2.4.3	Aletas Curvas.....	82
3.2.5	Disposición de Cortadores.....	83
3.2.5.1	Distribución en Espiral.....	84
3.2.5.2	Distribución Kerfin.....	85
3.2.5.3	Diseño de Dos Pasos.....	85
3.2.6	Correcta Aplicación de las Brocas PDC.....	102
3.2.7	Desgaste de Brocas PDC.....	103
3.3	Análisis Comparativo de Brocas PDC y Tricónica.....	108
3.3.1	ROP de Brocas PDC, Desempeño.....	109
3.3.2	ROP de Brocas Tricónicas, Desempeño.....	111
3.3.3	Análisis Comparativo del Desempeño entre Brocas PDC y Tricónicas.....	115

CAPITULO 4

4. ANALISIS ECONOMICO.....	117
4.1 Introducción.....	117
4.2 Costos.....	117
4.3 Gastos.....	118

CAPITULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
--	------------

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

ABREVIATURAS

API	Instituto Americano del Petróleo
ft	Pies
f/h	Pies por hora
gpm	Galones por minuto
Hz	Hercios
IADC	Asociación Internacional de Contratistas Perforadores
LMM	Limitadores de Movimiento Lateral
mg/l	Miligramos por litro
mm	Milímetros
PDC	Diamante Policristalino Compacto
pph	Pies por hora
Pulg	Pulgadas
ROP	Tasa de Penetración
RPM	Revoluciones por Minuto
TSP	Diamantes Policristalino Térmicamente Estables
WOB	Peso Sobre la Broca

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 2.1	Mapa Geológico de la Cuenca Oriente.....9
Figura 2.2	Mapa Estructural de la Cuenca Oriente.....11
Figura 2.3	Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriente.....15
Figura 2.4	Limoncocha Tope.....25
Figura 2.5	Vista en Superficie del Tope.....26
Figura 2.6	Vista Lateral del Tope.....27
Figura 2.7	Puntos de Contactos en el Tope.....28
Figura 2.8	Limoncocha Base.....29
Figura 2.9	Vista de Superficie de la Base.....30
Figura 2.10	Vista Lateral.....31
Figura 2.11	Puntos de Contactos en la Base.....32
Figura 2.12	Limoncocha Espesor.....33
Figura 2.13	Yanaquincha Este Tope.....34
Figura 2.14	Vista en Superficie del Tope.....35
Figura 2.15	Vista lateral del Tope36
Figura 2.16	Puntos de contacto en el Tope.....37
Figura 2.17	Yanaquincha Este Base.....38
Figura 2.18	Vista Superficie.....39
Figura 2.19	Vista Lateral de la Superficie.....40
Figura 2.20	Puntos de Contacto de la Base.....41
Figura 2.21	Yanaquincha Este Espesor.....42
Figura 3.1	Tipos de Brocas Tricónicas.....45
Figura 3.2	Componentes de una Broca Tricónica.....46
Figura 3.3	Partes Internas de una Brocas Tricónica.....47
Figura 3.4	Sistema de Rodamiento de una Broca Tricónica.....49
Figura 3.5	Estructura de Corte de una Broca Tricónica.....50
Figura 3.6	Conos de una Broca Tricónica.....51
Figura 3.7	Partes de los Cojinetes de una Broca Tricónica.....52
Figura 3.8	Sellos en el Interior de una Broca Tricónica.....54
Figura 3.9	Mecanismos de Corte de un Diente Broca Tricónica.....56
Figura 3.10	Imagen de una Broca PDC.....59
Figura 3.11	Partes de una Broca PDC.....63
Figura 3.12	Diente Cortador de una Broca PDC.....65
Figura 3.13	Angulo de Bisel en un Cortador PDC.....66
Figura 3.14	Tamaño de cortadores mas Usados.....67
Figura 3.15	Diferentes Ángulos de Rastrillaje Usados en PDC.....70
Figura 3.16	Ángulos de Inclinación Usados en PDC.....71
Figura 3.17	Perfil de una Broca PDC.....75
Figura 3.18	Cono de una Broca PDC.....76
Figura 3.19	Radio y Ubicación de la Nariz.....76

Figura 3.20	Hombro de una Broca PDC.....	77
Figura 3.21	Tipos de Perfiles de una Broca PDC.....	79
Figura 3.22	Aletas en Forma de Pastel.....	81
Figura 3.23	Aletas Rectas	82
Figura 3.24	Posición en Espiral de Cortadores.....	84
Figura 3.25	Distribución Kerfin de los Cortadores.....	85
Figura 3.26	Comparación de la Distribución de los Cortadores.....	86
Figura 3.27	Calibre Flush Set.....	92
Figura 3.28	Calibre Escalonado.....	93
Figura 3.29	Picos de Calibre.....	94
Figura 3.30	Cortadores en Almohadillas de Calibre.....	95
Figura 3.31	Tipos de Calibre.....	96
Figura 3.32	Falla de la Roca por Corte.....	97
Figura 3.33	Componentes de las Fuerzas en una Broca.....	98
Figura 3.34	Componentes de las Fuerzas en cada Cortador.....	99
Figura 3.35	Vibración Axial, Vibración Torsional y Vibración Lateral.....	100
Figura 3.36	Comparación de Vibración Torsional y STICK SLIP.....	101
Figura 3.37	Brocas con LMM.....	102
Figura 3.38	ROP de Brocas Tricónicas.....	111
Figura 3.39	ROP de Brocas PDC.....	115

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Clasificación de Rocas Sedimentarias.....	18
Tabla 2 Clasificación de las Arenas de Chen.....	19
Tabla 3 Correcta Aplicación de Brocas.....	103
Tabla 4 Características de Cortadores.....	107
Tabla 5 Calibre de Desgaste.....	108
Tabla 6 Desempeño de Brocas Tricónicas.....	109
Tabla 7 Desempeño de Brocas PDC.....	112
Tabla 8 Costos de Perforación.....	117
Tabla 9 Horas de Operación en el Taladro.....	119

INTRODUCCION

El presente trabajo trata de la “Caracterización del Conglomerado Basal de Tiyuyacu para la Correcta Aplicación de Brocas en los campos Yanaquincha Este y Limoncocha en el Complejo Indillana”, para lo cual se tuvo que determinar los campos o áreas en los que el Conglomerado Basal de Tiyuyacu por su espesor, porcentaje de intercalación chert con arcilla es perforada con una broca PDC.

Se realizó mapas estructurales de las zonas de estudio para determinar sus espesores. Esto nos permitirá al momento de perforar, tener una mejor idea de cual es la mejor trayectoria que se debe tener al atravesar esta formación por el menor espesor así como también la de menor abrasividad para la broca; evitando de esta forma realizar cambios de broca de PDC a Tricónica, optimizando tiempo y dinero.

CAPITULO 1

1.ANTECEDENTES Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

1.1 Introducción.

Muchas de las áreas de trabajo del oriente ecuatoriano en las que se desarrollan tareas de perforación, están conformadas por estratos sumamente duros y abrasivos, que repercuten a la hora de perforar un pozo.

La perforación en zonas constituidas por diferentes tipos de rocas y conglomerados que por sus características, dificultan las tareas de perforar un pozo, conllevando al incremento en los gastos y tiempo de perforación.

Con el desarrollo de la tecnología, se ha logrado de alguna forma menguar, las dificultades que se presentan al perforar un pozo, permitiendo diseñar nuevas brocas y equipos de perforación, que en su conjunto logran llegar a profundidad al cual a sido diseñado un pozo, optimizando costos y tiempos.

El presente trabajo va encaminado a presentar, un estudio del Conglomerado Basal de Tiyuyacu, zona que por su dureza y abrasividad, a originado problemas en el desempeño de las brocas.

Se realiza un mapa estructural y estratigráfico del estrato, basado en la información de registros, de pozos que ya han sido perforados. El desarrollo del mapa, junto a la información obtenida de las perforaciones, nos permitirá determinar la broca que mejor se puede desempeñar en el área en que se fue a realizarse la perforación

1.2 Antecedentes.

Los pozos en el oriente ecuatoriano se han venido perforando de forma similar, debido a que las formaciones que se atraviesan en dicho proceso, muestran similitudes significativas.

Estas perforaciones, por lo general, comienzan con la utilización de una broca tricónica de 16" de dientes de acero, caracterizada por su alta dureza y resistencia al impacto, penetrando aproximadamente 500 ft de una zona formada por conglomerado superficial, constituida por cantos rodados de depósito aluvial, de alta dureza.

Desde los 500 ft en adelante se perfora con una broca PDC para atravesar una estructura geológica con gran presencia de arcilla y algunas intercalaciones de arena. La arcilla presente es de carácter gomosa, por lo que se tiene especial cuidado para evitar los embolamientos de la broca, ayudados con una buena hidráulica. La

formación Chalcana es atravesada también en esta segunda etapa de la perforación, la cual está constituida por capas rojas de lutitas abigarradas con yeso e intercalaciones de areniscas, ocasionalmente calcáreas. Luego se atraviesa parte de la formación Orteguaza, perforados con la misma broca PDC de 16". La formación Orteguaza está formada por lutitas de color café a gris-verde, algo calcáreas, con presencia de dolomitas con cantidades menores de limolitas y areniscas. En esta primera etapa del pozo se colocará un casing de 13 3/8".

Se continúa la perforación con una broca PDC de 12 1/4" la cual va atravesar una secuencia estructural formada de algunas intercalaciones de lutita y arcillas de compresibilidad media a baja y poca abrasividad; esta formación sigue siendo parte de Orteguaza. Se continúa la perforación atravesando la formación Tiyuyacu superior constituida principalmente de conglomerados de cuarzo blanco de origen hidrotermal y cuarzo de rocas metamórficas subangulares a subredondeados, chert rojizo café, en una matriz arenosa arcillosa (caolín) con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, subangulares a subredondeadas presentando además delgadas intercalaciones de limolitas arcillosas y lutitas gris oscuras. Se continúa con Tiyuyacu medio conformada con lutitas, limolitas de color rojizo, gris claro, gris verdoso, predominando las

lutitas grises, duras no calcáreas; ocasionalmente hay la presencia de pirita.

Para atravesar el conglomerado basal de Tiyuyacu se utiliza una broca tricónica de 12 1/4" con insertos ya que esta zona es muy abrasiva y dura. Esta sección se encuentra constituida de conglomerado con bloques angulares a redondeados de cuarzo y sílice, areniscas cuarzosas y feldespáticas. El espesor de esta zona es de alrededor de 350-550 ft.

Luego se atraviesa la formación Tena y parte de la formación Napo. En la formación Tena encontramos arcillas de alta plasticidad con leves intercalaciones de limolita, se debe tener extremo cuidado en ésta zona para evitar embolamientos de la broca. En la sección de Napo encontramos una sucesión de lutitas negras, calizas grises a negras y areniscas calcáreas. La broca PDC a utilizar debe ser de alta densidad de cortadores, estructura de corte reforzada y área libre de flujo.

El casing utilizado es de 9 5/8" para el hueco de 12 1/4".

El resto de la formación Napo y Hollín se perfora con una broca PDC de 8 1/2". En esta sección del pozo se coloca un liner de 7".

1.3 Descripción del Problema.

La formación Tiyuyacu esta constituida por sedimentos conformada por material que fue acarreado desde la cordillera de los Andes, formación con secciones de roca sumamente duras y abrasivas.

El Conglomerado Basal de Tiyuyacu usualmente se ha perforado con una broca tricónica, dando como resultado incrementos del tiempo y gastos de perforación, ya que se debe retirar toda la sarta del hueco para cambiar la broca de PDC a una tricónica.

Debido a estos incrementos, generados al realizar el cambio de broca durante la perforación, se ha intentado atravesar el conglomerado Basal con brocas PDC, logrando en algunos casos perforarlo sin mayores complicaciones generando grandes beneficios: menos gastos, ya que el tiempo de perforación del pozo disminuye y uso de menos brocas. Pero en ocasiones, por la dureza y abrasividad de esta sección de la formación Tiyuyacu, la broca ha salido totalmente anillada.

1.4 Meta.

Determinar áreas o campos en los que el conglomerado Basal de Tiyuyacu por su espesor, porcentaje de intercalación chert con arcilla, compresibilidad y abrasividad, pueda ser perforado con brocas PDC, optimizando tiempos de perforación y disminución de gastos en equipos.

1.5 Objetivo General.

- Realizar un mapa estructural y estratigráfico del Conglomerado Basal de Tiyuyacu en los campos Yanaquincha y Limoncocha Este de PETROAMAZONAS, determinando las áreas en las que se puede perforar con broca PDC el conglomerado.

1.6 Objetivos Específicos.

- Determinar espesor del Conglomerado Basal .
- Determinar porcentaje de intercalación de chert con arcilla.
- Conocer la compresibilidad y abrasividad de la sección.
- Tipos de brocas y sus características.
- Aplicación eficiente de brocas basados en mapas estructurales y estratigráficos realizados.
- Determinar las características y tipo de brocas que se utilizan en las perforaciones en nuestro país.

- Definir las áreas o campos en los que se puede perforar con broca PDC el conglomerado basal de Tiyuyacu.

1.7 Presentación de Métodos, Técnicas o Instrumentos de Investigación Aplicados en el Trabajo.

Para la presente investigación se necesitó de registros de perforación de los pozos en el complejo Indillana, que se pudieron haber corrido en la zona de estudio, en este caso el Conglomerado Basal de Tiyuyacu. De los registros se extrajo datos de profundidad a la que se encontraba la formación, espesor de la misma, coordenadas en superficie del pozo, así como la coordenadas en el punto de contacto entre la broca y el Conglomerado Basal de Tiyuyacu.

Se priorizara el trabajo con registros Master Log, ya que este presenta la descripción litológica de la formación, que será de vital importancia para el proyecto. Con los datos obtenidos de los registros se procederá a ingresarlos en surfer 8, que es el software que se utilizó para graficar los mapas estructurales de los campos de estudio en el Complejo Indillana. Se realizará el análisis de las brocas PDC y TRICONICA, para concluir cual es más eficiente.

Método de trabajo: Luego de tener los registros de perforación, se realiza un cuadro de Excel en el que se encuentren, los valores que se utilizaran para el desarrollo de los mapas estructurales, valores de profundidad del tope y base del Conglomerado Basal de Tiyuyacu, coordenadas de los topes y base de la formación, para esto se realizará la corrección de las coordenadas de superficie, utilizando los Survey de cada pozo.

Se realizara la descripción litológica de cada campo, conociendo así el porcentaje de roca que la constituye.

Por ultimo se analizará los pozos que se perforaron con broca PDC Y TRICONICA, se tomaran en cuenta sus ratas de penetración para concluir, cual de las dos brocas se desempeña mas eficientemente en el Conglomerado Basal de Tiyuyacu.

Obtención de datos: Se utilizó para la presente investigación los bit record de los pozos perforados, registros eléctricos, Surveys y master log. Estos registros nos permitieron obtener de los pozos las coordenadas de superficie, así como la coordenadas en el punto de contacto de la broca con el Conglomerado Basal de Tiyuyacu, también se obtuvieron espesores de formación y la descripción litológica de la roca que conforma la estructura.

Todos estos datos fueron utilizados para crear una tabla de Excel con la cual se trabajaría en el software que se utilizó (Surfer 8).

Para el análisis de la eficiencia y rendimiento de las brocas PDC y Tricónicas, se usaron los pozos más representativos; de ellos se analizó sus ROP permitiéndonos obtener las conclusiones del proyecto.

CAPITULO 2

2.CARACTERIZACION DEL CONGLOMERADO BASAL DE TIYUYACU.

2.1 Mapa Geológico de la Cuenca.

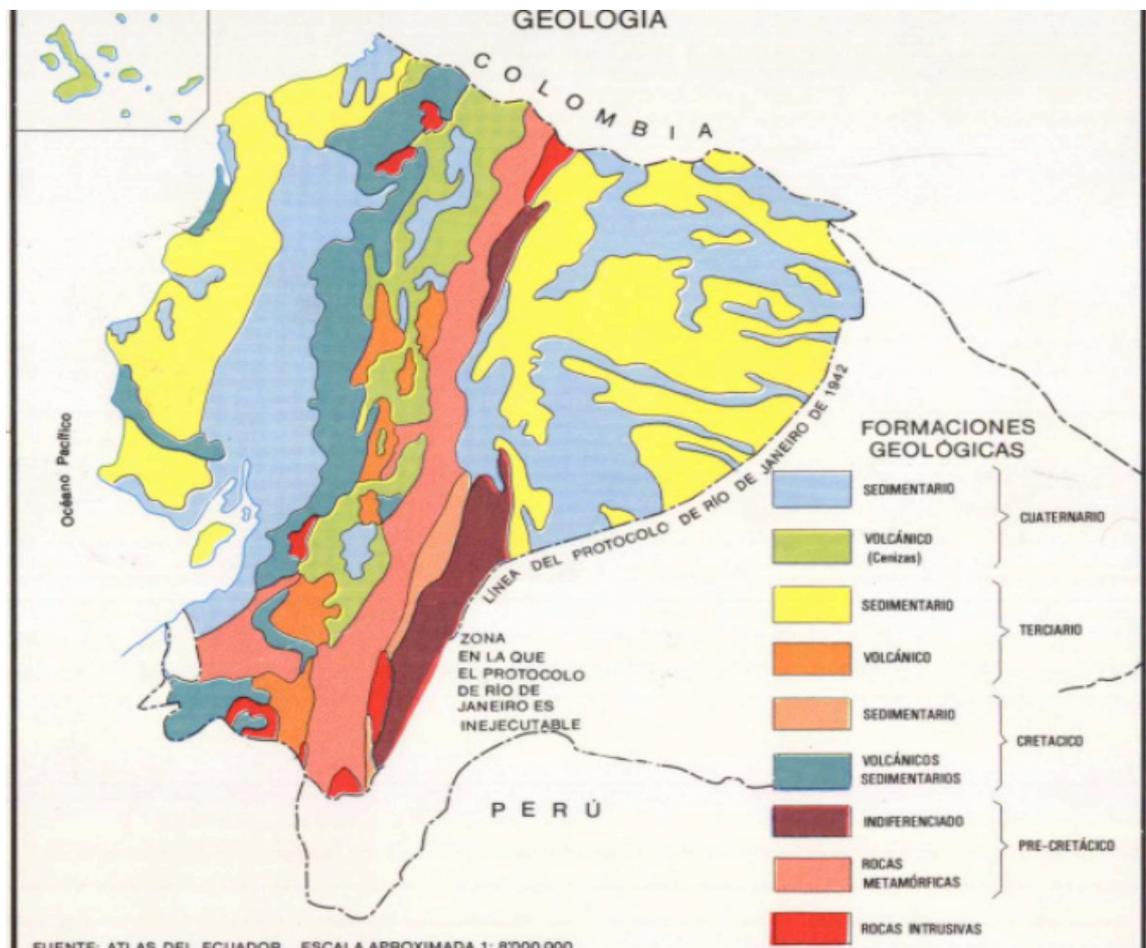


FIGURA 2.1 MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA ORIENTE

http://library.wur.nl/isric/kaart/origineel/EC12006_SO.jpg

La Cuenca Oriente está constituida por la Cuenca de Napo y la Plataforma de Tiputini, al norte y la Cuenca de Pastaza al sur. Se caracteriza por ser una extensa área semi-accidentada, de alturas que van desde los 656 ft a los 800 ft sobre el nivel del mar, cubierta de jungla. Esta región, constituida por mesetas y terrazas interrumpidas, se encuentra cubierta por sedimentos terciarios sub-horizontales.

La Cuenca Oriente es una continuación geológica de la cuenca Oriental Colombiana, que ha continuado hacia el sur en territorio Ecuatoriano y continúa a lo largo de este al Perú.

Esta cuenca esta situada en una zona fuera del plegamiento principal, es decir fuera de la cordillera que constituye los Andes , los efectos de orogenia, como también los movimientos epirogénicos, se exhiben en un grado mas reducido, razón por la que se manifiesta una cierta monotonía de afloramientos rocosos por extensas superficies. Por eso la Cuenca Oriente presenta un aspecto geológico relativamente sencillo a lo largo de toda su extensión.

2.2 Mapa Estructural de la Cuenca Oriente.

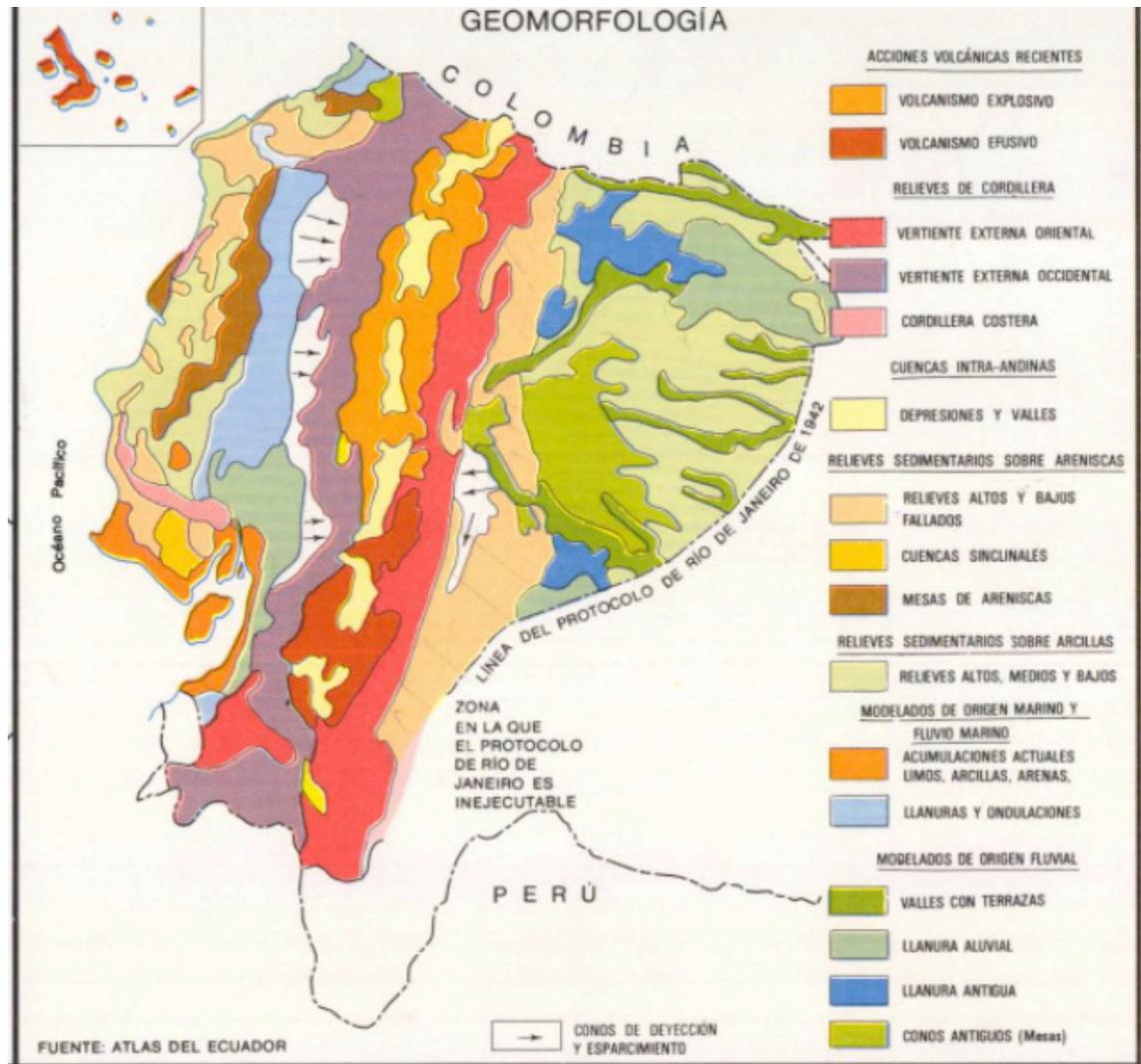


FIGURA 2.2 MAPA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA ORIENTE

http://library.wur.nl/isric/kaart/origineel/EC12006_SO.jpg

La Cuenca Oriente se desarrolló como resultado de esfuerzos transgresivos a partir del Cretácico terminal, los que provocaron la emersión de la Cordillera Real. Su deformación y la estructuración de sus Campos petroleros resultan de la inversión tectónica de antiguas

fallas normales ligadas a un sistema de Rift de edad Triásico o Jurásico. Estas fallas actualmente y de fuerte buzamientos, están orientadas principalmente N-S, y limitan tres corredores estructurales petrolíferos: Sistema Sub-andino, el Corredor Sacha-Shushufindi y el sistema Capirón-Tiputini.

Estratigrafía: La sección cretácica de la Cuenca Oriente la constituyen las formaciones: Hollín, Napo Basal, Tena, cuyas formaciones exhiben características muy bien definidas dentro de un modelo de estratigrafía secuencial. Estas formaciones indican variaciones drásticas tanto en cambios paleo-geográficos y variaciones laterales de facies y fluctuaciones de la línea de costa en la plataforma marina somera de la Cuenca Oriente. La mega-secuencia Hollín, Napo Basal, Tena, está caracterizada por una repetitiva serie de areniscas, calizas y lutitas registra de ciclicidad asociada posiblemente a las fluctuaciones del nivel eustático ocurridas durante el cretácico.

El paleoceno esta constituido por cuatro formaciones: Tena, Tiyuyacu, Orteguaza y Chalcana. La formación Tiyuyacu corresponde a una superficie de erosión de edad eocénica. La formación Orteguaza de edad oligocénica inferior esta constituida por depósitos marinos y se desarrolla hacia el este de la cuenca.

En la zona sub-andina, los depósitos equivalentes son continentales y pertenecen a la formación Chalcana que tiene una edad de Oligoceno superior a Mioceno.

El Neógeno de la Cuenca Oriente es bien conocida desde el punto de vista lito-estratigráfico y lo constituyen cuatro formaciones: la formación Chalcana del oligoceno superior-mioceno, la formación Araujo del mioceno superior, la formación Chambira del mioceno Superior-Plioceno y la formación Mera del pleistoceno. Todas estas formaciones están constituidas por depósitos fluviales.

2.3 Áreas de Actividad de Petroamazonas en el Oriente.

Petroamazonas es una empresa pública, cuyo capital pertenece en su totalidad al sector público ecuatoriano.

Su objetivo principal es la prestación de servicios para la administración y operación de los campos y yacimientos de hidrocarburos así como la explotación exploración, desarrollo y mantenimiento de campos y yacimientos, la construcción y mantenimiento de facilidades de producción.

Petroamazonas opera dentro del bloque 15, para la administración y operación de los campos y yacimientos que se encontraban dentro del

área de acción y comprenden los Campos Unificados Eden-Yuturi e Indillana, formada por los campos Campos Eden-Yuturi y Limoncocha, Pacay, Quilla, Aguajal y Pañacocha, así como las demás áreas y campos que determine Petroecuador.

Los campos que comprenden el bloque 15 operado por PETROAMAZONAS se pueden observar en el mapa adjunto en el anexo 1.

2.4 Descripción Litológica de la Cuenca Oriente.

EDAD		FORMACION	LITOLOGIA	AMBIENTE DE DEPOSITACION	
CENOZOICO	PLEIST.	MESA	Arcillas, areniscas tobáceas Conglomerados gruesos.	Abanicos continentales originados de la erosión de la Cordillera Real	
		CHAMBIRA 1000 a 1500 m	Gravas y conglomerados, Areniscas tobáceas, arcillas y lutitas verde-azul.	Abanicos continentales por erosión de la Cordillera Real	
	PLIOCENO	ARAJUNO Hasta 1000 m	Arenas con vetas de carbón, arcillas rojas con yeso. Arcillas bentoníticas.	Continental y de aguasalobres	
		CHALCANA 650 a 1100 m	Lutitas abigarradas con yeso e intercalaciones de areniscas calcáreas.	Continental de aguas dulces, algo reductor.	
	MIOCENO	ORTEGUAZA Menor a 300 m	Lutitas café a gris verde, algo calcáreas, limolitas y areniscas.	Deltaíco-Estuarino, de un mar residual	
		TIYUYACU 250 a 700 m	Conglomerado con cuarzo hidrotermal Lutitas y limolitas rojas y grises Areniscas silíceas y conglomerados de cuarzo.	Continental por erosión de la Cordillera Oriental y con incursiones de mares residuales	
	PALEOCENO	TENA 272 a 1000 m	Arenisca de cuarzo Calizas pseudo-oolíticas Lutitas y limolitas algo calcáreas.	Continental con incursiones marinas	
		NAPO 100 a 600 m	Lutitas negras carbonaceas, areniscas cuarzosas glauconíticas, y calizas.	Marino y Platafórmico	
	EOCENO	HOLLIN 80 a 240 m	Areniscas blancas cuarzosas con estratificación cruzada y Ripple Marks.	Continental por erosión del Escudo Guayanés, y marino en la parte superior	
		PALEOGENO	CHAPIZA Aproximadamente 4500 m	Zona Subandina Basaltos Tobas y andesitas.	Cuenca Amazónica Tobas Brechas volcánicas Areniscas sin evaporitas Lutita y areniscas con evaporita.
SANTIAGO 1500 a 3000 m	O. de la C. Cutucú Lutitas Tobas y brechas volcánicas.			Cuenca Amazónica Arenisca calcárea Lutita negra y caliza.	Marino transgresivo
MESOZOICO	JURASICO	PERMIANO	MACUMA 1000 a 1500 m	CARBONIFERO	PUMBUIZA ?

FIGURA. 2.3 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA CUENCA ORIENTE.

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../1/5896.pdf

Como se puede apreciar en la figura 2.3 la Cuenca Oriente se encuentra conformada por una sucesión de formaciones de singulares características constitutivas que representan a la hora de perforar dificultades técnicas para llegar a la profundidad de interés en unos casos y en otros por la poca consolidación y tipo de roca permite que se perfore sin mayores contratiempos.

Por eso es de vital importancia el conocimiento de la litología de la roca, su constitución, que permitirá preveer y tomar decisiones acertadas durante el proceso de perforar.

2.5 Descripción del Conglomerado Basal de Tiyuyacu.

Se encuentra constituida por diferentes facies litológicas que son:

Conglomerados, que predominan y están compuesto en su gran mayoría (90-95%) por chert rojizos, cafés, negros y en menor proporción por cuarzo traslucido, blanco lechoso y cuarcita, con matriz que varía entre arcillosa, limosa y arenosa. Los colores están en la gama del amarillo-ocre, café-amarillento, café.

Limolitas y arcillolitas algo limosas rojizas y plomizas con delgados niveles conglomeráticos y huellas de paleosuelo (manchas azulosas que cruzan el estrato).

Conglomerados y microconglomerados con bloques angulares a redondeados de cuarzo y sílice; areniscas cuarzosas y feldespáticas.

El ambiente sedimentario es de tipo fluvial y corresponde a ríos proximales intermitentes o con larga estación seca.

2.6 Análisis Petrográfico.

Durante el proceso de perforación de un pozo petrolero, se observan fragmentos de roca de varios tamaños de origen sedimentario, para su clasificación se analiza el tamaño del grano para luego pasar al análisis de su composición mineralógica.

En el presente cuadro presentamos la clasificación textural de la roca que va dirigida hacia el tamaño del grano que forma la roca, la clasificación mas usada en geología es la de Wentworth (1922).

Tabla 1 CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS POR EL TAMAÑO DE GRANO, SEGUN PETTIJOHN (1957) Y OTROS. TENIENDO EN CUENTA LA ESCALA DE WENTWORTH.

Grupo	Diámetro (mm)	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada
ROCAS DETRITICAS	>256	RUDITA	Bloques	Grava	Conglomerado (redondeado)
	256		Cantos		Brecha (anguloso)
	2	ARENITAS	Arena muy gruesa		Arenisca
	1/2		Arena gruesa		
	1		Arena media		
	1/4		Arena fina		
	1/8		Arena muy fina		
	1/16	LUTITA	Limo		Limolita
	1/256		Arcilla		Arcillita
	<1/256				

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../1/5896.pdf

Ya clasificada la roca según el tamaño de los granos, se necesita darle el nombre de acuerdo a su composición química, para lo cual existen muchas clasificaciones.

En este trabajo mencionaremos la clasificación de Chen (1968), la cual ubica en los extremos de un triángulo equilátero los componentes mas usuales en los granos de arenisca, estos son: el cuarzo (Q), el feldespato (f) y los fragmentos de rocas anteriores (FR). Este autor ubica en el extremo del feldespato los fragmentos de rocas ígneas ácidas, mientras que, en el extremo de los fragmentos de roca ubica al chert.

En esta clasificación Chen utiliza el porcentaje de matriz detrítica fina no para dar nombre a las rocas, sino para decir el grado de madurez de la roca, siendo mas inmadura mientras mayor cantidad de esta matriz contenga.

Tabla 2 CLASIFICACION DE LAS ARENISCAS DE CHEN (1968)

División mayor	Subdivisión	Parámetros
ARENISCAS CUARZOSAS	1. Cuarciarenita pura 2. Cuarciarenita feldespática 3. Cuarciarenita litítica	$Q > 95 \%$ $F > FR$ $FR > F$
		$Q = 90 \text{ a } 95 \%$
ARENISCAS SUBCUARZOSAS	4. Subarcosa 5. Sublitarenita	$F > FR$ (F 5 a 25%) $FR > F$ (FR 5 a 25%)
		$Q = 70 \text{ a } 75 \%$
ARENISCAS FELDESPATICAS	6. Arcosa 7. Extra-arcosa 8. Arcosa litítica 9. Extra- litiarcosa	$Q = 35 \text{ a } 75 \%$ $Q < 35 \%$ $Q = 35 \text{ a } 75 \%$ $Q < 35 \%$
		$F/FR > 3/1$ $F/FR = 3/1 \text{ a } 1/1$
ARENISCAS LITITICAS	10. Felitarenita 11. Extra-felitarenita 12. Litarenita 13. Extra-litarenita	$Q = 35 \text{ a } 75 \%$ $Q < 35 \%$ $Q = 35 \text{ a } 75 \%$ $Q < 35 \%$
		$F/FR = 1/3 \text{ a } 1/1$ $F/FR < 1/3$

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../1/5896.pdf

2.7 Descripción del Conglomerado Basal de Tiyuyacu en el Área de Indillana.

2.7.1 Conglomerado Basal en el Campo Yanaquincha Este.

El Conglomerado Basal de Tiyuyacu en el campo Yanaquincha se encuentra conformado de chert de color amarillo negro, gris oscuro, gris, muy duro, fragmento concoidal. Presencia de arcilla de color café rojizo, rojo ladrillo, moderadamente duro, con bloques irregulares.

También se observa presencia de conglomerado, de color blanco, gris ligero, translucido-transparente suelto, muy grueso, con presencia de cuarzo, angulares en pequeñas cantidades, con presencia también de arenisca, sin presencia de cemento ni de porosidad.

2.7.2 Conglomerado Basal en el Campo Yanaquincha Oeste.

Presencia de chert, de color negro, con gris ligero a gris oscuro, muy duro a duro, fractura concoidal.

Arenisca de color amarillo, translucido-transparente, suelta, presencia de cuarzo, subredondeado, subangular, no visible la matriz, cemento, no hay presencia de porosidad ni de petróleo.

Arcilla rojiza a café, rojo ladrillo a crema, moderadamente dura, con presencia de subbloque, terroso, no calcárea.

Limolita con color rojo ladrillo, café rojizo, amarillo, crema, moderadamente duro, sub-redondeado, terroso, no calcáreo.

2.7.3 Conglomerado Basal en el Campo Palmar Oeste.

Presencia de conglomerado, de color blanco a amarillo ligero, translucido-transparente, suelto, presencia de cuarzo, no visible matriz, no presencia de cemento ni de porosidad.

Arenisca, de color blanco, translucido-transparente, presencia de cuarzo, con granos finos, subredondeados-subangulares, no visibilidad de matriz; no hay presencia de porosidad, de cemento, ni presencia de petróleo.

2.7.4 Conglomerado Basal en el Campo Limoncocha.

Presencia de chert, de color negro a gris, gris ligero, naranja, amarillo apizarrado; blanco, duro, angular, con presencia de fractura concoidal, asociado con arenisca.

Arcilla con un color rojo ladrillo a café rojizo, café, menor en color crema, suave a moderadamente duro, irregular, no calcáreo.

2.7.5 Conglomerado Basal en el Campo Paka Sur.

Contenido de chert de color negro, café oscuro, con tonalidades crema a blanco con fracturas concoidal.

Arcilla con un color café rojizo, café a rojo ladrillo, amarillo, moderadamente duro-suave, con presencia de pequeños bloques irregulares, terroso, no calcáreo.

Conglomerado translucido-transparente, suelto, grueso-fino, con granos medianos, presencia de cuarzo, subangulares-angulares, en pocas cantidades, presencia de matriz de arenizca, no hay presencia de porosidad, ni de cemento.

2.8 Descripción de los Minerales Formadores del Conglomerado Basal de Tiyuyacu.

2.8.1 Cuarzo.

El cuarzo es el mineral más frecuente y se distingue con facilidad del feldespato, en lamina delgada, por la ausencia de alteración (inoloro), carece de maclas y no tiene exfoliación visible o es muy imperfecta. Puede tener inclusiones fluidas que, si son pequeñas y numerosas, dan al cuarzo un aspecto pulverulento.

Puede adoptar numerosas tonalidades si lleva impurezas, su dureza es tal que puede rayar los aceros comunes.

Se utiliza como abrasivo bajo el nombre de arena silíceo, y se considera el abrasivo mas usado por su bajo precio. Se lo emplea en la fabricación de lijas, discos o bloques y

principalmente en sistemas de abrasión por medio de un chorro de arena a presión.

2.8.2 Sílice.

Es el segundo elemento más abundante del planeta y se encuentra en la mayoría de las aguas.

Es el constituyente común de las rocas ígneas, el cuarzo y la arena. La sílice existe normalmente como óxido (SiO_2 en la arena y como silicato SiO_3). Puede estar en forma insoluble y soluble.

Muchas aguas naturales contienen menos de 10mg/l de sílice, algunas pueden llegar hasta 80mg/l. Las aguas volcánicas la contienen en abundancia.

Es importante el conocimiento del contenido de la sílice en aguas de uso industrial, como calderas de alta presión, ya que se evita la formación de depósitos duros de sílice en los tubos de las calderas y aspas de las turbinas de vapor.

2.8.3 Feldespato.

Es el mineral más común sobre la corteza terrestre.

Se encuentra en cada uno de los tres tipos de rocas más comunes, pero es más común encontrarlo en las rocas ígneas intrusivas, como el granito, en donde los cristales son blancos o rosados.

Hay diferentes tipos de feldespato. Excepto por su color, los dos tipos más comunes de feldespato son difíciles de diferenciar. El color puede ser de gran ayuda, pero hay que tener en cuenta que el mismo mineral puede tener colores diferentes.

2.8.4 Conglomerado.

Es una roca sedimentaria de tipo detrítico formada por cantos redondeados de otras rocas unidos por un cemento. Se distingue de las brechas en que estas consisten en fragmentos angulares. Ambas se caracterizan porque sus fragmentos constitutivos son mayores que los de la arena >2mm.

2.9 Mapas Estructurales de los Campos de Estudio.

Para esta parte del presente estudio se procedió al desarrollo de los mapas estructurales partiendo de las coordenadas en superficie de

los pozos y la profundidad a la cual se alcanzaba el tope y la base del Conglomerado Basal de Tiyuyacu.

Se presenta a continuación a mas de los mapas estructurales la imagen en tres dimensiones de la superficie que se grafica.

2.9.1 Mapa Estructural del Tope del Conglomerado Basal de Campo Limoncocha.

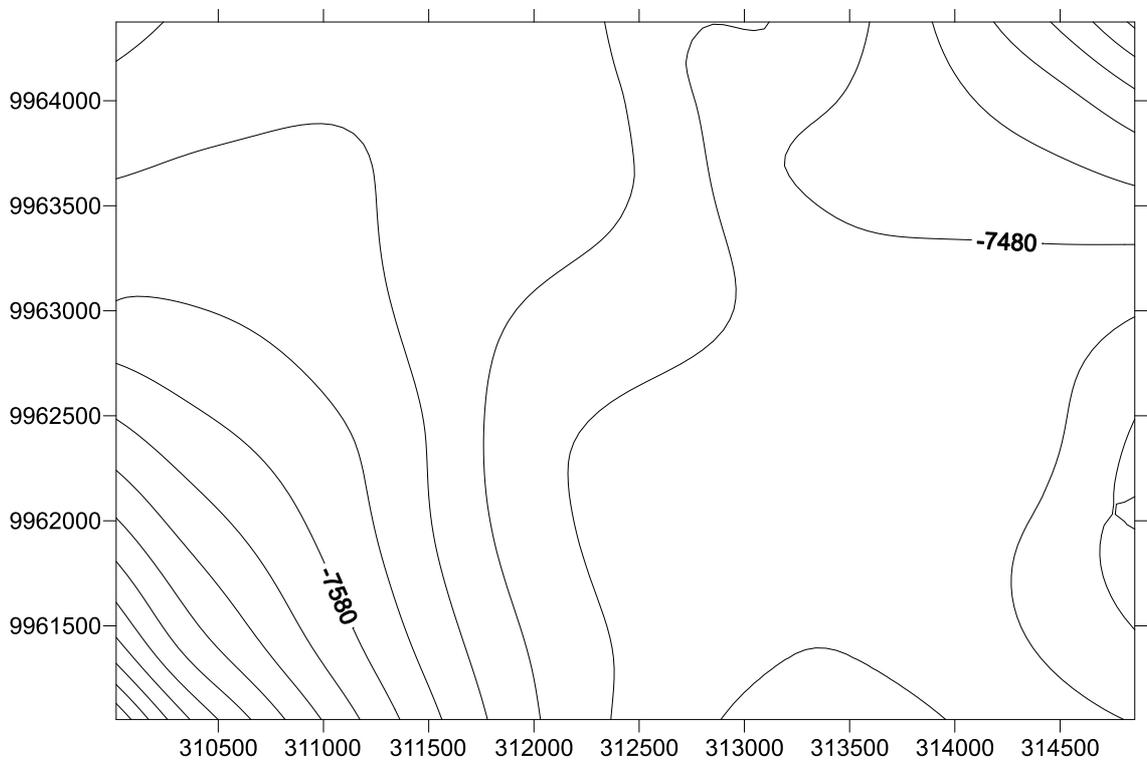


FIGURA 2.4 LIMONCOCHA TOPE

Creado por Alex Monzón.

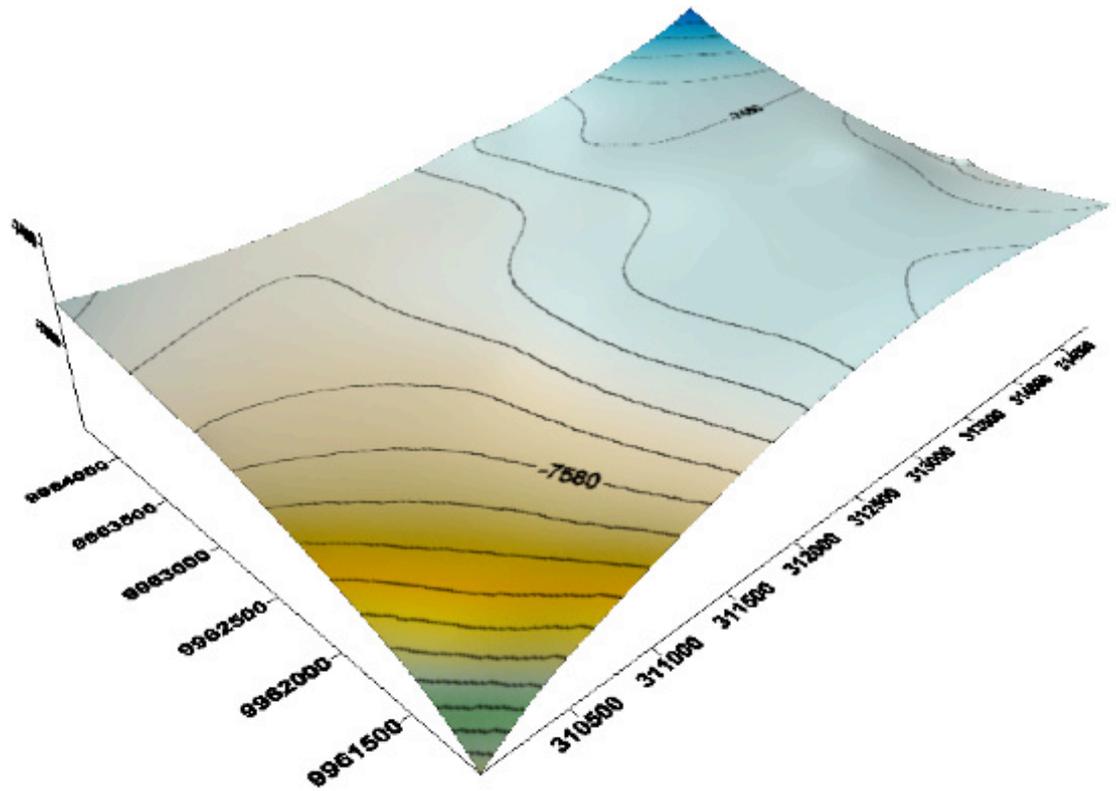


FIGURA 2.5 VISTA EN SUPERFICIE DEL TOPE.

Creado por Alex Monzón.

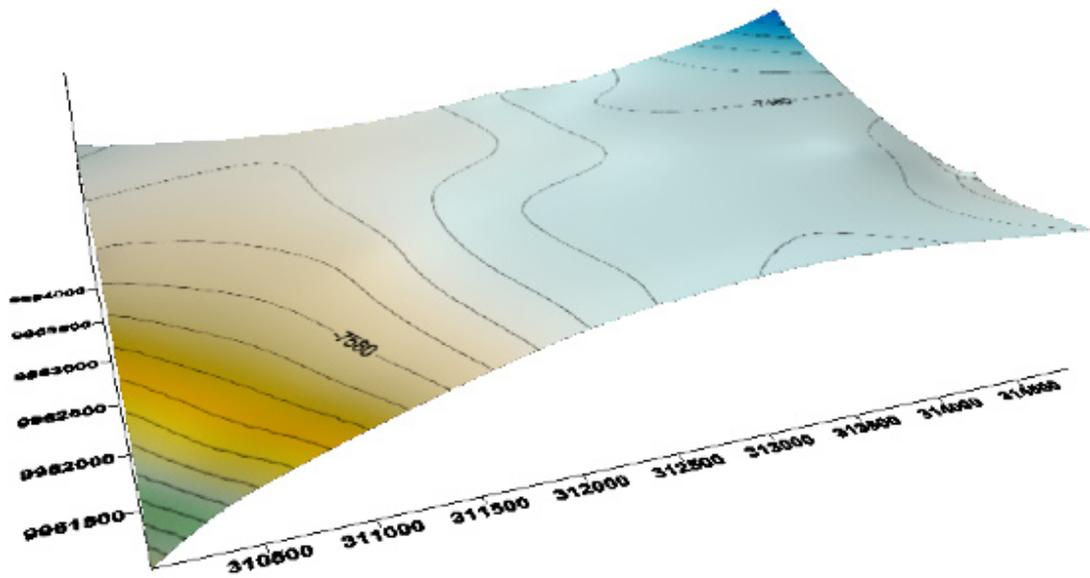


FIGURA 2.6 VISTA LATERAL DEL TOPE

Creado por Alex Monzón.

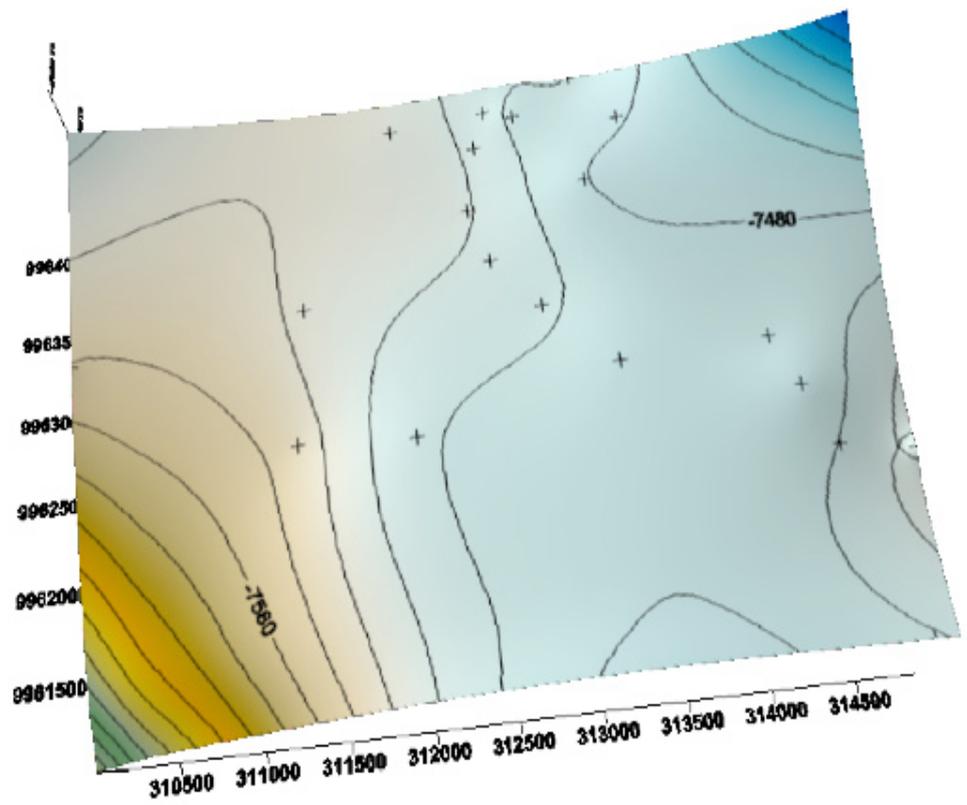


FIGURA 2.7 PUNTOS DE CONTACTO EN EL TOPE

Creado por Alex Monzón.

2.9.2 Mapa Estructural de la Base del Conglomerado Basal de Campo Limoncocha.

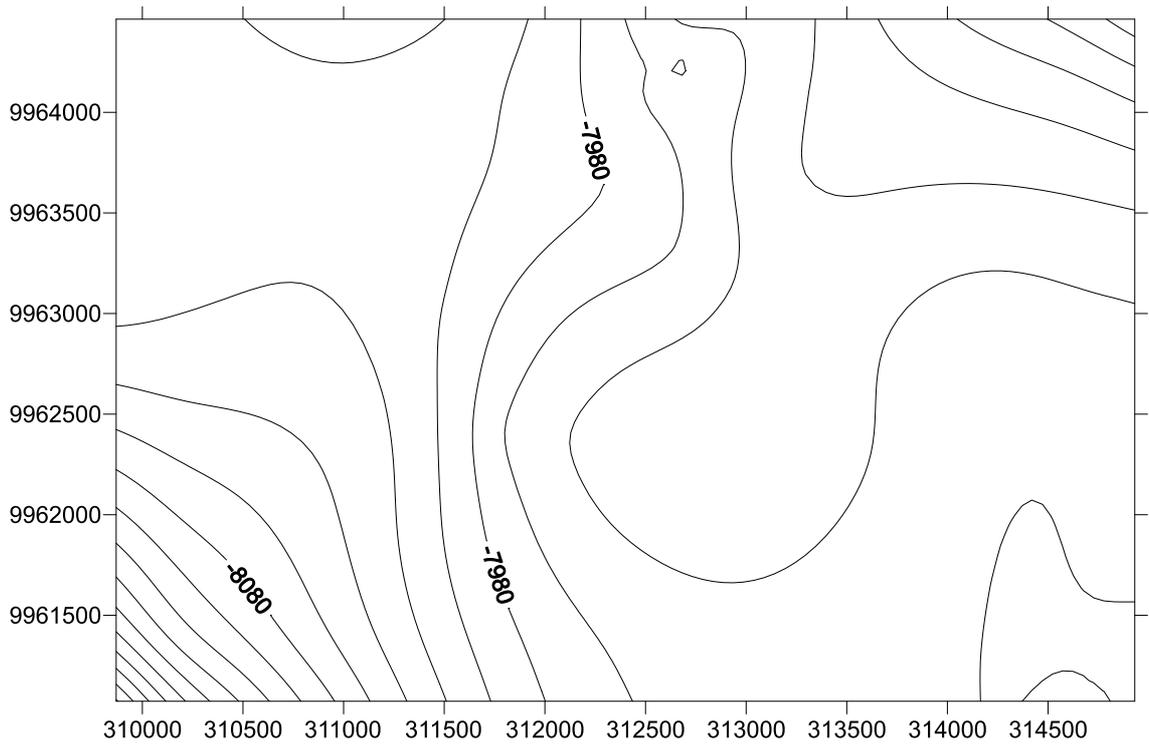


FIGURA 2.8 LIMONCOCHA BASE

Creado por Alex Monzón.

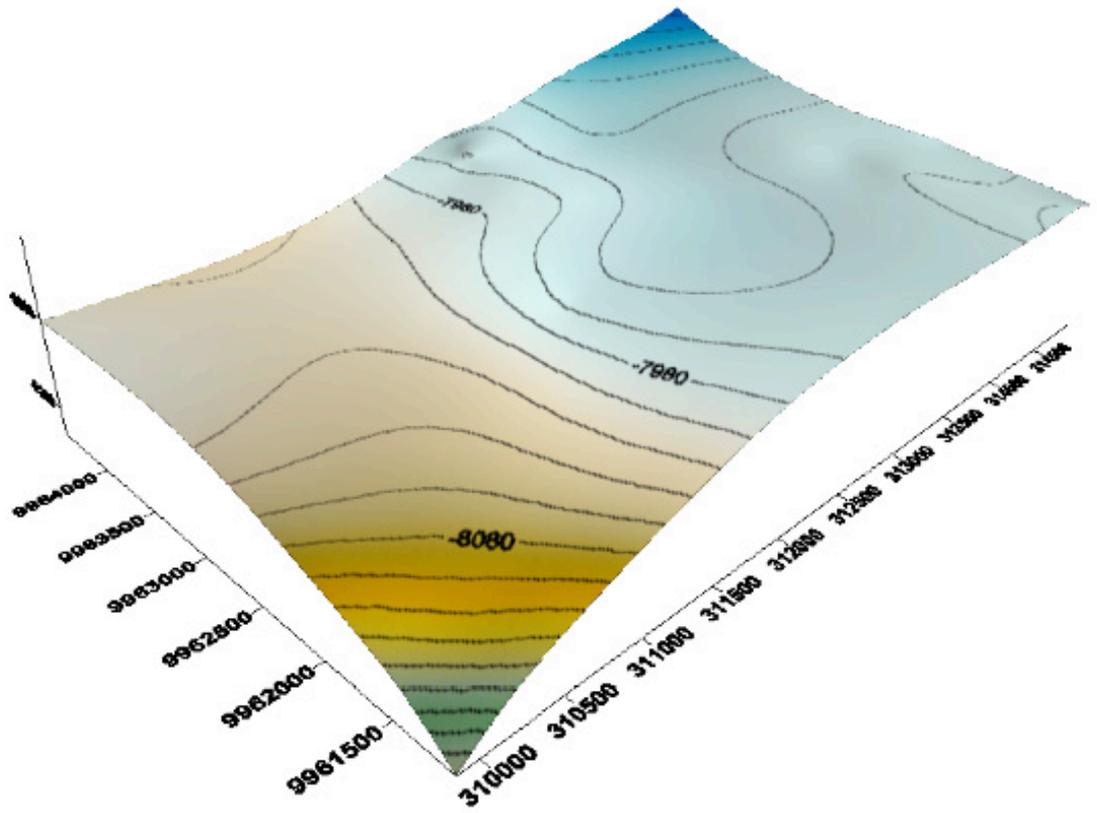


FIGURA 2.9 VISTA DE SUPERFICIE

Creado por Alex Monzón.

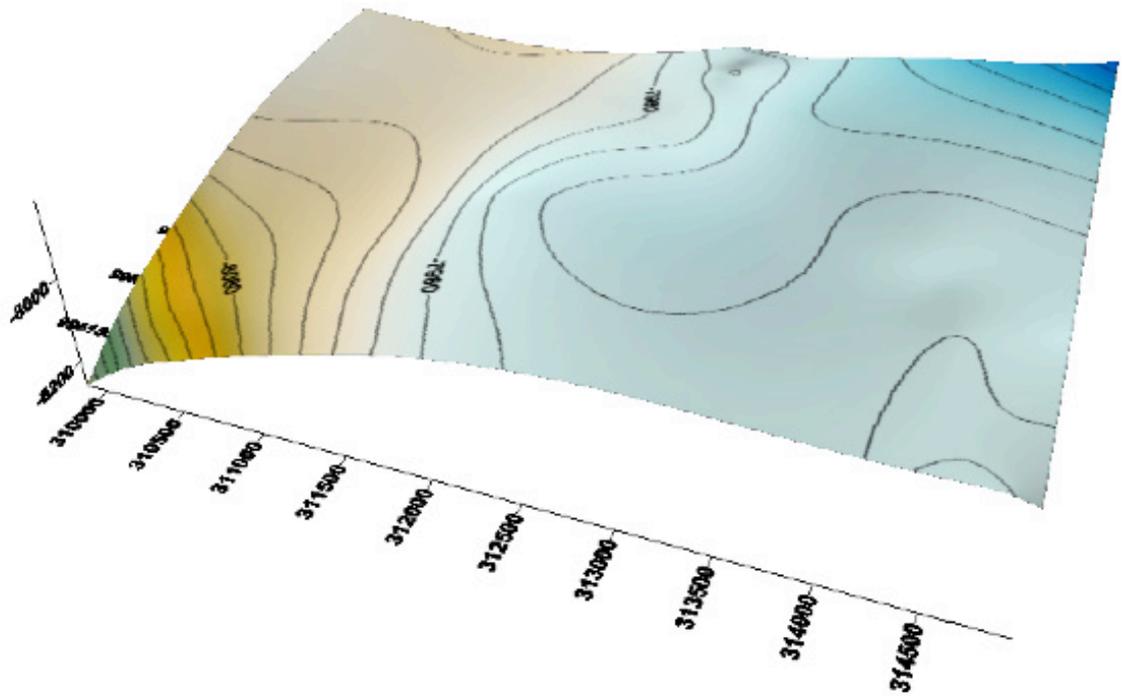


FIGURA 2.10 VISTA LATERAL

Creado por Alex Monzón.

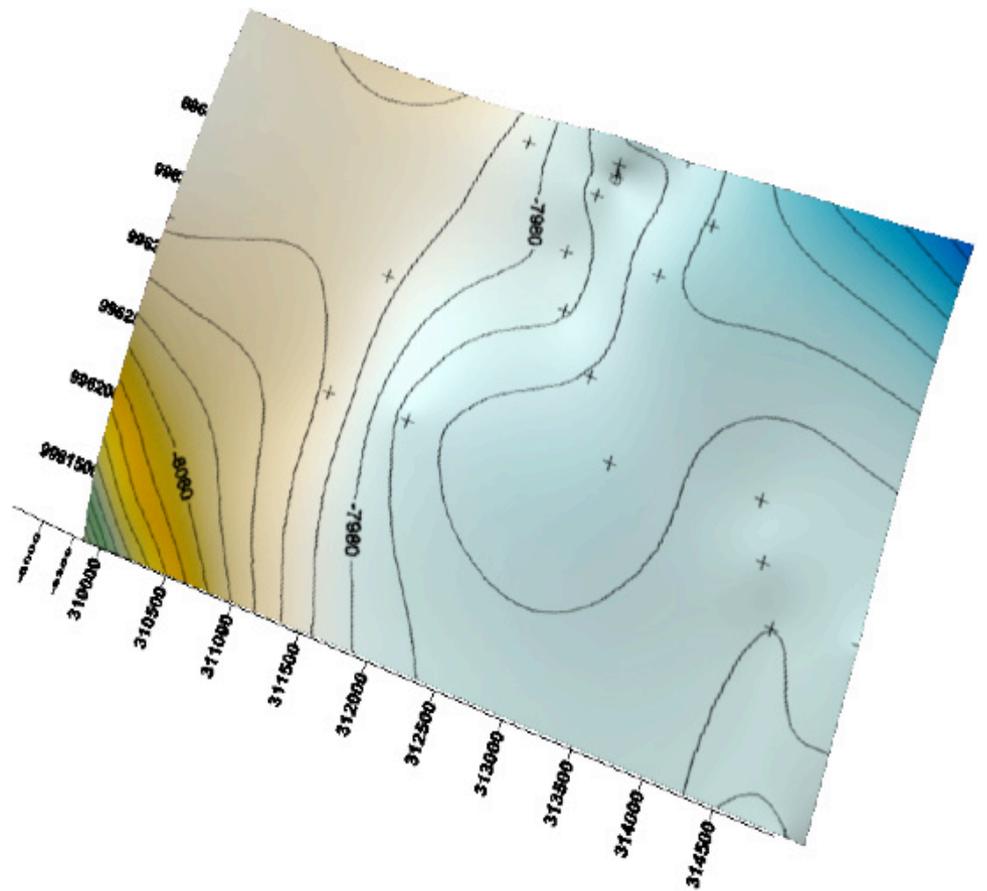


FIGURA 2.11 PUNTOS DE CONTACTO EN LA BASE

Creado por Alex Monzón.

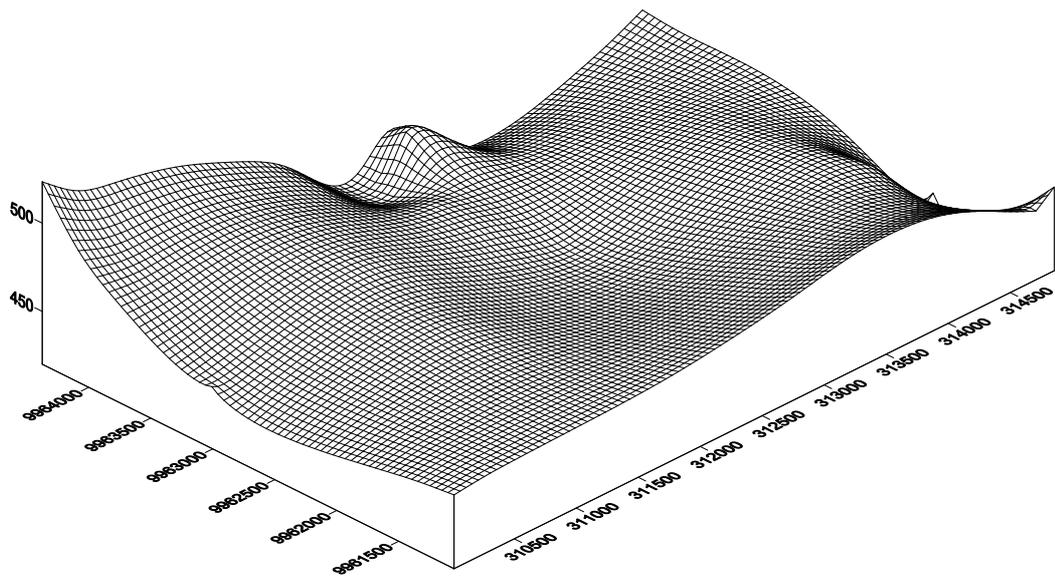


FIGURA 2.12 LIMONCOCHA ESPESOR

Creado por Alex Monzón.

2.9.3 Mapas Estructurales del Tope Yanaquincha Este.

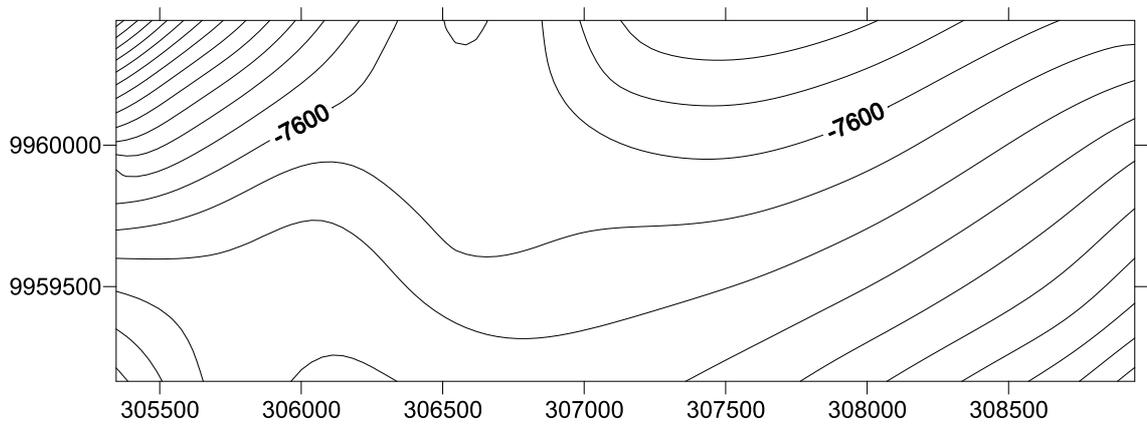


FIGURA 2.13 YANAQUINCHA ESTE TOPE.

Creado por Alex Monzón.

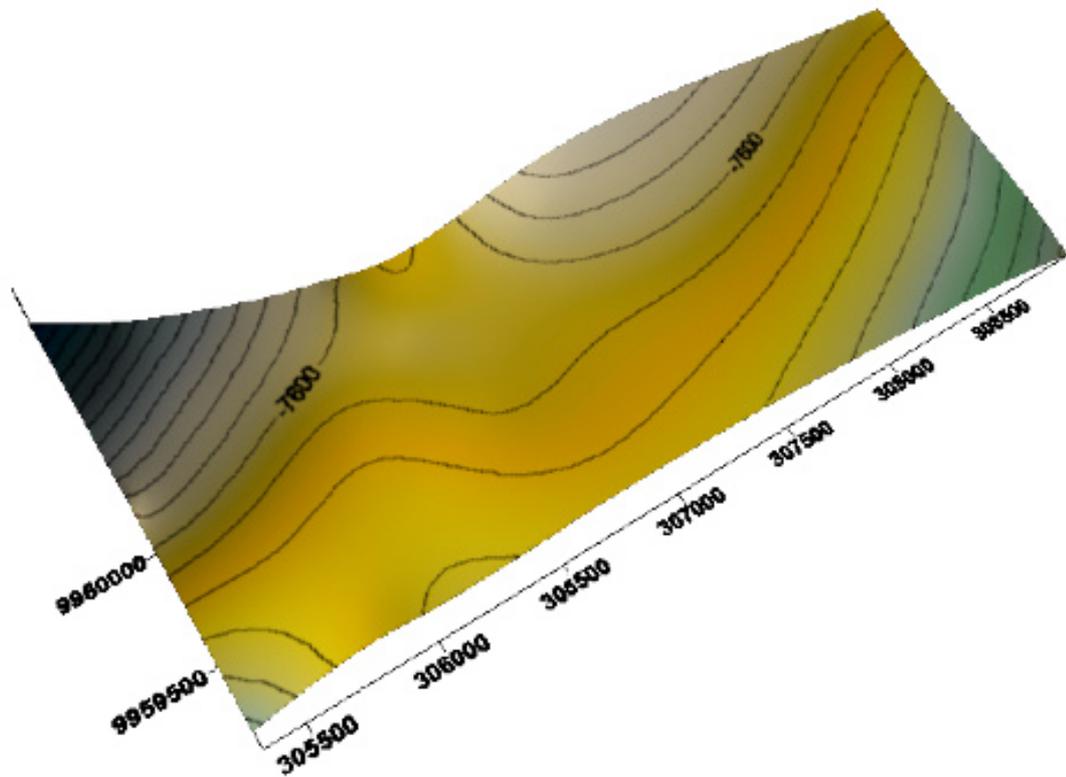


FIGURA 2.14 VISTA EN SUPERFICIE

Creado por Alex Monzón.

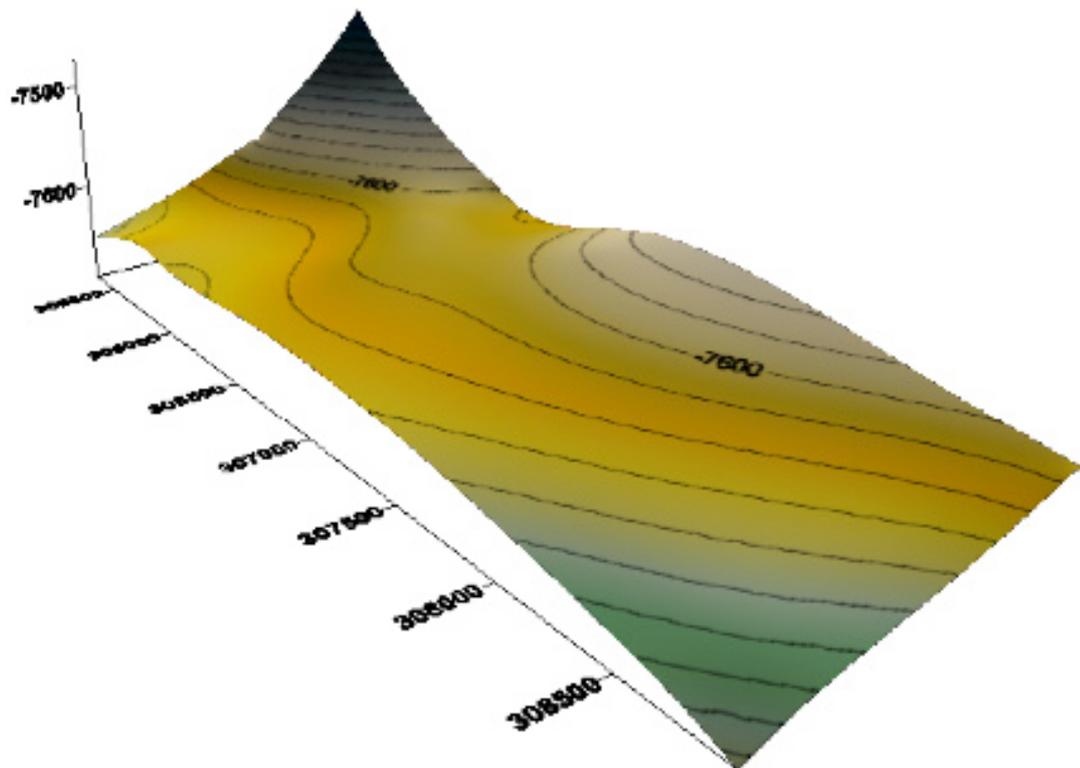


FIGURA 2.15 VISTA LATERAL

Creado por Alex Monzón.

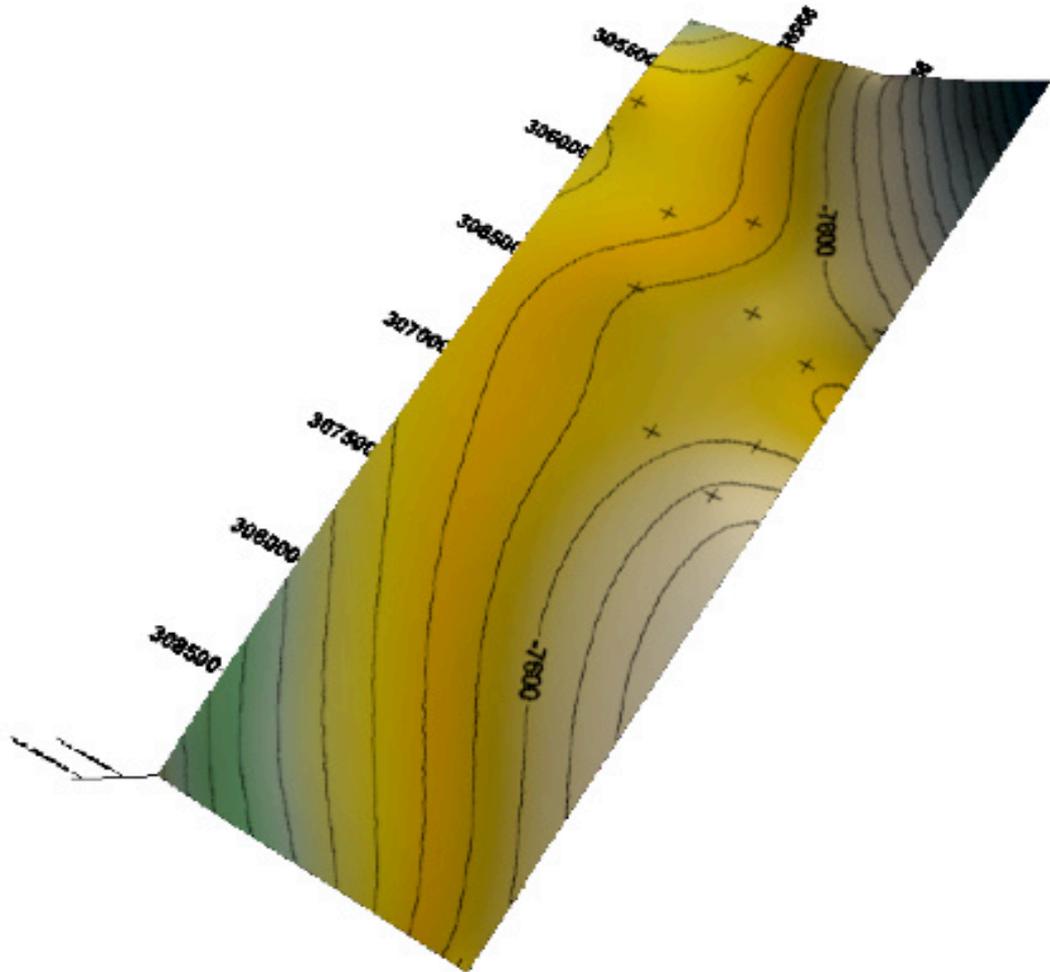


FIGURA 2.16 PUNTOS DE CONTACTO EN EL TOPE

Creado por Alex Monzón.

2.9.4 Mapa Estructural de la Base Yanaquincha Este.

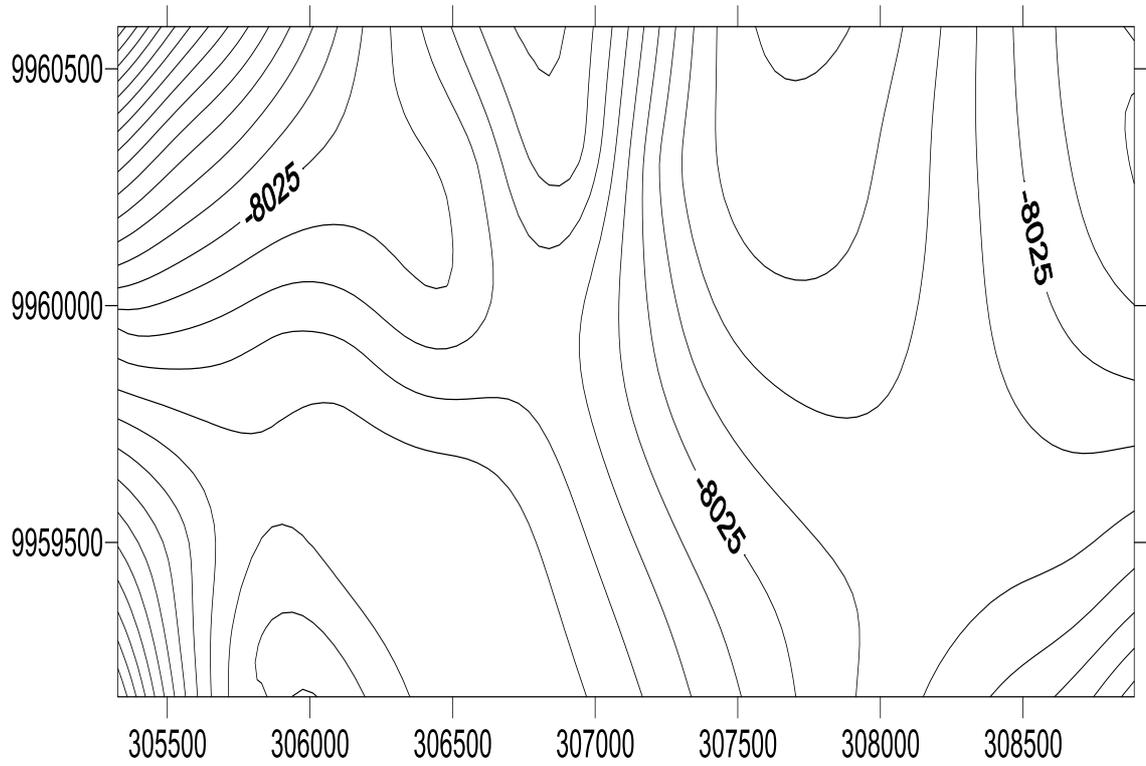


FIGURA 2.17 YANAQUINCHA ESTE BASE

Creado por Alex Monzón.

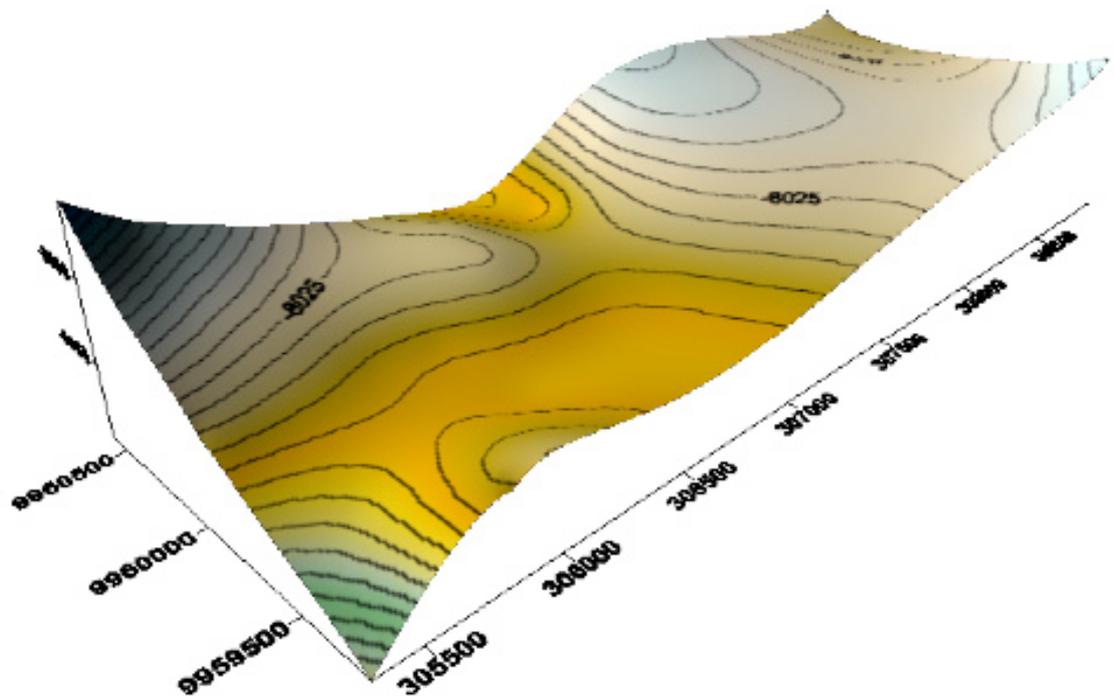


FIGURA 2.18 VISTA DE SUPERFICIE

Creado por Alex Monzón

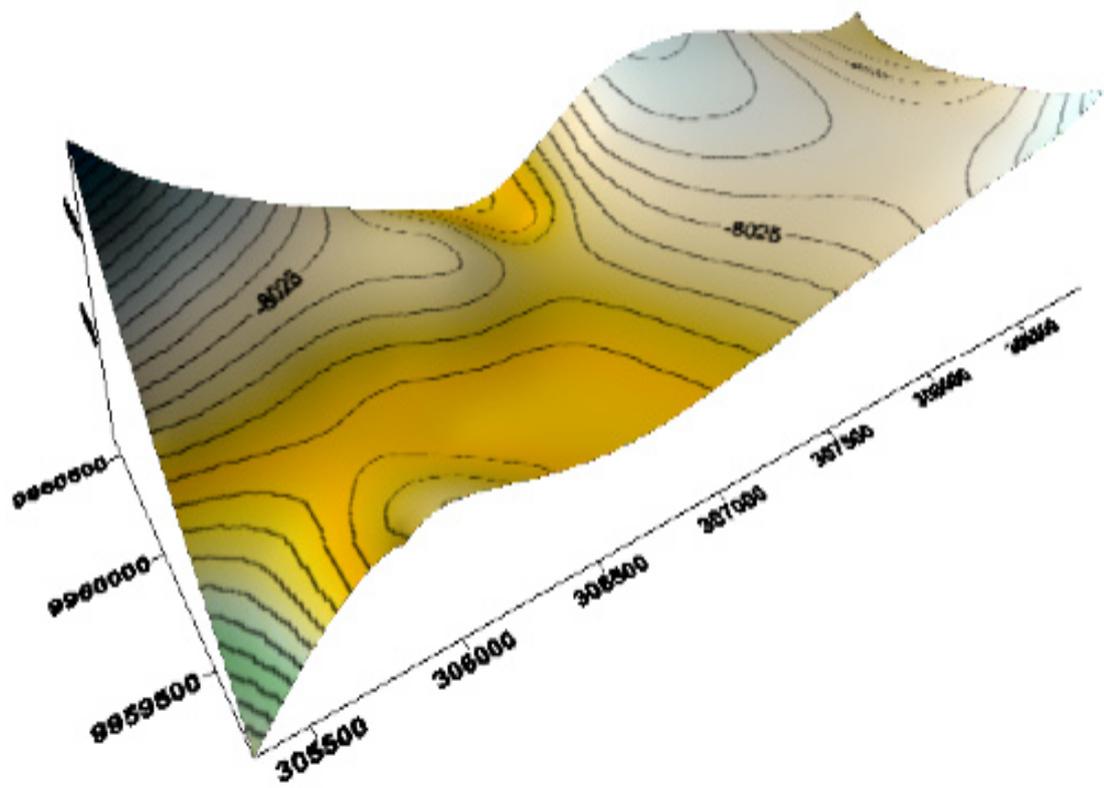


FIGURA 2.19 VISTA LATERAL DE LA SUPERFICIE

Creado por Alex Monzón.

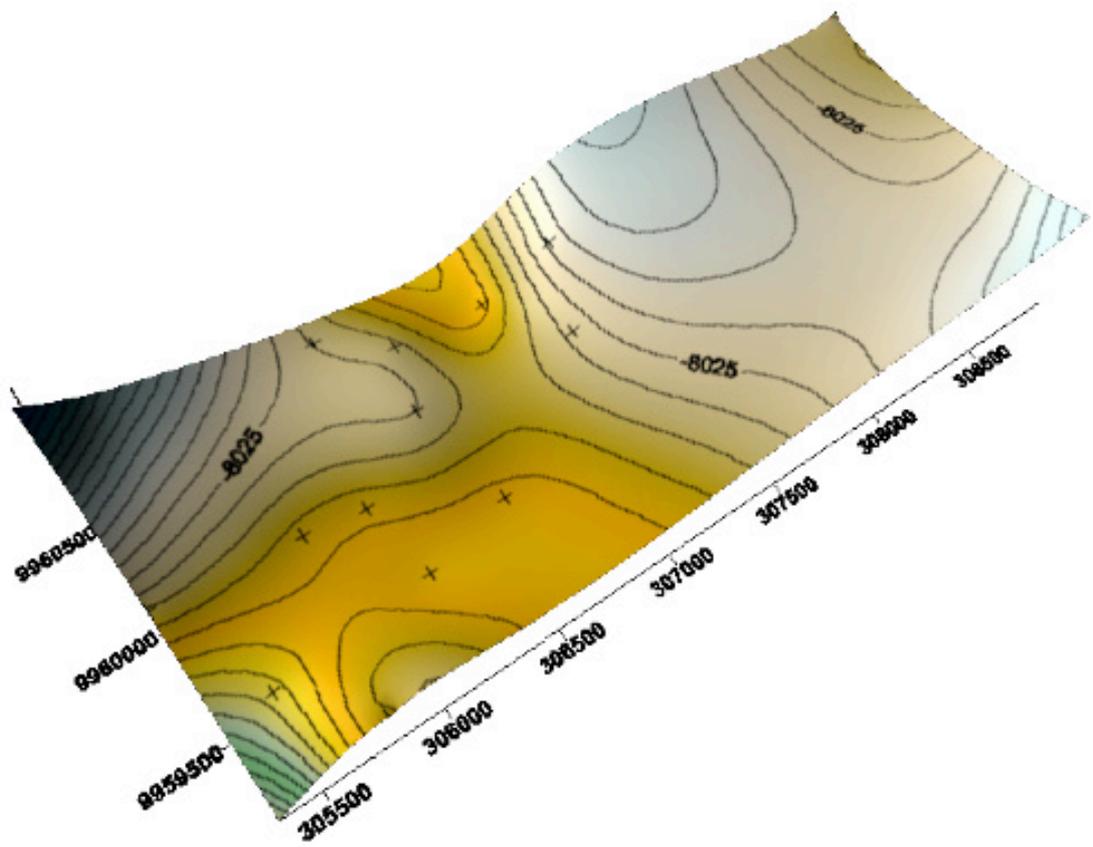


FIGURA 2.20 PUNTOS DE CONTACTO BASE

Creado por Alex Monzón.

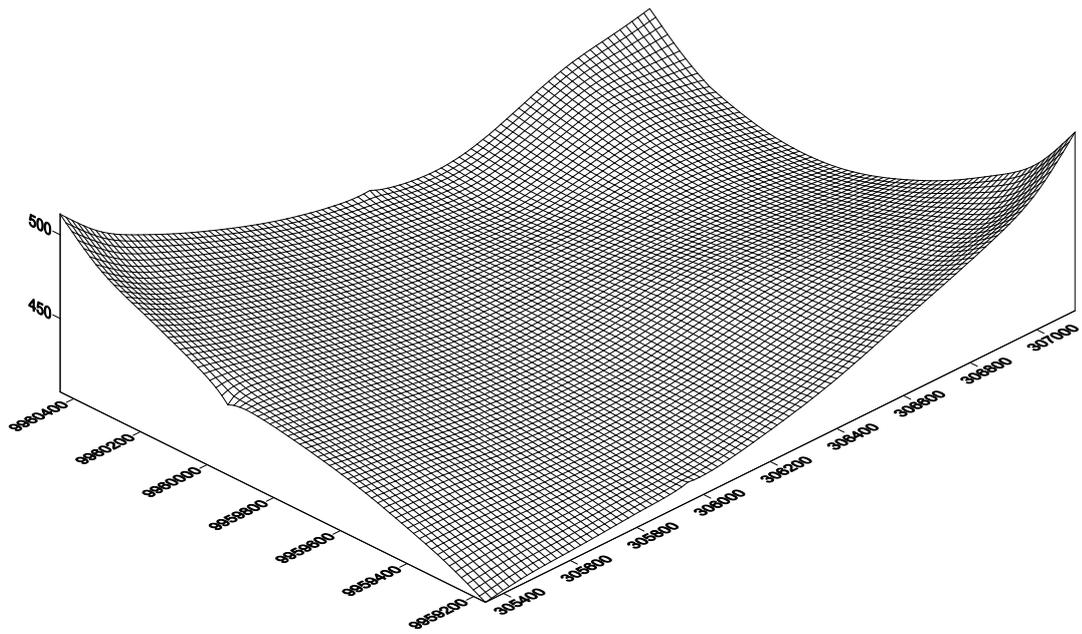


FIGURA 2.21 YANAQUINCHA ESTE ESPESOR

Creado por Alex Monzón.

CAPITULO 3

3. APLICACIONES DE BROCAS.

Desde los comienzos de la historia de la perforación este elemento ha jugado un papel demasiado importante y sus avances en cuanto al diseño, materiales de construcción han avanzado al ritmo que la necesidad por mayores cantidades de crudo se han hecho presentes.

Básicamente la broca es la que perfora el subsuelo y permite llegar a la formación de interés en la que se halla el petróleo.

Las brocas se clasifican en dos grupos **TRICONICAS Y PDC.**

En pozos verticales los tamaños de brocas tricónicas y PDC que más se utilizan son de 14^{3/4}", 13 5/8", o 12 1/4" para la sección superior, y 9^{7/8}" o 8 1/2" para la sección inferior. En pozos direccionales los tamaños de brocas tricónicas y PDC que mas se utilizan son las de 16", 12^{1/4}" y 8^{1/2}" de acuerdo al esquema de perfil de pozo direccional que se esta realizando en el momento.

3.1 Brocas Tricónicas.

Las brocas tricónicas como su nombre lo indica poseen tres conos soportado por cojinetes que les permiten tener rodamiento.

3.1.1 Tipos de Brocas Tricónicas.

Entre las brocas tricónicas tenemos: Brocas tricónicas con dientes de acero y brocas tricónicas con insertos de carburo de tungsteno.

Brocas Tricónicas de Insertos.

Este tipo de broca tiene insertos de carburo de tungsteno conocido como compactos, los cuales son colocados a presión; poseen diferentes tamaños y formas según la aplicación requerida. El cono es formado a partir de piezas forjadas de aleación de acero, níquel molibdeno y cromo y posteriormente carburado, y templado en aceite. Los insertos son colocados posteriormente.

Brocas Tricónicas de Dientes de Acero.

Poseen como estructura de corte conos de acero maquinados a partir de piezas forjadas de aleación de acero, níquel,

molibdeno y cromo, las cuales son carburadas y revestidas de un material duro (revestimiento duro) que contiene partículas de carburo de tungsteno y que es adherido mediante un proceso de oxiacetileno, cuya función es proteger y alargar la vida útil de las broca.

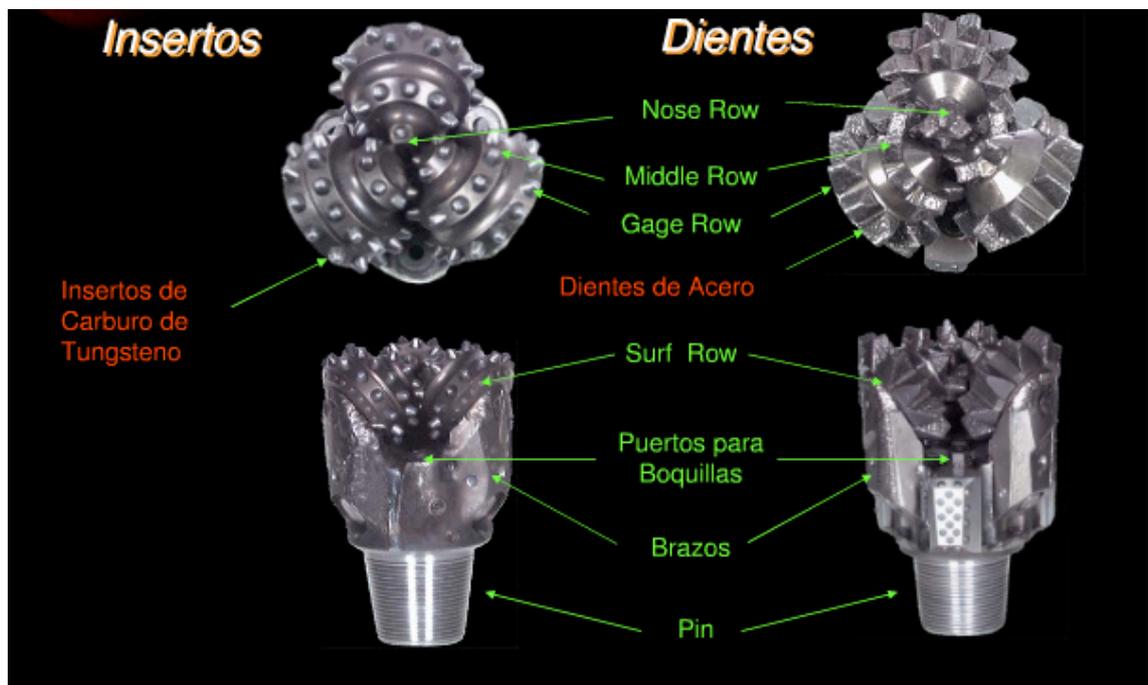


FIGURA 3.1 TIPOS DE BROCAS TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

3.1.2 Componentes de una Broca Tricónica.

Las brocas tricónicas están conformadas de: el cuerpo, sus componentes, el sistema de lubricación, la estructura de corte, los cojinetes y sellos.

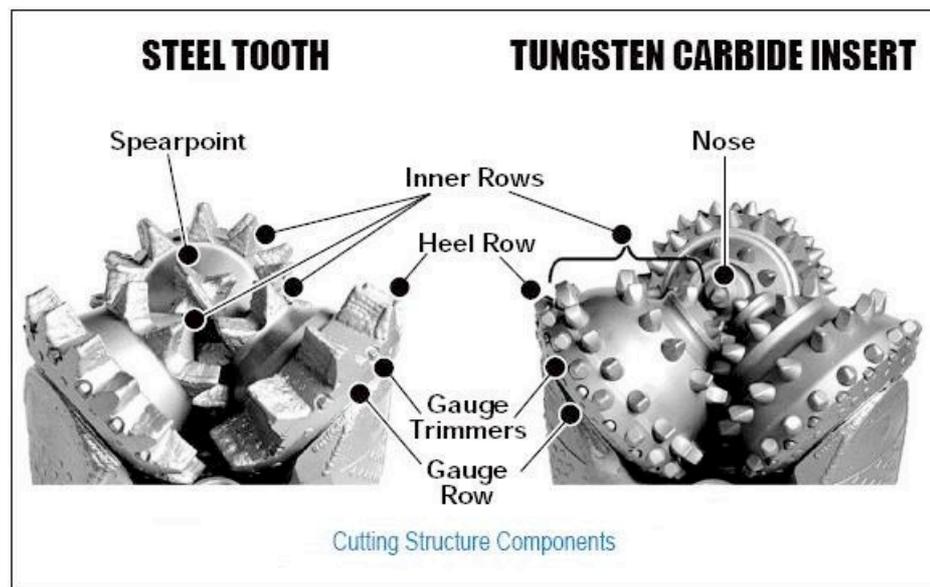


FIGURA 3.2 COMPONENTES DE UNA BROCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

3.1.2.1 Cuerpo de la Broca.

Contiene los canales de salida de las boquillas y el sistema de compensación de presión. El Sank es maquinado para conectar la broca a la sarta de perforación. Todas las brocas tricónicas tienen los mismos componentes con diferentes elementos de corte, cojinete y tipos de sellos, y configuración de boquillas.

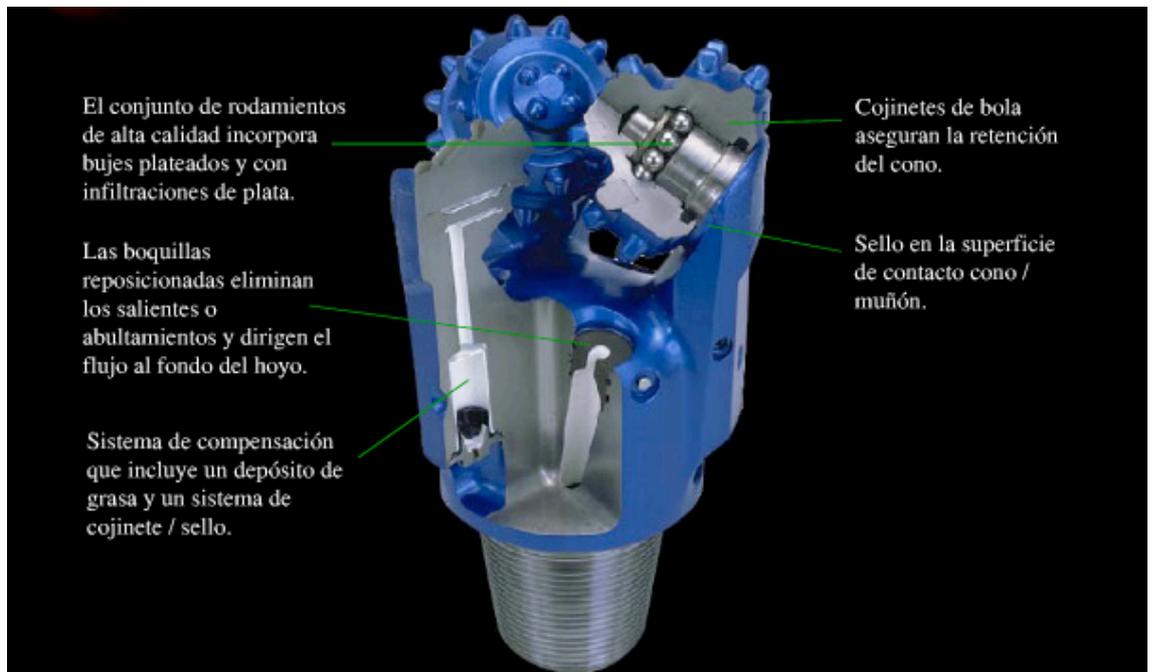


FIGURA 3.3 PARTES INTERNAS DE UNA BROCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

3.1.2.2 Estructura de Corte.

Consiste de los elementos de corte, los cuales pueden ser insertos de tungsteno o dientes de acero contenidos en conos rodantes. Los conos son montados en los cojinetes, los cuales pueden ser sellados o no.

Las tricónicas están sometidas a condiciones severas de funcionamiento cuando perforan, por lo que los conos deben ser resistentes no solo al desgaste sino también a la carga de choque. La mayoría de los conos se pierden cuando fallan los sellos ya que se desprenden de los cojinetes (desgaste por falla de los sellos). También el cono se rompe y se pierda en el pozo con los consiguientes problemas de pesca que acarrea.

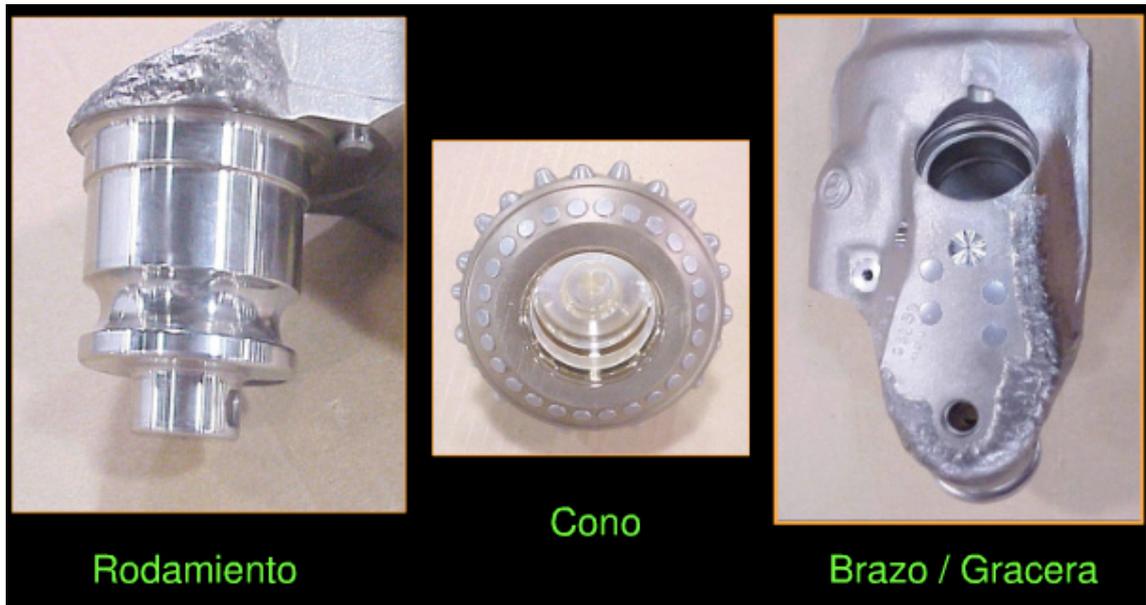


FIGURA 3.4 SISTEMA DE RODAMIENTO INTERNO DE UNA BROCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

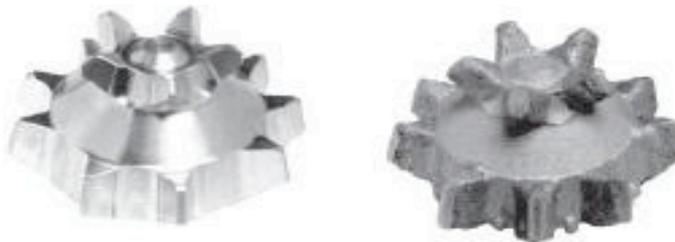
Conos con Dientes de Acero: Los conos con dientes de acero se maquinan a partir de piezas forjadas de aleación de acero con níquel, molibdeno y cromo. A los dientes se les aplica material duro que contiene varios tamaños y tipos de partículas de carburo de tungsteno diseñadas para maximizar la vida de corte del diente. Este material es aplicado mediante un proceso de oxiacetileno.



FIGURA 3.5 ESTRUCTURA DE CORTE EN UNA BROCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

Las superficies del cojinete se endurecen luego de un tratamiento térmico para lograr superficies de precisión con máxima dureza y resistencia al desgaste.



Steel Tooth Cones

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

Conos con Insertos de Carburo de Tungsteno: Los conos con insertos de carburo de tungsteno se maquinan a partir de piezas forjadas de aleación con níquel, molibdeno y cromo. Los conos maquinados se carburan y templean en aceite. Este tratamiento térmico especial permite lograr un núcleo altamente resistente que pueda retener a los compactos y superficies de cojinetes endurecidas para resistir el desgaste. No obstante, los conos se procesan de tal manera que las superficies de las áreas donde se deben perforar los orificios para instalar los insertos no se carburan



FIGURA 3.6 CONOS DE UNA BROCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

3.1.2.3 Cojinetes.

El cono se encuentra sujeto a cuerpo de la broca por medio del cojinete el cual posee un mecanismo de retención que utiliza salineras o rulemanes. En el cojinete y cono respectivamente se maquinan pistas en donde van colocados dichos rulimanes. La pata de la broca cuenta con un orificio que se perfora desde el lado hacia las pistas de los rulimanes en el cojinete y es por donde se insertan los rulimanes una vez que se coloca el cono en el cojinete. Cuando la pista se encuentra llena se coloca un tapón en el orificio de entrada y se suelda para que permanezca cerrada.

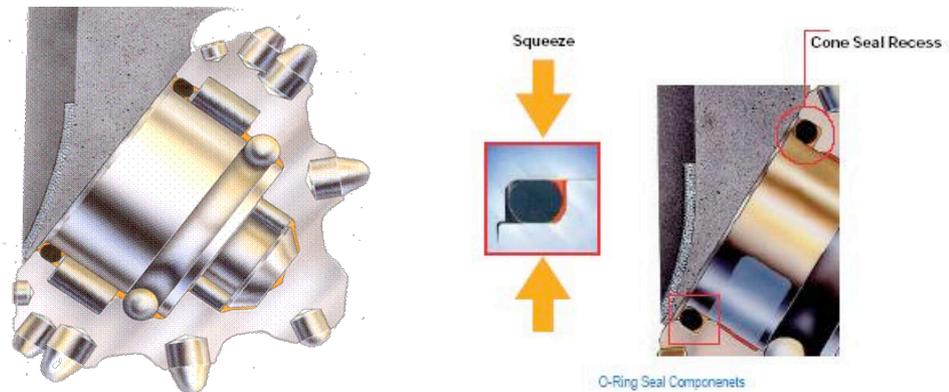


FIGURA 3.7 PARTES DE LOS COJINESTES EN UNA BORCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

3.1.2.4 Sellos.

La función del sello es mantener el lodo fuera de los cojinetes y dentro el lubricante de manera efectiva. Permiten soportar mayores pesos al perforar formaciones duras.

Actualmente existen dos tipos de sellos para las brocas tricónicas y son: sellos elastomeritos o de o-ring y sellos metal-metal.

Sellos Elastomeritos o de O-ring.

Son sellos radiales dinámicos. Está compuesto por un anillo de caucho que debe soportar las cargas sobre el cono. Como el cono rota, el sello experimenta desgaste dentro y fuera de sus caras, por lo que sus propiedades deben ser optimizadas para proveer resistencia al desgaste, a la temperatura y a los químicos provenientes de los fluidos de perforación.

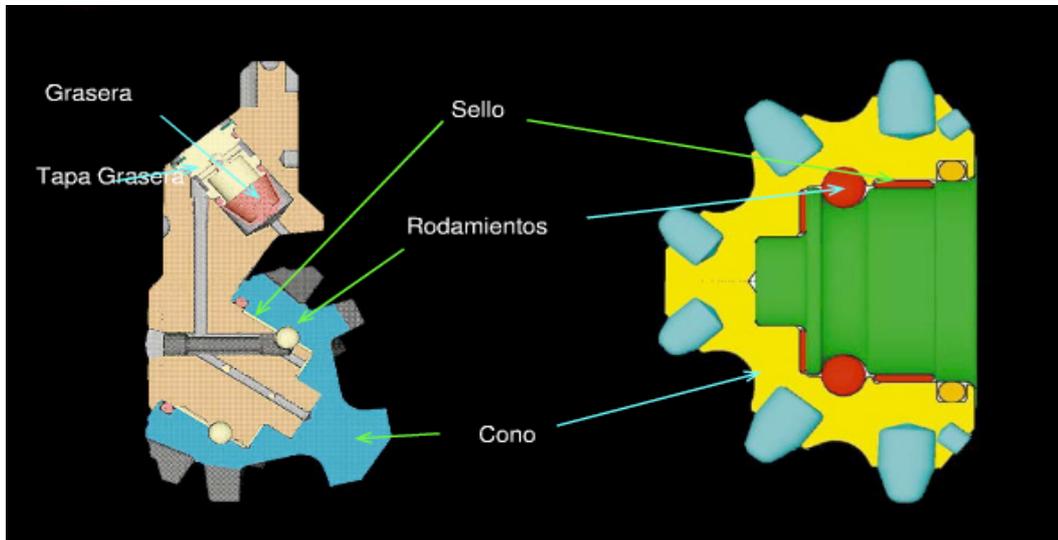


FIGURA 3.8 SELLOS EN EL INTERIOR DE UNA BROCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

Sellos Metal- Metal.

Compuesto de dos anillos metálicos sumamente duros y altamente pulidos que se mantienen estacionarios con respecto al movimiento del cono presionados unos con otros por dos anillos de caucho. Estos sellos alargan la vida de las brocas tricónicas en aplicaciones a altas RPM, temperatura y condiciones abrasivas.

3.1.2.5 Sistema de Lubricación.

Las brocas tricónicas sufren extremada carga sobre los cojinetes lo cual puede resultar en contacto del cojinete con el cono. Grasa especial es utilizada para minimizar estos contactos y mantener una película lubricante sobre la superficie del cojinete, reduciendo el desgaste y previniendo fallas catastróficas del mismo. Esta grasa es comprimida por un sistema compensador.

El sistema compensador de lubricación y presión consiste de un reservorio de grasa, un compensador de caucho, un tubo conductor y un sello de rodamiento. El sistema compensador de presión equilibra la presión del rodamiento con la presión en el fondo del pozo dada por el fluido de perforación. Esto es requerido para prevenir los diferenciales de presión al otro lado de los sellos de rodamiento. El compensador de presión es esencialmente un diafragma que permite que la presión del lodo no sea comunicada a la presión de la grasa dentro del rodamiento. El sistema de

lubricación es evacuado al vacío y luego engrasado a presión para asegurar un sistema libre de goteos que es llenado al 100% de su capacidad. Una sólida tapa y sello sobre el reservorio de grasa previenen que el fluido de perforación gotee dentro del sistema de lubricación.

El mecanismo de corte de las brocas tricónicas se debe a tres acciones producidas por los dientes o insertos. Primero el inserto tritura y compacta la formación generando recortes lo que posteriormente serán paleados hacia fuera. Un orificio es dejado por cortador.

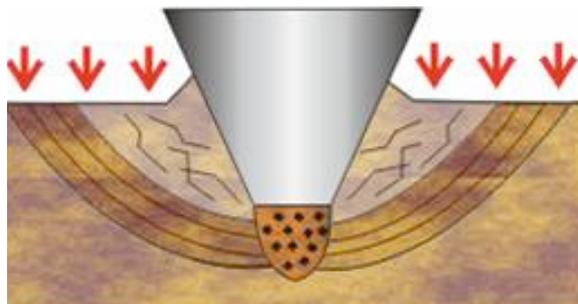


FIGURA 3.9 MECANISMO DE CORTE DE UN DIENTE EN UNA BROCA TRICONICA

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

Protección del Calibre.

Esta protección es la clave si se desea mantener un pozo en calibre y mejorar la durabilidad de la estructura de corte. Para aplicaciones muy abrasivas, se diseñan tricónicas con la mayor cantidad de insertos de carburos de tungsteno posible en la hilera del heel (externa) y del calibre. Estos insertos están sometidos a esfuerzos y desgastes extremos cuando perforan el ángulo que forma la pared del pozo con el fondo. Las mejoras producidas en la estructura de corte, sellos y cojinetes se tradujeron en intervalos más largos en la mayoría de las aplicaciones, por lo que la necesidad de mejorar la capacidad del calibre resulta de primordial importancia.

Calibre Protegido con Insertos de Carburo de Tungsteno.

Utiliza insertos de carburo de tungsteno de mayor densidad del tipo cuñavoides u ovoides en la hilera externa (heel). Esta protección permite mantener

el calibre de las broca especialmente en aplicaciones a altas RPM o altamente abrasivas.

3.1.3 Utilización de Brocas Tricónicas con Insertos.

En formaciones que:

- Para tramos superficiales en los que existen pedrones.
- En secciones arcillosas en los que no justifique la utilización de una broca PDC (DIAMANTE POLICRISTALINO COMPACTO) debido a lo corto de la sección y por consiguiente al costo de la sección.
- En estratos conglomeráticos de gran espesor en los cuales utilizar una broca PDC sería la aplicación correcta
- En ciertas cuencas en el oriente en los que existen intrusivos (rocas ígneas) o litologías que no son perforables por cizallamiento sino por impacto, triturando y resquebrajando la roca, aplicando pesos altos para comprimir la formación hasta que falle.
- En el caso que existiera chatarra en el fondo del pozo.
- En pozos direccionales en los que el trabajo de construcción sea severo, es necesario tener elementos

móviles (triconos) al fondo del pozo para facilitar el trabajo de direccional y disminuir el torque.

- Para limpieza de cemento y sus elementos en fase de completación.

3.2 Brocas PDC.

Denominadas de esa manera por el tipo de cortador que poseen (PDC- “Polycrystalline Diamond Compact”, por sus siglas en ingles) Diamante Compacto Policristalino.



FIGURA 3.10 IMAGEN DE UNA BROCA PDC

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

La aplicación de este tipo de broca es muy versátil ya pueden perforar tanto formaciones duras como blandas, debido al desarrollo en la tecnología de sus cortadores que las han provisto de mayor durabilidad, resistencia al desgaste y al impacto.

El mecanismo de corte de las brocas PDC es por arrastre. Por su diseño hidráulico y el de sus cortadores en forma de pastillas tipo moneda y además por sus buenos resultados en la perforación rotatoria, este tipo de broca es la mas usada en la actualidad para la perforación de pozos petroleros.

La selección del número de aletas, la cantidad de cortadores, la hidráulica, el diseño y las características adicionales de una broca PDC depende de la aplicación requerida y de un exhaustivo análisis del desgaste presentado después de haber perforado las distintas formaciones.

Una desventaja de este tipo de brocas son los problemas de acuífamiento en formaciones deleznales y en pozos en donde se debe repasar el agujero por constantes derrumbes de la formación. Este fenómeno contribuye a que la formación las atrape más fácilmente que una broca Tricónica.

Una secuencia lógica para la selección adecuada de una broca PDC contempla los siguientes pasos:

a) Obtener información de los pozos prospecto: Identificar el objetivo del pozo, diámetro del agujero, datos del intervalo a perforar, tipo de formación, contacto geológico, litología, condiciones y requerimientos especiales del pozo, determinación de restricciones e indicaciones de la perforación.

b) Seleccionar la estructura de corte, cuerpo y perfil de la broca: Identificar el tipo, tamaño, densidad, distribución e inclinación de los cortadores.

3.2.1 Partes de una Broca PDC.

Perfil: Se llama perfil a la forma de la broca cuando esta se observa de uno de sus lados.

Cortadores: Compuestos de un cilindro de carburo de tungsteno y una tabla de diamante policristalino fijados a la matriz.

Boquillas: Son los orificios en la broca por donde sale el fluido de perforación a gran velocidad ayudando a la limpieza y refrigeración de la broca.

Junk Slots: Son las aberturas que existen a lo largo de la broca que permiten el desalojo de material generados durante la perforación del pozo .

Calibre: Es la sección estabilizadora del diámetro completo de la broca, permite mantener el diámetro del pozo y se encuentra situada sobre el perfil.

Shank: Este posee el pin de conexión de la broca que se fabrica bajo las especificaciones API y además las ranuras de ajuste e identificación de la broca.

Vástago (Blank): Parte de la broca hecha de acero donde se funde la corona de la broca y nos permite a su vez soldarlo a la corona, formando así la broca.

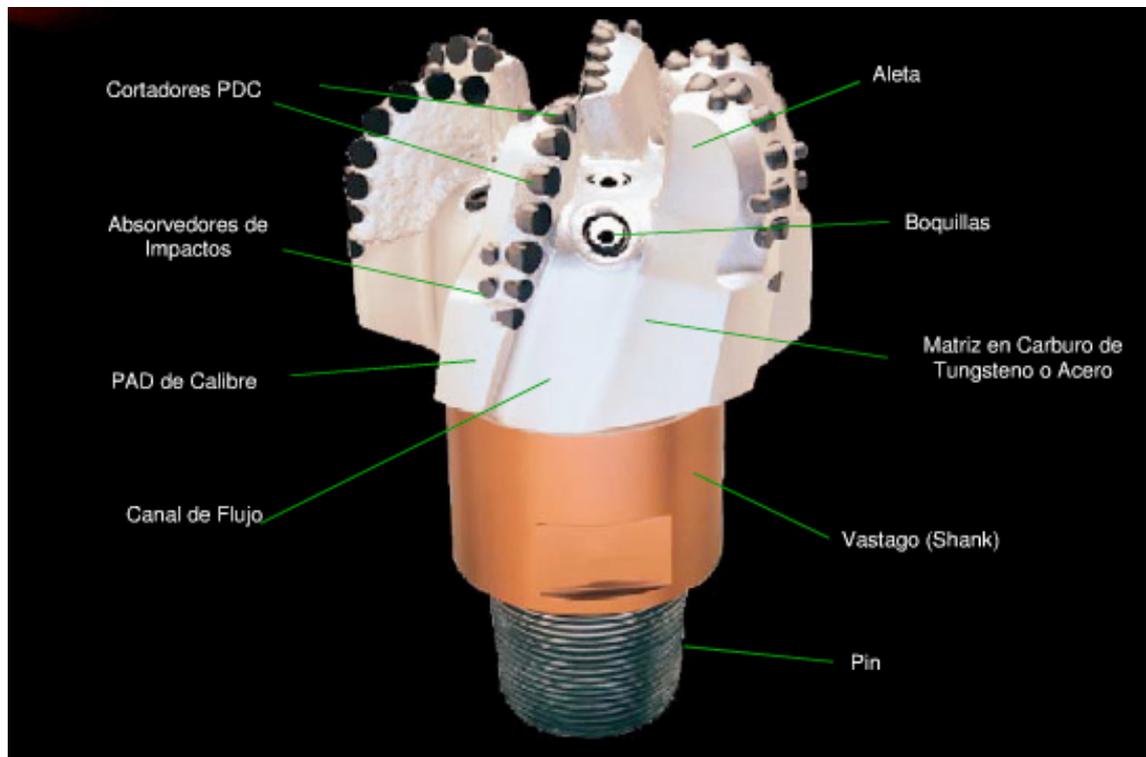


FIGURA 3.11 PARTES DE UNA BROCA PDC

<http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>

3.2.2 Componentes de una Broca PDC.

Entre los componentes de una broca PDC podemos mencionar: estructura de corte, el cuerpo de la broca y el vástago.

3.2.2.1 Estructura de Corte.

La estructura de corte es parte de la corona de una broca la cual se le da un tratamiento especial debido a la importancia de las características de corte que esta debe presentar para el proceso de perforación. En ella se encuentran los cortadores de la broca, los cuales son fabricados con diamante naturales o sintéticos, siendo las estructuras de corte con diamante sintético los mas usados.

En el caso de la broca PDC, los cortadores son los que le dan el nombre a la broca por el material con el cual están hechos.

El cortador PDC esta compuesto por una tabla de diamantes y un sustrato de carburo de tungsteno en forma cilíndrica.

La fabricación de los cortadores comienza con la recolección de los granos de diamante sintéticos, fabricados de carbono sometido a presiones y temperaturas de 3000 °C y mas de un millón de pc de presion, los cuales son colocados en un molde

con el sulfato de carburo de tungsteno y cobalto como solvente/catalizador. Luego se lo lleva a condiciones de altas presiones y temperaturas (60.000 atmósferas y alrededor de 1400 °C, donde el cobalto va a hacer que el diamante se aglutine formando la tabla de diamante y a su vez hace que el diamante se una con el sustrato de carburo de tungsteno, formando el cortador PDC.

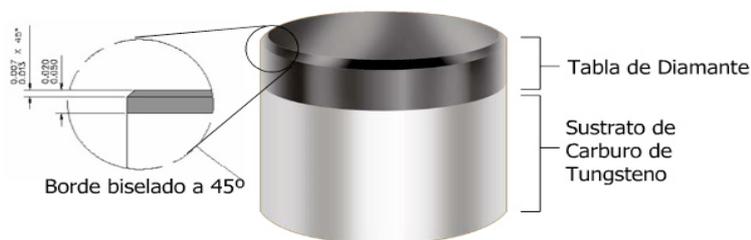


FIGURA 3.12 DIENTE CORTADOR DE UNA BROCA PDC

<http://www.scribd.com/doc/20183984/Trepanos-PDC>

Con la finalidad de mejorar la durabilidad del cortador PDC fue necesario hacer un bisel en la tabla de diamante. El bisel del borde es un

pequeño ángulo en el borde de la tabla de diamante. Un bisel típico se describe mediante la altura y el ángulo del bisel.

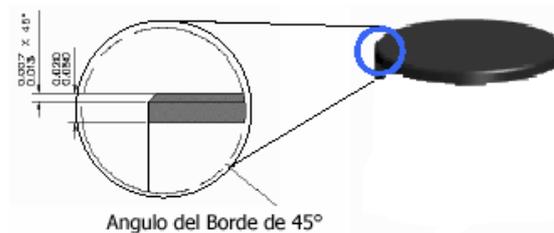


FIGURA 3.13 ANGULO DE BISEL EN UN CORTADOR PDC

<http://www.scribd.com/doc/20183984/Trepanos-PDC>

El Tamaño de los cortadores viene regulado por la IADC por sus siglas en ingles (Internacional American Drilling Contractors), la cual es la encargada de controlar los parámetros de construcción de las brocas dentro de los tamaños de cortadores de 22mm, 19mm, 16mm, 13mm, 8mm.

Los cortadores de 19, 13 y 8 milímetros son los mas utilizados en la fabricación de las brocas debido a que, los cortadores de 19 milímetros produce recortes grandes y presentan mayor

altura de diamante utilizable, los cortadores de 16mm y de 13 milímetros son aplicados a un amplio rango de brocas, los cortadores de 8mm nos permiten diseños mas flexibles en brocas de diámetros reducidos.

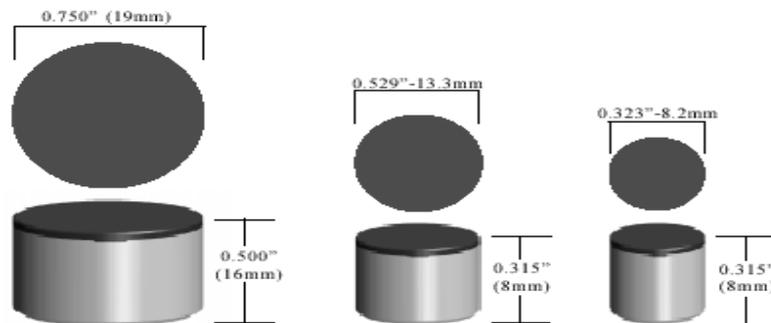


FIGURA 3.14 TAMAÑO DE CORTADORES MAS USADOS

<http://www.scribd.com/doc/20183984/Trepanos-PDC>

La durabilidad y resistencia de un cortador se la evalúa tomando en cuenta dos factores importantes: la resistencia al impacto y su resistencia a la abrasión, siendo la resistencia al impacto la resistencia del cortador a fracturarse con facilidad y la resistencia a la abrasión la

resistencia del cortador a desgastarse durante el trabajo de perforación.

La exposición de un cortador se lo considera desde el contacto del cortador con la aleta soporte. El bolsillo se encuentra sobre la aleta y que solo se suelda el carburo de tungsteno a la aleta de la broca. Esta puede ser total, cuando la tabla de diamante esta totalmente expuesta, o mínima.

Si el cortador no presenta un desgaste mayor a $1/3$ o $1/2$ de su estructura el cortador se lo considera rentable económicamente, considerándolos desde el punto de vista de ratas de penetración.

Otro punto a tomarse en las brocas PDC es la orientación de los cortadores y para esto se considera dos características: El ángulo de rastrillaje (back rake) y la inclinación lateral (side rake) del cortador.

Angulo de Rastrillaje (back rake): Los cortadores son colocados en la broca con cierto

ángulo negativo con respecto a la formación. Se lo define como el ángulo que se forma entre la cara cortante y una línea perpendicular a la superficie de corte.

El ángulo de rastrillaje es clave para determinar la agresividad de una broca (sensibilidad al torque), siendo los ángulos más bajos los que nos demuestran mayor agresividad y son usados en formaciones blandas y en el cono de la broca. Los ángulos mayores nos dan menos agresividad y menos sensibilidad al peso y al torque y se los puede colocar en el hombro o en el calibre de la broca. En la actualidad se utilizan diferentes ángulos de rastrillaje a lo largo del perfil de la broca, tomando en cuenta también su durabilidad.



- Determina la agresividad del cortador
- Cuando menor sea el rastrillaje más agresivo será el corte

FIGURA 3.15 DIFERENTES ANGULOS DE RASTRILLAJE USADOS EN LAS BROCAS PDC

<http://www.scribd.com/doc/20183984/Trepanos-PDC>

Inclinación Lateral (Side Rake): Se define como el ángulo que se forma entre la cara del cortador y una línea que se forma entre el centro del cortador y el centro del trépano. Este ángulo nos indica si la cara del cortador es paralela a la formación o tiene un leve ángulo entre ellos.

El ángulo de inclinación de las brocas se ajusta de acuerdo a los requisitos de diseño y espacio libre, pero generalmente oscila entre 0 y 10°, si es mayor a 0° su cara frontal tiene un borde de ataque y un borde posterior.

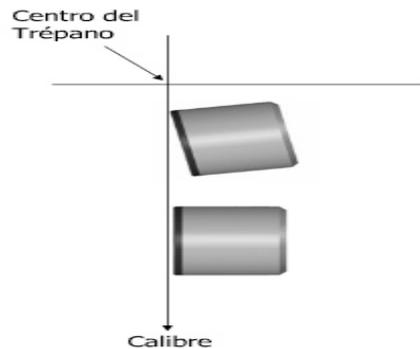


FIGURA 3.16 ANGULOS DE INCLINACION USADOS EN LAS BROCAS

<http://www.scribd.com/doc/20183984/Trepanos-PDC>

3.2.2.2 Cuerpo de la Broca (corona).

Para la fabricación del cuerpo de la broca se utilizan dos clases de materiales: Carburo de tungsteno o el acero.

Cuerpo de Carburo de Tungsteno.

Están constituidos por dos elementos tungsteno y carbón; el uso del polvo de carburo de tungsteno se deriva del campo de la metalurgia del polvo.

Se utiliza este material ya que presenta gran resistencia a la erosión y a la abrasión, por lo que esta protege y soporta los cortadores. En una

broca de matriz también se definen las trayectorias de los fluidos y las áreas de los junk spots.

Brocas con Cuerpo de Acero.

Estos tipos de brocas fueron utilizadas por las empresas fabricantes desde comienzos de la evolución de las brocas PDC, y es fabricada con un tipo de acero que cumple con las normas A148 de la ASTM para aceros fundidos 125/135.

Debido a que el acero no presenta la suficiente resistencia a la abrasión y la erosión, es necesario aplicar un material de endurecimiento superficial en zonas críticas para garantizar la vida útil de la broca. El material endurecedor, carburo de tungsteno macrocristalizado con un aglutinante de acero, es aplicado detrás de los bolsillos del cortador y en la almohadilla del calibre.

Para el reforzamiento en el calibre se utilizan cortadores PDC en el borde del calibre para evitar el desgaste. En la almohadilla del calibre se colocan insertos redondos de carburo de tungsteno aglomerado, e instala una camisa

interior en el cuerpo de la broca y delante de la boquilla, para evitar la erosión interna.

3.2.2.3 Shank.

Es la parte de la broca hecha de acero térmicamente tratado de alta aleación 4140. Para ambos tipos de corona de la broca, sea de acero o de carburo de tungsteno, el Shank es una pieza separada. Para el caso de las brocas de carburo de tungsteno, el Shank se suelda a la corona por medio de blank y en el caso de las brocas de acero se lo hace directamente a la corona.

Una de las características del Shank es la conexión API o pin de la broca, mediante el cual enroscamos la broca al ensamblaje de fondo.

También posee una ranura de identificación de la broca, el cual nos da la siguiente información: tipo de broca, la serie y el número de parte de la misma.

El Shank es la parte de la broca que posee una ranura de ajuste, donde se conecta el "bit

Brecker”, la cual es colocada en el cuadrante de la mesa rotaria y mediante un torque con llaves hidráulicas se ajusta la broca al ensamblaje de fondo.

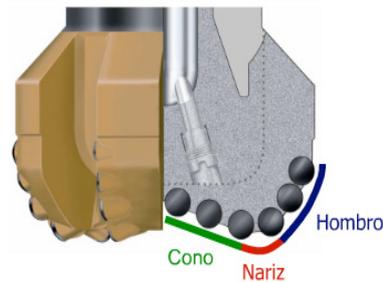
3.2.3 Perfil.

El termino perfil hace referencia a la forma de la broca vista lateralmente, siendo la parte principal en el diseño de una broca, ya que permite un desgaste parejo de la estructura de corte y a su vez le ofrece mayor estabilidad a la broca.

Es importante tener en cuenta que, dependiendo del diseño de los perfiles, se considera la cantidad de cortadores que se colocaran en la broca. Siendo un perfil largo el que ofrece mayor espacio para disposición de cortadores y a su vez mayor durabilidad, sin embargo no ofrecerá estabilidad.

Sucediendo lo contrario con un perfil corto que ofrecerá menos cortadores y se desgastara mas rápidamente, pero será mas estable.

Los componentes de un perfil están compuestos por: el cono, la nariz y el hombro.



- El perfil se emplea para optimizar el rendimiento del trépano
- El objetivo es optimizar la estabilización del trépano y el desgaste

FIGURA 3.17 PERFIL DE UNA BROCA PDC

<http://www.scribd.com/doc/20183984/Trepanos-PDC>

Cono: Es la parte del perfil que comienza en el centro de la broca y finaliza en el radio de la nariz. El cono es la parte del perfil donde se coloca la mayor densidad de cortadores debido al espacio físico que este posee. El cono también nos permite darle la estabilidad que necesita la broca, impidiendo que esta se desplace hacia los lados.

El cono de una broca se mide en término de su ángulo, siendo este medido desde la línea central hasta uno de

sus lados como se muestra en la siguiente figura; estos ángulos son por lo general entre 20° y 25° .

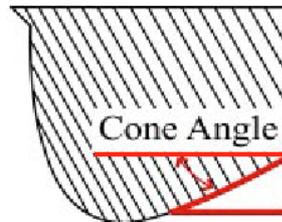
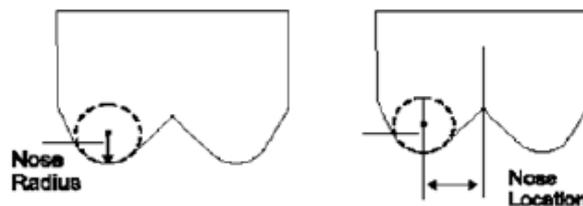


FIGURA 3.18 CONO DE UNA BROCA PDC

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Nariz: El radio de la nariz corresponde al radio del arco que se forma entre el cono y el hombro/calibre. La posición de la nariz corresponde a la distancia entre la línea del centro del trépano y el punto central del radio de la nariz, como se observa en la figura.



Radio y ubicación de la nariz de una broca PDC.

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Siendo la nariz el punto mas bajo del perfil de una broca PDC.

En la nariz se podrán colocar mayor cantidad de cortadores, dependiendo de su radio, cuanto mayor sea el radio de la nariz, mayor cantidad de cortadores se podrán colocar.

Hombro (shoulder): El hombro se encuentra ubicado entre el radio de la nariz y el calibre. Por ser un radio continuo entre la nariz y el calibre vertical, nos ofrece mayor cantidad de cortadores en el radio exterior de una broca, ayudando así a proteger del desgaste al calibre de la broca.



FIGURA 3.20 HOMBRO DE UNA BROCA PDC

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Tipos de Perfil.

Existen en la actualidad dos tipos de perfiles: perfil plano y los perfiles parabólicos.

En el perfil plano o perfil en B, debido a la forma del cono es plana; este tipo de perfil posee un radio entre el cono y el calibre.

Con este tipo de perfil podemos perforar formaciones duras, debido a que la forma plana del cono permite que la distribución de peso sobre la broca se distribuya a una mayor cantidad de cortadores. La vida útil de las brocas con perfil plano se ve afectada por la corta longitud que existe entre el hombro y el calibre, pero un perfil plano ofrece estabilidad a la broca.

Los perfiles parabólicos también conocidos como perfiles "EB," se caracterizan por tener dos radios, el de la nariz y el del hombro. Este tipo de perfil a su vez se subdivide en perfiles largos, cortos e intermedios.

Los perfiles parabólicos, largos permiten altas tasas de penetración en formaciones homogéneas, pero no eran

estables y era susceptible a daños por falta de profundidad en la corrida.

El perfil parabólico corto o intermedio ofrece una mejor distribución de cortadores y estabilidad de la broca.

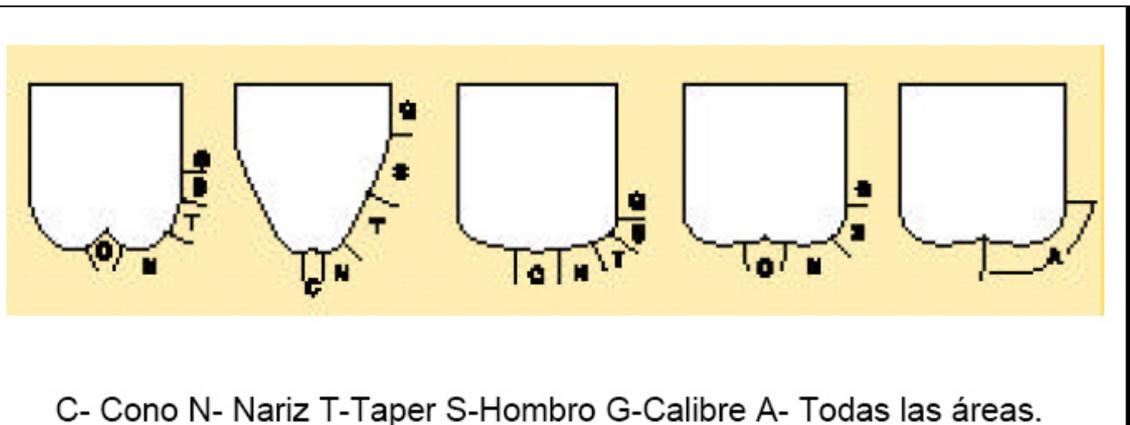


FIGURA 3.21 TIPOS DE PERFILES

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

3.2.4 Diseño de Aletas.

Las aletas de las brocas PDC se consideran una prolongación del cuerpo de la broca y se encuentran

fabricadas del mismo material que el cuerpo. El volumen de la cara y la superficie de los espacios de desalajo se los determinan por la forma de la aleta y la altura de esta.

Para la aplicación, las aletas deben ser lo mas sólidas posibles y capaces de resistir las tensiones en la perforación.

La forma de las aletas y la cantidad de estas son parte importante en el diseño de una broca.

Cantidad de Aletas.

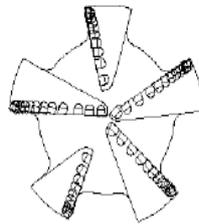
El tamaño de una broca es el limitante, cuando se diseña una broca, de las cantidades de aletas. A pesar que se han diseñado brocas de hasta 13 aletas, es poco frecuente una broca que exceda las 8 aletas.

Forma o diseño de las aletas.

Los diseños de las aletas PDC han evolucionado con el pasar de los años desde que se creo este tipo de brocas, las formas utilizadas son: forma de pastel, aletas rectas y las aletas curvas.

3.2.4.1 Forma de Pastel.

La facilidad de fabricación de este tipo de aletas y como se pensaba que la masa adicional en estas aletas ofrecía mayor resistencia hizo que se fabriquen brocas con este tipo de aletas.



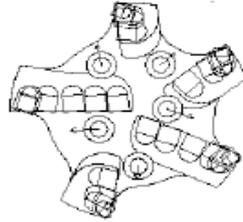
Broca PDC con aletas en forma de pastel

FIGURA 3.22 ALETAS EN FORMA DE PASTEL

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

3.2.4.2 Aletas Rectas.

Este tipo de diseño de aletas permite tener mayor superficie de junk slot mejorando el drenaje de residuos y permitían colocar mayor cantidad de boquillas.



Broca PDC de aletas rectas

FIGURA 3.23 ALETAS RECTAS EN UNA BROCA PDC

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

3.2.4.3 Aletas Curvas.

El diseño de aletas curvas en una broca puede mejorar o inhibir la limpieza y refrigeración de los cortadores, viéndose mas afectados los cortadores del hombro debido a la profundidad y posición de las boquillas. También pueden ayudar en la estabilidad y en la limpieza desalojando las astillas presentes y disminuyendo su interferencia.

3.2.5 Disposición de Cortadores.

La disposición de los cortadores en el perfil comienza con la colocación del primer cortador en la primera aleta en la parte central de la broca, y los cortadores que siguen se van colocando de manera adyacente, dejando un espacio entre centro y centro de cada cortador.

El espacio libre entre los cortadores corresponde a la distancia entre los centros de los cortadores a medida que estos se disponen en la misma aleta. Cuando se colocan los cortadores en el perfil, tanto el radio de la nariz como el tamaño del cortador (diámetro y longitud), el ángulo de rastrillaje del cortador y la curvatura de la aleta tienen efecto sobre el espacio libre entre los cortadores.

Esquema de Distribución. Las brocas poseen tres tipos básicos de distribución conocidos como: distribución en espiral, distribución Kerfin y distribución de dos pasos.

3.2.5.1 Distribución en Espiral.

Se refiere al espiral que forman los cortadores al ser colocados en el cuerpo de la broca, la distribución en espiral de una broca PDC puede ser espiral hacia delante o espiral hacia atrás.

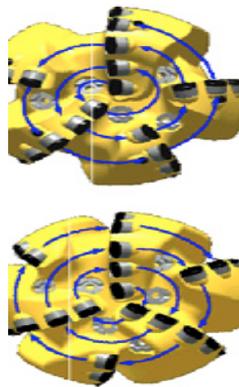


FIGURA 3.24 POSICION EN ESPIRAL DE LOS CORTADORES

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

3.2.5.2 Distribución Kerfin.

Los cortadores situados en las aletas primarias se colocan formando esquemas en espiral desde la parte central hacia la parte exterior. Los cortadores en las aletas secundarias se colocan después, de modo que tengan las mismas posiciones radiales que aquellos en las aletas primarias.

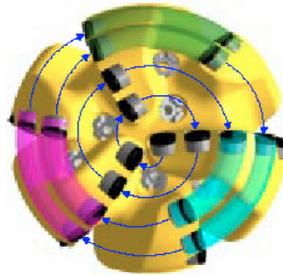


FIGURA 3.25 DISTRIBUCION KERFIN DE LOS CORTADORES

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

3.2.5.3 Diseños de dos Pasos.

Los cortadores de la posición central se disponen en un esquema en espiral. Cuando el espiral llega a las aletas secundarias y terciarias, el diseño de

dos pasos utiliza un esquema de desplazamiento inverso para colocar el siguiente cortador.

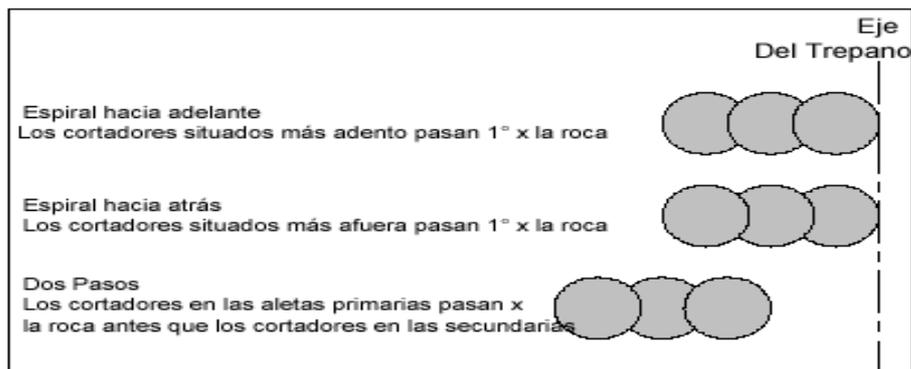
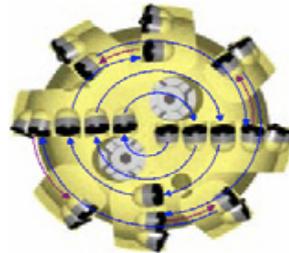


FIGURA 3.26 COMPARACION DE LA DISTRIBUCION DE LOS CORTADORES

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Hidráulica.

La hidráulica nos define la facilidad con que el fluido de perforación atraviesa la cara de la broca, limpiando y refrigerando. Constituye la optimización de la energía hidráulica para obtener una eficiente limpieza y refrigeración de la broca, para la cual es necesario enunciar los componentes de la broca PDC:

Junk Slot: Son surcos que existen en las brocas PDC ubicados entre las aletas, cuya finalidad es permitir el paso del fluido de perforación y además desalojar los recortes generados durante la perforación desde el fondo del pozo hasta el espacio anular.

Los junk slot deben ser lo más profundos y ancho posible debido que a formaciones en las que se puede aplicar R.O.P altas, deben desalojar rápidamente los desechos, debido a que el junk slot se ve afectado por la resistencia de las aletas.

Otras limitaciones de los Junk Slot son:

- La cantidad de aletas; a menor número de aletas mas superficie de junk slot.

- Diámetro del shank

Perfil del “Junk Slot”.

En la actualidad se utilizan perfiles de junk slot, con una profundidad mínima en el centro de la broca la cual se va expandiendo a lo largo del cuerpo hasta llegar al calibre.

Relación de Superficie de los Junk Slot.

La relación de la superficie del junk slot es una relación entre la superficie del junk slot y la superficie total de la cara del trépano. La relación del junk slot se puede utilizar para comparar la superficie relativa de limpieza entre trépanos de diferentes tamaños y diseños. Estos dos valores se consignan en el registro técnico de cada diseño. Por tanto, una medida de la superficie total de todas las secciones desde cada junk slot, si el

trepano se observa desde la cara, expresada en pulgadas cuadradas.

Se debe tomar en cuenta que la superficie del junk slot debe ser mayor cuando se tiene una formación blanda y alta ROP debido a que es necesario el desalojo rápido de los ripios de perforación.

Relación de Volumen de la Cara:

Esta relación toma en cuenta el volumen entre las aletas desde el centro de la broca y a lo largo de todo el perfil; se expresa en pulgadas cúbicas.

La relación de volumen de la cara utiliza todo el volumen de la cara para comparar el tamaño y el diseño de las brocas.

Boquillas:

Las boquillas de una broca PDC son elaboradas de carburo de tungsteno y cobalto, sometidos a alta presión, debido a su diseño de soporte de dureza erosión.

Las boquillas, dependiendo de su diámetro, se encargan de generar la energía hidráulica y la fuerza de impacto, para lograr la mejor limpieza del pozo y la refrigeración adecuada de la broca.

Eficiencia Hidráulica:

Esta se basa en la limpieza y la refrigeración de la broca.

Limpieza:

La eficiencia hidráulica desde el punto de vista de la limpieza de la broca, se refiere a la máxima penetración que pueda tener una broca, sin que esta llegue a embolarse.

Existen tres niveles de eficiencia con respecto a la limpieza:

- Muy eficiente: A medida que aumenta las ROP de una broca por causa del aumento del peso sobre la broca, la limpieza es eficiente y no existe embolamiento alguno.

- Medianamente eficiente: La ROP aumenta debido al aumento de la WOB, hasta que se

produce el embolamiento, la ROP y la agresividad bajan. Pero en determinado momento la ROP se recupera y se estabiliza. A pesar de que se produce el embolamiento la ROP baja, pero se sigue perforando.

- Nada eficiente: En el momento que se produce el embolamiento la ROP y la agresividad disminuyen.

Refrigeración:

Con respecto a la refrigeración de las brocas, la eficiencia hidráulica se la define como el proceso para mantener la velocidad del fluido en valores aceptables en la cara de cada cortador, de tal forma que no existan problemas debido a la temperatura y fricción.

Calibre:

Nos permite mantener el diámetro del pozo que se está perforado, dependiendo de la longitud del calibre, lo cual nos permite tener condiciones de estabilidad, direccionalidad y maniobrabilidad. Si existen problemas con el calibre, este puede

ocasionar problemas al momento de bajar otra broca.

Los diferentes tipos y longitudes de calibre fueron desarrollados para garantizar óptima eficiencia de perforación y capacidad de dirección.

Tipos de Calibre:

Calibres de Fijación (Flush Set):

Se caracteriza por permitirnos colocar diferentes componentes tales como: baldosines de carburo de tungsteno y diamantes naturales.



FIGURA 3.27 CALIBRE FLUSH SET

Calibre Reducido:

Tiene una longitud más pequeña que el calibre normal. Esta característica no se visualiza debido a su sutileza en la broca (generalmente 0.05 pulg).

Esta puede variar según las necesidades.

Calibre Escalonado:

Consiste en tener la mitad de la longitud del calibre con el diámetro del pozo completo y la otra mitad de diámetro menor que la del pozo completo.



FIGURA 3.28 CALIBRE ESCALONADO DE UNA BROCA PDC

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroeel_.pd

Picos del Calibre:

La idea de este tipo de calibre nace del hecho de minimizar la turbulencia cuando el fluido de perforación y los recortes se expulsan por el junk slot.



FIGURA 3.29 PICOS DE CALIBRE

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Cortadores PDC en la Almohadilla del Calibre:

La idea de colocar cortadores PDC, se deba a que las arenas abrasivas ocasionan un desgaste prematuro en la almohadilla del calibre.



FIGURA 3.30 CORTADORES EN ALMOHADILLAS DE CALIBRE

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroeel_.pd

Opción del Calibre Updrill:

Se refiere a la características de ensanchado hacia atrás. Este tipo de aplicación se debe a que puede ser necesario un ensanche del diámetro del pozo en condiciones en que el pozo puede reducir su diámetro, debido a dilatación de formaciones, bordes o codos.

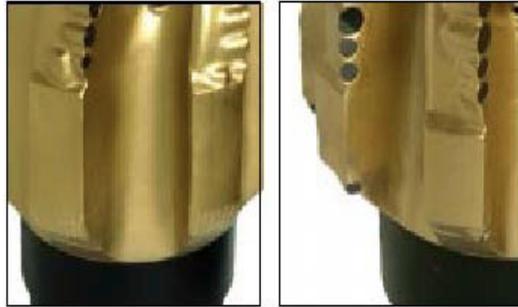


FIGURA 3.31 TIPOS DE CALIBRE

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Mecánica de Corte.

El objetivo de toda broca es superar la resistencia de la roca y transmitir la suficiente potencia que extraerá los recortes. Por tanto la broca debe cortar la roca de la forma mas eficiente posible, para lo cual es necesario tener una eficiencia hidráulica que mantenga limpio el pozo y la estructura cortadora de la broca, permitiendo que esta siga perforando.

En el caso de los cortadores PDC la roca es fallada por corte, la punta del cortador penetra la formación y realiza el corte de tal manera que raya

extrayendo la formación por capas, haciendo que la dirección de la carga y la fractura sean paralelas.

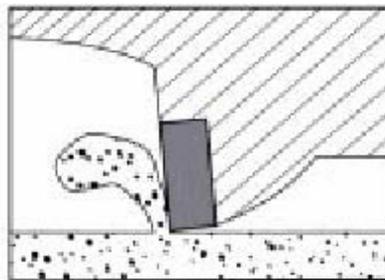


FIGURA 3.32 FALLA DE LA ROCA POR CORTE

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20VillarroeI_.pd

Estabilidad.

La estabilidad de una broca PDC, es una de las características mas importantes que se deben tomar en cuenta en un diseño de broca.

Para conseguir una estabilidad en una broca se debe analizar primeramente la dinámica de la

broca, ya que esta es considerada como una de las principales fallas al momento de la perforación.

Balance de Fuerzas.

Al momento de aplicar una carga sobre una broca, esta se descompone en tres fuerzas: sobre la broca (WOB), la fuerza de corte y la fuerza lateral.

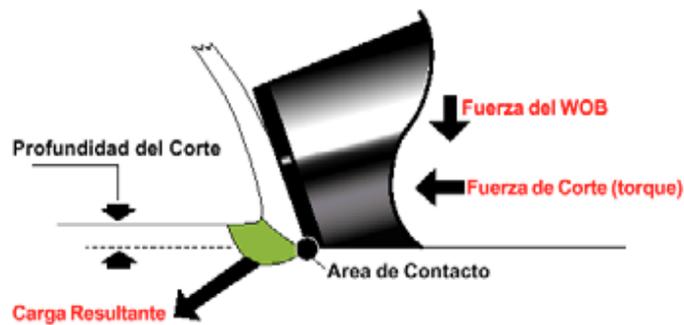


FIGURA 3.33 COMPONENTES DE LAS FUERZAS EN UNA BROCA

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroeel_.pd

Fuerza del WOB: Es la cantidad de fuerza desplazada sobre la broca por el peso de los drill collars.

Fuerza de Corte: Es la correspondiente al sentido de corte: tiene como características la profundidad de corte y la rotación de la broca.

Fuerza Lateral: Pertenece a cada cortador: depende del ángulo de rastrillaje, el ángulo de inclinación lateral y de la posición de los cortadores en el perfil de la broca, cada cortador posee un juego de fuerzas debido a su posición única en el perfil.

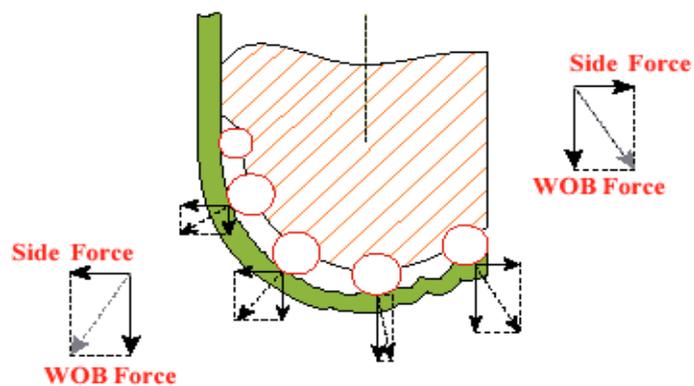


FIGURA 3.34 COMPONENTES DE FUERZAS EN CADA CORTADOR

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Los tipos de vibraciones que ocasionan el daño en las brocas PDC son: La vibración axial, la vibración torsional (stick-slip) y la vibración lateral.



FIGURA 3.35 VIBRACION AXIAL, VIBRACION TORSIONAL Y VIBRACION LATERAL

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Vibraciones Axiales: Se producen en el plano vertical, paralelas a la dirección de perforación de la broca. La fase inicial de una vibración axial durante la perforación se inicia por el impacto inicial de la broca con la roca.

Vibración Torsional: Es la rotación no uniforme de la broca, que puede ser reconocida muchas veces por una variación de frecuencias bajas (generalmente menores a 1 Hz) en el torque superficial.

Las brocas aportan a la vibración torsional por la interacción de los cortadores con la roca y por la fricción que genera el gauge

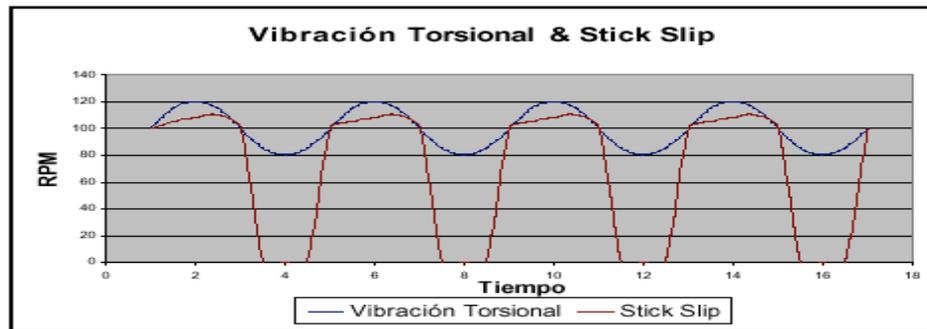


FIGURA 3.36 COMPARACION DE VIBRACION TORSIONAL Y STICK SLIP

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Vibración Lateral: Es el giro descentrado de la broca y se lo conoce como remolino de la broca (bit whirl), es decir que no gira alrededor de su centro geométrico, si no que lo hace en un punto del calibre que constantemente se encuentra cambiando de lugar con respecto al centro de la broca.

La vibración lateral puede ser controlada por el uso de los Limitadores de Movimiento Lateral (LMM), que es colocar un refuerzo por detrás de

los cortadores y alrededor de los cortadores del calibre.



FIGURA 3.37 BROCAS PDC CON LMM

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.p

3.2.6 Correcta Aplicación.

El principio de trabajo de una broca PDC se relaciona al desbaste o cizallamiento tal como los tornos desbastan el metal. El uso de brocas PDC se ha hecho muy general debido a los adelantos que se ha logrado en el estudio de la resistencia al desgaste e impacto de estos cortadores, por lo que en la actualidad su utilización es amplia. Todas las formaciones del Oriente Ecuatoriano son perforables con brocas PDC.

Teniendo en cuenta el grado de agresividad o no de la broca, podemos decir que esta en relación directa entre

la cantidad de aletas y tamaño de cortadores; la cual en mostrada en forma en forma muy general de la siguiente tabla:

TABLA 3 CORRECTA APLICACIÓN DE BROCAS

FORMACIONES	CANTIDAD DE ALETAS	TAMAÑO DE CORTADORES
BLANDAS	< a 4	Grandes 19mm
MODERADAS	5 a 7	Medianos 16 a 13mm
DURAS	> a 7	Pequeños 8mm

3.2.7 Desgaste de Brocas PDC.

La información que se obtiene al graduar el desgaste de un trépano puede ser muy significativa. Ese valor fue reconocido por la IADC por sus siglas en ingles (Asociación Internacional de Contratistas Perforadores), 25 años atrás cuando se estableció un sistema mundial para la graduación de desgaste de brocas tricónicas.

Para brocas de cortadores fijos y todos las clases distintas de brocas que existen no se puede aplicar este sistema de graduación del desgaste y se tuvo que establecer un nuevo sistema. Este sistema de graduación de desgaste para cortadores fijos fue

desarrollado por el subcomité de brocas de perforación de IADC EN 1987 y revisado en 1991.

El sistema de graduación de desgaste para cortadores fijos puede ser utilizado para todos las brocas que no son a rodillo o tricónicos, incluyendo a los de diamante natural, de compactos de diamante poli-cristalino (PDC), de diamantes policristalinos térmicamente estables (TSP), brocas impregnados, coronas y otros.

La tabla de graduación de desgaste adoptada por IADC incluye todos los códigos necesarios para analizar el desgaste tanto de brocas a rodillo como de cortadores fijos.

Describe ocho factores en brocas de perforación. Las primeras cuatro columnas describen a la “Estructura Cortadora”. La quinta columna “B” se refiere a los sellos del cojinete y no es aplicable a brocas de cortadores fijos. Esta columna debe ser completada con un “X” cuando se analiza el desgaste de una broca de cortadores fijos. La sexta columna “D” se refiere a la “Medida del Calibre” mientras que las dos ultimas columnas de Observaciones indican “Otras

características de desgaste” o características de desgaste secundarias) y “Razón de Salida”.

Hileras interiores/exteriores utilizando una escala lineal de cero a ocho se le otorga un valor a los cortadores en la hilera interior y exterior de las brocas sacados a superficie para indicar la cantidad de desgaste. Los números aumentan con la cantidad de desgaste, el “cero” representa sin desgaste y el “ocho” indica que no quedaron cortadores en buenas condiciones. Proporcionalmente, un cuatro indica un 50% de desgaste.

El desgaste de los cortadores PDC se mide en escala lineal de uno a ocho a lo largo de la tabla de diamante, cualquiera sea la forma, tipo o exposición del cortador.

Grados de Desgaste del Cortador.

Al graduar una broca desgastada, se debe registrar el promedio de desgaste de cada área. Como se muestra, 2/3 del radio representan a las hileras internas. Los cinco cortadores en esta área serán graduados “dos”, valor

obtenido promediando los grados individuales para cada cortador en el área:

$$\frac{(4+3+2+1+0)}{5} = 2$$

El promedio de desgaste para el área exterior se calcula de la misma manera:

$$\frac{(5+6+7)}{3} = 6$$

El promedio de desgaste para la hilera exterior en este caso sería "6". Ahora, esta información puede ser trasladada al cuadro del sistema de graduación de desgaste de IADC.

Características de Desgaste/otras Características.

La tercera y séptima columna son para anotar las características de desgaste de la broca, o sea los cambios físicos más notorios desde su condición de nuevo.

Ubicación.

La columna de ubicación se utiliza para indicar la ubicación de la característica de desgaste primaria anotada en la tercera columna.

TABLA 4 CARACTERISTICAS DE CORTADORES

Estructura Cortadora				B	G	Observaciones	
Hilera Interior	Hilera Exterior	Caract. del Desgaste	Ubicación	Sellos del Cojinete	Calibre 1/16"	Otras Carac	Razón Salida
			N	X	I		

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

Sellos de Cojinete.

Esta columna se utiliza para brocas a rodillo, por lo tanto siempre llevara una "X" cuando se trate de una broca de cortadores fijos.

Calibre.

La columna "Calibre (G)" se utiliza para registrar la condición de calibre de la broca. Se debe registrar con "I" si la broca permanece calibrada. De lo contrario, se

registra lo descalibrado que esta la broca utilizando una medida lo mas cercana posible a 1/16". Para marcas especificas de brocas fuera de calibre. La figura 43 muestra la tabla de calibre de desgaste.

TABLA 5 CALIBRE DE DESGASTE

Código	Explicación
1	En Calibre
1/16	Fuera de calibre hasta 1/16"
2/16	Fuera de calibre de 1/16" a 1/8"
3/16	Fuera de calibre de 1/8" a 3/16"
4/16	Fuera de calibre de 3/16" a 1/4"

www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villarroel_.pd

3.3 Análisis Comparativo de Brocas PDC y Tricónicas.

Para el análisis de la eficiencia de las brocas, que se utilizan en la perforación del Conglomerado Basal de Tiyuyacu se tomará en cuenta el ROP de pozos perforados en los campos de estudio.

También se presentaran los bits record de las brocas que se utilizan en determinados pozos de los cuales se pudo tener

acceso a su información. Como sabemos la sección de 12^{1/4} habitualmente se perfora con una broca PDC hasta el tope del Conglomerado Basal de Tiyuyacu, para luego realizar el cambio de PDC a Tricónica.

3.3.1 ROP de Brocas Tricónicas y su Desempeño.

TABLA 6. DESEMPEÑO DE BROCAS TRICONICAS

BROCA TRICONICA

PARAMETROS	NOMBRE DE POZOS		
	LIMON X	LIMON X1	LIMON X2
Profundidad Entrada	7790	7873	8590
Profundidad Salida	8093	8170	9018
Espesor	303	297	428
Total Horas	8	8	22
Horas Netas	7	7	18
ROP Total	38	37	20
ROP Neto	46	44	24
WOB(Klb)	20-30	15-35	15-30
RPM motor	136-145	128-145	128-135
RPM Surface	60-70	60-80	60
Fluido(gpm)	800-850	750-850	850-900
Embolamiento			
Caida de ROP	+	+	+
Desgaste de Cortadores	+	+	+

LIMON X.

Se mantiene ROP variable con buen avance en el chert cayendo, en los lentes de arcilla. Presencia de dientes rotos al sacar la broca por cambio de formación.

LIMON X1.

Presenta buen avance de la broca, presencia de caída de ROP en presencia de arcilla, dientes rotos.

LIMON X2.

Al perforar el conglomerado se lo hace con baja ROP, aumentando de manera progresiva. Se trabaja con rata de perforación variable por presencia de intercalaciones de arcilla, lo que genera decremento en el avance, cae ROP esto debido a la presencia de arcilla, por esta razón se circula al sacar la broca. Presenta desgaste natural en inserto, cortadores rotos, broca en calibre.

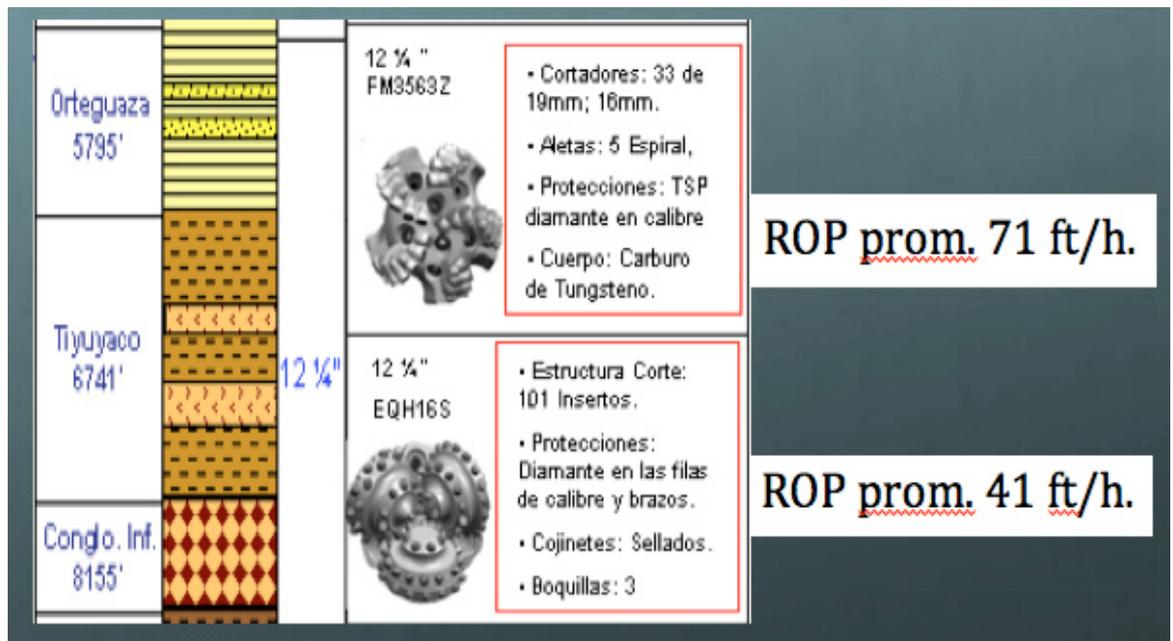


FIGURA 3.38 ROP DE BROCAS TRICONICAS

Cabe destacar que los datos presentados son valores promedios de las brocas de la compañía Halliburton.

Teniendo estos valores podemos tomarlos como referencia para la configuración PDC -PDC

3.3.2 ROP de Brocas PDC y su Desempeño.

Lo registros presentados a continuación son de pozos perforados en localidades por la compañía Halliburton en los campos de estudio y en zonas aledañas y que por sus características del Conglomerado Basal de Tiyuyacu

se los puede tomar como referencia para nuestra investigación.

TALBA 7. DESEMPEÑO DE BROCAS PDC

BROCA PDC

	<i>NOMBRE DE POZOS</i>				
<i>PARAMETROS</i>	<i>LIMON Z1</i>	<i>LIMON Z2</i>	<i>LIMON Z3</i>	<i>LIMON Z4</i>	<i>PAK Z1</i>
Profundidad Entrada	7834	7837	7695	7929	8108
Profundidad Salida	8288	8166	8031	8400	8580
Espesor	454	433	336	471	472
Total Horas					51
Horas Netas					44
ROP Total					24
ROP Neto	25	59	46	23	27
WOB(Kib)	10_35	5_35	6_36	15-35	15-37
RPM motor	154-213	132-205	156-234	182-230	105-135
RPM Surface	60-80	40-80	40-60	50-75	40-80
Fluido(gpm)	700-970	600-930	600-900	700-885	700-900
Embolamiento		+			
Caida de ROP	+	+		+	+
Desgaste de Cortadores	+	+	+	+	

LIMON Z1.

Se incrementa galonaje por presencia de arcilla cae ROP, presencia de desgaste normal por todo su estructura de corte, dientes astillados y principio de anillamiento, daños en la nariz.

LIMON Z2.

Tendencia a embolarse, por los altos pesos que se ejercen sobre la broca, debido a que se atraviesa una formación altamente arcillosa, se aumenta el peso para tener presión diferencial y torque en la broca, en el conglomerado se normalizan parámetros y se optimizan para obtener buen avance con ROP a 20 pph, cortadores astillados, sobrecalentamiento en algunos cortadores, se encuentra en calibre.

LIMON Z3.

Se controla parámetros para atravesar el conglomerado, no hay inconvenientes buena rata de penetración de 45 pph, presencia de desgaste mínimo en cortadores internos, cortadores gage, nariz y hombro, mayor desgaste natural, cortador roto.

LIMON Z4.

Control de parámetros, deslizamientos en conglomerado, presencia de caída de ROP, caída del diferencial de presión e incremento WOB, se incremento los

parámetros para atravesar la parte basal arcillosa, desgaste de cortadores.

PAK Z1.

Desgaste de cortadores, dientes rotos, se controla parámetros, para perforar conglomerado, 700 Gpm, 40 RPM, 15-30 WOP, por torque alto que paraban rotatoria se ajusto peso sobre la broca a 18-22KIB, controlando la presión diferencial que no pase de 300 psi. Existe presencia de incremento de arcilla en zaranda a partir de 8545 ft por lo que se incrementa galonaje para evitar embolamientos junto con la rotatoria superficial, para incremento de ROP.

Desgaste natural por toda la estructura de corte.

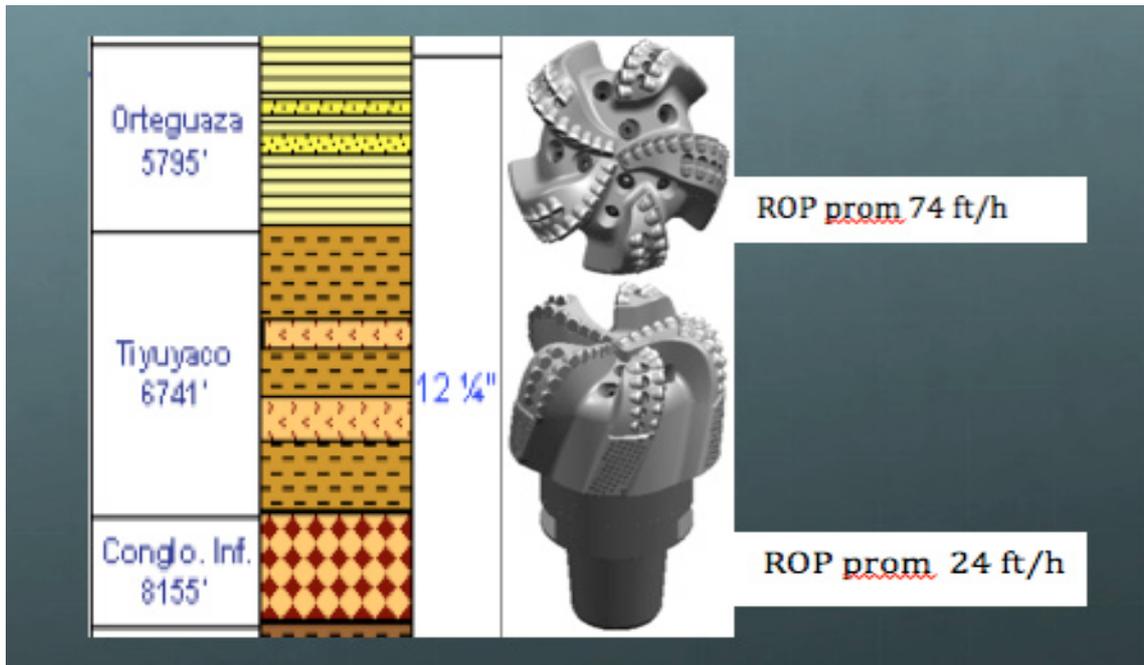


FIGURA 3.39 ROP DE BROCAS PDC

3.3.3 Análisis Comparativo del Desempeño entre Brocas PDC y Tricónicas.

En los resultados que se obtuvieron basándonos en los promedios dados por la empresa de servicios Halliburton, la configuración PDC – Tricónica se sigue desempeñando mejor. El conglomerado logró perforarse con broca PDC, pero para que esta configuración sea totalmente eficiente; la configuración PDC-PDC debe atravesar la parte superior de la sección 12 1/4" mínimo a 71 f/h o mayor y el Conglomerado Basal de Tiyuyacu

mínimo 41 ft/h o mayor, de lo contrario será mas recomendable perforar con la configuración de brocas PDC y Tricónica.

Cabe señalar que los pozos utilizados en el presente proyecto, son los más representativos dentro de los que se lograron recaudar.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

4.1 Introducción.

Al perforar un pozo petrolero, problemas y dificultades se nos presentan entre ellas atravesar formaciones sumamente duras tales como el Conglomerado Basal de Tiyuyacu, que en determinadas circunstancias favorables es perforable con una broca PDC, pero la mayor parte de veces nos vemos obligados a cambiar de broca ocasionando pérdida de tiempo y dinero.

4.2 Costos.

A continuación detallamos el costo de servicios diarios principales que se generan dentro de la perforación:

TABLA 8. COSTOS DE PERFORACION

DESCRIPCION.	C/D.	C/S.	C/M	C/ANUALES
Servicios de lodos de perforación	261,39\$	1.829,73\$	7.841,70\$	94.100,40\$
Aditivos de lodos de perforación	7.997,02\$	55.979,14\$	239.910,60\$	2.878.927,20\$
Servicios de lodos	987,75\$	6.914,25\$	29.632,50\$	355.590,00\$
Rig de perforación	4.611,57\$	32.280,99\$	138.347,10\$	1.660.165,20\$
Tarifa diaria de operación	32.984,70\$	230.892,90\$	989.541,00\$	11.874.492,00\$
Lodos-estación de envío de datos	16,72\$	117,04\$	501,60\$	6.019,20\$
Lodos-Stand by con personal	50,00\$	350,00\$	1.500,00\$	18.000,00\$
Personal y equipos /control de sólidos	5.695,71\$	39.869,97\$	170.871,30\$	2.050.455,60\$
Control de sólidos.	692,79\$	4.849,53\$	20.783,70\$	249.404,40\$
Company Man y GP.	2.425,50\$	16.978,50\$	72.765,00\$	873.180,00\$
Miscelaneouys Technical Contractors	339,11\$	2.373,77\$	10.173,30\$	122.079,60\$
Servicio Direccional	7.316,77\$	51.217,39\$	219.503,10\$	2.634.037,20\$
Servicio y Herramientas Direccionales	5.692,44\$	39.847,08\$	170.773,20\$	2.049.278,40\$
Generador y Tanque de Diesel/Control de Sólidos.	341,25\$	2.388,75\$	10.237,50\$	122.850,00\$
Renta de Tanque de Diesel.	47,71\$	333,97\$	1.431,30\$	17.175,60\$
Técnico de tratamiento de aguas grises y residuales	126,00\$	882,00\$	3.780,00\$	45.360,00\$
Costo Diario de Retroexcavadora	52,21\$	365,47\$	1.566,30\$	18.795,60\$
Diario de Volqueta	168,00\$	1.176,00\$	5.040,00\$	60.480,00\$
Montacargas	35,79\$	250,53\$	1.073,70\$	12.884,40\$
TOTAL	69.842,43\$	488.897,01\$	2.095.272,90\$	25.143.274,80\$

4.3 Gastos.

En los gastos se consideran todos aquellos que se originan a partir de la operación de cambio de broca de PDC a Tricónica, y que no aparecerían si la formación Basal de Tiyuyacu se perforara sin realizar este procedimiento.

Estos gastos dependen del tiempo que se emplee en el cambio de broca, teniendo como profundidad promedio 7.247 ft y conociendo que en promedio se saca del pozo 1000 ft de la sarta de perforación por cada hora de trabajo. A esta profundidad se tarda entre 6 y 7 horas en sacar a superficie la broca.

TABLA 9. HORAS DE OPERACIÓN EN EL TALADRO

OPERACIÓN	TIEMPO DE EXTRACCION	CAMBIO	TIEMPO REINGRESO	TOTALES
PDC a TRICO.	6 a 7 horas	1 a 2 horas	6 a 7 horas	13 a 16 horas

Como se ve en el cuadro se invierten entre 13 a 16 horas en el cambio de las brocas.

Se tienen costos estimados de alrededor de \$69.842,43, valores de los servicios que se realizan diariamente en el taladro, considerando los servicios más importantes y los que se realizan con mayor frecuencia.

Para la perforación del Conglomerado Basal de Tiyuyacu se ha utilizado brocas PDC de doble estructura de corte, resistentes a la abrasión al impacto y a la integridad termomecánica, resultando entre 1 y 2 horas más rápida que una broca Tricónica.

Entonces:

TIEMPO	COSTOS US\$.
1 Día	69.842,43
1 h	2.910,10
13 a 16 horas	37.831,3 a 46.561,6

Los costos que se originan al perforar el Conglomerado Basal Tiyuyacu con una broca Tricónica es de 37.831,3 a 46.561,6 dólares aproximadamente, resultado de las 15 a 18 horas de trabajo extra.

Conclusiones.

1. En los campos Limoncocha y Yanaquincha Este se presenta concordancia en el tope y la base de cada uno de las capas, con el reservorio.
2. Estos campos presentan un alto porcentaje de chert en la parte constitutiva de la formación.
3. El espesor promedio de la formación es de alrededor de 450 ft, lo que lo hace ideal para atravesarla con una sola broca PDC. Esto nos permitirá, al momento de perforar, tener una mejor idea de cuál es la mejor trayectoria que se debe tener al atravesar esta formación, debido al menor espesor y menor abrasividad, evitando de esta forma realizar cambios de broca de PDC a Tricónica y optimizar tiempos y costos.
4. Cortadores de 19 mm doble estructura de corte en nariz, hombro y calibre.
5. Ahorro de entre US\$ 37.831,30 a US\$ 46.561,6, si el promedio de la rata de penetración no es menor al de una broca PDC y TRICONICA.

Recomendaciones.

1. En los campos Limoncocha y Yanaquincha este presentan detalles considerables del conglomerado basal de Tiyuyacu.
2. En los campos con menos cantidad de pozos se generan mapas mas distorsionados que pueden ser mejorados.
3. El Conglomerado Basal de Tiyuyacu es perforable con PDC pero bajo análisis se debe preveer que tan rentable resulte hacerlo con este tipo de brocas partiendo de factores como el tiempo y dinero.
4. Se deberían correr registros a formaciones que al igual que el Conglomerado Basal de Tiyuyacu generan problemas al perforar, de forma que se tenga la suficiente información para contribuir con proyectos como este.
5. Se recomienda utilizar en la broca cortadores PDC con alta resistencia a la abrasión, al impacto y a la integridad termo mecánica.

APENDICE

BIBLIOGRAFIA

1. http://library.wur.nl/isric/kaart/origineel/EC12006_SO.jpg
2. http://library.wur.nl/isric/kaart/origineel/EC12006_SO.jpg
3. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/.../1/5896.pdf>
4. <http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>
5. <http://www.scribd.com/doc/24882797/Brocas-de-Perforacion-by-Halliburton>
6. http://www.dspace.espol.edu.ec/.../Tesis%20de%20Grado%20_Raúl%20Antonio%20García%20Villaruel_.pd