

24129



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**FUNDAMENTOS PARA DESARROLLAR LA  
PERFORACION HORIZONTAL CONTROLADA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO PETROLERO  
P R E S E N T A:  
**PLACIDO GERARDO REYES REZA**

MEXICO, D. F.

1987



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	PAG.
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	
HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES	6
INCLINÓMETROS	9
GIROSCOPIOS	13
HERRAMIENTAS D. O. T.	17
DESVIADOR DE PARED (GUIASONDAS)	21
BARRENA DE IMPACTO	34
MOTORES DE FONDO	37
ESTABILIZADORES	44
JUNTA ARTICULADA	49
CODO DESVIADOR	51
LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS	54
IMPULSOR SUPERIOR	55
CAPITULO III	
PROCEDIMIENTOS Y PLANTEAMIENTOS TEÓRICOS	61
INICIO DE LA DESVIACIÓN	66
PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN CURVA	72
PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN HORIZONTAL	81
FLUIDOS DE CONTROL EMPLEADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES	86
TOMA DE REGISTROS	89
CONSIDERACIONES TEÓRICAS	93

FORMACIÓN NEUTRAL	97
FORMACIÓN NO NEUTRAL	100
MOVIMIENTO DESCENDENTE DE TUBERÍA O LÍNEA DE ACERO	115
LIMPIEZA DEL POZO Y PEGADURAS DE LA SARTA	128
PESO SOBRE LA BARRENA	134

#### CAPITULO IV

APLICACIONES DE LOS POZOS HORIZONTALES	137
VENTAJAS	138
APLICACIONES	144
EJEMPLO DE UN POZO HORIZONTAL	150
ANTECEDENTES	151
OBJETIVOS	152
OPERACIONES	154
LODO DE PERFORACIÓN	162
ENSAMBLES DE FONDO	163
TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO	164
CEMENTACIÓN	165
TERMINACIÓN	166
CONCLUSIONES	168
BIBLIOGRAFIA	175

# C A P I T U L O    I

## INTRODUCCION

EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO ES EL DE PRESENTAR LOS PRINCIPALES PROCEDIMIENTOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES. LOS POZOS DE ESTE TIPO SON AGUJEROS HORIZONTALES O MUY APROXIMADAMENTE, CUYO INICIO ES A PARTIR DE UN POZO NORMAL VERTICAL AL CUAL LO CONSIDERAREMOS COMO LA PRIMERA SECCIÓN, LA SEGUNDA SECCIÓN ESTÁ COMPRENDIDA POR LA PARTE CURVA EN LA CUAL EL POZO ES CONVERTIDO DE VERTICAL A HORIZONTAL, LA TERCER SECCIÓN -- QUEDA COMPRENDIDA POR LA PARTE RECTA O PROPIAMENTE HORIZONTAL.

LOS TRABAJOS DE PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES NO SON UNA NOVEDAD, MAS SIN EMBARGO LA TECNOLOGÍA EMPLEADA ACTUALMENTE SÍ LO ES, LOS POZOS HORIZONTALES FUERON INICIALMENTE PROBADOS EN EL CAMPO A PRINCIPIOS DE 1950 Y SU FINALIDAD ERA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS POZOS COMO CONSECUENCIA DEL INCREMENTO DEL CONTACTO CON LA FORMACIÓN PRODUCTORA, NO OBSTANTE PRONTO ESTUVIERON EN DESUSO DEBIDO A LA FALTA DE APOYO FINANCIERO, YÁ QUE EN ESE TIEMPO RESULTABA MUCHO MÁS ECONÓMICO LA APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS DE ESTIMULACIÓN (FRACTURACIÓN) COMO UN MEDIO ALTERNO PARA --

LOGRAR ELEVAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS POZOS, OTRO FACTOR -  
QUE INFLUYÓ PARA EL ABANDONO DE ESTA PRÁCTICA FUERON LOS -  
PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON EN EL MANEJO DE LAS HERRAMIEN  
TAS DESVIADORAS (ORIENTACIÓN).

EN LA ACTUALIDAD HAN RECOBRADO NUEVO INTERÉS ESTOS POZOS -  
DEBIDO A LA ELEVACIÓN DEL COSTO DE LOS HIDROCARBUROS, ADEM-  
MÁS DE QUE HAN SIDO PLANEADOS PARA TENER UN NÚMERO MAYOR  
DE APLICACIONES. EN CONSECUENCIA SE HAN REALIZADO MODIF-  
IFICACIONES SUBSTANCIALES A LOS TRABAJOS REALIZADOS HACE -  
MÁS DE 30 AÑOS, ESTAS MODIFICACIONES HAN SIDO PRINCIPALMENT  
E EN HERRAMIENTAS CON EL FIN DE AMPLIAR RANGOS DE TRABAJO  
Y PRECISIÓN. TODO ESTO TENIENDO CUIDADO DE NO MODIFICAR  
LOS EQUIPOS CONVENCIONALES DE PERFORACIÓN.

A CONTINUACIÓN SE ESPECIFICAN ALGUNOS DE LOS PROBLEMAS PARA  
LOS CUALES LA PERFORACIÓN DE UN POZO HORIZONTAL ES UNA -  
BUENA SOLUCIÓN, LA FIGURA No. 1.1 REPRESENTA UN EJEMPLO -  
TEÓRICO DE DICHAS SOLUCIONES:

POR MEDIO DE POZOS DE TIPO HORIZONTAL SE PUEDE:

- 1) LIMITAR LA INVASIÓN DE FLUIDOS INDESEABLES DE LA FORM  
MACIÓN (CONIFICACIÓN).
- 2) ATRAVESAR FRACTURAS VERTICALES NATURALES EN FORMACION

NES PRODUCTORAS DE HIDROCARBUROS.

- 3) INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE YACIMIENTOS CON BAJA - PRESIÓN DEBIDO A UN INCREMENTO EN LA LONGITUD DEL - YACIMIENTO EXPUESTA AL FLUJO.
- 4) ALCANZAR YACIMIENTOS IRREGULARES DIFÍCILMENTE TOCADOS POR POZOS CONVENCIONALES (VERTICALES O DIRIGIDOS CON POCO ÁNGULO DE DESVIACIÓN).
- 5) AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS A CONSECUENCIA DE UNA TENDENCIA A LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA DEL YACIMIENTO.
- 6) INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS EN FORMACIONES DE BAJA PERMEABILIDAD POR MEDIO DE UNA EXPOSICIÓN ADICIONAL DEL YACIMIENTO AL FLUJO.

ÁSÍ TAMBIÉN, SE SEÑALAN Y PROPONEN SOLUCIONES PARA LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE SE PRESENTEN DURANTE LA PERFORACIÓN DE ESTE TIPO DE POZOS, SE SUGIEREN ADEMÁS HERRAMIENTAS Y EQUIPO ESPECIAL PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE PERFORAR POZOS HORIZONTALES ADEMÁS DE PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE REGISTROS, TERMINACIÓN DE LOS POZOS Y FLUIDOS DE CONTROL ADECUADOS, HACIENDO ÉNFASIS EN LA APLICACIÓN DE APROPIADOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN CONSTANTE.

EN CUANTO AL ASPECTO ECONÓMICO DE TAN SINGULAR MANERA DE PERFORAR, PODEMOS DECIR QUE ES UNA FUNCIÓN DIRECTA DEL --

TIEMPO QUE CONSUMAN LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN, LO -  
CUAL VARÍA CON LA COMPLEJIDAD DE LAS FORMACIONES POR ATRA-  
VESAR Y LA ADECUADA PLANEACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL POZO, ADE-  
MÁS DE LA PROFUNDIDAD DEL POZO, GRADO DE PRECISIÓN EN LA  
ORIENTACIÓN DEL POZO Y NÚMERO DE POZOS HORIZONTALES PERFO-  
RADOS.

TODO ESTO CONTRIBUYE AL COSTO TOTAL DE LA PERFORACIÓN. DE  
ESTE MODO CUALQUIER INVERSIÓN REALIZADA EN LA TÉCNICA DE -  
PERFORAR POZOS HORIZONTALES EN LA ACTUALIDAD, ASEGURA SU -  
RECUPERACIÓN Y POR LO TANTO, SU RENTABILIDAD, YA QUE NINGU-  
NA OTRA TÉCNICA EN PARTICULAR PROVEE AL MISMO TIEMPO MUCHOS  
MEDIOS POTENCIALES PARA MAXIMIZAR LA RECUPERACIÓN DE RESER-  
VAS Y/O EL RITMO DE PRODUCCIÓN. ADICIONALMENTE A TODO  
ESTO, LA OPTIMIZACIÓN DE EQUIPO, LA REDUCCIÓN EN EL TIEMPO  
DE USO DE EQUIPO DE PERFORACIÓN Y EN CONSECUENCIA LOS COS-  
TOS GENERALES ESTÁN ACTUALMENTE EN UN PROCESO CONTÍNUO DE  
ESTUDIO.

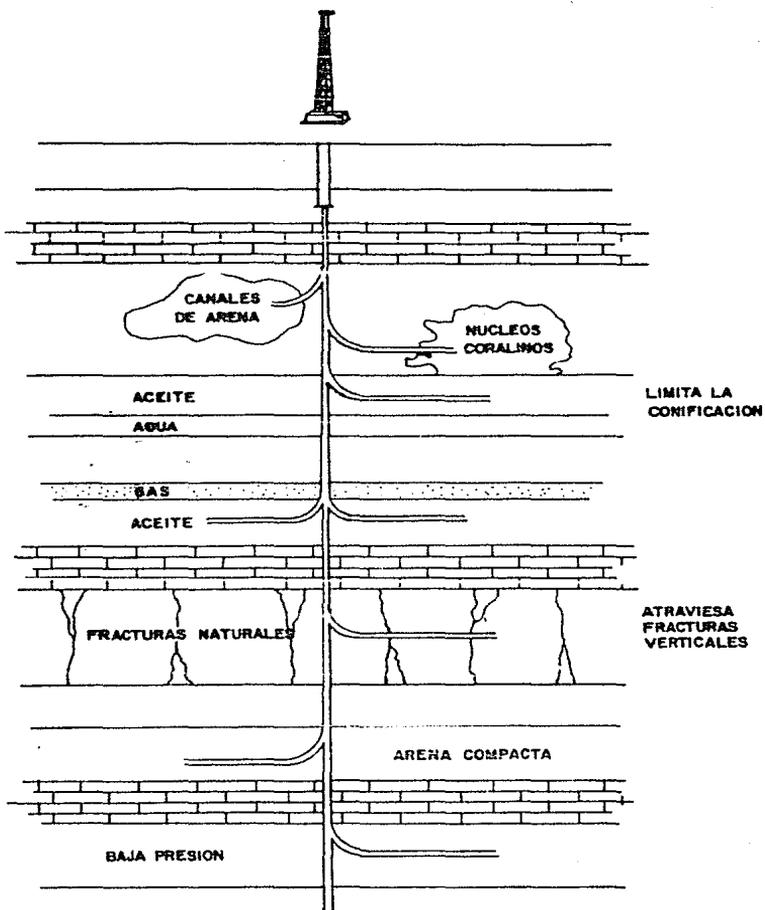


FIG. 1.1 ALGUNAS APLICACIONES DE LOS POZOS HORIZONTALES

## C A P I T U L O   I I

### HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PERFORACION DE POZOS HORIZONTALES

LA PRÁCTICA DE PERFORAR HORIZONTALMENTE A TRAVÉS DE UN YACIMIENTO POR MEDIO DE UNA DESVIACIÓN DEL POZO A 90 GRADOS DE LA VERTICAL O MUY APROXIMADAMENTE, REQUIERE DE UNA PLANEACIÓN PRECISA Y DE LA SELECCIÓN ADECUADA DE LAS HERRAMIENTAS A UTILIZAR. MATERIALES CON ALTA RESISTENCIA Y UN DISEÑO MODERNIZADO DE ALGUNAS HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS DIRIGIDOS HAN PRODUCIDO UN CONFIABLE SISTEMA DE PERFORACIÓN EL CUAL ES COMPATIBLE CON LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN ROTATORIOS CONVENCIONALES.

EN ESTE CAPÍTULO APARTE DE HACER UN ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES IMPLEMENTOS PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE LA PERFORACIÓN CASI HORIZONTAL, SE PRESENTARÁ UN CONJUNTO DE ARREGLOS DE ESTAS HERRAMIENTAS Y SE DISCUTIRÁ LA IMPORTANCIA QUE SU ARREGLO TIENE DENTRO DE LOS PROBLEMAS QUE SE TRATAN DE SUPERAR EN LA PERFORACIÓN HORIZONTAL.

LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO CON GRANDES ÁNGULOS DE DESVIACIÓN, SON: LA FRICCIÓN AXIAL DE ARRASTRE, LA TORSIÓN DE LA SARTA DE -

PERFORACIÓN Y COMO CONSECUENCIA DE ESTOS LA REDUCCIÓN EN LA CAPACIDAD DE CONTROL DEL PESO SOBRE LA BARRENA, LO CUAL A LA VEZ OCASIONA FALLAS EN LA DIRECCIÓN DE LA PERFORACIÓN. OTROS PROBLEMAS ESTÁN RELACIONADOS CON LA HIDRÁULICA DEL SISTEMA Y LA TOMA DE REGISTROS PARA EL ANÁLISIS DEL POZO, DENTRO DEL PRIMER TIPO DE PROBLEMAS SE TIENE LA DIFICULTAD EN LA LIMPIEZA DEL POZO, ASÍ COMO UN INCREMENTO EN LA TENDENCIA DE ADHERENCIA DE LA TUBERÍA DEBIDO A PRESIONES DIFERENCIALES; POR LO QUE RESPECTA AL PROBLEMA QUE PRESENTA LA OBTENCIÓN DE REGISTROS EN POZOS DE ESTAS CARACTERÍSTICAS, NUEVOS PROCEDIMIENTOS FUERON NECESARIOS, ESTOS MÉTODOS DE REGISTRO SERÁN DISCUTIDOS POSTERIORMENTE.

FINALMENTE SE DICE QUE EL PRINCIPAL PROBLEMA DURANTE LA PERFORACIÓN ES LA ESTABILIZACIÓN DEL APAREJO DE PERFORACIÓN DE FONDO DEL POZO, LO CUAL REDUNDA EN OBTENER EL ADECUADO RITMO DE DESVIACIÓN DEL POZO Y LOGRAR QUE EN LA SECCIÓN HORIZONTAL SE OBTENGA CASI UN ÁNGULO DE 90 GRADOS.

LOS PRINCIPALES ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN (DE FONDO DEL POZO) SON:

- TUBERÍA DE PERFORACIÓN EXTRAPESADA.
- TUBERÍA LASTRABARRENA NO MAGNÉTICA Y CONVENCIONAL.
- MOTORES DE FONDO DEL POZO.
- ESTABILIZADORES CORTOS, CONVENCIONALES Y ONDULARES (WIGGLY).

- HERRAMIENTAS DESVIADORAS.
- HERRAMIENTAS GUÍAS.
- NIPLE DE VENTANA

PARA ASEGURAR EL CONTROL DE UN POZO PERFORADO HORIZONTAL -  
MENTE O CASI HORIZONTAL, SE DEBE EFECTUAR UN REGISTRO CON  
TÍNUO DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN Y DEL RUMBO DE LA PERFORA-  
CIÓN. ÉSTA ACTIVIDAD SE REALIZA EN EL CAMPO EMPLEANDO  
DIFERENTES TIPOS DE INSTRUMENTOS LOS CUALES NOS PROPORCIONAN  
DATOS DE LA ORIENTACIÓN Y DE LA DESVIACIÓN DE LOS POZOS -  
DURANTE SU TRAYECTORIA CURVA COMO DE LA SECCIÓN HORI-  
ZONTAL.

SI DURANTE LAS OPERACIONES DE CAMPO NO SE CONTARA CON LOS  
ELEMENTOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE, LOS CUALES NOS PERMI-  
TEN DETERMINAR LOS DATOS DE INCLINACIÓN Y RUMBO, LA PERFORA-  
CIÓN DE ESTOS POZOS SE REALIZARÍA PRÁCTICAMENTE A CIEGAS,  
LO CUAL TRAERÍA COMO CONSECUENCIA INMEDIATA, UNA VARIACIÓN  
EN LA ESPECIALIZACIÓN FINAL DE LOS MISMOS, ASÍ COMO UNA -  
FRUSTRACIÓN EN EL ALCANCE DEL OBJETIVO.

ENTRE LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS QUE SE EMPLEAN PARA LA  
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE POZOS PERFORADOS HORIZON-  
TALMENTE, SE TIENEN LOS SIGUIENTES:

- INCLINÓMETROS.
- GIROSCOPIOS.
- HERRAMIENTAS DE ORIENTACIÓN DIRIGIDA (D.O.T.)

1. INCLINÓMETROS. ESTOS INSTRUMENTOS PROPORCIONAN LA INCLINACIÓN DEL POZO EN CUALQUIER MOMENTO DE LA PERFORACIÓN DE ÉSTE, YA SEA EN AGUJERO DESCUBIERTO O CON TUBERÍA DE REVESTIMIENTO. EL DATO CORRESPONDIENTE AL RUMBO SE OBTIENE CON UN INCLINÓMETRO EQUIPADO CON UNA AGUJA IMANTADA, LA CUAL ES INFLUENCIADA POR LOS CAMPOS MAGNÉTICOS PERMANENTES QUE POSEEN LAS HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN. PARA EVITAR ESTA INFLUENCIA, SE RECOMIENDA INCLUIR HERRAMIENTAS QUE NO PROVOQUEN DICHS CAMPOS MAGNÉTICOS, ES DECIR EMPLEAR TUBOS LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS.

ENTRE ESTOS INSTRUMENTOS SE TIENEN LOS SIGUIENTES TIPOS:

1.1 INCLINÓMETRO DE DISPARO ÚNICO (SINGLE SHOT), TIPO "R". ESTE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE DESVIACIÓN DE DISPARO ÚNICO, ES UN INSTRUMENTO DE PRECISIÓN CONSTRUÍDO PARA TRABAJOS PESADOS, ES DECIR PARA TRABAJAR BAJO CONDICIONES SEVERAS, TIENE LA VENTAJA DE SER DE FÁCIL OPERACIÓN; REGISTRA SIMULTÁNEAMENTE LA INCLINACIÓN DEL POZO -

(ÁNGULO DE DESVIACIÓN) Y LA DIRECCIÓN MAGNÉTICA (RUMBO), SOBRE UN DISCO DE PELÍCULA. ESTO ES, POR MEDIO DE FOTOGRAFÍAS DE LA POSICIÓN DEL INDICADOR DE ÁNGULO REFERIDO A UNA BRÚJULA CUYA UNIDAD ANGULAR ESTA CALIBRADA.

ESTE INSTRUMENTO ESTÁ FORMADO POR UN MECANISMO DE TIEMPO (RELOJ), UNA SECCIÓN DE FUENTE DE ENERGÍA (BATERIAS), CÁMARA FOTOGRAFICA, FOCOS PARA ILUMINACIÓN DURANTE LA TOMA DE FOTOGRAFÍAS, COMPARTIMIENTO PARA EL DISCO Y UNIDAD ANGULAR TODAS ESTAS PARTES ESTÁN CONTENIDAS EN UNA CAMISA DE ACERO NO MAGNÉTICO.

LA SECCIÓN DE TIEMPO ESTÁ CONSTITUÍDA POR RELOJES DE 33, 66 Y 99 MINUTOS, LA SECCIÓN DE ENERGÍA CONTIENE TRES PILAS SECAS, LA CÁMARA ESTÁ ENFOCADA PERMANENTEMENTE Y ESTÁ DISEÑADA PARA QUE SE PUEDA CARGAR EL DISCO A LA LUZ DEL DÍA SIN NECESIDAD DE UN CUARTO OSCURO O UNA MANGA PARA LA CÁMARA. LAS UNIDADES ANGULARES DE UNA SOLA EXPOSICIÓN ( 0° - 10°, 0° - 20°, 15° - 90°, 60° - 120° ) ESTÁN EQUIPADAS CON UNA BRÚJULA Y UN INDICADOR DE ÁNGULO PARA REGISTRAR EL RUMBO Y EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN RESPECTIVAMENTE, ESTOS DISPOSITIVOS ESTÁN COLOCADOS EN EL SENO DE UN LÍQUIDO AMORTIGUADOR DENTRO DE UNA UNIDAD SELLADA, -

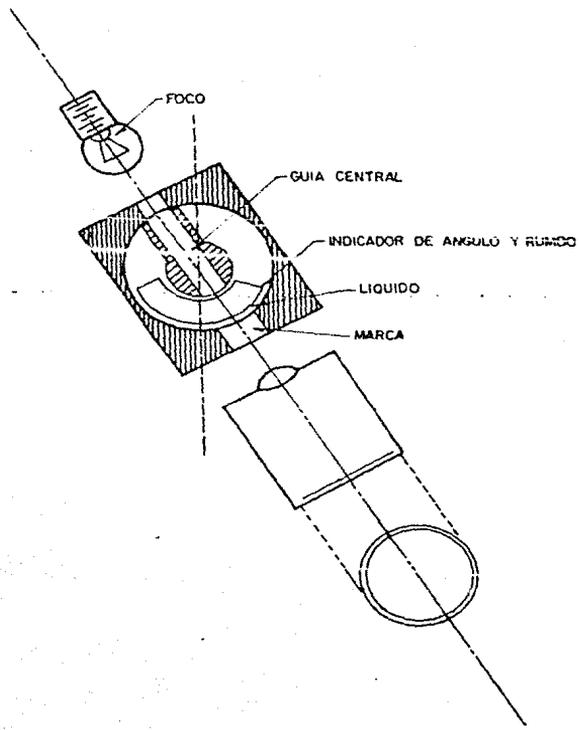


FIGURA No. 2.1 UNIDAD ANGULAR DE DISPARO UNICO.

FIGURA No. 2.1.      LOS DISCOS DE DISPARO ÚNICO SE LEEN UTILIZANDO UN LENTE AMPLIFICADOR QUE SE COLOCA SOBRE ELLOS. PARA LA TOMA DEL DATO CORRESPONDIENTE AL RUMBO SE DEBE DE TENER EN CUENTA LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA DEL LUGAR.

LA CAMISA EXTERIOR, DONDE ESTÁN ENCERRADAS LAS PARTES DEL INCLINÓMETRO DE DISPARO ÚNICO, SE COLOCAN DENTRO DE UN BARRIL PROTECTOR, EL CUAL EN SU PARTE INFERIOR TIENE UNA ROSCA PARA LA CONEXIÓN CON LAS BARRAS DE LASTRE O ESPACIADORAS Y EN LA PARTE SUPERIOR LLEVA UNA UNIÓN GIRATORIA Y SOBRE ÉSTA SE TIENE LA UNIÓN PARA EL CABLE CON EL CUAL SE BAJA LA HERRAMIENTA.

- 1.2 INCLINÓMETRO DE DISPARO MÚLTIPLE (MULTI SHOT). - ÉSTE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN PRESENTA UN MÉTODO SEGURO Y RÁPIDO ADEMÁS DE PRECISO PARA LA EXAMINACIÓN DE AGUJEROS DESCUBIERTOS. ÉSTE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN TIENE UN DIÁMETRO DE 1 1/4 PG, ENCERRADO EN UN BARRIL DE ACERO INOXIDABLE QUE ACTÚA COMO PROTECTOR Y TIENE LA CARACTERÍSTICA DE SER NO MAGNÉTICO, EL DIÁMETRO DE ESTE BARRIL ES DE 1 3/4 PG, ESTE INSTRUMENTO ASÍ ARREGLADO SE DEJA CAER LIBREMENTE DENTRO DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN, DESCENDIENDO HASTA ALCANZAR EL FONDO

DONDE SE ENCUENTRA DISPUESTA UNA MAMPARA O UN --  
ANILLO DE ATERRIZAJE, ESTOS DISPOSITIVOS SE EN-  
CUENTRAN EN LA PARTE INFERIOR DE LOS LASTRABARRE-  
NAS NO MAGNÉTICOS.

SI SE EMPLEA ESTE TIPO DE INCLINÓMETRO DE DISPARO  
MÚLTIPLE, DEBEN EMPLEARSE TAMIÉN BARRAS ESPACIA-  
DORAS NO MAGNÉTICAS ARRIBA O ABAJO DEL BARRIL PRO-  
TECTOR NO MAGNÉTICO DEL INSTRUMENTO, ESTO ES CON  
EL OBJETO DE LOGRAR MANTENER LA POSICIÓN DE LA -  
BRÚJULA APROXIMADAMENTE A UN PIE ABAJO DE LA LÍNEA  
CENTRAL, EN LAS DIFERENTES LONGITUDES DE LOS --  
LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS.

LA DIRECCIÓN MAGNÉTICA Y LA DESVIACIÓN CON RESPEC-  
TO A LA VERTICAL, SE PUEDEN REGISTRAR FOTOGRAFICA-  
MENTE SOBRE PELÍCULA DE 10,0 MM AL SACAR CADA -  
LINGADA DE TUBERÍA.

LOS REGISTROS PUEDEN EFECTUARSE EN CUALQUIER INTER-  
VALO O PROFUNDIDAD QUE SE REQUIERA, MIENTRAS LA -  
TUBERÍA DE PERFORACIÓN ES SACADA DEL AGUJERO. -  
INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE QUE SE HA REALIZADO LA  
MEDICIÓN, LA PELÍCULA FOTOGRAFICA PUEDE SER REVE-  
LADA, INTERPRETADA Y CALCULADOS LOS RESULTADOS.

2. GIROSCOPIOS. ESTE INSTRUMENTO SE DESARROLLÓ PARA -

ELIMINAR LOS PROBLEMAS QUE CAUSAN LA INTERFERENCIA --  
MAGNÉTICA DE LOS INCLINÓMETROS DE AGUJA IMANTADA. -  
ESTE INSTRUMENTO CUENTA CON UNA AGUJA GIROSCÓPICA QUE  
ES UN DISPOSITIVO ELECTROMECAÁNICO CUYO FUNCIONAMIENTO  
ESTÁ BASADO EN EL APROVECHAMIENTO DE LA PRECISIÓN Y -  
DE LA INERCIA O RIGIDEZ GIROSCÓPICA.

LA RIGIDEZ GIROSCÓPICA ES LA TENDENCIA QUE TIENEN LOS  
GIROSCOPIOS A MANTENER SU EJE CONSTANTEMENTE PARALELO  
ASÍ MISMO, CUANDO SE LE MANTIENE GIRANDO Y EN SUSPEN-  
SIÓN PENDULAR. UN ESQUEMA DE UN GIROSCOPIO SE PRE-  
SENTA EN LA FIGURA 2.2.

DENTRO DE ESTE TIPO DE INSTRUMENTOS SE CONOCEN DOS -  
VARIACIONES DE ELLOS:

2.1 GIROSCOPIO DE DISPARO UNICO. ESTE GIROSCOPIO -  
ES CONOCIDO COMO TIPO ESTÁNDAR "R", TIENE UN -  
ADAPTADOR A LA UNIDAD ANGULAR DEL GIROSCOPIO, Y  
PROPORCIONA UN MÉTODO PRECISO PARA LA ORIENTACIÓN  
DE HERRAMIENTAS Y OTROS ENSAMBLES DE PERFORACIÓN  
QUE REQUIERAN UN ALTO GRADO DE EXACTITUD EN LA -  
ORIENTACIÓN DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO -  
HORIZONTAL, YA SEA DURANTE SU PARTE CURVA O EN SU  
SECCIÓN HORIZONTAL.

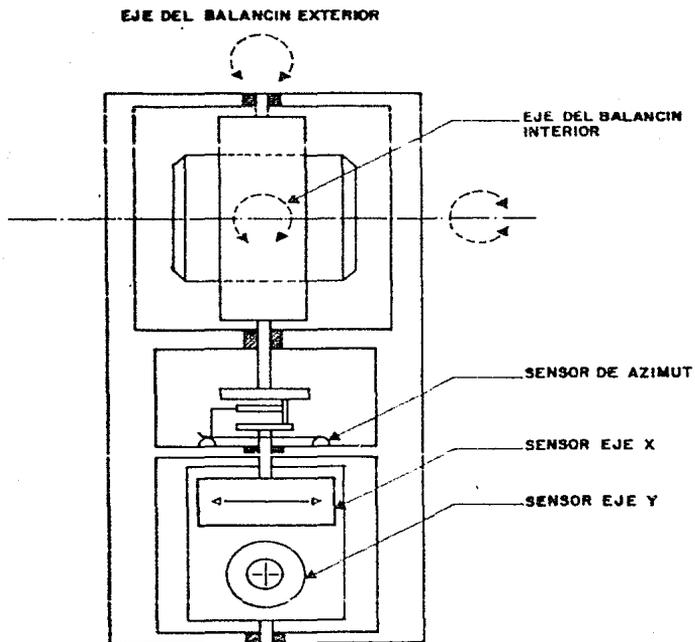


FIG. 2.2 ESQUEMA DE UN GIROSCOPIO

ESTE TIPO DE INSTRUMENTO NO ES AFECTADO POR LOS CAMPOS MAGNÉTICOS Y SU PRECISIÓN NO ES ALTERADA POR LA CERCANÍA DEL ACERO DE LA SUBESTRUCTURA DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN.

LA PELÍCULA DEL DISCO, PUEDE SER REVELADA Y LEÍDA TAN PRONTO COMO EL INSTRUMENTO ES RECUPERADO EN LA SUPERFICIE, AL IGUAL QUE LA ELABORACIÓN DE LA GRÁFICA DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS.

2.2 GIROSCOPIO DE DISPARO MÚLTIPLE. ESTE INSTRUMENTO TIENE LA CAPACIDAD PARA REGISTRAR UNA MEDICIÓN DIRECCIONAL EN FORMA CONTÍNUA EN UNA PELÍCULA DE 10.0 MM EN POZOS DESCUBIERTOS O EN POZOS REVESTIDOS. ESTE INSTRUMENTO UTILIZA UNA UNIDAD TIPO PLOMADA PARA MEDIR LA INCLINACIÓN DEL AGUJERO.

EL GIROSCOPIO PUEDE CORRERSE EN EL POZO POR MEDIO DE UNA LÍNEA DE ACERO O CON EL CABLE DE SONDEO. ESTE DISPOSITIVO NO DEBE DEJARSE CAER LIBREMENTE DENTRO DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN, DEBIDO A QUE LA FUERZA DE IMPACTO DAÑARÍA SEVERAMENTE LAS PARTES DEL GIROSCOPIO.

ESTE INSTRUMENTO JUNTO CON EL DE MEDICIÓN TIPO - "R" (DE DISPARO ÚNICO Y DE DISPARO MÚLTIPLE), - ASÍ COMO LA PELÍCULA PARA AGUJEROS DE ALTAS TEMPERATURAS, SE DEBERÁN COLOCAR DENTRO DE UNA CAMISA PROTECTORA, Y ÉSTA A SU VEZ DENTRO DEL BARRIL PROTECTOR. LA CAMISA PROTECTORA ESTÁ FABRICADA CON UN MATERIAL QUE RESISTE TEMPERATURAS HASTA DE 260° C (500° F), POR UN PERÍODO DE HASTA 4.0 HORAS.

3. HERRAMIENTAS DE ORIENTACIÓN DIRECCIONAL (D.O.T.), FIGURA No. 2.3.

ES UN INSTRUMENTO ELECTRÓNICO DE MAYOR PRECISIÓN QUE LOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE, POR MEDIO DE ÉL SE OBTIENEN LAS LECTURAS DIRECTAS DE LA INCLINACIÓN Y DE LA DIRECCIÓN DEL POZO, EN LA SUPERFICIE, TAMBIÉN INDICA LA ORIENTACIÓN DE LOS MOTORES DE FONDO QUE SE EMPLEAN PARA DESVIAR Y CONTROLAR LA DESVIACIÓN Y DE LOS CUALES SE HABLARÁ POSTERIORMENTE EN ESTE MISMO CAPÍTULO.

EL SISTEMA (D.O.T.) PERMITE OBTENER DATOS EN FORMA CONTÍNUA DEL RUMBO DE LA BARRENA, LA DIRECCIÓN DEL POZO Y EL RITMO DE CAMBIO DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN A MEDIDA QUE SE AVANZA EN LA PERFORACIÓN. EL SISTEMA (D.O.T) ESTÁ CONSTITUÍDO POR TRES UNIDADES SEPARADAS,

LAS CUALES TRABAJAN EN CONJUNTO Y DE MANERA SINCRONIZADA PARA SUMINISTRAR DATOS PRECISOS. ESTAS UNIDADES SON LAS SIGUIENTES:

- A) **PROBADOR A CABLE.** POR MEDIO DE ESTA UNIDAD SE REUNE LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA. SE BAJA A LA ZONA DE INTERÉS CON UN CABLE CONDUCTOR SENCILLO Y SE ASIENTA EN EL CONJUNTO ORIENTADOR ABAJO DE UN TUBO LASTRABARRENA NO MAGNÉTICO. EL PROBADOR A CABLE CONSTA DE VARIOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS NECESARIOS PARA REGISTRAR LAS CONDICIONES DE DESVIACIÓN DEL POZO Y TRANSMITIR ESTOS DATOS A LA SUPERFICIE.
  
- B) **COMPUTADOR DE SISTEMA.** EL OBJETIVO DE ESTA UNIDAD ES LA ORGANIZACIÓN, COMBINACIÓN Y EJECUCIÓN DE CÁLCULOS A PARTIR DE LAS SEÑALES QUE RECIBE - DEL PROBADOR A CABLE, CONVIRTIENDO ESTAS SEÑALES EN INFORMACIÓN ÚTIL. ESTE SISTEMA TAMBIÉN VIGILA MÁS DE QUINCE SEÑALES DEL PROBADOR AL CABLE PARA VERIFICAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL CABLE Y EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DE LA HERRAMIENTA.
  
- C) **UNIDAD DE LECTURA.** ESTA UNIDAD SE ENCUENTRA

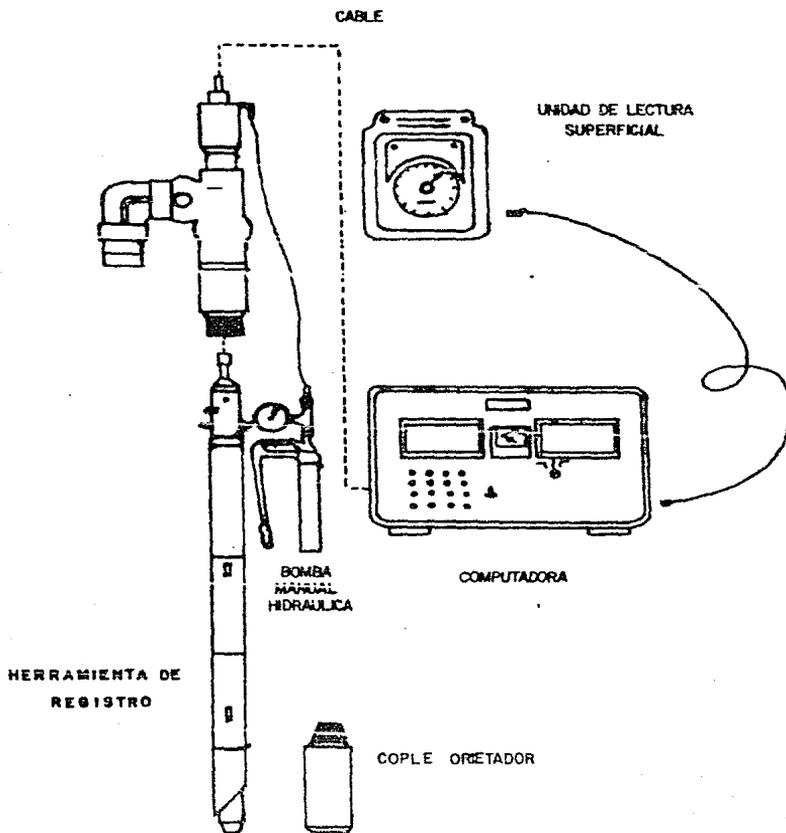


FIGURA 2.3 HERRAMIENTA DE ORIENTACION DIRECCIONAL

LOCALIZADA EN LA SUPERFICIE SOBRE EL PISO DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN, GENERALMENTE SE HALLA CERCA DE LA CONSOLA DEL PERFORADOR. EN ESTA UNIDAD DE LECTURAS EL PERFORADOR PUEDE LEER INDICACIONES CONTÍNUAS DEL RUMBO MAGNÉTICO DEL POZO, DEL AZIMUT DE LA HERRAMIENTA DESVIADORA Y DEL ÁNGULO DEL POZO.

LA TÉCNICA DE PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES COMPRENDE LA PERFORACIÓN DE AGUJEROS DE ALCANCE EXTENDIDO, ES DECIR CON ÁNGULOS DE MAS O MENOS 90 GRADOS CON RESPECTO A LA VERTICAL, PARA LOGRAR ESTE OBJETIVO SE INICIA LA PERFORACIÓN A PARTIR DE UN POZO VERTICAL PREEXISTENTE O DE UN POZO CON CIERTA DESVIACIÓN Y EN ALGUNOS CASOS POZOS SOMEROS CUYA DESVIACIÓN SE INICIA DESDE LA SUPERFICIE. COMO QUIERA QUE SEA, EN LOS DOS PRIMEROS CASOS SE REQUIERE INICIAR LA DESVIACIÓN DEL POZO PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE HORIZONTALIDAD PREVIA PERFORACIÓN DE UNA SECCIÓN CURVA, PARA LOGRAR ESTO SE REQUIERE EL EMPLEO DE HERRAMIENTAS PARA DESVIAR EL POZO O EN EL PEOR DE LOS CASOS PARA REALIZAR CORRECCIONES EN LA DESVIACIÓN DEL AGUJERO.

EL TIPO DE HERRAMIENTAS Y DE BARRENAS EMPLEADAS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS DEL TIPO HORIZONTAL ESTÁ DICTAMINADA DE ACUERDO A LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS, MECÁNICAS Y DE DISPONIBILIDAD.

LAS HERRAMIENTAS MÁS EMPLEADAS PARA INICIAR LA DESVIACIÓN DEL POZO SON:

1. DESVIADOR DE PARED O CUCHARA (GUIASONDAS)
  - GUIASONDAS ESTÁNDAR REMOVIBLE
  - GUIASONDAS DE CIRCULACIÓN DE CHORRO
  - GUIASONDAS PERMANENTE TIPO REVESTIDORA.
  
2. BARRENAS DE IMPACTO.
  
3. MOTORES DE FONDO.
  - COPLE DESVIADOR.

1. DESVIADOR DE PARED O CUCHARA.

ESTE DESVIADOR ES UN GUIASONDAS CONSTRUÍDO DE ACERO - SÓLIDO, DE FORMA MAS O MENOS CILÍNDRICA DE BISELES - CÓNCAVOS E INCLINADO, CUYA FUNCIÓN ES DIRIGIR A LA - BARRENA EN LA DIRECCIÓN DESEADA. EN LA PARTE SUPERIOR CONSTA DE UN ANILLO O CUELLO EN EL CUAL SE RETIENE A EL PORTABARRENA A EL ESTABILIZADOR Y A LA BARRENA. - DEBIDO A QUE ES DE MENOR DIÁMETRO. EN SU PARTE INFE - RIOR TIENE LA FORMA DE UN CINCEL, ES ESTA PARTE LO - QUE PERMITE FIJARLA EN EL FONDO DEL POZO O EN LA SUPER FICIE DE UN TAPÓN DE CEMENTO COLOCADO EN EL POZO A LA PROFUNDIDAD DESEADA A LA CUAL SE INICIARÁ LA DESVIA-- CIÓN.

### 1.1 GUIASONDAS ESTÁNDAR REMOVIBLE.

ESTE DESVIADOR SE USA PARA INICIAR EL CAMBIO DE INCLINACIÓN Y DE RUMBO DEL POZO, CONSTA DE UNA LARGA CUÑA INVERTIDA DE ACERO, CÓNCAVA EN UN LADO PARA SOSTENER Y GUIAR EL CONJUNTO DE PERFORACIÓN. TIENE EN EL EXTREMO INFERIOR PUNTA DE FORMÓN PARA EVITAR QUE LA HERRAMIENTA GIRE, Y UN TUBO LASTRABARRENAS SITUADO EN EL TOPE PARA RESCATAR LA HERRAMIENTA CUANDO HA TERMINADO SU OPERACIÓN. ESTA HERRAMIENTA SE REPRESENTA EN LA FIGURA 2.4. SE PUEDE DECIR QUE EL GUIASONDAS ESTÁNDAR REMOVIBLE OPERA DE LA MISMA MANERA QUE UN GUIASONDAS DE CIRCULACIÓN DE CHORRO, CON LA ÚNICA DIFERENCIA QUE LA CIRCULACIÓN ES A TRAVÉS DE LA BARRENA.

### 1.2 GUIASONDAS DE CIRCULACIÓN DE CHORRO.

EN ESTA HERRAMIENTA LA CIRCULACIÓN SE REALIZA A TRAVÉS DE UN TUBO QUE SE LOCALIZA A LA ALTURA DE LA BOQUILLA QUE, PARA ESTE EFECTO, LLEVA EL PORTABARRENAS ESTABILIZADOR. EL TUBO DE CIRCULACIÓN PASA LONGITUDINALMENTE POR EL GUIASONDAS, HASTA ALCANZAR LA PARTE INFERIOR. EL OBJETIVO DE ESTA CIRCULACIÓN EN EL GUIASONDAS ES CON EL FIN DE LIMPIAR EL FONDO DONDE SERÁ SENTADA ESTA

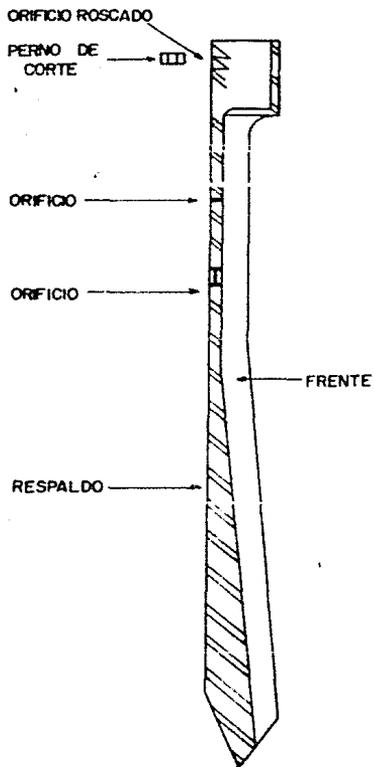


FIG.2.4 GUIASONDAS ESTANDAR RECUPERABLE

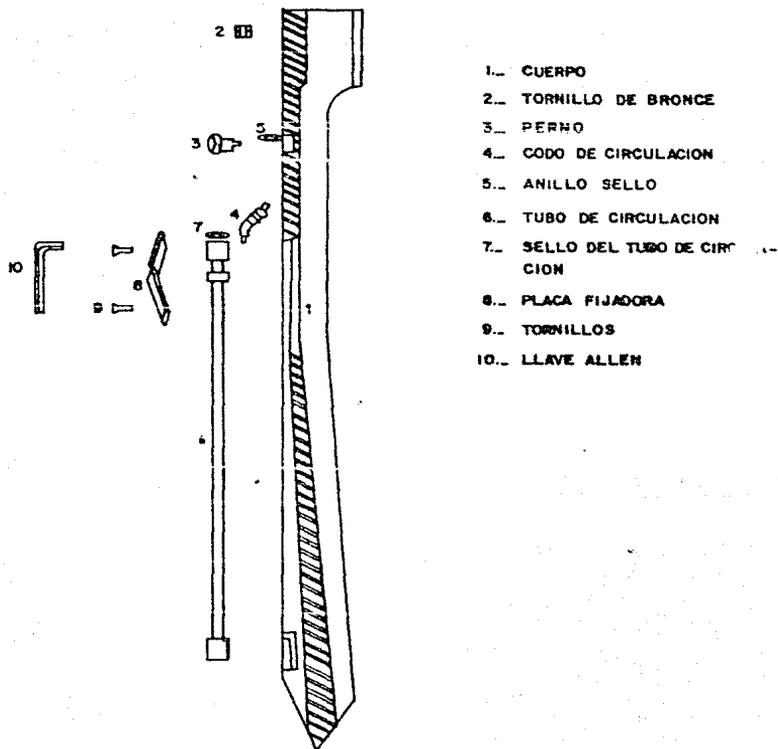


FIG. 2.5 GUIASONDAS DE CIRCULACION DE CHORRO

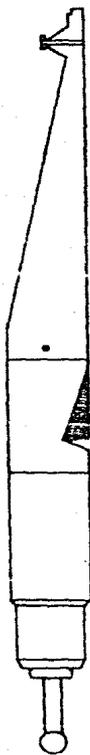


FIG. 2.6 GUIASONDAS TIPO REVESTIDORA

HERRAMIENTA. LA REPRESENTACIÓN DE ESTE GUIASONDAS SE EJEMPLIFICA EN LA FIGURA NO. 2,5,

### 1.3 GUIASONDAS PERMANENTE TIPO REVESTIDORA.

EN LA FIGURA NO. 2,6 SE REPRESENTA A ESTA HERRAMIENTA, LA QUE QUEDA PERMANENTEMENTE EN EL POZO DESPUÉS DE HABER SIDO UTILIZADA PARA INICIAR LA DESVIACIÓN DEL POZO. ESTA HERRAMIENTA SE EMPLEA CUANDO EN EL POZO QUE SERÁ DESVIADO SE ENCUENTRAN OBSTRUCCIONES O LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO SE HALLA COLAPSADA. EL GUIASONDAS PERMANENTE SE FIJA MEDIANTE UN MECANISMO ENERGIZADOR A UN CONJUNTO QUE CONSTA DE FRESADORA INICIAL, COPLÉ ORIENTADOR Y SARTA DE PERFORACIÓN COMÚN. UNA VEZ QUE EL CONJUNTO SE HA ORIENTADO DEBIDAMENTE EN EL RECINTO DEL POZO ENTUBADO, EL PASADOR SE ROMPE, CON LO QUE EL GUIASONDAS QUEDA PERMANENTEMENTE INSTALADO EN EL POZO, LA FRESADORA INICIAL SE HACE GIRAR LENTAMENTE Y SE GUÍA MEDIANTE UNA "OREJA" SACRIFICABLE DIRECTAMENTE HACIA LA PARED DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO.

UNA VEZ FRESADA UNA SECCIÓN DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO SE INSTALA UN NUEVO CONJUNTO DE

"FRESADORA RÁPIDA" PARA ESTABLECER EL RUMBO DEL POZO. CONSTA DE FRESADORA DE CALIBRE PLENO - (DE DIAMANTES O DE CARBURO DE TUNGSTENO DE FON-- DO PLANO), ESTABILIZADOR DE CARBURO DE TUNGSTENO Y CONJUNTO ESTÁNDAR DE SARTA DE PERFORACIÓN. SE PERFORAN CUATRO PIES, MAS O MENOS, ANTES DE EMPE-- ZAR A USAR EL CONJUNTO ESTÁNDAR DE PERFORACIÓN EL PROCEDIMIENTO DE ARMADO EN LA SUPERFICIE DE ESTA HERRAMIENTA SE REALIZA DE ACUERDO A LO ESTABLECI-- DO POR EL FABRICANTE.

PROCEDIMIENTO PRÁCTICO DE ARMADO EN LA SUPERFICIE PARA LOS GUIASONDAS RECUPERABLES.

- A) CON EL CABLE DE MANIOBRAS SE LEVANTA LA HERRA-- MIENTA DESVIADORA Y SE INTRODUCE PARCIALMENTE EN EL POZO, ENSEGUIDA SE TOMA UN TRAMO DE -- TUBERÍA DE PERFORACIÓN DE ACUERDO AL DIÁMETRO DEL GUIASONDAS (PUEDE VARIAR DE 2 7/8 A 4 1/2 PG) Y SE HACE PASAR POR EL ANILLO O CUELLO - DEL DESVIADOR.
  
- B) EN EL PIÑÓN DEL TUBO DE PERFORACIÓN VAN ROS-- CADOS YA SEA LA BARRENA SOLA O COMBINADA - CON ESTABILIZADOR Y JUNTA UNIVERSAL. EN LA PARTE SUPERIOR, VA COLOCADO EL SUSTITUTO -

ORIENTADOR Y ENSEGUIDA UN TUBO NO MAGNÉTICO.

- C) SE LEVANTA LA HERRAMIENTA Y SE COLOCAN LAS CUÑAS EN LA CUCHARA PARA LOGRAR CON ESTO -- QUE COINCIDAN EL ORIFICIO ROSCADO EN LA PARTE POSTERIOR, CON EL ORIFICIO DEL ESTABILIZADOR, POR EL CUAL SE PASA EL PERNO. LOGRANDO QUE EL DESVIADOR QUEDE ASEGURADO AL RESTO DE LA SARTA. EN CIERTOS CASOS, CUANDO EL GUIASONDAS SE UTILIZA A PROFUNDIDADES SOMERAS Y NO SE TIENE SUFICIENTE PESO PARA ROMPER EL PERNO, SE DEBILITA LA SECCIÓN, -- CORTÁNDOLO HASTA LA MITAD Y COLOCÁNDOLO DE MODO QUE EL CORTE QUEDE HACIA ARRIBA,
- D) UNA VEZ REALIZADO ESTO, SE ALINEA EL CENTRO DE LA PARTE CÓNCAVA DEL DESVIADOR CON LA CUÑA QUE LLEVA LA CAMISA DEL SUSTITUTO ORIENTADOR DEL FONDO, ESTO ES POR MEDIO DE DOS PERNOS CON ENTRADA DE LLAVE "ALLEN", COLOCADOS EN UNA RELACIÓN DE 90 GRADOS, CONECTADO A ESTE SUSTITUTO VA EL TUBO NO MAGNÉTICO. ESTE ENSAMBLE SE REPRESENTA EN LA FIGURA No. 2,7,
- E) UNA VEZ QUE EL GUIASONDAS ESTÁ LISTO, DEBE



SER BAJADO CON PRECAUCIÓN, EVITANDO HACER -  
SACUDIDAS FUERTES O FRICCIONES CON LA PARED  
DEL AGUJERO QUE PUDIERAN CAUSAR LA RUPTURA  
DEL PERNO ANTES DE LLEGAR AL FONDO. AL -  
LLEGAR LA HERRAMIENTA AL FONDO DEL POZO, -  
ESTO SE COMPRUEBA CON EL INDICADOR DE PESO,  
BASÁNDOSE EN LA AGUJA MÁS SENSIBLE (VERNIER).  
SE DEBE DE APLICAR UN PESO DE UNA O DOS TONE  
LADAS SOLAMENTE. LA MARCA DEL FONDO DE LA  
FLECHA COINCIDE CON EL FONDO DEL POZO. -  
HECHA ESTA COMPROBACIÓN SATISFACTORIA, SE -  
LEVANTA LA FLECHA Y SE DESCONECTA PARA TO--  
MAR UNA LECTURA POR MEDIO DE LA CUAL CONOCE  
REMOS LA POSICIÓN ACTUAL DE LA HERRAMIENTA.

- F) REALIZADO LO ANTERIOR, SE LEVANTA CUATRO O  
CINCO VECES LA TUBERÍA UNOS TRES O CUATRO -  
METROS, TOCANDO EL FONDO CON UNA O DOS TONE  
LADAS DE PESO; PARA TRATAR DE ELIMINAR LA -  
TORSIÓN EN LA TUBERÍA Y AL MISMO TIEMPO CON  
EL EXTREMO INFERIOR DEL GUIASONDAS HACER -  
UN ASIENTO PARA FIJARLO EN EL FONDO.  
PARA DEJAR AL DESVIADOR HINCADO EN EL FONDO,  
EXISTEN DOS PROCEDIMIENTOS:  
PRIMERO.- CON EL GUIASONDAS O DESVIADOR LI

GERAMENTE ASENTADO, SE HACEN EN LA FLECHA -  
TRES MARCAS SITUADAS 30,0 CM UNA DE LA OTRA  
A PARTIR DE LA ALTURA DE LA MESA ROTATORIA -  
QUE LA PRIMERA COINCIDA CON EL FONDO DEL PO-  
ZO; LUEGO SE EMPIEZA A BAJAR LENTAMENTE, OB-  
SERVANDO EL VERNIER DEL INDICADOR A CADA MAR-  
CA; GENERALMENTE UN PERNO DE  $3/4$  Ó 1,0 PG. -  
SE ROMPE ENTRE LA SEGUNDA Y LA TERCERA MARCA,  
ROTURA QUE, CLARAMENTE SE DETECTA POR EL MO-  
VIMIENTO RÁPIDO DE LA AGUJA DEL INDICADOR DE  
PESO, VOLVIENDO A SU PESO ORIGINAL.

SEGUNDO.- EN ESTE MÉTODO LA ROTURA DEL PER-  
NO SE LOGRA MEDIANTE DESCENSOS RÁPIDOS Y -  
CONTROLADOS DE LA SARTA DE TUBERÍA, CON LO -  
QUE SE PROVOCAN MOVIMIENTOS ELÁSTICOS QUE -  
GOLPEAN AL PERNO HASTA QUE ÉSTE CEDE, TAMBIÉN  
EN ESTE CASO ES NECESARIO ESTAR PENDIENTE -  
DEL VERNIER. ÉSTE PROCEDIMIENTO ES EL -  
MÁS USADO PORQUE AL HINCAR EL GUIASONDAS O -  
DESVIADOR EN EL FONDO, SE NEUTRALIZA EL EFEC-  
TO DE LA FRICCIÓN CONTRA LAS PAREDES DEL -  
AGUJERO. COMO COMPROBACIÓN SE TIENE EN -  
LA TUBERÍA, ROTACIÓN LIBRE Y SIN TENSIÓN -  
YA QUE LA BARRENA SE HALLARÁ EN LA PARTE ALTA

DEL DESVIADOR SIN TOCAR AÚN LA FORMACIÓN,

UNA VEZ LLEGADO A ESTE PUNTO SE CONTINÚA CON LAS SIGUIENTES OPERACIONES:

- G) SE COMIENZA A BAJAR LENTAMENTE LA TUBERÍA Y UNA VEZ QUE SE OBTIENE LA RESISTENCIA, SE INICIA LA PERFORACIÓN DEL AGUJERO REDUCIDO. UNA VEZ QUE SE LOGRÓ DESLIZAR LA BARRENA A LA LONGITUD DEL GUIASONDAS, SE PERFORARÁ DE 4.0 A 5.0 M. MÁS. TAL Y COMO SE REPRESENTA EN LA FIGURA No. 2,8,
- H) EL PASO SIGUIENTE ES, LEVANTAR LA BARRENA - HASTA EL ANILLO DEL GUIASONDAS Y SACARLA. - ESTA OPERACIÓN DEBERÁ EFECTUARSE CON PRECAUCIÓN, YA QUE AL SACAR DEL AGUJERO A LA BARRENA CON EL DESVIADOR, SE PUEDEN OCASIONAR DERRUMBES EN LAS PAREDES DEL POZO, QUE ATRAPARÍAN A LA HERRAMIENTA, Y SI ÉSTA SE JALA CON FUERZA SE PROVOCARÁ UN ACUÑAMIENTO COMPLETO DE LA HERRAMIENTA. SI SE OBSERVA QUE LA BARRENA ESTÁ APRISIONADA, NO SE ACONSEJA JALAR, SINO QUE SE TRATARÁ DE BAJAR LA SARTA A LA VEZ QUE SE SACUDE Y AL MISMO TIEM

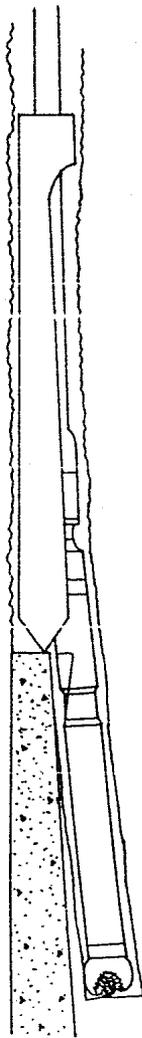


FIGURA 2.8 OPERACION CON UN GUIASONDAS RECUPERABLE

PO DEBERÁ DE ESTABLECERSE CIRCULACIÓN CON FLUIDO DE CONTROL PARA LEVANTAR SEDIMENTOS Y RECORTE DE UNA MANERA MÁS RÁPIDA. AL MOMENTO EN QUE LA BARRENA ALCANZA EL ANILLO O CUELLO DE LA HERRAMIENTA (GUIASONDAS), ÉSTA SE PODRÁ DESANCLAR.

- 1) UNA VEZ QUE SE HA EXTRAÍDO DEL FONDO DEL POZO EL GUIASONDAS, SE CONTINÚA CON LA AMPLIACIÓN DEL AGUJERO REDUCIDO CON UNA BARRENA PILOTO, COMO SE PRESENTA EN LA FIGURA NO. 2.9, CON ESTA HERRAMIENTA SE REPASARÁ DESDE LA PROFUNDIDAD EN QUE SE COLOCÓ EL GUIASONDAS, HASTA LA PROFUNDIDAD PERFORADA POR LA BARRENA.

## 2. BARRENA DE IMPACTO.

CONOCIDA COMO "SPUDING BIT", ES UNA HERRAMIENTA QUE EN SU PRESENTACIÓN ES IGUAL A UNA PALA QUE TIENE EN LA PUNTA INFERIOR UNA PUNTA EN FORMA DE CINCEL Y UNA TOBERA PARA LA CIRCULACIÓN DE FLUIDO DE PERFORACIÓN POR EL LADO CÓNCAVO. UNA VEZ QUE SE LOGRA ORIENTAR A ESTA BARRENA, SE PROCEDE A TRABAJAR CON PERCUSIÓN, COMO SE REPRESENTA EN LA FIGURA NO. 2,10, ÉSTA HERRAMIENTA SOLAMENTE TIENE APLICACIÓN EN FORMACIONES

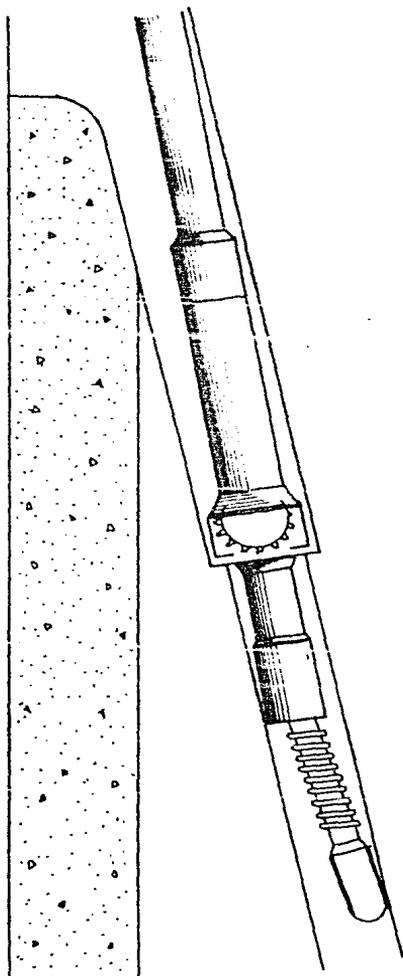


FIG. 2.9

BARRENA PILOTO

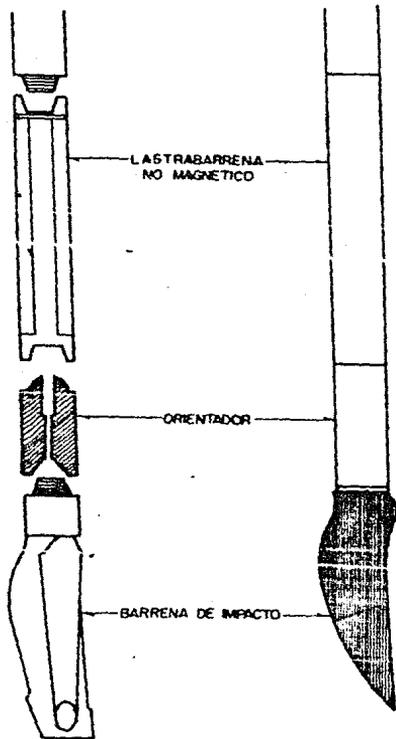


FIGURA 2.10 BARRENA DE IMPACTO

SUAVES Y MUY SUAVES, TAL COMO: ARENAS Y ARENISCAS --  
POCO CONSOLIDADAS.

MOTORES HIDRÁULICOS DE FONDO DEL POZO. LA FIGURA NO. 2.11 REPRESENTA A UN MOTOR DE FONDO DE POZO TÍPICO. - EL MOTOR HIDRÁULICO DE FONDO DEL POZO ES LA HERRAMIENTA DEFLECTORA QUE MÁS SE EMPLEA ACTUALMENTE. LO IMPULSA EL LODO QUE FLUYE POR LA SARTA DE PERFORACIÓN. - LO QUE ELIMINA LA NECESIDAD DE DAR ROTACIÓN A LA SARTA DE PERFORACIÓN DESDE LA SUPERFICIE. ÉSTO GENERA UNA FUERZA DE TORSIÓN EN LA HERRAMIENTA, GIRO QUE PARA FINES DE OPERACIÓN DEBERÁ CONSIDERARSE.

LA PRIMERA CLASE DEL MOTOR DE FONDO DEL POZO, QUE SE CONOCE POR EL NOMBRE DE TURBOBARRENA O MOTOR TIPO TURBINA, ES UNA UNIDAD COMPACTA Y MUY RESISTENTE DE TIPO AXIAL MULTITAPA QUE HA DEMOSTRADO EN PRUEBAS DE CAMPO, SER MUY EFICIENTE Y CONFIABLE, ESPECIALMENTE EN FORMACIONES SEMIDURAS A DURAS.

LA TURBOBARRENA O MOTOR TIPO TURBINA, CONSTA DE UNA SECCIÓN DE ROTORES Y ESTADORES, DE COJINETES (DE CARGA Y DE ESTABILIZACIÓN), UN EJE IMPULSOR. LA PRIMERA ETAPA CONSTA DE ROTOR Y ESTATOR DE CONFIGURACIÓN IDÉNTICA. EL ESTADOR ES FIJO Y DESVÍA EL FLUJO DE LODO

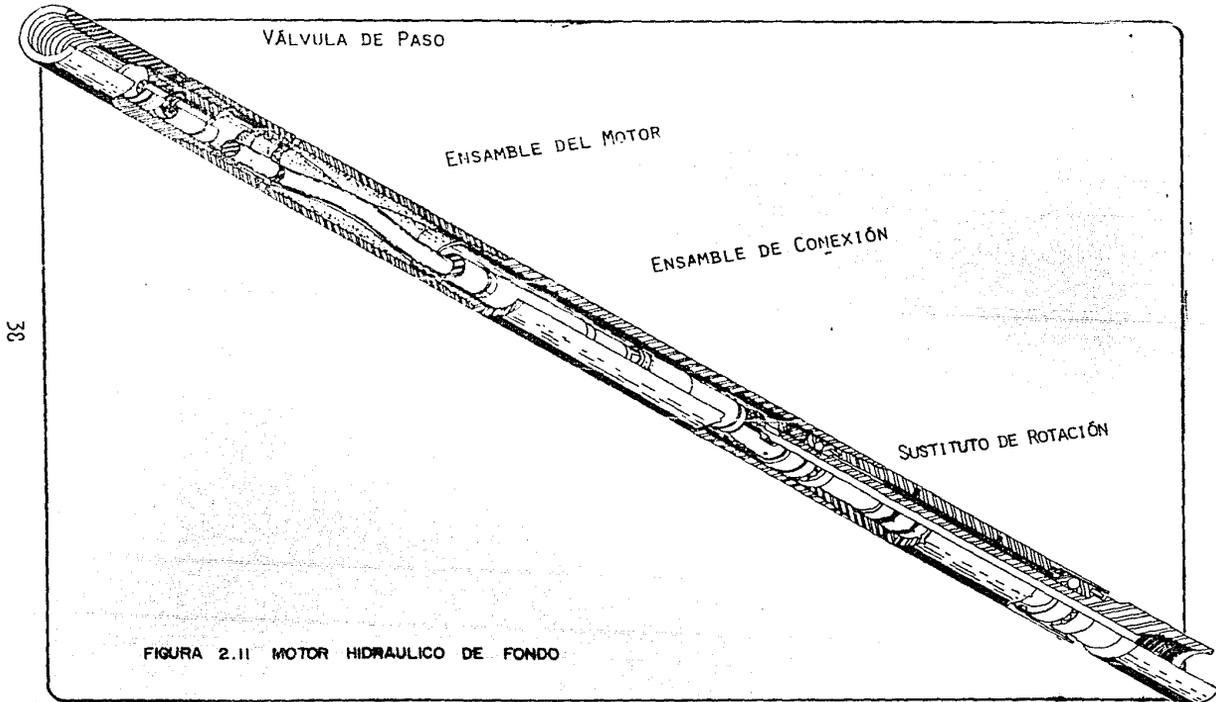


FIGURA 2.11 MOTOR HIDRAULICO DE FONDO

DE PERFORACIÓN HACIA EL ROTOR, EL CUAL VA FIJO SOBRE EL EJE IMPULSOR, SITUACIÓN QUE PERMITE TRANSMITIR LA ACCIÓN ROTATORIA PARA HACER GIRAR A LA BARRENA.

EL SEGUNDO TIPO DE MOTOR HIDRÁULICO DE FONDO DEL POZO, LO CONSTITUYE EL MOTOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO O "HELICOIDAL". ESTA HERRAMIENTA CONSTA DE UN MOTOR HELICOIDAL DE SOLAMENTE DOS ETAPAS, UNA VÁLVULA DE DESCARGA, UN CONJUNTO DE BIELA Y OTRO DE COJINETES Y EJE. EL MOTOR HELICOIDAL TIENE UNA CAVIDAD EN FORMA DE ESPIRAL FORRADA DE CAUCHO (HULE DE ALTA RESISTENCIA), PROVISTA DE SECCIÓN TRANSVERSAL ELÍPTICA QUE ALOJA EN SU SENO UN ROTOR SINOSOIDAL DE ACERO. POR CONSIGUIENTE, EL FLUJO DESCENDENTE PRESURIZADO DE LODO, ENTRA EN LA CAVIDAD ESPIRAL Y EL ROTOR, SE DESPLAZA Y GIRA. LA ROTACIÓN ENERGIZA EL EJE IMPULSOR Y EL EFECTO ES UNA FUERZA DE TORSIÓN QUE HACE QUE LA BARRENA GIRE.

AMBOS TIPOS DE MOTORES DESCRITOS, SE PUEDEN UTILIZAR COMO UN CONJUNTO, COMPUESTO DE UNA BARRENA DE CALIBRE PLENO, EL MOTOR HIDRÁULICO, UN COPLÉ CURVO (CODO DESVIADOR) Y UN HIDRÁULICO, UN TUBO LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICO Y EL CONJUNTO NORMAL DE PERFORACIÓN.

EL CODO DESVIADOR SE EMPLEA PARA IMPARTIR UNA DEFLEXIÓN CONSTANTE AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN. SU ROSCA SUPERIOR ES CONCÉNTRICA CON EL EJE DE SU CUERPO, Y SU ROSCA INFERIOR ES CONCÉNTRICA A UN EJE INCLINADO DE 1,0 A 4,0 GRADOS CON RELACIÓN AL EJE DE LA ROSCA SUPERIOR.

SE HA DESARROLLADO TAMBIÉN UN SUB-HIDRÁULICO "CURVO" - QUE SE PUEDE FIJAR EN UNA POSICIÓN PARA LA PERFORACIÓN VERTICAL, Y SE REAJUSTA PARA PERFORACIÓN DEL TIPO - HORIZONTAL.

POR LAS RAZONES MENCIONADAS ANTERIORMENTE, LOS MOTORES HIDRÁULICOS, TIENEN MUCHAS VENTAJAS SOBRE EL GUIASONDAS O DESVIADOR. CUANDO EL INICIO DE LA DESVIACIÓN POR PERFORACIÓN A CHORRO SE HACE IMPOSIBLE DE PRACTICAR, ESTOS MOTORES PERMITEN PERFORAR POZOS DE CALIBRE PLENO DESDE EL PUNTO INICIAL DE DESVIACIÓN (INICIO DE LA SECCIÓN CURVA DE UN POZO HORIZONTAL), A FIN DE - ELIMINAR LA NECESIDAD DE REALIZAR VIAJES EXTRAS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN. ADEMÁS, LA ORIENTACIÓN SE - HACE MÁS PRECISA, YA QUE LOS MOTORES HIDRÁULICOS DE FONDO DEL POZO, PRODUCEN UNA CURVA MÁS SUAVE Y GRADUAL EN LOS TRAMOS DE INCREMENTO Y DISMINUCIÓN DE ÁNGULO - DE DESVIACIÓN. LAS CORRECCIONES, EN RUMBO O INCLINACIÓN, EN CASO DE QUE SE NECESITEN, SE HACEN EN EL -

POZO, SIN NECESIDAD DE VIAJES DE RECTIFICACIÓN PARA ELIMINAR PUNTES, PATAS DE PERRO, ETC., YA QUE CON ESTA HERRAMIENTA SE PUEDE CIRCULAR Y PERFORAR HASTA EL FONDO DEL POZO.

EL PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LOS MOTORES HIDRÁULICOS DE FONDO DEL POZO ES EL DE CONVERTIR LA ENERGÍA HIDRÁULICA EN ENERGÍA MECÁNICA DE ROTACIÓN, LA CUAL ES TRANSMITIDA A LA BARRENA, MEDIANTE UNA SERIE DE DISPOSITIVOS INTERNOS.

SOBRE EL MOTOR SE ENCUENTRA UNA VÁLVULA DE DOBLE PASO, CON EL PROPÓSITO DE PERMITIR QUE SE LLENE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN CUANDO SE METE Y DRENARLA CUANDO SE SACA. CUANDO SE CIRCULA EL FLUIDO DE PERFORACIÓN SE IMPRIME UNA FUERZA SOBRE UN PISTÓN QUE ORIGINA QUE EL PISTÓN SE DESPLACE A SU ASIENTO CERRANDO LOS ORIFICIOS PARA LLENAR Y DRENAR, PERMITIENDO QUE EL FLUJO CIRCULE A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA. AL DETENER EL BOMBEO EL PISTÓN ES EMPUJADO HACIA ARRIBA POR MEDIO DE UN RESORTE, DEJANDO NUEVAMENTE ABIERTOS LOS ORIFICIOS. SOBRE ESTA VÁLVULA ES CONECTADA LA HERRAMIENTA QUE SE DESEE.

A CONTINUACIÓN SE CITAN LOS PASOS PARA LA OPERACIÓN -

DE CADA UNO DE LOS MOTORES DE FONDO DEL POZO, MENCIONADOS CON ANTERIORIDAD.

#### OPERACIÓN DEL TURBOBARRENA O TURBOPERFORADOR.

A) SE UNE LA FLECHA DEL TURBOBARRENA A LA BARRENA, SE PRUEBA CON LA FLECHA (KELLY) APLICANDO UN - CIERTO GASTO A LA BOMBA, SE VERIFICA LA ROTACIÓN DE LA BARRENA, EL SELLO DE LAS UNIONES Y EL JUE GO DE LA FLECHA. EN CASO DE QUE LA BARRENA - NO GIRE, SE DEBE DE REVISAR EL ARMADO DEL TURBO BARRENA.

SI TODO ESTÁ FUNCIONANDO ADECUADAMENTE, SE ARMA LA COMBINACIÓN DESVIADORA, (CODO DESVIADOR), EL ORIENTADOR DE FONDO, EL TUBO NO MAGNÉTICO Y LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN.

B) UNOS DOS METROS ARRIBA DEL FONDO DEL POZO O DEL SITIO DONDE SERÁ EMPLEADO EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, SE DEBE COMPROBAR QUE TRABAJE EL TURBOBARRENA O TURBOPERFORADOR (INCLUSO PUEDE PERFORARSE UN METRO PARA MAYOR SEGURIDAD). SE VERIFICA SU ORIENTACIÓN DESPUÉS DE DAR MOVIMIENTO - VERTICAL A LA TUBERÍA Y SE PROCEDE A PERFORAR - COLOCANDO LOS CANDADOS A LA MESA ROTATORIA.

ES IMPORTANTE TENER EN CUENTA QUE LA REGULACIÓN DEL PESO SOBRE EL TURBOBARRENA SE HACE SEGÚN - EL TIPO DE FORMACIÓN Y LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN.

#### OPERACIÓN DEL MOTOR DE FONDO DEL POZO TIPO "HELICOIDAL".

AL CONECTAR ESTE TIPO DE MOTOR A UN CODO DESVIADOR SE PERFORAN AGUJEROS ALEJADOS DE LA VERTICAL, Y SI SE DESEA A LA VEZ, CAMBIOS EN LA DIRECCIÓN. EL PESO SOBRE LA BARRENA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA PRESIÓN DE BOMBEO, POR LO QUE EL MANÓMETRO DEL LODO ACTÚA COMO UN INDICADOR DE PESO, YA QUE DEPENDIENDO DE LA PRESIÓN DEL LODO DE PERFORACIÓN SE CONTROLA EL PESO SOBRE LA BARRENA. LOS PASOS PARA LA OPERACIÓN DE ESTE DISPOSITIVO SON:

- A) SE ACOPLA LA BARRENA AL SUSTITUTO DEL MOTOR DE FONDO, SE PRUEBA CON LA FLECHA (KELLY) Y BOMBA; 14.0 Kg/cm<sup>2</sup> SON SUFICIENTES PARA QUE TRABAJE; SE VERIFICA TAMBIÉN QUE LOS SELLOS DE LAS UNIONES TRABAJEN CORRECTAMENTE.

SE CONECTA LA COMBINACIÓN DESVIADA CON EL ORIENTADOR DE FONDO, DESPUÉS EL TUBO NO MAGNÉTICO Y POSTERIORMENTE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN.

B) ANTES DE LLEGAR AL FONDO DEL POZO O AL SITIO --  
DONDE SE EMPLEARÁ ESTE ENSAMBLE (UNO O DOS ME--  
TROS), SE DEBE VERIFICAR QUE TRABAJE ADECUADA--  
MENTE, PERFORÁNDOSE EN CASO DE DUDA HASTA UN -  
METRO, PREVINIENDO QUE LA TUBERÍA NO GIRE A LA  
IZQUIERDA, ESTA RIGIDEZ SE LOGRA ACCIONANDO LOS  
CANDADOS DE LA MESA ROTATORIA.

INDEPENDIENTE DE LA HERRAMIENTA EMPLEADA Y UNA VEZ QUE  
SE HA LOGRADO INICIAR LA DESVIACIÓN DEL POZO, EN LA -  
DIRECCIÓN CORRECTA Y CON EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN INI--  
CIAL CORRECTO, EL SIGUIENTE PASO ES PERFORAR LA SEC--  
CIÓN CURVA DEL POZO HASTA LOGRAR UN ÁNGULO DE APROXI--  
MADAMENTE 90 GRADOS DE DESVIACIÓN CON RESPECTO A LA -  
VERTICAL, POSTERIOR A ESTA OPERACIÓN HAY QUE MANTENER  
LA PERFORACIÓN EN EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN Y RUMBO OB--  
TENIDO, LO MÁS ESTABLE POSIBLE, PARA LOGRAR ESTE OBJE--  
TIVO, MÚLTIPLES PROBLEMAS TUVIERON QUE HABER SIDO -  
SUPERADOS, TALES COMO LA ALTA FRICCIÓN, EXCESIVAS TOR--  
SIONES EN LA SARTA DE PERFORACIÓN Y PESO SOBRE LA -  
BARRENA.

ESTABILIZADORES.- DURANTE LAS OPERACIONES DE PERFO--  
RACIÓN DE UN POZO HORIZONTAL, SE BUSCA DE UNA MANERA  
PRIORITARIA OBTENER LA MÁXIMA ECONOMÍA Y LA MAYOR EFI--

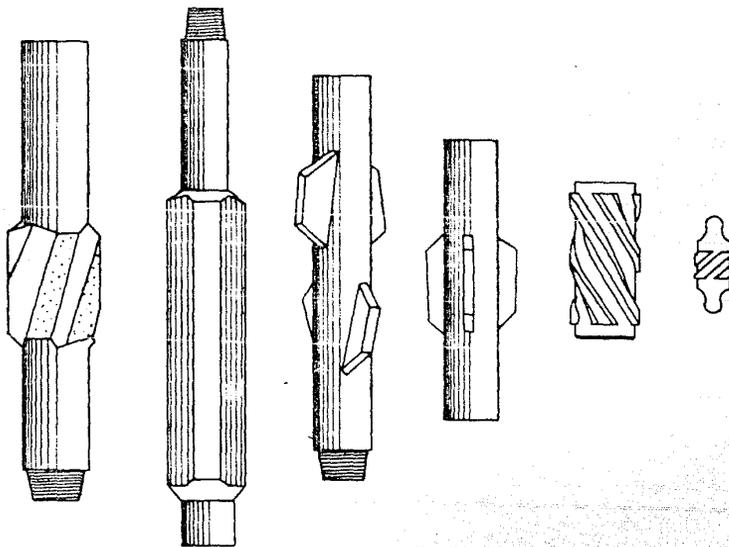


FIG. 2.12 TIPOS DE ESTABILIZADORES

CIENCIA, Y PARA LOGRAR LO ANTERIOR SE EMPLEAN ESTABILIZADORES. ESTAS HERRAMIENTAS DE ACUERDO A SU FORMA Y ARREGLO DENTRO DE LA SARTA DE PERFORACIÓN AYUDAN A ALCANZAR LOS OBJETIVOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE.

LOS ESTABILIZADORES SON PIEZAS COMPACTAS DE ACERO DE ALTA CALIDAD, DE FORMA CILÍNDRICA HUECA, SU LONGITUD VARÍA DESDE 40,0 CM. HASTA 100,0 CM. EN LA PARTE EXTERIOR LLEVAN ACOPLADAS ALETAS DE ACERO DE FORMA VERTICAL O EN FORMA DE ESPIRAL, DICHAS ALETAS EN SU CARA EXTERIOR LLEVAN UN RECUBRIMIENTO DE CARBURO DE TUNGSTENO. ESTOS ESTABILIZADORES SE PUEDEN CONSEGUIR CON ALETAS INTEGRALES O CON ALETAS SOLDADAS. LA FIGURA No. 2.12 NOS MUESTRA EL TIPO DE ESTABILIZADORES COMUNEMENTE EMPLEADOS EN LAS OPERACIONES DE CAMPO.

LAS FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS ESTABILIZADORES DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS HORIZONTALES --- (DURANTE SU TRAYECTORIA CURVA COMO LA HORIZONTAL), SE PUEDEN RESUMIR DE LA MANERA SIGUIENTE:

- I) AYUDAN A CONSERVAR LA ORIENTACIÓN Y EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL POZO DURANTE LA PERFORACIÓN.
- II) PROPORCIONAN RIGIDEZ Y EFECTO DE PÉNDULO AL EN-

SAMBLE DE PERFORACIÓN DE FONDO DEL POZO. ESTE ASPECTO ESTÁ EN FUNCIÓN DEL ARREGLO QUE LOS -- ESTABILIZADORES GUARDEN EN LA SARTA DE PERFORACIÓN.

- III) DISMINUIR LA FRICCIÓN DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN.
- IV) LOGRAR LA ESTABILIZACIÓN DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN CON EL FIN DE CONSEGUIR EL MÁXIMO APROVE-- CHAMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS EMPLEADAS.
- V) CALIBRACIÓN Y LIMPIEZA DEL AGUJERO PERFORADO.

DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS CON ALTOS GRADOS DE - INCLINACIÓN, LA SARTA DE PERFORACIÓN SUFRE GRANDES - FLEXIONES Y ESFUERZOS DE TORSIÓN QUE ORIGINAN QUE - TIENDA A DESCANSAR SOBRE LA PARTE BAJA DEL POZO, OCA-- SIONANDO ESTO, UNA SECCIÓN DE ALTA FRICCIÓN, ESTE - FENÓMENO SE VE ACENTUADO DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN HORIZONTAL DE LOS POZOS, ESTE EFECTO SE PUEDE Y SE DEBE ELIMINAR COLOCANDO ESTABILIZADORES EN LA - SARTA DE TUBERÍA.

UNA VARIACIÓN DE ESTOS ESTABILIZADORES SON LOS DENOMI-- NADOS "CORTOS" EL CUAL SE REPRESENTA EN LA FIGURA NO. 2.13, AL EMPLEAR ESTE TIPO DE ESTABILIZADORES, EL PO-- ZO REQUIERE DE UN PROCESO DE ESCARIADO PARA EVITAR -



FIG. 2.13 ESTABILIZADOR CORTO

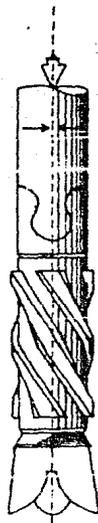


FIG. 2.14 ARREGLO DE UN ESTABILIZADOR CORTO.

PROBLEMAS DURANTE EL PASO DE LA HERRAMIENTA. ESTO DEBE SER REALIZADO CUIDADOSAMENTE PARA EVITAR QUE LA HERRAMIENTA SE PEGUE O QUEDE APRISIONADA, DEBIDO AL MATERIAL QUE SERÁ REMOVIDO. CON ESTE TIPO DE ESTABILIZADORES Y EL ARREGLO MOSTRADO EN LA FIGURA No. 2.14, SE LLEGAN A ALCANZAR RITMOS DE DESVIACIÓN DEL ORDEN DE 0.2 GRADOS POR PIE. (ESTUDIOS TEÓRICOS).

OTRA VARIACIÓN DE ESTABILIZADORES SON LOS DENOMINADOS ESTABILIZADORES ONDULADOS O WIGGLIES, FIGURA No. 2.15. EL USO DE ESTE TIPO DE ESTABILIZADORES (PARTE SUPERIOR) ELIMINA LA NECESIDAD DE ESCARIAR LA PARTE CENTRAL DE LA SECCIÓN CURVA DEL POZO.

LAS JUNTAS UNIVERSALES DEL ESTABILIZADOR ONDULADO, PERMITEN AL ENSAMBLE MOSTRADO EN LA FIGURA No. 2.16, LLEVAR A CABO LA SECCIÓN CURVA DEL POZO CON MUY POCO -- ESCARIADO.

OTRA DE LAS HERRAMIENTAS IMPORTANTES QUE CONSTITUYEN EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, SON LAS JUNTAS ARTICULADAS.

LA JUNTA "ARTICULADA" ES UNA HERRAMIENTA ESPECIAL QUE SE USA PARA DESVIAR LA TRAYECTORIA DEL POZO SIN LA -- NECESIDAD DE GUIASONDAS. ES DECIR LO PODEMOS CONSIDE-

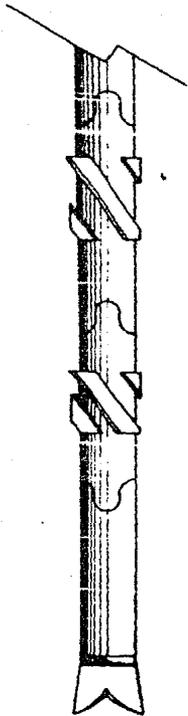


FIGURA 2.15 ESTABILIZADOR WIGGLY



FIG. 2.16 JUNTA UNIVERSAL Y ARREGLO

RAR UNA HERRAMIENTA QUE NO REQUIERE ORIENTACIÓN, --  
ESTE DISPOSITIVO CONSTA DE UNA JUNTA UNIVERSAL TIPO -  
ESFERA CARGADA A RESORTE, CONECTADA CON LA SARTA DE -  
PERFORACIÓN, A FIN DE QUE LA BARRENA PUEDA PERFORAR EN  
ÁNGULO CON RELACIÓN AL EJE DE LA SARTA.

EL USO DE ESTA HERRAMIENTA REQUIERE DE EXPERIENCIA EN  
SU MANEJO, DEBIDO A LAS CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO QUE  
DETERMINAN COMO PARÁMETRO CRÍTICO LA ORIENTACIÓN DE -  
ÉSTA.

CODO DESVIADOR (SUB-FLEXIONADO). SE CONSIDERA COMO  
UNA HERRAMIENTA DE USO COMÚN PARA EL PROCESO DE DESVIA  
CIÓN, ESTA HERRAMIENTA LLEVA UNA CONEXIÓN DE TUBERÍA -  
CON ÁNGULO EXACTO DE DESVÍO. AL SER INSTALADO EN LA -  
SARTA DE PERFORACIÓN, DICHO ÁNGULO CREA UNA FLEXIÓN -  
QUE IMPARTE UNA FUERZA LATERAL A LA BARRENA. DURAN--  
TE ESTE PROCESO EL CODO DESVIADOR NO GIRA POR LO QUE  
LA FUERZA LATERAL SE PUEDE SITUAR EN UNA DIRECCIÓN -  
PREDETERMINADA. A MEDIDA QUE AVANZA LA PERFORACIÓN,  
EL ÁNGULO DE LA HERRAMIENTA VA FORMANDO UN ARCO SUAVE  
Y CONTÍNUO DE LA CURVATURA DEL POZO. CUANDO SE RE-  
QUIERE UN CAMBIO RÁPIDO EN EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN --  
DEL POZO SE PUEDE EMPLEAR LA COMBINACIÓN DE DOS ENSAM-  
BLES FLEXIONADOS ALINEADOS, LO QUE ORIGINA LA MULTIPLI

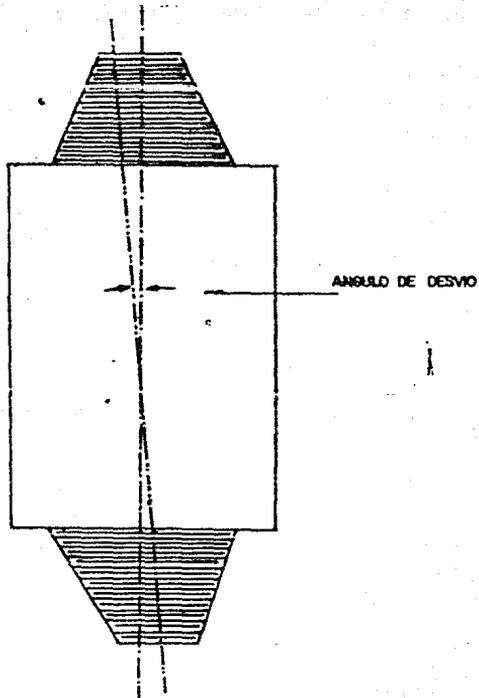


FIGURA 2.17 CODO DESVIADOR ( BENT - SUB )

CACIÓN DEL EFECTO DE LA FUERZA LATERAL. ÉSTA HERRAMIENTA SE MUESTRA EN LA FIGURA No. 2.17.

#### SELECCIÓN DEL CODO DESVIADOR (SUB-FLEXIONADO).

##### A) FACTORES.

1. DIÁMETRO DEL POZO.
2. CONTROL DIRECCIONAL REQUERIDO.
3. CAMBIO DE ÁNGULO POR METRO DE AGUJERO PERFORADO.
4. LOS METROS PERFORADOS QUE SE PUEDEN REALIZARSE CON LA BARRENA Y EL MOTOR DE FONDO UTILIZADOS.

##### B) CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA.

1. EL CODO DESVIADOR ESTÁ MAQUINADO EN FORMA PRECISA CON UNA INCLINACIÓN EN EL PIÑÓN DE CONEXIÓN DE 1,1 1/2, 2, 2 1/2, 3, 4 GRADOS. LA SELECCIÓN DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN DEL CODO ESTÁ PREDETERMINADA POR LA MAGNITUD DEL ÁNGULO Y/O CAMBIO DE DIRECCIÓN REQUERIDO PARA MANTENER EL CURSO PROPUESTO.
2. CUANDO SE CONECTA EL CODO DESVIADOR, EN LA PARTE SUPERIOR DE LA UNIÓN DE LA HERRAMIENTA

TA, SE PRODUCE UNA DEFLEXIÓN ENTRE EL LASTRABARRENA Y EL MOTOR DE FONDO. ESTO PREDETERMINA LA MAGNITUD DE LA DESVIACIÓN PARA EL DIÁMETRO ESPECÍFICO DEL AGUJERO.

5. DURANTE LA OPERACIÓN DE CONEXIÓN DEL CODO DESVIADOR AL MOTOR DE FONDO, ES NECESARIO TENER CUIDADO DE NO DAÑAR LA ROSCA.

TUBOS LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS.

LOS TUBOS LASTRABARRENA NO MAGNÉTICOS DEBEN SER INCLUIDOS EN LAS SARTAS DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS DESVIADOS (HORIZONTALES). LA POSICIÓN QUE GUARDAN EN EL VÁSTAGO ES, INMEDIATAMENTE ARRIBA DE LA BARRENA O PRÓXIMOS A ÉSTA (DESPUÉS DE UNO O VARIOS ESTABILIZADORES). EL OBJETIVO DE INCLUIRLOS EN LA SARTA DE PERFORACIÓN ES TENER UNA SECCIÓN NO MAGNÉTICA DE TIPO PERMANENTE, CON LA FINALIDAD DE QUE LOS INSTRUMENTOS EMPLEADOS NO SE VEAN ALTERADOS DURANTE SU OPERACIÓN, POR EL MAGNETISMO DE LOS LASTRABARRENAS Y DEMÁS TUBERÍA DE ACERO.

LOS REGISTROS MAGNÉTICOS QUE SE TOMAN DENTRO DEL ÁREA COMPRENDIDA POR ESTOS TUBOS, SON UN MEDIO RÁPIDO Y PRECISO DE REALIZAR ESTUDIOS DE POZOS DIRIGIDOS CON UN MÍNIMO DE RIESGO.

ARRIBA O DEBAJO DE LA HERRAMIENTA (INCLINÓMETRO) SE USAN BARRAS ESPACIADORAS NO MAGNÉTICAS PARA SITUAR PRECISAMENTE EL INSTRUMENTO DENTRO DE LA SECCIÓN NO MAGNÉTICA. EL INSTRUMENTO SE PUEDE INTRODUCIR DENTRO DE LA SARTA DE PERFORACIÓN CON CABLE.

CUANDO SE REQUIERE SACAR EL INSTRUMENTO, SE RESCATA SACANDO EL CABLE O SACANDO LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN SI EL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN SE DEJÓ CAER DESDE LA SUPERFICIE, O FUE BAJADO CON LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN.

IMPULSOR SUPERIOR. CONOCIDO TAMBIÉN COMO "TOP DRIVE", ES UN EQUIPO USADO CON ÉXITO EN LA PERFORACIÓN DE POZOS CONVENCIONALES Y DE TIPO HORIZONTAL. ESTE EQUIPO USA UN MOTOR IMPULSOR DE CORRIENTE CONTINUA QUE SE CONECTA DIRECTAMENTE CON LA SARTA DE PERFORACIÓN, VA MONTADO EN LA UNIÓN GIRATORIA CONVENCIONAL DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN Y LA VELOCIDAD GENERADA POR ÉSTA ES CASI IGUAL A LA DE LOS SISTEMAS INDEPENDIENTES DE MESA ROTATORIA, ADEMÁS NO EMPLEA FLECHA. LA UNIÓN GIRATORIA VA SUJETA A LA POLEA VIAJERA Y SOSTIENE EL PESO DE LA SARTA. CONSISTE DE UN MANIPULADOR DE TUBERÍA QUE FACILITA LAS CONEXIONES Y LOS VIAJES REDONDOS DE LA SARTA. EL ELEVADOR Y SUS ENLACES SE APOYAN EN UN REBORDE SITUADO EN EL VÁSTAGO EXTENDIDO DE LA JUNTA GIRATORIA. LAS PRINCIPA-

LES PARTES DE ESTE EQUIPO SON (FIGURA 2.18):

POLEA Y GANCHO

JUNTA GIRATORIA

CONJUNTO MOTOR-TRANSMISION

MANIPULADOR DE TUBERIA: - CABEZAL ROTATORIO  
- DETENEDORES DE TORSION  
- ADAPTADOR DE ENLACE  
- BRAZO DE INCLINACION  
- ACCIONADOR DE VALVULA INTE  
RIOR DE SEGURIDAD  
- LLAVE DE TORSION  
- ESLABONES DEL ELEVADOR  
- ELEVADOR DE TUBERIA

CONTRAEQUILIBRADOR

TUBO "S"

MOTOR Y ACELERADOR

MANGUERA DE LODO

CIRCUITO HIDRAULICO

EJE HUECO

CIRCUITO ELECTRICO

LAS VENTAJAS DE USAR ESTE SISTEMA SON:

ECONOMIA EN EL TIEMPO DE CONEXIONES. PERMITE PERFORAR -

LINGADA POR LINGADA. SUPONIENDO QUE CADA CONEXIÓN (TUBO - POR TUBO) CONSUMA CINCO MINUTOS, EN 300 M PERFORADOS EL - AHORRO DE TIEMPO PUEDE SER DE CASI DOS HORAS.

SENCILLEZ. LOS ÚNICOS COMPONENTES DEL SISTEMA SON UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA, DOS ENGRANAJES TIPO LOCOMOTORA, UN JUEGO DE GUÍAS DEL BLOCK Y UN ELEVADOR DE TUBERÍA DE PERFORACIÓN.

RETROESCARIADO. ESTE EQUIPO PERMITE RETROESCARIAR AL SACAR LA SARTA Y MANTENER LA CIRCULACIÓN Y LA ROTACIÓN. EN POZOS DESVIADOS, LA CAPACIDAD DEL SISTEMA PARA RETROESCARIADO REDUCE GRANDEMENTE EL TIEMPO PARA SACAR LA SARTA.

AHORRO DE TIEMPO DE PERFORACIÓN DIRIGIDA. AL PERFORAR INTERVALOS SEGUIDOS DE 30 M SE LOGRA QUE LA HERRAMIENTA POZO ABAJO NO PIERDA SU ORIENTACIÓN.

AHORRO DE LODO. NO SE PIERDE LODO COMO CONSECUENCIA DE LA DISMINUCIÓN EN EL NÚMERO DE CONEXIONES.

SEGURIDAD DEL POZO. AL SACAR LA TUBERÍA, EL MANIPULADOR DE TUBERÍA PERMITE CONECTAR INMEDIATAMENTE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD EN CUALQUIER PUNTO DE LA TORRE. EL ENROSQUE, APRIETE Y CIRCULACIÓN SE CONTROLAN A DISTANCIA EN SEGUNDOS.

FLEXIBILIDAD. SE INSTALA FÁCILMENTE EN EL EQUIPO DE PERFORACIÓN NORMAL.

MANEJO DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO. CARGA HASTA 500 TONELADAS Y LA ADICIÓN DE UN NIPLE SENCILLO COLOCADO ENTRE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO Y EL VÁSTAGO EXTENDIDO DE LA JUNTA GIRATORIA TIENEN LA VENTAJA DE BAJAR LA TUBERÍA SIN INTERRUPTIR LA CIRCULACIÓN CON EL FIN DE VENCER ALGUNAS RESTRICCIONES QUE PRESENTE EL AGUJERO.

CORTE DE NÚCLEOS. PERMITE OBTENER NÚCLEOS DE LONGITUDES MÁS GRANDES A LOS 10 M.

LA CAPACIDAD DE CONTROL DE LA CORRIENTE DEL MOTOR, ORIGINA UNA TORSIÓN HOMOGÉNEA Y EXACTA EN CADA CONEXIÓN, LO QUE CONTRIBUYE A LA CONSERVACIÓN DE LA SARTA.

PROCEDIMIENTO PARA PERFORAR CON TRAMOS TRIPLES:

- 1) PERFORE HASTA EL FINAL DEL ÚLTIMO TUBO Y PONGA LAS CUÑAS.
- 2) DESCONECTE EL PROTECTOR DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN CON LLAVE DE TORSIÓN DEL MANIPULADOR DE TUBERÍA.
- 3) DESENROSQUE LA CONEXIÓN CON EL MOTOR DE PERFORACIÓN.
- 4) LEVANTE EL IMPULSOR SUPERFICIAL Y ABRA EL ELEVADOR DE

TUBERÍA A FIN DE QUE PASE SOBRE LA CAJA DEL TUBO SUJE TO CON LAS CUÑAS.

- 5) EL TORRERO ENGANCHA EL TRAMO TRIPLE EN EL ELEVADOR Y LA CUADRILLA DEL PISO CONECTA LA CAJA.
- 6) BAJE EL IMPULSOR SUPERFICIAL. SITÚE LA SARTA EN LA - GUÍA DE CONECTAR HASTA QUE LA ESPIGA DEL PROTECTOR EN TRE EN LA CAJA.
- 7) ENROSQUE Y APRIETE LA CONEXIÓN CON EL MOTOR DE PERFO RACIÓN. USE LLAVE DE CONTRAFUERZA AL APLICAR TORSIÓN.
- 8) QUITE LAS CUÑAS Y PERFORE.

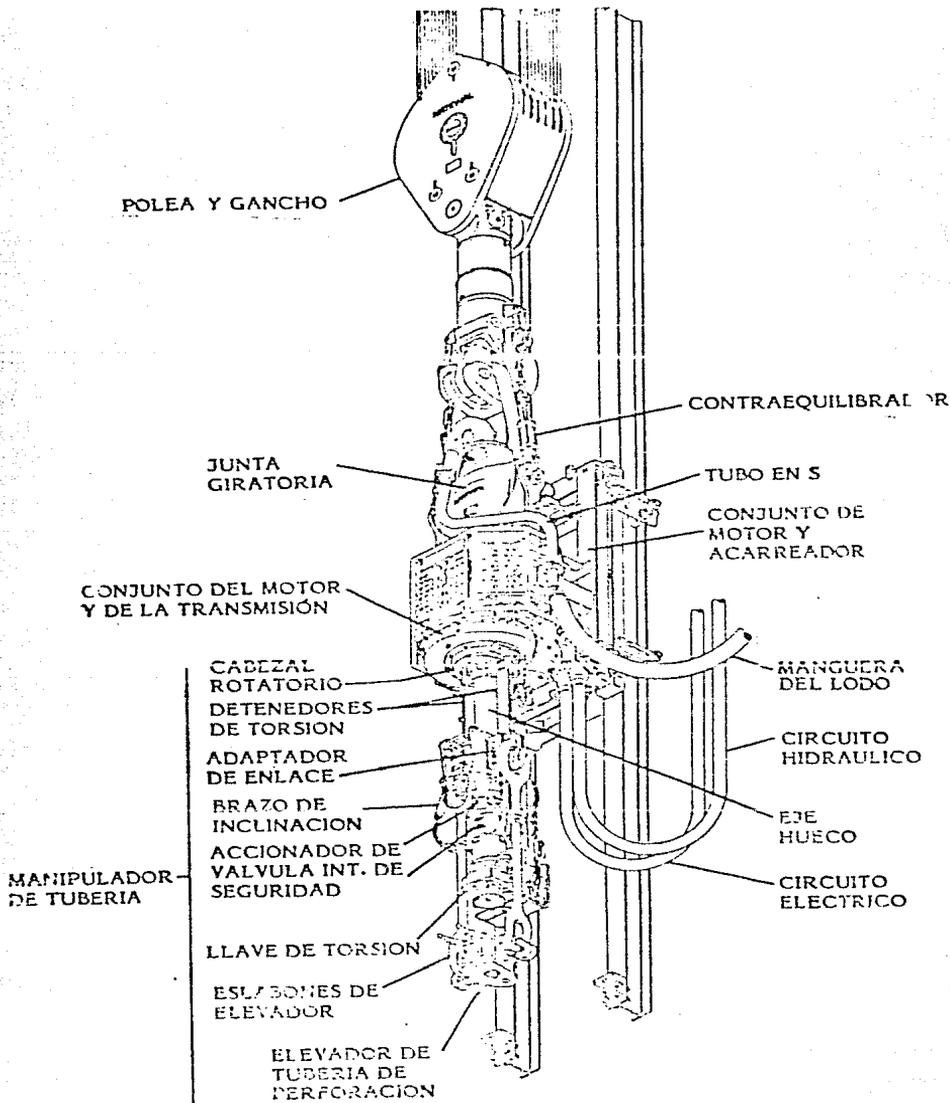


FIGURA. 2.18 IMPULSOR SUPERFICIAL

## C A P I T U L O   I I I

### PROCEDIMIENTOS Y PLANTEAMIENTOS TEORICOS

ESTE CAPÍTULO CONTIENE UNA VISIÓN DETALLADA DE LOS ENSAMBLES DE PERFORACIÓN (HERRAMIENTAS) Y LOS PROCEDIMIENTOS EN BOGA DE LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES; TODAS ELLAS CON EL FIN DE MEJORAR Y HACER COMERCIAL ESTA TECNOLOGÍA.

LOS POZOS PETROLEROS HORIZONTALES, "DRAINHOLE" SON AGUJEROS HORIZONTALES -O MUY APROXIMADAMENTE-, CUYA PERFORACIÓN SE INICIA A PARTIR DE UN POZO VERTICAL. LA FIGURA NO. 3.1 MUESTRA LOS PERFILES DE LAS MÁXIMAS DESVIACIONES ALCANZADAS POR ALGUNOS POZOS ALTAMENTE DESVIADOS PERFORADOS HASTA LA FECHA, ASÍ TAMBIÉN SE INDICAN LOS VALORES DEL DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL A PARTIR DE LA PROFUNDIDAD DE INICIO DE DESVIACIÓN. LA LÍNEA DISCONTÍNUA DELIMITA LOS POZOS DE ALCANCE EXTENDIDO O POZOS DIRIGIDOS CONVENCIONALES, DE LOS POZOS HORIZONTALES.

A LO QUE COMUNMENTE ESTAMOS ASIGNANDO EL NOMBRE DEL POZO HORIZONTAL, ES GENERALMENTE UNA OBRA DE INGENIERÍA PETROLERA QUE COMPRENDE TRES SECCIONES PRINCIPALES:

UNA SECCIÓN VERTICAL EN LA CUAL SE UTILIZAN LOS MÉTODOS CONVENCIONALES DE PERFORACIÓN Y REVESTIMIENTO DEL POZO Y CUYA FUNCIÓN ES ACERCARNOS AL OBJETIVO FIJADO, ES DECIR AL YACI-

PERFILES DE MÁXIMAS DESVIACIONES

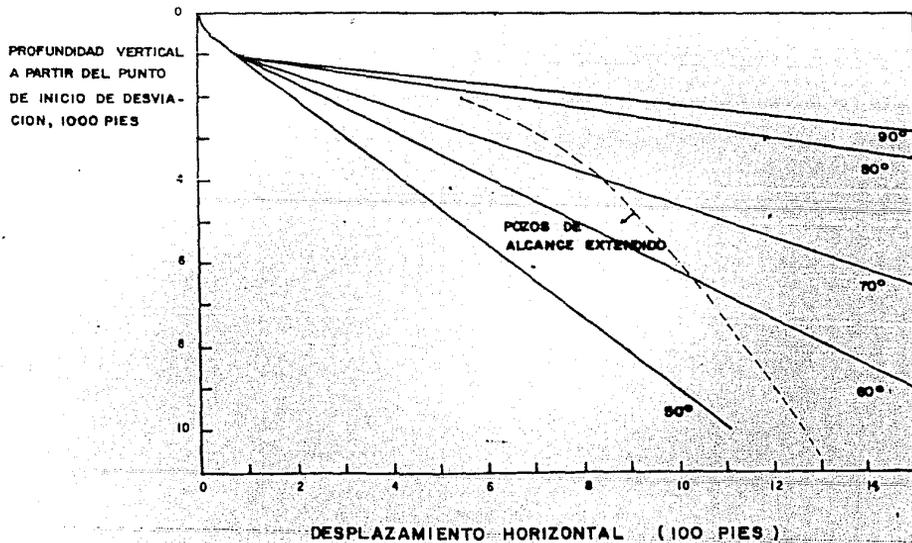


FIG. No. 3.1.

MIENTO. LA SEGUNDA SECCIÓN ESTÁ COMPRENDIDA POR LA PARTE CURVA, ES ESTA PARTE EN LA CUAL EL AGUJERO ES CONVERTIDO DE VERTICAL A HORIZONTAL POR MEDIO DE UN VIRAJE DE NOVENTA -- GRADOS EN SU TRAYECTORIA, ESTA SECCIÓN LA PODEMOS CONSIDERAR EN TÉRMINOS GENERALES COMO DE MUY AGUDA. LA TERCERA SECCIÓN CORRESPONDE AL TRAMO RECTO O ESTABILIZADO, ESTA SECCIÓN DEL POZO NO TIENE UNA CONFIGURACIÓN EXACTAMENTE RECTA, SINO QUE, SE PUEDE CONSIDERAR COMO UN INTERVALO CURVO, SOLO QUE DE MUCHO MAYOR RADIO DE CURVATURA. LA FIGURA No. 3,2 REPRESENTA UN DIAGRAMA IDEAL DE UN POZO PERFORADO EN FORMA HORIZONTAL.

UNA DIFERENCIA ENTRE UN POZO HORIZONTAL Y UNO DE ALCANCE -- EXTENDIDO ES QUE, EN LA PARTE CURVA DEL POZO LOS ÁNGULOS -- CON RESPECTO A LA VERTICAL OFRECEN MAYORES PROBLEMAS DURANTE LA PERFORACIÓN Y EN LA TERCERA SECCIÓN EN DONDE DEBERÁN ALCANZARSE ÁNGULOS DE MÁS O MENOS NOVENTA GRADOS, NO SE -- PRESENTAN GRAVES PROBLEMAS.

POZOS EN SU SECCIÓN HORIZONTAL CON LONGITUDES DE 150,0 M. A 200,0 M. SON COMÚNES, NO OBSTANTE SE HAN PERFORADO POZOS -- CON LONGITUDES MAYORES.

A CONTINUACIÓN SE ANALIZA LA CONSTRUCCIÓN DE DOS DE LAS -- TRES SECCIONES QUE CONSTITUYEN UN POZO PERFORADO EN FORMA --

HORIZONTAL Y CONTROLADA, OMITIÉNDOSE LA DESCRIPCIÓN DE LA -  
PRIMERA SECCIÓN (PARTE VERTICAL DEL POZO), QUE COMO YA SE  
PLANTEÓ SE REALIZA DE MANERA CONVENCIONAL.

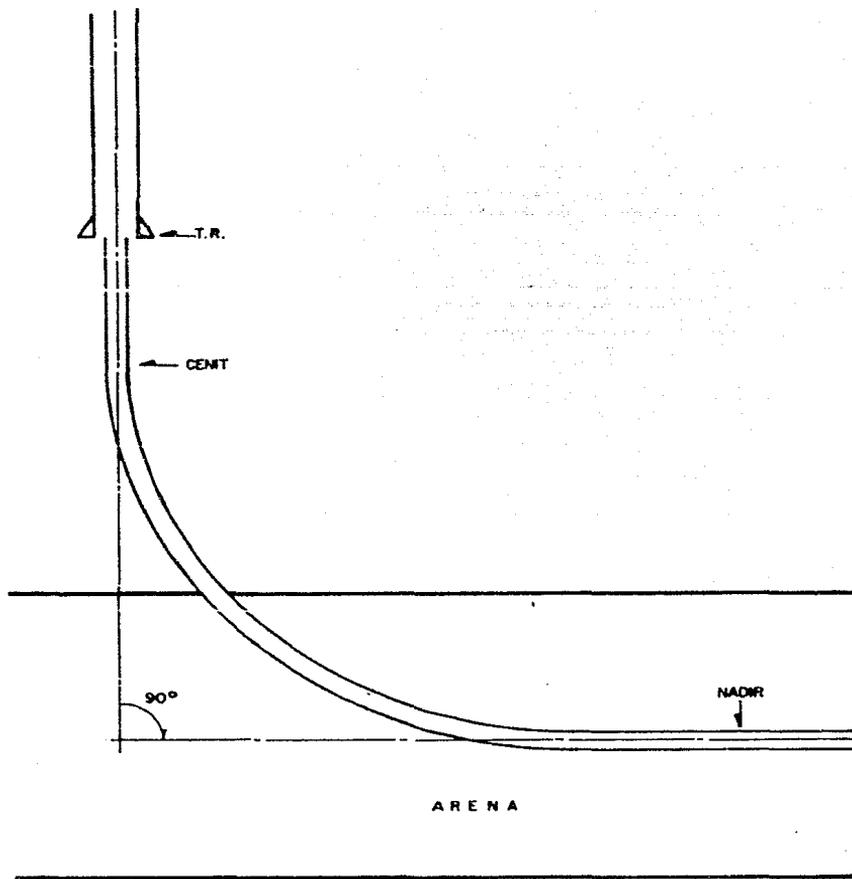


FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE UN POZO HORIZONTAL IDEAL

## INICIO DE LA DESVIACION

EL DESVIADOR (GUIASONDAS) ES EL MEDIO MÁS COMÚN POR EL CUAL SE CONSIGUE QUE LA BARRENA PERFORE HACIA AFUERA DE LA TRAYECTORIA VERTICAL DEL POZO, DE FORMA CORRECTA Y EN LA DIRECCIÓN FIJADA. ÉSTA HERRAMIENTA BASADA EN EL PRINCIPIO DE CUÑA, CONDUCE A LA BARRENA HACIA LA PARED DEL POZO. AUXILIÁNDONOS DE LA FIGURA No. 3.3, PODEMOS OBSERVAR ESTE PROCEDIMIENTO, ASÍ COMO EL CONJUNTO COMPLETO DE TODO EL PROCESO DE DESVIACIÓN, OBSERVANDO PASO POR PASO COMO EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN SE SEPARA DEL POZO PRINCIPAL O VERTICAL.

EN LA FIGURA No. 3.3, LA SECCIÓN A ES LA PARTE SUPERIOR DEL DESVIADOR CON LA CUÑA EN EL PUNTO DONDE LA CURVA SE INICIA, ESTE PUNTO ES CONOCIDO COMO CENIT DEL DESVIADOR Y ES MUY IMPORTANTE CONOCERLO POR SER REFERENCIA PARA MUCHAS MEDICIONES EN EL POZO. EN ESTE PUNTO LA BARRENA AÚN NO ES INDUCIDA HACIA LA PARED DEL POZO.

SECCIÓN B, REPRESENTA EL PUNTO DONDE LA BARRENA TOCA LA PARED DEL POZO POR PRIMERA VEZ.

SECCIÓN C, ILUSTR A EL INICIO DEL SEGUNDO POZO, CON APROXIMADAMENTE SESENTA GRADOS DE SU CIRCUNFERENCIA, MEDIDOS A PARTIR DE LOS EXTREMOS DE LA ZONA ACHURADA.

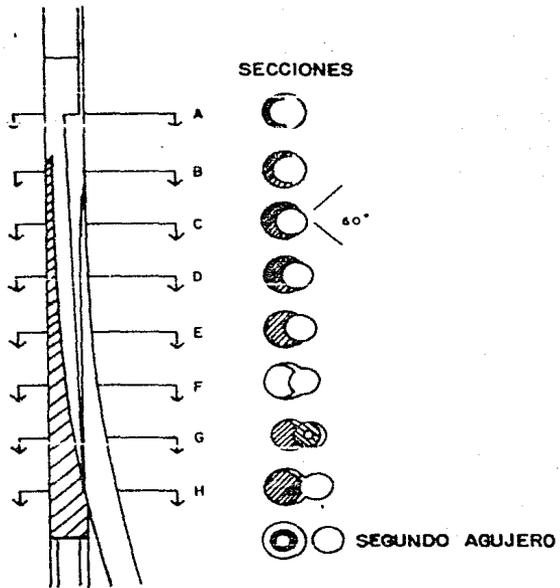


FIGURA 3.3 ETAPAS DE UN INICIO DE DESVIACION CON GUIASONDAS

SECCIÓN D, LOCALIZADA A MAYOR PROFUNDIDAD, SE APRECIA QUE EL SEGUNDO POZO APARECE CON CIENTO OCHENTA GRADOS DE CIRCUNFERENCIA. ESTA SECCIÓN REPRESENTA UN PUNTO IMPORTANTE, YA QUE A PARTIR DE ÉL LAS ALETAS DEL ESCARIADOR IMPRIMIRÁN LA PESADA CARGA LATERAL DEL ENSAMBLE SOBRE LA FORMACIÓN Y NO SOBRE EL GUIASONDAS, POR LO QUE EMPIEZA A ALIGERARSE LA CARGA SOPORTADA POR DICHA HERRAMIENTA.

SECCIÓN E, EN ESTE PUNTO EL POZO CURVO APARECE APROXIMADAMENTE CON DOSCIENTOSVEINTE GRADOS DE SU CIRCUNFERENCIA Y LA FORMACIÓN DEL ÁREA MARCADA ADENTRO PUEDE SER COMPARADA CON ALAS QUE EMPUJAN AL ESCARIADOR FUERA DEL GUIASONDAS.

SECCIÓN F Y G, AQUÍ SE APRECIA EL INCREMENTO PROGRESIVO DE LAS ALAS. LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL POZO CURVO AHORA ES DE APROXIMADAMENTE DOSCIENTOS CUARENTA GRADOS. EN ESTE PUNTO EL CLARO ENTRE LOS POZOS HA SIDO REDUCIDO A MENOS QUE EL DIÁMETRO DE LA JUNTA ARTICULADA EMPLEADA EN EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN. ESTO ES IMPORTANTE PARA MANTENER LA POSICIÓN CORRECTA DE DESVIACIÓN DURANTE EL ALIGERAMIENTO DE CARGA DEL GUIASONDAS. EN CASO CONTRARIO, SI EL POZO PRINCIPAL FUERA DE TAMAÑO MUY GRANDE, LA BARRENA PUEDE RESBALAR MUCHO MÁS ABAJO DEL DESVIADOR ANTES QUE LA SECUENCIA DE DESVIACIÓN INICIE Y ADEMÁS SI EL POZO NO ES DEL DIÁMETRO ADECUADO EN EL FIN DE LA CUÑA DEL DESVIADOR, LA JUNTA

ARTICULADA GIRARÍA AL LADO BAJO DEL CUERPO DEL DESVIADOR Y EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN SERÍA DESVIADO EN FORMA DE ELÍPSE ANGOSTA DEL ANCHO DE LA TUBERÍA. DE LO ANTERIOR SE INFIERE QUE, EL ESPACIO ENTRE EL GUIASONDAS Y EL HUECO DE DESCANSO (POZO) DEBERÁ SER MÍNIMO.

SECCIÓN H, REPRESENTA EL PUNTO EN EL CUAL EL CLARO ENTRE LOS DOS POZOS ES MUY PEQUEÑO, EL POZO CURVO APARECE CON DOSCIENTOS CUARENTA GRADOS DE SU CIRCUNFERENCIA.

SECCIÓN I, REPRESENTA EL PUNTO EN EL CUAL LOS DOS AGUJEROS ESTÁN COMPLETAMENTE SEPARADOS. LA FUNCIÓN DEL GUIASONDAS HA TERMINADO SATISFACTORIAMENTE AL ALCANZAR ESTE PUNTO.

EL INICIO DE LA DESVIACIÓN DE UN POZO DE ESTE TIPO TAMBIÉN PUEDE SER CONSEGUIDO EMPLEANDO UN MOTOR DE FONDO, UN COPLÉ CURVO Y UNA HERRAMIENTA D.O.T, CON IGUALES O MEJORES RESULTADOS.

HASTA AHORA SE HA CONSIDERADO QUE EN EL PROCESO DE DESVIACIÓN DEL POZO, SE PARTE DE UN POZO TOTALMENTE VERTICAL, EN TRABAJOS DE CAMPO ÉSTO GENERALMENTE NO OCURRE, EXISTIENDO POZOS MUY ALEJADOS DE LA VERTICAL AL INCREMENTARSE SU PROFUNDIDAD.

SI AL INICIAR A DESVIAR UN POZO NO SE TOMA EN CUENTA LA DESVIACIÓN DEL POZO "VERTICAL" PUEDE OCASIONAR LOS SIGUIENTES

ERRORES.

- CAUSA UN ERROR EN LA DIRECCIÓN DEL AZIMUT, YA QUE AL ENCONTRARSE EL POZO PRINCIPAL DESVIADO, EL GUIASONDAS ES COLOCADO EN UNA DIRECCIÓN INCORRECTA.
- CAUSA UN ERROR EN LA COLOCACIÓN DEL GUIASONDAS POR LO QUE EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN PUEDE SER AFECTADO SIGNIFICANTEMENTE.
- ESTOS EFECTOS PUEDEN EVITARSE SI SE EMPLEA UN MOTOR HIDRÁULICO Y UN EQUIPO D.O.T. PARA INICIAR A DESVIAR UN POZO,

EL ÉXITO EN LA CORRECCIÓN PARA UN POZO PRINCIPAL DESVIADO, SIEMPRE Y CUANDO DICHA DESVIACIÓN NO SEA EN LA DIRECCIÓN DESEADA, DEPENDE DE FACTORES TALES COMO: QUE LA DESVIACIÓN DEL POZO PRINCIPAL NO DEBE DE SER MAYOR A LA CAPACIDAD PARA FORMAR ÁNGULOS DE LA HERRAMIENTA DESVIADORA, POR EJEMPLO, UN DESVIADOR DE TRES GRADOS POR CADA 30 M., EN UNA LONGITUD DE 120 M. NO ES CAPAZ DE COMPENSAR LAS DESVIACIONES DEL POZO EN EXCESO DE DOCE GRADOS.

CUANDO LA DESVIACIÓN DEL POZO COMPRENDE A LA DIRECCIÓN DESEADA, EL PROCESO DE CORRECCIÓN ES MUCHO MÁS FÁCIL. SI LA DESVIACIÓN ESTÁ EN LÍNEA Y EN LA MISMA DIRECCIÓN, UN POZO DE MENOR LONGITUD SERÁ PERFORADO PARA LLEGAR AL MISMO OBJETIVO. ASÍ POR EJEMPLO, SI LA DESVIACIÓN DEL POZO PRINCI--

PAL ES DE SEIS GRADOS EN LA MISMA DIRECCIÓN CON TRES GRADOS POR CADA 30 M. DE POZO, 60 M. MENOS DE POZO SON REQUERIDOS PARA ALCANZAR NOVENTA GRADOS, ES DECIR SE REQUERIRÁ PERFORAR 840.0 M. EN LUGAR DE NOVECIENTOS METROS.

## PERFORACION DE LA SECCION CURVA

EL TORQUE O ASIMIENTO TORSIONAL, CUANDO LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR PENETRAN DENTRO DE LA PARED DEL POZO, IMPONEN GRANDES ESFUERZOS DE GOLPE EN LA SARTA DE PERFORACIÓN. EL PESO APLICADO A LA BARRENA Y EL RITMO DE PENETRACIÓN DEBEN SER REDUCIDOS PARA CONTRAPRESTAR ESTOS EFECTOS Y MANTENERLOS EN NIVELES ACEPTABLES CON LO QUE, LOS COSTOS DE PERFORACIÓN CON FRECUENCIA SE INCREMENTAN.

PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE PERFORAR LA SECCIÓN CURVA DEL POZO, CON ALTOS ÁNGULOS DE DESVIACIÓN, PERO DE UNA MANERA CONTROLADA, EL FACTOR ESTABILIZACIÓN ES PIEZA CLAVE PARA ALCANZAR TAL META.

DENTRO DE LAS PRÁCTICAS COMUNES DE ESTABILIZACIÓN DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN PODEMOS MENCIONAR LAS SIGUIENTES:

1. USO DE UN SÓLO ESTABILIZADOR. ESTE TIPO DE ENSAMBLE SE MUESTRA EN LA FIGURA No. 3.4, TAMBIÉN ES CONOCIDO COMO ESTABILIZADOR CORTO, Y EL USO DE ÉL EN LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES ES RECIENTE. PARA LA APLICACIÓN DE ESTA HERRAMIENTA DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN CURVA DEL POZO, SE REQUIERE QUE DICHA SECCIÓN SEA PREVIAMENTE ESCARIADA CON EL FIN DE QUE EL ESTABILIZADOR NO ENCUENTRE RESISTENCIA AL PASAR, ESTA

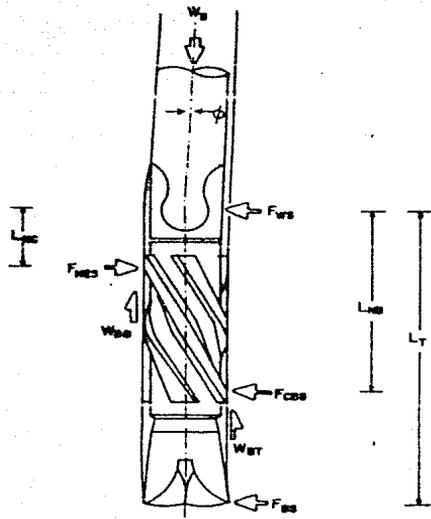


FIG.3.4 ENSAMBLE USANDO UN SOLO ESTABILIZADOR CORTO

OPERACIÓN SE REALIZA CON UNA HERRAMIENTA CONOCIDA COMO RIMA. ESTE ACONDICIONAMIENTO DEBE SER REALIZADO CUIDADOSAMENTE PARA EVITAR QUE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS SE PEGUEN.

EN ESTA SECCIÓN CURVA DEL POZO, LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR QUE SE ENCUENTRAN PRÓXIMAS A LA BARRENA, SE SUPONE CORTARÁN LA PARTE ALTA DEL POZO Y LAS ALETAS CERCANAS A LOS TUBOS LASTRABARRENAS CORTARÁN LA PARTE BAJA. ES IMPORTANTE NOTAR AQUÍ QUE, EN ESTA PARTE DEL AGUJERO LA FUERZA DE REACCIÓN DE LA FORMACIÓN NEUTRAL SOBRE LA PRIMERA JUNTA ARTICULADA (SEN  $\theta$  X  $W_B$ ) ES HACIA EL LADO BAJO DEL POZO. ESTE EFECTO PUEDE DAR COMO RESULTADO QUE EL ESTABILIZADOR CORTO ADOPTA UNA TENDENCIA A LA "FORMACIÓN DE UN ÁNGULO DE DESVIACIÓN", CON LAS ALETAS CERCANAS AL TUBO LASTRABARRENAS ACTUANDO COMO PUNTO DE APOYO.

LAS ECUACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE ESTOS ARREGLOS DE HERRAMIENTAS, ASÍ COMO LAS FUERZAS INTERACTUANTES SON ANALIZADAS POSTERIORMENTE.

DENTRO DE LAS HERRAMIENTAS NUEVAS QUE HAN SURGIDO CON LA PRÁCTICA DE PERFORAR POZOS CON ALTO GRÁDO DE DESVIACIÓN, ESTÁ EL DENOMINADO ESTABILIZADOR ONDULADO (WIGGLY). EL USO DE ESTA HERRAMIENTA DURANTE LA

PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN CURVA DEL POZO ES LA DE INCREMENTAR LA LONGITUD  $L$ , PARA REDUCIR LA FUERZA LATERAL DE LOS DEMÁS ESTABILIZADORES DE LA SARTA, ADEMÁS ELIMINA LA NECESIDAD DE ESCARIAR EL CENTRO DE LA SECCIÓN CURVA DEL POZO. TAL Y COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA No. 3.5.

LAS JUNTAS UNIVERSALES DEL ESTABILIZADOR ONDULADO PERMITEN EL DESARROLLO DE LA PERFORACIÓN CON UN MÍNIMO DE ESCARIADO, COMO SE PUEDE INFERIR, LAS ALETAS PRINCIPALES SON LAS DEL PRIMER CONJUNTO, YA QUE SON ESTAS LAS QUE ESTABLECEN LA MAGNITUD DE LA DISTANCIA  $L$ , LA CUAL ES DE UN MÍNIMO DE 53 CM., ÉSTO ES PARA UN CONJUNTO DE HERRAMIENTAS CON DIÁMETRO DE 4 1/2 PG. COMPARADA CON EL VALOR  $L$  MÁXIMO CUANDO SE EMPLEA UN ESTABILIZADOR CORTO QUE ES DE 43.0 CM. EL OBJETIVO DE USAR UN SEGUNDO CONJUNTO DE ALETAS ES EL DE EVITAR UN CAMBIO EN EL ÁNGULO DE LA FUERZA, LO QUE REDUCIRÍA EL ÁREA DE CONTACTO DEL PRIMER CONJUNTO DE ALETAS. EN PRUEBAS DE CAMPO SE HA OBSERVADO QUE LA FORMACIÓN DE LA CURVA ES MUY EFECTIVA. UNO DE LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON EN DICHAS PRUEBAS ES EL INCREMENTO EN EL VALOR DE LA TORSIÓN, OCACIONANDO QUE LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR SUFRIERAN UN FUERTE DESGASTE.

UNA MANERA PARA REDUCIR ESTE EFECTO ES USANDO UNA --



BARRENA QUE SEA MÁS EFECTIVA A PESOS BAJOS (DEBIDO A QUE LOS ESTABILIZADORES SON TAN CORTOS Y TAN RÍGIDOS Y POR ENDE LOS PESOS APLICADOS TAN BAJOS), TAL COMO UNA DE DIENTES MEDIANOS O UNA BARRENA DE FRICCIÓN. OTRA MANERA ES LOGRAR QUE LAS ALETAS DE LOS ESTABILIZADORES SEAN VIRTUALMENTE INCAPACES DE CORTAR. EN DISEÑOS DE ESTE TIPO, LOS ELEMENTOS DE ESTABILIZACIÓN SON CAMBIADOS DE ESTABILIZADORES CORTOS A COLLARES CON PASAJES LONGITUDINALES PULIDOS QUE PERMITEN EL FLUJO A TRAVÉS DE ELLOS, ADEMÁS CUENTAN CON DIENTES GRUESOS QUE HAN SIDO COLOCADOS EN LA PARTE POSTERIOR Y ANTERIOR DE SU CUERPO, LOS CUALES PERMITEN DURANTE LA METIDA O SACADA DEL POZO ESCARIAR LAS PAREDES. ESTOS DIENTES SON REBAJADOS LIGERAMENTE PARA ASEGURARSE QUE ELLOS NO CORTARÁN LAS PAREDES DEL POZO DURANTE LA PERFORACIÓN DEL POZO.

2. USO DE UN ESCARIADOR Y UNA JUNTA ARTICULADA. LA TRAYECTORIA CURVA DEL POZO PUEDE TAMBIÉN SER INDUCIDA POR UN ENSAMBLE DE PERFORACIÓN CONSISTENTE DE BARRENA, -- ESCARIADOR Y JUNTA ARTICULADA, DICHO ENSAMBLE SE ENCUENTRA EN LA FIGURA No. 3.6. CON EL USO DE ESTAS HERRAMIENTAS PARA LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN CURVA, LA ESTABILIZACIÓN ES OBTENIDA POR MEDIO DE LAS ALETAS DEL ESCARIADOR, LAS CUALES DEBEN TENER APROXIMADAMENTE UNA SOBREMEDIDA DE 1/8 DE PULGADA EN EL DIÁMETRO, ÉSTA --

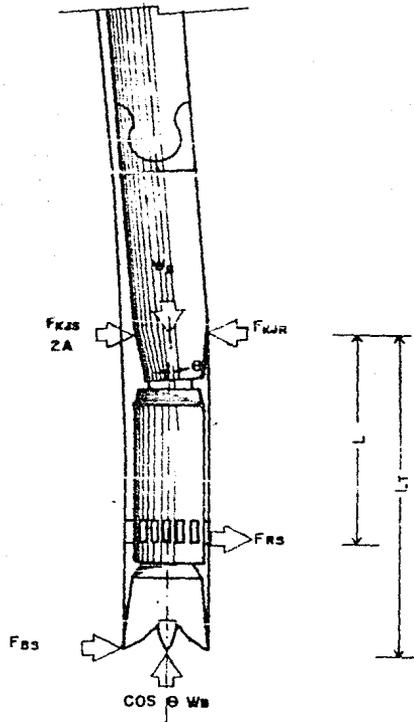


FIG. 3.6 ESCARIADOR Y JUNTA ARTICULADA

SOBRE MEDIDA ES CON EL FIN DE COMPENSAR EL EXCESO EN -  
DIÁMETRO DE LAS BARRENAS ESTÁNDAR, QUE ES DE APROXIMA-  
DAMENTE  $1/64$  DE PULGADA, ASÍ COMO EL SOBREPROMPIMIENTO  
CUANDO SE PERFORA NORMALMENTE, QUE RESULTA SER DE  $1/32$   
DE PULGADA.

COMO YÁ SE MENCIONÓ EN EL CAPÍTULO ANTERIOR, EL PRINCIPAL FACTOR EN EL ESTABLECIMIENTO ADECUADO PARA QUE LA BARRENA PERFORE UNA CURVA, ES EL ÁNGULO  $\theta$  FORMADO ENTRE LA PARTE BAJA DEL CUERPO DE LA JUNTA ARTICULADA Y EL EJE DE LA BARRENA Y EL ESCARIADOR. DEL ARREGLO -- DE ESTE ENSAMBLE DE PERFORACIÓN SE INFIERE QUE LA FUERZA QUE EMPUJA A LA JUNTA ARTICULADA Y A LAS ALETAS DEL ESCARIADOR CONTRA LA PARED DEL POZO ES EL PESO DE PERFORACIÓN  $W_B$  (PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN) MULTIPLICADO POR EL SENO DEL ÁNGULO  $\theta$ .

EN PRUEBAS DE CAMPO ESTE ENSAMBLE DE PERFORACIÓN HA SIDO MUY EXITOSO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA TRAYECTORIA CURVA. ESTE CONJUNTO DE HERRAMIENTAS (FIGURA No.3.6) ES DIRIGIDO POR LA LÍNEA DEL EJE DE LA BARRENA Y EL -- ESCAREADOR. COMO SE ESPECIFICÓ ANTERIORMENTE EL ENSAMBLE ES DIRIGIDO INICIALMENTE POR UN GUIASONDAS, ES DECIR EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN ES COLOCADO EN EL - AZIMUT CORRECTO Y LA JUNTA ARTICULADA ES FORZADA A - DESCENDER. A MEDIDA QUE LA BARRENA PERFORA Y AL MIS

MO TIEMPO SALE DE LA VERTICAL, LAS FUERZAS GRAVITACIONALES Y LA ESTRUCTURA MISMA DEL ENSAMBLE SON LAS CAUSAS PARA MANTENER A LA JUNTA ARTICULADA EN EL FONDO DEL POZO, EJERCIENDO UNA FUERZA Y AL MISMO TIEMPO UNA TENDENCIA PARA CONSEGUIR UNA TRAYECTORIA CURVA DEL POZO.

EL PRINCIPAL PROBLEMA DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES, SON LAS GRANDES FUERZAS DE FRICCIÓN QUE SE PRESENTAN, POR LO TANTO SE DEBE TENER ESPECIAL CONTROL DE LA VISCOSIDAD DEL LODO DE PERFORACIÓN PARA QUE LA FUNCIÓN LUBRICANTE DE ÉSTE SEA MÁXIMA Y EVITAR ASÍ QUE EL RUMBO PLANEADO DEL POZO DESVIADO SEA AFECTADO ADVERSAMENTE. SI NO SE EVITÁRA TENER ALTOS VALORES DE FRICCIÓN, LO ÚNICO QUE SE LOGRARÁ ES QUE EN LUGAR DE CONSTRUIR UN POZO HORIZONTAL EN UN PLANO VERTICAL, EL POZO TENDERÁ A ADQUIRIR UNA TRAYECTORIA EN FORMA DE ESPIRAL A LA DERECHA. TEÓRICAMENTE ESTO SE DEBE A QUE LAS FUERZAS DE FRICCIÓN PERMITEN QUE EL TORQUE REACTIVO QUE LA FORMACIÓN EJERCE SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN VIAJE HACIA LA JUNTA ARTICULADA EN SENTIDO DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ (VIENDO HACIA ABAJO). CON LOS CUALES EL POZO SE DESVIARÁ A LA DERECHA.

## PERFORACION DE LA SECCION HORIZONTAL

PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE TENER UN POZO HORIZONTAL, SE DEBEN DE SUPERAR ALGUNOS FACTORES QUE LIMITAN LA LONGITUD DE LA SECCIÓN HORIZONTAL DEL POZO, TALES FACTORES SON:

- EL TORQUE Y LA FRICCIÓN.
- LA HIDRÁULICA.
- DISPONIBILIDAD DE HERRAMIENTAS ESTABILIZADORAS (ESTABILIZADORES ONDULADOS).

EL TORQUE, PARECE SER LA CAUSA DE MAYOR PESO EN LAS OPERACIONES DE CAMPO, QUE AFECTA EL ALCANCE EXTENDIDO DE LOS POZOS. ES DECIR, EN POZOS PERFORADOS DE MANERA HORIZONTAL Y CONTROLADA SE TIENEN PORCIONES CON SIGNIFICANTE CURVATURA, LA CUAL INCREMENTA LA TORSIÓN, EN SEGUNDO LUGAR LA ACTUACIÓN DE LAS ARISTAS -DE LAS ALETAS DE LOS ESTABILIZADORES - COMO MECANISMOS DE CORTE PARA LIMPIAR EL POZO-, SE SUMA A LA CARGA DE LA TORSIÓN, Y COMO TERCER LUGAR LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN SOBRE LA BARRENA, APARENTEMENTE CAUSA UNA CARGA LATERAL VARIABLE SOBRE LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR, LO QUE TAMBIÉN ACTÚA COMO INCREMENTADOR DE LA TORSIÓN.

LA LONGITUD HORIZONTAL DEL POZO PUEDE INCREMENTARSE HASTA - VALORES SUPERIORES A 700.0 M. SI SE DISEÑA ADECUADAMENTE EL

NÚMERO Y TIPO DE ESTABILIZADORES A EMPLEAR, ASÍ COMO TAMBIÉN SE DEBE PROCURAR, DONDE LAS CONDICIONES DEL YACIMIENTO LO PERMITAN, TENER RADIOS DE CURVATURA CONTROLADOS Y NUNCA MENORES A LOS PREESTABLECIDOS. SE RECOMIENDA UTILIZAR UNA LONGITUD DE 60 M. DE ESTABILIZADORES ONDULADOS, CON EL FIN DE REDUCIR LAS CAÍDAS DE PRESIÓN Y EL TORQUE, DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN RECTA.

LAS OPERACIONES DE CEMENTACIÓN DE TUBERÍA PARA ADEMAR EL POZO SON LAS MISMAS QUE SE EMPLEAN EN LOS POZOS VERTICALES O DIRIGIDOS, VARIANDO ÚNICAMENTE CUANDO SE CEMENTA LA TUBERÍA QUE QUEDARÁ COMPRENDIDA EN LA SECCIÓN DE ALTA DESVIACIÓN DEL POZO. ÉSTA GENERALMENTE ES UNA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORTA (LINER), LA CUAL ES BAJADA CON CENTRADORES COLOCADOS DE LA SIGUIENTE MANERA: DOS O TRES EN LA ZAPATA DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORTA Y DE AHÍ HASTA EL PUNTO DONDE EL POZO TIENE 75 GRADOS DE DESVIACIÓN NO SE INSTALA NINGUNO DEBIDO A QUE PUEDEN OCASIONAR ATORAMIENTOS DE LA SARTA, ARRIBA DE ESTE PUNTO SE RECOMIENDA COLOCAR UN CENTRADOR POR CADA TRAMO DE TUBERÍA. ADEMÁS DE TODO ESTO, LA SARTA DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO ES CORRIDA EN SU PARTE SUPERIOR CON UNA SECCIÓN DE TUBOS LASTRABARRENAS PARA OCASIONAR EL EMPUJE NECESARIO HACIA ABAJO.

UNA VEZ INSTALADA LA TUBERÍA DE ADEME, SE CONTINÚA CON PROCEDIMIENTOS NORMALES DE BOMBEO DE CEMENTO Y DESPLAZAMIENTO

DEL MISMO, POSTERIORMENTE REGISTROS VDL, CBL, CEL SON CORRIDOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LA CEMENTACIÓN, EN PRUEBAS DE CAMPO SE HA ENCONTRADO QUE EN LOS INTERVALOS DEL POZO CON INCLINACIÓN DE 30 A 50 GRADOS SE TIENE BUENA ADHERENCIA DEL CEMENTO, SIN EMBARGO EN LA PARTE DEL POZO COMPRENDIDA ALREDEDOR DE LOS 70 GRADOS DE INCLINACIÓN, LA INTERPRETACION DEL REGISTRO VDL Y CEL INDICAN CON REGULARIDAD UNA ALTA EXCENTRICIDAD DE LA SARTA DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO, EL REGISTRO VDL INDICA EL GRADO DE COMPACTACIÓN DE LA FORMACIÓN LOCALIZADA EN EL LADO BAJO DEL POZO, CUANDO SE TIENE Poca o INEXISTENTE PRESENCIA DE CEMENTO, MIENTRAS QUE EL REGISTRO CEL NOS CONFIRMA LA ESCASEZ DE CEMENTO EN EL LADO BAJO DEL POZO, LO CUAL PUEDE SER INTERPRETADO COMO EL RECOSTAMIENTO DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CONTRA LA PARED DEL POZO.

COMO EL OBJETIVO DE PERFORAR HORIZONTALMENTE ES QUE LA PARTE RECTA DE ESTE TIPO DE POZOS QUEDE DENTRO DE LA FORMACIÓN PRODUCTORA, LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORRESPONDIENTE (EXPLOTACIÓN) CONSISTE DE UNA TUBERÍA CORTA (PUEDE SER DE 7.0 ó 5 1/2 PG. DE DIÁMETRO) CUYA CARACTERÍSTICA DEBERÁ SER QUE ESTE RANURADA. UNA VARIACIÓN DE ESTE TIPO DE TERMINACIÓN ES LA DE METER LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORTA NORMALMENTE, CEMENTARLA Y POSTERIORMENTE REALIZAR UN NÚMERO GRANDE DE DISPAROS.

OTRA INNOVACIÓN EN LAS OPERACIONES DE ADEME DE UN POZO HORIZONTAL ES QUE, AQUELLOS QUE SERÁN EMPLEADOS CON FINES DE INVESTIGACIÓN, LLEVEN COLOCADA EN LA SECCIÓN ALTAMENTE DESVIADA, TUBERÍA DE REVESTIMIENTO ESPECIAL NO MAGNÉTICA. ESTO ES CON EL FIN DE PODER ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO DE APARATOS SENSORES DE MAGNETISMO, ASÍ COMO ANALIZAR DE QUÉ MANERA SE COMPORIAN LAS HERRAMIENTAS DE FONDO PARA PERFORAR, PARA EL ESTUDIO DEL CAMPO MAGNÉTICO NATURAL DE LA TIERRA Y CALIBRACIÓN DE HERRAMIENTAS DESVIADORAS.

COMO OTRA NOVEDAD QUE HA HECHO DE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL UNA TÉCNICA FACTIBLE DE APLICARSE COMERCIALMENTE, ES EL USO DE LA HERRAMIENTA DENOMINADA "TOP DRIVER" CONTROLADOR SUPERFICIAL O IMPULSOR SUPERFICIAL; ESTA HERRAMIENTA COMO YÁ SE EXPLICÓ EN EL CAPÍTULO DE HERRAMIENTAS, TIENE CAPACIDAD PARA ROTAR, CIRCULAR Y DESLIZAR SIMULTÁNEAMENTE, SU USO ES DE MUCHA IMPORTANCIA DURANTE LAS OPERACIONES DE MOVIMIENTO DE TUBERÍA YA QUE AL PRESENTARSE ALTOS VALORES DE TORSIÓN DEBIDO A LO ESTRECHO Y DESVIADO DEL POZO, ESTA HERRAMIENTA ES CAPAZ DE RESTAURAR ESTE PARÁMETRO A VALORES ACEPTABLES DE UNA MANERA SUAVE, A DIFERENCIA DE LA FORMA REPENTINA QUE LO HACE LA MESA ROTATORIA CONVENCIONAL.

TODA ESTA GAMA DE ACTIVIDADES DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO HORIZONTAL, TIENE LA FINALIDAD DE LOGRAR REDUCIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN SIN INCREMENTAR LOS RIESGOS DE PERFORA-

CIÓN Y SIN ALTERAR EL ALTO NIVEL DE SEGURIDAD QUE SE DEBE -  
TENER EN LAS ACTIVIDADES DE PERFORACIÓN DE YACIMIENTOS CU--  
YAS CARACTERÍSTICAS SEAN PROPICIAS PARA LA APLICACIÓN DE -  
ESTA TECNOLOGÍA, .

## FLUIDOS DE CONTROL EMPLEADOS EN LA PERFORACION DE POZOS HORIZONTALES

COMO SE HA MENCIONADO ANTERIORMENTE, EL TIPO Y CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN ES MUY IMPORTANTE EN LA PERFORACIÓN CONTROLADA DE POZOS HORIZONTALES, YA QUE ADEMÁS DE CUMPLIR CON LAS FUNCIONES DE: REMOCIÓN DE RECORTES DE LA FORMACIÓN, SUSPENSIÓN DE DICHOS RECORTES DURANTE SU RECORRIDO HACIA LA SUPERFICIE, FORMACIÓN DE UN ENJARRE IMPERMEABLE PREVENCIÓN DEL AGRANDAMIENTO DEL AGUJERO, CONTROL DE LA PRESIÓN DE FORMACIÓN, LIMITACIÓN DE LA CORROSIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN, TRANSFERENCIA DE POTENCIA AL MOTOR DE FONDO, - ETC., DEBE TENER DE MANERA ESPECIAL LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE RECORTES EFICIENTEMENTE, PROPORCIONAR UN REVESTIMIENTO LUBRICANTE PARA EL AGUJERO; ASÍ COMO, PARA LAS PARTES METÁLICAS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN.

DENTRO DE LA HIDRÁULICA DEL SISTEMA, UNA LIMITACIÓN EN LA PRESIÓN DE BOMBEO LA CONSTITUYE EL RANGO DE VALORES DE PRESIÓN DE TRABAJO DE LAS CONEXIONES SUPERFICIALES.

SE RECOMIENDA EMPLEAR FLUIDOS DE PERFORACIÓN QUE CUMPLAN - LOS REQUISITOS SEÑALADOS EN LA TABLA No. 3.1, SIEMPRE Y - CUANDO LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMACIONES POR PERFORAR LO PERMITAN. PARÁMETROS TALES COMO LA VISCOSIDAD PLÁSTICA

DEL LODO, DEBE MANTENERSE EN VALORES DE 10 A 25.0 CP, ES DECIR EN NIVELES BAJOS, CON ELLO SE LOGRARÁ QUE LAS CAÍDAS DE PRESIÓN BAJO UN RÉGIMEN DE FLUJO TURBULENTO A TRAVÉS DE LOS LASTRABARRENAS SEAN BAJAS.

ÁDEMÁS EL RITMO DE FLUJO DEL LODO DEBE SER ADECUADO PARA LOGRAR ACARREAR LOS RECORTES HACIA LA SUPERFICIE Y EVITAR QUE ESTOS SE ACUMULEN DE MANERA PELIGROSA EN EL LADO BAJO DEL POZO CONVIERTIÉNDOSE EN UN ALTO RIESGO PARA LA PERFORACIÓN, EN TRABAJOS DE CAMPO SE HAN EMPLEADO RITMOS DE BOMBEO DE 75.0 A 125.0 GAL/MIN CON FLUIDOS DE CARACTERÍSTICAS COMO LAS SEÑALADAS EN LA TABLA NO. 3.1, LOGRÁNDOSE UN EXCELENTE TRABAJO DE REMOSIÓN DE RECORTES SIN TENER EXCESIVAS CAÍDAS DE PRESIÓN.

EN ALGUNOS CASOS CUANDO SE PERFORAN FORMACIONES ALTAMENTE SALADAS O ESPECÍFICAMENTE DOMOS SALINOS, SE ACOSTUMBRA - USAR UN LODO BASE AGUA SATURADO DE SAL, CUIDANDO QUE SUS - CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS, ASÍ COMO SU FILTRADO Y ENJARRE SEAN EXCELENTES.

PROPIEDADES DEL FLUIDO DE PERFORACION  
Y RECOMENDACIONES PARA LA  
HIDRAULICA

VISCOSIDAD PLÁSTICA	-	MENOR A 25 CP.
PUNTO CEDENTE	-	MAYOR DE 10 LB/100 PIES <sup>2</sup>
DENSIDAD	-	MENOR A 1.27 GR/CM <sup>3</sup> (SI LA PRESIÓN DE FORMACIÓN LO PERMITE).
TIPO	-	BASE AGUA, AUNQUE EN CAMPO SE HA EMPLEADO LODO BASE - ACEITE CON ÉXITO.
VELOCIDAD DE ASCENSO DE LOS RECORTES.	-	30.5 A 15.2 M/MIN.
VELOCIDAD ANULAR	-	91 A 182 M/MIN.(FLUJO TURBULENTO) 18 A 36 M/MIN.(FLUJO LAMINAR)

TABLA 3.1

## TOMA DE REGISTROS

PARA LA REALIZACIÓN DE LA TOMA DE REGISTROS A TRAVÉS DE LA SECCIÓN CURVA DEL POZO, ASÍ COMO DE LA HORIZONTAL, SE EMPLEAN INSTRUMENTOS CONVENCIONALES. LO QUE VARÍA SIGNIFICATIVAMENTE SON LOS MÉTODOS USADOS PARA INTRODUCIR LOS INSTRUMENTOS HASTA LA ZONA QUE SE QUIERE ANALIZAR.

EN CUANTO A LA OBTENCIÓN DE NÚCLEOS, ESTA OPERACIÓN SE REALIZA CON UN BARRIL PARA NÚCLEOS CORTOS, EL CUAL ES ACCIONADO POR UN MOTOR DE FONDO.

CUANDO SE REQUIEREN ESTUDIOS DE DIRECCIÓN E INCLINACIÓN DE LA TRAYECTORIA DEL POZO, UNA HERRAMIENTA DEL TIPO DE DISPARO ÚNICO PUEDE SER EMPLEADA. ESTA HERRAMIENTA SE INTRODUCE AL POZO AUXILIÁNDOSE DE LA TUBERÍA DE PERFORACION CUANDO LA INCLINACIÓN DEL POZO EXCEDE DE 75 GRADOS. MÁS SIN EMBARGO, PARA SUPERAR PROBLEMAS DE INDUCCIÓN DE LA SONDA DE LOS REGISTROS HASTA LA PROFUNDIDAD REQUERIDA, UN NUEVO SISTEMA PARA LA TOMA DE REGISTROS DE ESTE TIPO DE POZOS -POZOS HORIZONTALES-, FUE IDEADO Y HA SIDO PROBADO CON ÉXITO EN POZOS TAL COMO EL "ROspo MARE" (PERFORADO POR ELF EQUITAINE EN EL MAR ADRIÁTICO) DONDE SE HA OBTENIDO UN CONJUNTO COMPLETO DE REGISTROS INCLUYENDO: REGISTROS DE ADHERENCIA DEL CEMENTO, REGISTROS DE RAYOS GAMMA, LOCALIZADOR DE JUNTAS, TODOS ESTOS EN POZOS ADEMADOS, MIENTRAS QUE EN AGUJERO --

ABIERTO SE HAN TENIDO LOS SIGUIENTES TIPOS DE REGISTROS: --  
REGISTRO SÓNICO DE INDUCCIÓN, REGISTRO DE DENSIDAD VARIABLE,  
REGISTRO DE CALIBRACIÓN, DOBLE LATEROLOG, ETC., TODOS ELLOS  
EMPLEANDO LA TÉCNICA DE EMPUJE DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN.  
ESTAS TÉCNICAS DE EMPUJE EN POZOS CON ALTOS ÁNGULOS DE DES-  
VIACIÓN SE HAN POPULARIZADO DEBIDO A QUE, EL MÉTODO CONVEN-  
CIONAL DE DESCENSO DE HERRAMIENTAS POR EFECTO DE GRAVEDAD -  
SE VUELVE INEFECTIVO A INCLINACIONES DEL ORDEN DE 80,0 GRA-  
DOS DE DESVIACIÓN.

COMO COMPLEMENTO DE ESTA TÉCNICA SE DISEÑO EL SISTEMA CONO-  
CIDO COMO "SIMPHOR" (SYSTEME D'INSTRUMENTATION ET DE MESURES  
EN PUITES HORIZONTALS), ESTE SISTEMA SE EJEMPLIFICA EN LA --  
FIGURA No. 3,7, EN ESTA FIGURA SE PUEDE APRECIAR QUE LA --  
HERRAMIENTA REGISTRADORA ES PRIMERAMENTE COLOCADA DENTRO DE  
UN PROTECTOR O CONTENEDOR DISEÑADO ESPECIALMENTE, EL CUAL -  
ES UNIDO A LA SARTA DE PERFORACIÓN. ÉSTE PROTECTOR DE LA  
HERRAMIENTA TIENE EN SU PARTE SUPERIOR UN ENCHUFE TIPO MA--  
CHO DE SIETE ENTRADAS, EL CUAL ES COLOCADO DESDE LA SUPERFI-  
CIE A UNA BARRA DE LASTRE LA CUAL TIENE UN ENCHUFE TIPO --  
HEMBRA TAMBIÉN DE SIETE ENTRADAS. ÉL CABLE DEL REGISTRO  
ES PASADO A TRAVÉS DE UN COPLE DE VENTANA LOCALIZADO A PO--  
COS METROS DE PROFUNDIDAD Y ES CONECTADO A LA PARTE SUPERIOR  
DE LA BARRA DE LASTRE, LA CUAL ES BAJADA POR EL CENTRO DE -  
LA TUBERÍA HASTA QUE LOS DOS ENCHUFES SE CONECTAN EN EL --  
FONDO (A LA PROFUNDIDAD A LA QUE SE REQUIERE INICIAR A TOMAR

EL REGISTRO), UNA VEZ QUE SE LOGRA ÉSTO, UN SISTEMA DE CANDA DO MECÁNICO EVITA QUE ÉSTOS SE SEPAREN, ADEMÁS SU DISEÑO -- PREVIENE QUE FLUIDO DE CONTROL QUEDE ATRAPADO ENTRE LOS CON TACTOS. UNA VEZ LLEGADO A ESTE PUNTO, LA HERRAMIENTA -- PUEDE SER ACTIVADA Y LA TOMA DEL REGISTRO EMPEZAR, A MEDIDA QUE TUBERÍA DE PERFORACIÓN ES AGREGADA DESDE LA SUPERFICIE. DE ESTE MODO, UN NUEVO REGISTRO SE PUEDE OBTENER CUANDO LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN ES RETIRADA DEL POZO Y ASÍ LOS DOS - REGISTROS SE PUEDEN COMPARAR.

DURANTE LAS OPERACIONES DE SACADO DE TUBERÍA, CUANDO EL --- COPLÉ DE VENTANA LLEGA A LA SUPERFICIE, ÉSTE ES RECOSTADO Y EL CABLE ELÉCTRICO ES DESCONECTADO DE LA HERRAMIENTA REGIS TRADORA Y EL SISTEMA DE LASTRE ES RETIRADO. TODA ESTA SE CUENCIA DE OPERACIONES ES REPETIDA SI SE REQUIERE ANALIZAR UNA NUEVA SECCIÓN.

UNA LIMITACIÓN DE ESTE MÉTODO DE TOMA DE REGISTROS ES QUE - NO SE DEBE PERMITIR QUE EL COPLÉ DE VENTANA LLEGUE A MAYOR PROFUNDIDAD QUE EL PUNTO DE INICIO DE DESVIACIÓN DEL POZO, YA QUE DE SER ASÍ EL CABLE ELÉCTRICO AL PASAR POR ESTA SEC CIÓN SUFRIRÍA DAÑOS SEVEROS QUE PUEDEN HACER FRACASAR LA - OPERACIÓN.

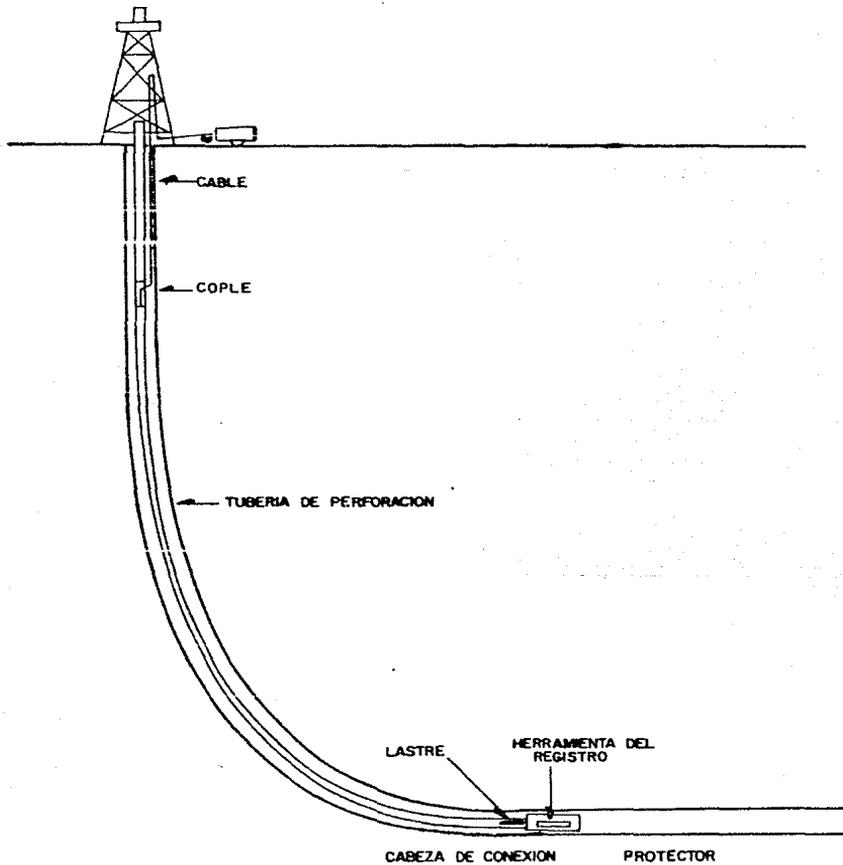


FIGURA 3.7 METODO DE REGISTROS ( SIMPHOR )

## CONSIDERACIONES TEORICAS

ESTA PARTE DEL PRESENTE ESTUDIO TIENE COMO FINALIDAD PRESENTAR UNA VISIÓN DETALLADA DE LAS CONSIDERACIONES Y DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES DE UNA MANERA CONTROLADA. DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO SE DESCRIBEN UN NÚMERO DE PROBLEMAS, TAL COMO, SOLTAR EL DESVIADOR, CONTROLAR LA DIRECCIÓN DE LA TRAYECTORIA DEL POZO, LIMPIEZA DEL POZO, TORSIÓN Y FRICCIÓN Y COMO HAN SIDO RESUELTOS. ASÍ MISMO, SE HACE UN ANÁLISIS DEL SISTEMA DE FUERZAS AL QUE ESTÁ SOMETIDA LA SARTA DE PERFORACIÓN Y DE MANERA ESPECIAL EL ENSAMBLE DE HERRAMIENTAS DE FONDO DEL POZO.

CONTROL DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN CONSTRUÍDO. EN LA INGENIERÍA PETROLERA, AL HABLAR DE POZOS DESVIADOS DE LA VERTICAL Y AL REFERIRSE AL CAMBIO O GRADOS DE DESVIACIÓN SE EMPLEA EL TÉRMINO DE "GRADOS DE CAMBIO POR CADA EQUIS METROS", ES DECIR, LOS GRADOS SE REFIEREN A LA SEPARACIÓN PROGRESIVA DEL POZO DE LA VERTICAL A MEDIDA QUE ÉSTE SE PROFUNDIZA. ESTA ES UNA MANERA VÁLIDA PARA EXPRESAR LA CURVATURA, Y LA PODEMOS RELACIONAR CON EL RADIO QUE FORMA A DICHA CURVATURA EMPLEANDO LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$R = \frac{57.297}{\alpha}$$

..... 3.1



TO, EL RADIO DE CURVATURA ESTARÁ REPRESENTADO POR LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$R C = \frac{L^2}{2A}$$

- DONDE: RC : RADIO DE CURVATURA, M.  
L : DISTANCIA DE LAS ALETAS DEL ESCARIADOR A LA -  
JUNTA ARTICULADA, M.  
2A : ESPACIO LIBRE DIAMETRAL, ENTRE EL AGUJERO Y -  
LA JUNTA ARTICULADA, M.

LA FIGURA NO. 3,6 TAMBIÉN MUESTRA LAS FUERZAS A LAS QUE SE -  
ENCUENTRA SOMETIDO EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN. POR LO QUE,  
EL ÁNGULO  $\theta$ , ENTRE LA PARTE BAJA DEL CUERPO DE LA JUNTA - -  
ARTICULADA Y EL EJE DE LA BARRENA Y EL ESCARIADOR, ES EL MO-  
TIVO PRINCIPAL QUE PROVOCA QUE LA BARRENA PERFORE SIGUIENDO  
UNA TRAYECTORIA CURVA, Y LA FUERZA QUE EMPUJA AL ESCARIADOR  
Y A LA JUNTA ARTICULADA CONTRA LA PARED DEL POZO ESTÁ DADA -  
POR EL PESO SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN  $W_B$  MULTIPLICADO  
POR EL SENO DEL ÁNGULO  $\theta$ . ESTA FUERZA APARTE DE INVOLUCRAR  
ESTOS PARÁMETROS ESTÁ RELACIONADA CON LAS FUERZAS DE REACCIÓN  
DE LA FORMACIÓN PERFORADA.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UN CONJUNTO DE SUPOSICIONES Y -  
ECUACIONES DERIVADAS PARA EL SISTEMA DE FUERZAS RESULTANTE  
AL USAR UN ENSAMBLE DE PERFORACIÓN COMO EL MOSTRADO EN LA -  
FIGURA NO. 3,6, CONSIDERANDO A LA FORMACIÓN COMO SI FUERA -  
NEUTRAL.

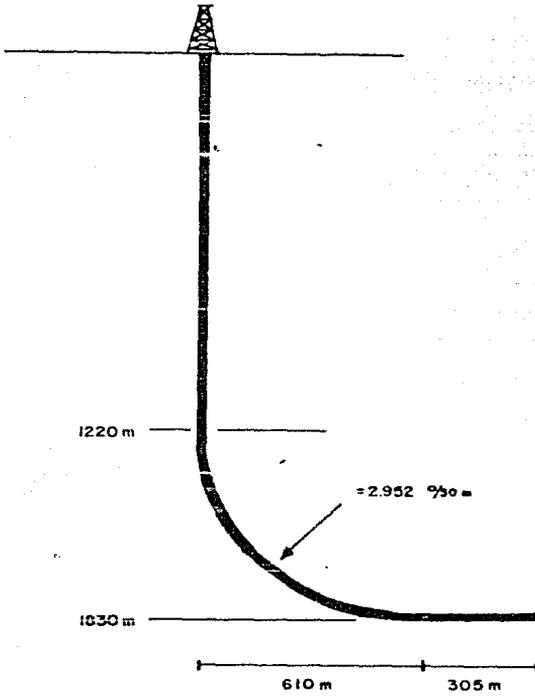


FIG. 3.8 SECCION CURVA DE UN POZO HORIZONTAL

## I. FORMACIÓN NEUTRAL.

- SUPOSICIONES:
1. LA FORMACIÓN ES CONSIDERADA NEUTRAL.
  2. CONDICIONES ESTÁTICAS.
  3. NO EXISTEN EFECTOS DE FRICCIÓN.
  4. NO SE CONSIDERA EL PESO DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN.
  5. NO SE CONSIDERAN DEFLEXIONES DEL ENSAMBLE.

POR LO TANTO:

LA FUERZA LATERAL SOBRE LA JUNTA ARTICULADA ( $F_{KJS}$ ), -- ES:

$$F_{KJS} = \text{SEN } \theta \times W_B - F_{KJR}$$

$F_{KJS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA JUNTA ARTICULADA, KG.

$F_{KJR}$  = FUERZA LATERAL DE REACCIÓN DE LA FORMACIÓN - SOBRE LA JUNTA ARTICULADA, KG.

$\theta$  = CAMBIO DE ÁNGULO EN LA JUNTA ARTICULADA, GRADOS.

$W_B$  = PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.

LA FUERZA LATERAL SOBRE LA BARRENA ( $F_{BS}$ ), ES:

$$F_{BS} = F_{KJS} \times \frac{L}{(L_T - L)}$$

$F_{BS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA BARRENA, KG.

$F_{KJS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA JUNTA ARTICULADA, KG.

$L$  = DISTANCIA QUE ESTABLECE LA CURVA, M.

$L_T$  = DISTANCIA DE LA JUNTA ARTICULADA A LA BARRENA, M.

LA FUERZA DE LOS ESCARIADORES ( $F_{RS}$ ), ES:

$$F_{RS} = F_{BS} + F_{KJS}$$

DEL PLANTEAMIENTO ANTERIOR SE INFIERE QUE LA FUERZA REQUERIDA PARA CORTAR LA ROCA, DETERMINARÁ LA MAGNITUD DEL SOPORTE QUE LA PARED DEL POZO DEBE PROPORCIONAR EN LA SECCIÓN DE LA JUNTA ARTICULADA. POR LO TANTO, SI LA FUERZA NECESARIA PARA CORTAR ES MUY PEQUEÑA, LA PARED DEL POZO DEBERÁ SOPORTAR ÚNICAMENTE UNA FUERZA IGUAL A  $W_B \times \text{SEN } \theta$ . Y SI LA FUERZA DISPONIBLE ES MUY PEQUEÑA, SE CONSIDERA QUE NINGUNA FUERZA ACTÚA SOBRE LA PARED EN LA SECCIÓN DE LA JUNTA ARTICULADA.

LAS CONSIDERACIONES MENCIONADAS TIENEN COMO CONSECUENCIA, UNA SIMPLIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA DINÁMICO, YA QUE, TANTO LA FRICCIÓN COMO EL PESO DE LOS ELEMENTOS DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN (FIGURA No. 3.6) SON IGNORADOS Y A LA FORMACIÓN SE LE CONSIDERA NEUTRAL. EN CONSECUENCIA DE ÉSTO, LA TORSIÓN AXIAL Y LAS DEFLEXIONES DEL ENSAMBLE SON NULAS Y LA MAGNITUD DE LAS FUERZAS ES PEQUEÑA.

DURANTE LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN LO ANTERIOR NO SE CUMPLE, YA QUE LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN NO ES - NECESARIAMENTE EN FORMA AXIAL, ESTA FUERZA PUEDE ESTAR DESPLAZADA A UNA DISTANCIA "R", DICHO DESPLAZAMIENTO - DE LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN ES DEBIDO A LA CARACTERÍSTICA ANISOTRÓPICA DE LAS ROCAS. LA MAGNITUD DE LA DISTANCIA DEL DESPLAZAMIENTO R, PUEDE SER DE HASTA EL EQUIVALENTE AL RADIO DE LA BARRENA.

AL PRODUCIRSE ESTE DESPLAZAMIENTO DE LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN SE PROVOCA LA INTRODUCCIÓN DE UN "MOMENTO" - EN EL SISTEMA DE FUERZAS CONSIDERADO, DICHO MOMENTO - ACTÚA SOBRE LA BARRENA Y ES CAUSADO COMO YÁ SE MENCIONÓ POR EL DESPLAZAMIENTO RADIAL DE LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN A LA FUERZA DE LA BARRENA,

ESTA GEOMETRÍA DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN ES MANTENIDA HASTA QUE LA FUERZA LATERAL DE LA FORMACIÓN QUE REACCIONA SOBRE LA JUNTA ARTICULADA ( $F_{KJR}$ ), ES NULIFICADA, TEÓRICAMENTE ES POSIBLE SI LA FUERZA CON QUE REACCIONA LA FORMACIÓN EN EL FONDO DEL POZO SOBRE LA BARRENA ES CAMBIADA A UNA DISTANCIA DE APROXIMADAMENTE 1.0 PULGADA.

A CONTINUACIÓN, SE MUESTRAN LAS RELACIONES MATEMÁTICAS QUE REPRESENTAN EL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE FUER-

ZAS MOSTRADO EN LA FIGURA NO. 3.6, PARA EL ENSAMBLE - DE PERFORACIÓN MENCIONADO, CUANDO LAS FORMACIONES PERFORADAS SON CONSIDERADAS NO NEUTRALES, ES DECIR LA REACCIÓN AXIAL DE LA FORMACIÓN ESTÁ DESPLAZADA A UNA DISTANCIA R.

## II. FORMACIÓN NO NEUTRAL.

- SUPOSICIONES:
1. LA FORMACIÓN ES CONSIDERADA NO NEUTRAL.
  2. SE CONSIDERAN CONDICIONES ESTÁTICAS.
  3. NO EXISTEN EFECTOS DE FRICCIÓN.
  4. NO SE CONSIDERA EL PESO DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN.
  5. NO SE CONSIDERAN DEFLEXIONES DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN.

LA FUERZA LATERAL SOBRE LA JUNTA ARTICULADA ( $F_{KJS}$ ), SERÁ EN ESTE CASO:

$$F_{KJS} = \text{SEN } \theta \times W_B - F_{KJR}$$

DONDE:

$F_{KJS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA JUNTA ARTICULADA, KG.

$\theta$  = CAMBIO DE ÁNGULO EN LA JUNTA ARTICULADA, GRADOS.

$W_B$  = PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.  
 $F_{KJR}$  = FUERZA LATERAL DE LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN  
 SOBRE LA JUNTA ARTICULADA, KG.

POR LO QUE, LA FUERZA LATERAL SOBRE LA BARRENA ES:

$$F_{BS} = (F_{KJS} + \frac{R \times W_B \times \cos \theta}{L}) / [L / (L_T - L)]$$

DONDE:

$F_{KJS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA JUNTA ARTICULADA, KG.  
 $R$  = DISTANCIA RADIAL A LA CUAL LA FUERZA REACTIVA  
 DE LA FORMACIÓN ES DESPLAZADA, A PARTIR DEL EJE  
 DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, M.  
 $W_B$  = PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.  
 $\theta$  = CAMBIO DEL ÁNGULO EN LA JUNTA ARTICULADA, GRADOS.  
 $L$  = DISTANCIA QUE ESTABLECE LA CURVA, M.  
 $L_T$  = DISTANCIA DE LA JUNTA ARTICULADA A LA BARRENA,  
 PARA EL ENSAMBLE CONSTRUCTOR DEL ÁNGULO, M.

LA FUERZA LATERAL DEL ESCARIADOR ( $F_{RS}$ ) ES:

$$F_{RS} = F_{BS} + F_{KJS}$$

$$F_{RS} = \frac{F_{KJS} \times L_T + R \times W_B \times \cos \theta}{(L_T - L)}$$

LA GEOMETRÍA ES MANTENIDA HASTA QUE LA FUERZA LATERAL DEL ESCARIADOR ( $F_{RS}$ ) SE APROXIMA A UN VALOR MÍNIMO -- PARA MANTENER EL CORTE Y  $F_{KJR} \leq 0.0$ , MIENTRAS QUE:

$$F_{RS(\text{MÁX.})} = W_D \times \text{SEN } \theta \times \left( \frac{L_T}{L_T - L} \right) + R \times W_B \left( \frac{\text{COS } \theta}{L_T - L} \right)$$

Y LA MÁXIMA ANISOTROPÍA PERMISIBLE, SUPONIENDO QUE LA FUERZA DE CORTE ES CERO, ES:

$$\text{SEN } \theta \times W_B = R \times \text{COS } \theta \times \frac{W_B}{L_T}$$

$$R = \text{TAN } \theta \times L_T$$

LOS TRABAJOS REALIZADOS INICIALMENTE SOBRE LAS TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE LA CURVA PERFORADA, ESTIPULAN EL USO DE UN SÓLO ESTABILIZADOR, EL CUAL TIENE UNA SOBREMEDIDA CON RESPECTO A LA BARRENA, YA QUE DE ESTA MANERA SE ASEGURA QUE LA CURVA POR PERFORAR SERÁ CONTROLADA CON EL ESCARIADOR. EN ESTE CASO, SE DEBE CUIDAR QUE EL PESO SOBRE LA BARRENA NO SEA EXCESIVO, YA QUE DE LO CONTRARIO, LOS CONOS SE SOBRE APRETARÁN Y EN CONSECUENCIA SE AFECTARÁ LA GEOMETRÍA DEL POZO Y LAS ALETAS DEL ESCARIADOR DEJARÁN DE CUMPLIR CON SU PRINCIPAL FUNCIÓN. DE PRUEBAS DE CAMPO SE TIENE QUE, EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN ALCANZADO ES FUNCIÓN DE LA MANUFACTURA DE LA BARRENA UTILIZADA Y DEL PESO SOBRE ÉSTA, ASÍ COMO DE SU ADECUADA ELECCIÓN.

LA FIGURA No. 3.4 MUESTRA EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN USANDO UN SÓLO ESTABILIZADOR CORTO, TAMBIÉN ESTÁN REPRESENTADAS LAS PRINCIPALES FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL ESTABILIZADOR CORTO, SE PUEDE OBSERVAR QUE DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN CURVA DEL POZO, LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR, CERCANAS A LA BARRENA SE SUPONE CORTARÁN LA PARTE ALTA DE LA PARED DEL POZO, MIENTRAS QUE, LAS ALETAS DEL ESCARIADOR CERCANAS AL LASTRABARRENAS CORTARÁN LA PARTE BAJA DE LA PARED DEL POZO. TAMBIÉN ES IMPORTANTE NOTAR QUE EN ESTA SECCIÓN CURVA DEL POZO LA FUERZA NEUTRAL DE LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN ( $\text{SEN } \theta \times W_B$ ) SOBRE LA JUNTA ARTICULADA ES EN SENTIDO

DE LA PARED BAJA DEL POZO. DEBIDO A ESTE EFECTO EL ESTABILIZADOR CORTO ADQUIERE UNA TENDENCIA DE ÁNGULO DE DESVIACIÓN (SE CONVIERTE EN UNA HERRAMIENTA FORMADORA DE ÁNGULOS), CON LAS ALETAS DEL ESCARIADOR CERCANAS AL LASTRABARRENAS -- ACTUANDO COMO PUNTO DE APOYO.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN LAS ECUACIONES ESTABLECIDAS PARA EL SISTEMA DE FUERZAS PROPICIADO POR LA PERFORACIÓN CON UN SÓLO ESTABILIZADOR (CORTO).

- I. PARA LA SECCIÓN DEL POZO CON UN ALTO GRADO DE DESVIACIÓN, CONSIDERANDO QUE LAS ALETAS EN SU PARTE SUPERIOR E INFERIOR CORTAN PARTE DE LA FORMACIÓN.

- SUPOSICIONES:
1. SE CONSIDERA UN PROCESO ESTÁTICO.
  2. NO SE CONSIDERA LA FRICCIÓN.
  3. EL PESO DEL ENSAMBLE NO ES CONSIDERADO.
  4. NO SE CONSIDERAN LAS DEFLEXIONES EN EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN.

LA FUERZA LATERAL SOBRE LA PRIMERA JUNTA ARTICULADA - ( $F_{WS}$ ) ES:

$$F_{WS} = \text{SEN } \theta \times W_B$$

DONDE:

$F_{WS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA PRIMERA JUNTA ARTICULADA, KG.

$\emptyset$  = CAMBIO DE ÁNGULO EN LA JUNTA DEL ESTABILIZADOR, GRADOS.

$W_B$  = PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.

LA REACCIÓN DE LA FORMACIÓN SOBRE EL ESTABILIZADOR CORTO ES LA SUMA DE LAS REACCIONES DE LA FORMACIÓN, - TANTO EN LAS ALETAS SUPERIORES E INFERIORES DEL ESTABILIZADOR, POR LO QUE:

$$W_{BB} + W_{BT} = W_B \times \cos \emptyset$$

DONDE:

$W_{BB}$  = REACCIÓN DE LA FORMACIÓN SOBRE LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR CORTO EN LA PARTE BAJA DEL POZO CURVO, KG.

$W_{BT}$  = REACCIÓN DE LA FORMACIÓN EN LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR CORTO EN LA PARTE ALTA DEL POZO CURVO, KG.

$W_B$  = PESO APLICADO SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.

$\emptyset$  = CAMBIO DE ÁNGULO EN LA JUNTA DEL ESTABILIZADOR, GRADOS.

LA FUERZA SOBRE EL ESTABILIZADOR CORTO CERCA DEL COLLAR ONDULADO ( $F_{NCS}$ ) ES:

$$F_{NCS} = \text{SEN } \emptyset \times W_B + F_{NBS} + F_{BS}$$

DONDE:

$F_{NCS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE EL ESTABILIZADOR CORTO, CERCANA AL COLLAR ONDULADO, KG.

$\emptyset$  = CAMBIO DE ÁNGULO EN LA JUNTA DEL ESTABILIZADOR, GRADOS.

$W_B$  = PESO SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.

$F_{NBS}$  = FUERZA SOBRE EL ESTABILIZADOR CORTO, PRÓXIMA A LA BARRENA, KG.

$F_{BS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA BARRENA, KG.

PARA EL CASO EN QUE CON ESTE MISMO ENSAMBLE SE PERFORA LA SECCIÓN APROXIMADAMENTE RECTA, LA FUERZA SOBRE LA PRIMERA JUNTA ARTICULADA ( $F_{WS}$ ) ES AHORA EN DIRECCIÓN HACIA EL LADO ALTO DE LA PARED DEL POZO. ÉSTA FUERZA Y EL SISTEMA EN TOTAL SE MUESTRAN EN LA FIGURA No. 3.5.

DE LO ANTERIOR SE ESTABLECE QUE LA FUERZA SOBRE LA PRIMERA JUNTA ARTICULADA ES UNA "FUERZA DE CONTROL DE LA GEOMETRÍA" PARA ESTA SECCIÓN DEL AGUJERO.

DESASFORTUNADAMENTE ESTE ENSAMBLE DE PERFORACIÓN (ESTABILIZADOR CORTO) HA SIDO POCAS VECES PROBADO EN EL CAMPO, MÁS SIN EMBARGO, DE LAS VECES QUE SE HA EMPLEA

DO, LOS DATOS OBTENIDOS MUESTRAN RITMOS DE DESVIACIÓN DEL ORDEN DE 0.2 GRADOS POR PIE,

EN LA FIGURA, NO. 3.5 SE MUESTRA TAMBIÉN LAS FUERZAS REACTIVAS DE LA FORMACIÓN (QUE ES CONSIDERADA ANISOTRÓPICA), ADEMÁS PARA EL CASO CONSIDERADO, LA FUERZA HACIA ARRIBA  $F_{WS}$ , QUE ES LA FUERZA LATERAL EN LA JUNTA DEL COLLARÍN ONDULADO, Y LA FUERZA HACIA ABAJO DEBIDA AL PESO DEL ENSAMBLE SON RELATIVAMENTE PEQUEÑAS,

A CONTINUACIÓN SE PLANTEAN LAS ECUACIONES QUE REPRESENTAN AL SISTEMA DE FUERZAS DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, CONSIDERANDO QUE SE PERFORA UN AGUJERO RECTO - (ES DECIR LAS ALETAS DE LA PARTE BAJA SON LAS QUE CORTAN UNA SECCIÓN DE LA FORMACIÓN),

## II. PARA EL POZO APROXIMADAMENTE RECTO.

- SUPOSICIONES:
1. NO SE CONSIDERA UN PROCESO DINÁMICO.
  2. NO SE CONSIDERAN LOS EFECTOS POR - FRICCIÓN.
  3. NO SE CONSIDERAN LOS EFECTOS POR - DEFLEXIÓN DE LA SARTA.

LA FUERZA LATERAL SOBRE LA PRIMERA JUNTA DEL ESTABILIZADOR (WIGGLY)  $F_{WS}$ , SERÁ:

$$F_{WS} = \text{SEN } \emptyset \times W_B$$

DONDE:

$F_{WS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA PRIMERA JUNTA DEL ESTABILIZADOR, KG.

$\emptyset$  = CAMBIO DE ÁNGULO EN LA JUNTA DEL ESTABILIZADOR, GRADOS.

$W_B$  = PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.

COMO SE PUEDE APRECIAR,  $F_{WS}$ , EN ESTE CASO ES UN PRODUCTO DEL SENO DEL CAMBIO DEL ÁNGULO  $\emptyset$ , Y DEL PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN,  $W_B$ . EL ÁNGULO  $\emptyset$  PUEDE LLEGAR A SER UN POCO MAYOR A LA UNIDAD, SIN EMBARGO, GENERALMENTE ES MUCHO MENOR.

MIENTRAS QUE, LA FUERZA LATERAL SOBRE LA BARRENA SERÁ:

$$F_{BS} = W_B \times ( R \times \text{COS } \emptyset + L_{NC} \times \text{SEN } \emptyset ) / ( L_T - L_{NC} )$$

$$- F_{WT} \times \text{SEN } \beta_D \times ( L_{WT} - L_{NC} ) / ( L_T - L_{NC} )$$

DONDE:

$F_{BS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE LA BARRENA, KG.

$W_B$  = PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.

$R$  = DISTANCIA RADIAL A LA CUAL LA FUERZA REACTIVA DE LA FORMACIÓN ES DESPLAZADA DEL EJE DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, M.

$L_{NC}$  = DISTANCIA DE LA PRIMER JUNTA DEL ESTABILIZADOR WIGGLY AL ESTABILIZADOR CERCA DE LA FUERZA LATERAL DEL COLLAR, M.

$L_T$  = DISTANCIA DE LA JUNTA ARTICULADA A LA BARRENA, M.

$F_{WT}$  = FUERZA LATERAL DEBIDA AL PESO DE LOS ELEMENTOS DE PERFORACIÓN, SOPORTADO POR LA BARRENA Y LA JUNTA DE WIGGLY, KG.

$\beta_D$  = ÁNGULO DE DESVIACIÓN (MEDIDO DE LA VERTICAL) AL CENTRO DE MASA, GRADOS.

$L_{WT}$  = DISTANCIA DE LA PRIMERA JUNTA DEL WIGGLY AL CENTRO DE MASA DE LOS ELEMENTOS DE PERFORACIÓN, M.

DEBIDO A QUE LAS FORMACIONES ATRAVESADAS SON ANISOTRÓPICAS, EL VALOR DE R ES SIGNIFICATIVO, POR LO QUE ESTA FUERZA QUE LO INVOLUCRA PUEDE SER DOMINANTE.

POR LO QUE RESPECTA A LA FUERZA LATERAL SOBRE EL ESTABILIZADOR CORTO CERCANA AL COLLAR WIGGLY  $F_{NCS}$ , SE DEFINE ASÍ:

$$F_{NCS} = W_B \times (R \times \cos \theta + L_T \times \text{SEN } \theta) / (L_T - L_{NC}) +$$

$$F_{WT} \times \text{SEN } \beta_D \times (L_T - L_{WT}) / (L_T - L_{NC})$$

DONDE:

- $F_{NCS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE EL ESTABILIZADOR CORTO CERCA DEL COLLAR WIGGLY, KG.
- $W_B$  = PESO APLICADO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, -- KG.
- $R$  = DISTANCIA RADIAL A LA CUAL LA FUERZA REACTIVA DE LA FORMACIÓN ES DESPLAZADA DEL EJE DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, M.
- $\bar{\theta}$  = CAMBIO DE ÁNGULO EN LA JUNTA DEL ESTABILIZADOR, GRADOS.
- $L_{NC}$  = DISTANCIA DE LA PRIMER JUNTA WIGGLY AL ESTABILIZADOR CERCA DE LA FUERZA LATERAL DEL -- COLLAR, M.
- $L_T$  = DISTANCIA DE LA JUNTA ARTICULADA A LA BARRENA, M.
- $F_{WT}$  = FUERZA LATERAL DEBIDA AL PESO DE LOS ELEMENTOS DE PERFORACIÓN, SOPORTADO POR LA BARRENA Y LA JUNTA DEL WIGGLY, KG.
- $\beta_D$  = ÁNGULO DE DESVIACIÓN (MEDIDO DE LA VERTICAL) AL CENTRO DE MASA, GRADOS.
- $L_{WT}$  = DISTANCIA DE LA PRIMERA JUNTA DEL WIGGLY AL CENTRO DE MASA DE LOS ELEMENTOS DE PERFORACIÓN, KG.

DEBE CONSIDERARSE QUE EL ÁNGULO  $\theta$  PUEDE ADQUIRIR VALORES NEGATIVOS, ESTOS VALORES SON DEBIDOS A UNA ROTACIÓN EN SENTIDO CONTRARIO A LAS MANECILLAS DEL RELOJ.

ADEMÁS SI LA FUERZA SOBRE LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR QUE REACCIONA CONTRA LA FORMACIÓN ( $F_{NCS}$ ) ES INSUFICIENTE PARA CORTAR PARTE DE LA PARED DEL POZO, LA CURVATURA CONSTRUIDA POR ESTE ENSAMBLE, QUEDARÁ DETERMINADA - POR LA RELACIÓN:

$$RC = \frac{L^2}{2A}$$

CON:

$2A$  = CLARO DIAMETRAL ENTRE EL POZO Y LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR.

$L$  = DISTANCIA COMPRENDIDA DEL EXTREMO DE LA BARRENA A LA PARTE TRASERA DE LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR.

UN VALOR COMÚN DEL RADIO DE CURVATURA ALCANZADO EN -- EL CAMPO PARA ÉSTA SECCIÓN "RECTA" DEL POZO ES DE -- 230,0 M., ES DECIR APROXIMADAMENTE 0.08 GRADOS POR PIE. ESTO ES, CONSIDERANDO UN ESTABILIZADOR DE 1,0 PIE CON UN TREINTAIDOCEAVO DE PULGADA DE CLARO DIAMETRAL.

LA ACCIÓN DE CORTE DE LA PARED DEL POZO DEPENDE EN -

GRAN PARTE DE LA FUERZA DE REACCIÓN EJERCIDA SOBRE -  
LAS ALETAS DEL ESTABILIZADOR, EL ÁREA DE LAS ALETAS -  
DE CORTE Y DE LA EFICIENCIA DE ESTAS MISMAS COMO ELE-  
MENTOS DE CORTE. EXISTEN EVIDENCIAS DE QUE LAS ALE-  
TAS EN REALIDAD CORTAN LA PARED DEL POZO, ESTAS SON:

- EL DESGASTE DEL RECUBRIMIENTO DE LAS ALETAS.
- EL TORQUE REGISTRADO MIENTRAS SE ENCUENTRAN EN -  
OPERACIÓN LOS ESTABILIZADORES.

OTRO TIPO DE ENSAMBLE DE PERFORACIÓN EMPLEADO EN EL -  
CONTROL DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN EN POZOS DE TIPO HO-  
RIZONTAL ES EL CONJUNTO DE ESTABILIZADORES ONDULADOS,  
CON ESTA HERRAMIENTA SE LOGRÁ INCREMENTAR LA LONGITUD  
L (QUE ES EL PARÁMETRO QUE ESTABLECE LA CURVATURA), -  
ADEMÁS AL UTILIZAR ESTOS ESTABILIZADORES EN LA SARTA,  
PROVOCA QUE EL PRIMERO DE ELLOS REDUZCA LA FUERZA LA-  
TERAL DE LOS SIGUIENTES Y ELIMINA LA NECESIDAD DE ES-  
CARIAR LA SECCIÓN DE ALTA CURVATURA DEL POZO. ESTE  
ENSAMBLE ES MOSTRADO EN LA FIGURA No. 3,5, EN ELLA SE  
VEN LAS JUNTAS UNIVERSALES DE LOS ESTABILIZADORES, -  
ÉSTAS PERMITEN AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN LLEVAR AL -  
CABO LA SECCIÓN CURVA, COMO YA SE DIJO ANTES CON MUY -  
POCO ESCARIADO, SIENDO LAS ALETAS DEL PRIMER ESTABI-  
LIZADOR LAS DE MAYOR IMPORTANCIA POR SER ESTAS LAS QUE  
ESTABLECEN LA DISTANCIA L, LA CUAL PARA EL ENSAMBLE -

MOSTRADO EN LA FIGURA No.3.6 Y CON HERRAMIENTAS DE -  
4 1/4 PG. DE DIÁMETRO, ES DE UN MÍNIMO DE 20 3/4 PG.-  
DE LONGITUD (0.53 M.), LO CUAL ES MUCHO MAYOR A LA DE  
16 3/4 PG. MÁXIMAS (0.43 M.) CUANDO SE UTILIZA UN ES-  
TABILIZADOR CORTO. EL PROPÓSITO DE COLOCAR UN SEGUNDO  
ESTABILIZADOR ONDULADO, ES EVITAR EL CAMBIO EN EL  
ÁNGULO DE LA FUERZA QUE REDUCIRÍA EL ÁREA DE CONTACTO  
DEL PRIMER ESTABILIZADOR ONDULADO, CON LO QUE NO SE -  
LOGRARÍA EL CORTE DE LA PARED DEL POZO.

LA RELACIÓN MATEMÁTICA QUE REPRESENTA LA FUERZA LATE-  
RAL SOBRE EL PRIMER ESTABILIZADOR ONDULADO Y LAS SUPO  
SICIONES PARA SU PLANTEAMIENTO DE ACUERDO A LA FIGURA  
No. 3.5, SE ENLISTAN A CONTINUACIÓN:

SUPOSICIONES:

- NO SE CONSIDERA UN PROCESO DINÁMICO.
- NO SE CONSIDERAN LOS EFECTOS POR FRICCIÓN.
- NO SE CONSIDERAN LOS EFECTOS DE FLEXIÓN DE LA SARTA.
- LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO ENTRE EL PRIMER Y SEGUNDO  
ESTABILIZADOR ES MÍNIMA.

POR LO TANTO, LA FUERZA LATERAL SOBRE EL PRIMER EST-  
ABILIZADOR ONDULADO ( $F_{SS}$ ) ES:

$$F_{SS} = 2 \times \left[ R \times \frac{W_B \times \cos \theta}{L_T} + W_B \times \sin \theta + \frac{F_{WT} \times \sin \beta_D}{L_T} \times (L_T - L_{WT}) \right]$$

DONDE:

$F_{SS}$  = FUERZA LATERAL SOBRE EL PRIMER ESTABILIZADOR ONDULADO, KG.

$R$  = DISTANCIA RADIAL A LA CUAL LA FUERZA REACTIVA DE LA FORMACIÓN ES DESPLAZADA DEL EJE DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, M.

$W_B$  = PESO APLICADO SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN, KG.

$\beta_D$  = ÁNGULO DE DESVIACIÓN (MEDIDO DE LA VERTICAL AL CENTRO DE MASA), GRADOS.

$F_{WT}$  = FUERZA LATERAL DEL PESO DE LOS ELEMENTOS DE PERFORACIÓN, SOPORTADO POR LA BARRENA Y LA JUNTA DEL ESTABILIZADOR ONDULADO, KG.

$L_{WT}$  = DISTANCIA DE LA JUNTA DEL PRIMER ESTABILIZADOR ONDULADO AL CENTRO DE MASA DE LOS ELEMENTOS DE PERFORACIÓN, M.

HASTA AHORA SE HAN MENCIONADO LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO HORIZONTAL, A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UN ANÁLISIS DE CADA UNO DE ÉSTOS Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA PODER CUANTIFICARLOS, CON EL OBJETIVO DE ENCONTRAR SOLUCIONES ESPECÍFICAS PARA CONTRARRESTARLOS. DICHS PROBLEMAS QUEDAN ENGLOBALADOS EN LAS SIGUIENTES CUATRO SECCIONES.

- I) PROBLEMAS PARA SACAR Y METER TUBERÍA DE PERFORACIÓN, TUBERÍA DE REVESTIMIENTO Y LÍNEAS DE ACERO EN EL POZO, ESPECIALMENTE CUANDO EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN HA ALCANZADO GRANDES VALORES.
- II) EN ESTE TIPO DE POZOS SE ACENTÚA EL FENÓMENO DE PEGADURA DIFERENCIAL, TANTO DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN COMO DE LA DE REVESTIMIENTO.
- III) REDUCCIÓN DRÁSTICA DE LA CAPACIDAD QUE TIENE EL FLUIDO DE PERFORACIÓN PARA REMOVER LOS RECORTES DE LA FORMACIÓN, DEBIDO AL ASENTAMIENTO DE ÉSTOS.
- IV) DIFICULTAD PARA CONTROLAR EL PESO SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN USADO, ASÍ COMO DE LA DIRECCIÓN DE AVANCE.

## 1. MOVIMIENTO DESCENDENTE DE TUBERÍA O LÍNEAS DE ACERO.

A MEDIDA QUE EL POZO PERFORADO VA TORNÁNDOSE MÁS INCLINADO, SIMULTÁNEAMENTE LA COMPONENTE DEL PESO DE LA SART A LO LARGO DEL EJE DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN VA DECRECIENDO, AUNADO A ÉSTO LA FUERZA DE FRICCIÓN POR ARRASTRE SE INCREMENTA; LO MISMO SUCEDE SI SE ESTÁ BAJANDO CON TUBERÍA DE REVESTIMIENTO O CON LÍNEA DE ACERO.

PARA SIMPLIFICAR Y ENTENDER ESTE PROCESO NOS APOYAREMOS EN LA FIGURA No. 3,9, LA CUAL REPRESENTA UN SISTEMA DE FUERZAS. EN ESTA FIGURA EL CUERPO RECTANGULAR

DESLIZÁNDOSE POR UNA RAMPA, REPRESENTA A UNA SECCIÓN - DE TUBERÍA DE PERFORACIÓN, CUALQUIER HERRAMIENTA, SONDA DE ALGÚN REGISTRO O LÍNEA DE ACERO. PARA ESTE -- ANÁLISIS NO SE CONSIDERARON LOS EFECTOS DINÁMICOS.

EN LA FIGURA NO. 3.9 SE APRECIA QUE LA FUERZA HACIA -- ABAJO DEBIDA A LA FUERZA DE GRAVEDAD SOBRE LA MASA DEL RECTÁNGULO, ES EL PESO DE ÉSTE (W), LA COMPONENTE DE - ESTE PESO SOBRE LA LÍNEA NORMAL AL PLANO DE LA RAMPA - ES  $W \times \text{SEN } \theta$ , Y LA RESISTENCIA AL RESBALAMIENTO DEL - CUERPO RECTÁNGULAR ES, EL PRODUCTO DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN APARENTE  $C_F$ , Y LA FUERZA NORMAL A LA RAMPA, -  $C_F \times W \times \text{SEN } \theta$ . MIENTRAS QUE, LA TENDENCIA AL RESBA LAMIENTO DEL CUERPO RECTÁNGULAR SOBRE LA RAMPA ES OCA SIONADO POR LA FUERZA  $W \times \text{COS } \theta$  Y SERÁ MAYOR ESTE RES BALAMIENTO A MEDIDA QUE  $W \times \text{COS } \theta$  SEA MAYOR QUE  $C_F \times W \times \text{SEN } \theta$ .

PARA BALANCEAR ESTE SISTEMA DE FUERZAS, ES INTRODUCIDA LA CARGA AXIAL AL, POR LO QUE:

$$AL + C_F \times W \times \text{SEN } \theta = W \times \text{COS } \theta$$

$$AL = W \times ( \text{COS } \theta - C_F \times \text{SEN } \theta )$$

DE LA EXPRESIÓN ANTERIOR SE DETERMINA QUE, LA TENDENCIA AL MOVIMIENTO DESCENDENTE SOBRE LA RAMPA SERÁ TAN GRAN DE COMO AL SEA MAYOR A CERO.

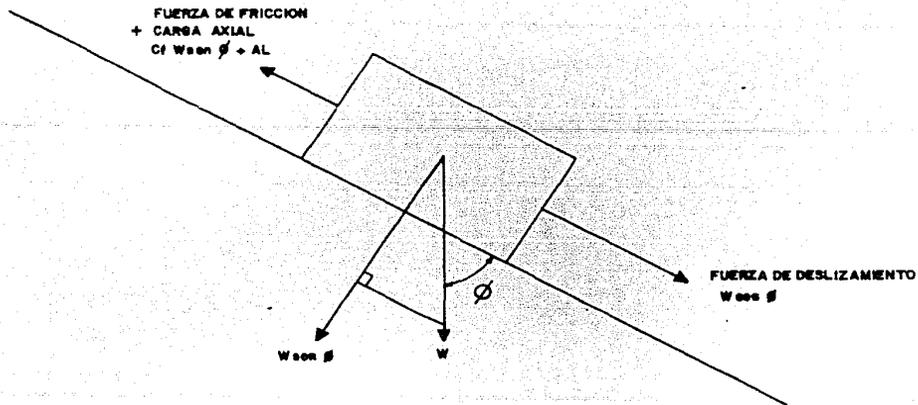


FIG. 3.9 SISTEMA DE FUERZAS QUE REPRESENTA UNA SECCION DE TUBERIA , HERRAMIENTA SONDA O LINEA DE ACERO EN UN POZO DESVIADO.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA LA TABLA NO. 3.2, EN LA CUAL SE ENLISTAN RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR EL VALOR DEL PORCENTAJE DISPONIBLE PARA HACER DESLIZAR EL CUERPO RECTÁNGULAR RAMPA ABAJO, CONSIDERANDO QUE EL VALOR DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN Y EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN SON CONOCIDOS. ESTOS MISMOS VALORES SON GRAFICADOS EN LA FIGURA NO. 3.10, EN ESTA FIGURA POR EJEMPLO, SE NOTA QUE EL DESPLAZAMIENTO DE LA TUBERÍA OCURRE SI SE TIENE UN ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE VEINTE GRADOS, CON UN COEFICIENTE DE FRICCIÓN DE 0.4, ÉSTO SE DEBE A QUE EL 80% DEL PESO DE LA TUBERÍA ESTÁ DISPONIBLE PARA EMPUJAR AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN HACIA ABAJO. MAS SIN EMBARGO, SE NOTA TAMBIÉN QUE EL DESPLAZAMIENTO DE LA TUBERÍA SE DETENDRÁ CUANDO EL POZO TENGA UN ÁNGULO DE 70 GRADOS, PARA ESTE MISMO COEFICIENTE DE FRICCIÓN ( $C_f = 0.4$ ), A PARTIR DE AQUÍ, DEBERÁ DE EXISTIR UNA FUERZA EXTERNA QUE CONTINÚE CON EL IMPULSO SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN.

DE LO ANTERIOR, CONCLUIMOS QUE, DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN GRANDEMENTE DESVIADA DEL POZO, DEBE DE EVITARSE LA FRICCIÓN POR ARRASTRE YA QUE ESTA ACCIÓN PERMITE REDUCIR AL MÍNIMO EL EFECTO DE BUCLEO DE LA TUBERÍA, CON LO CUAL SE INCREMENTA LA POSIBILIDAD DE DAR PESO AL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN Y POR LO TANTO, EMPUJAR A LA TUBERÍA. PARA LOGRAR ÉSTO SE RECOMIENDA

INCLINACION DE LA TRAMPA EN GRADOS ( $\theta$ )	COEFICIENTE DE FRICCIÓN $C_f$								
	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
	PORCENTAJE DE FUERZA DISPONIBLE (PESO)								
10	98	97	96	95	93	92	90	88	86
20	92	91	89	87	84	80	77	73	70
30	84	82	79	77	72	67	62	57	52
35	79	76	73	70	65	59	53	48	42
40	73	70	67	64	57	51	44	38	32
45	67	64	60	57	49	42	35	28	21
50	60	57	53	49	41	34	26	18	11
55	53	49	45	41	33	25	16	8	--
60	46	41	37	33	24	15	7	--	--
65	38	33	29	24	15	6	--	--	--
70	30	25	20	15	6	--	--	--	--
75	21	16	11	7	--	--	--	--	--
80	12	8	3	--	--	--	--	--	--
85	4	--	--	--	--	--	--	--	--

TABLA 3.2

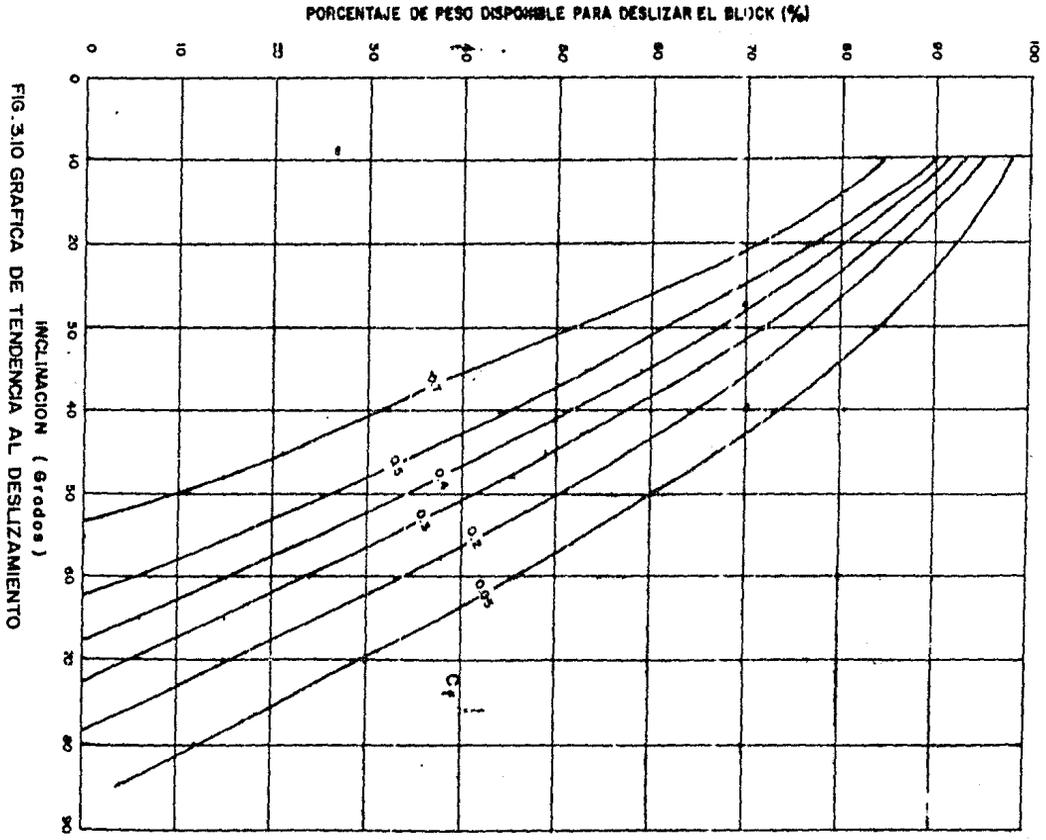


FIG. 3.10 GRAFICA DE TENDENCIA AL DESLIZAMIENTO

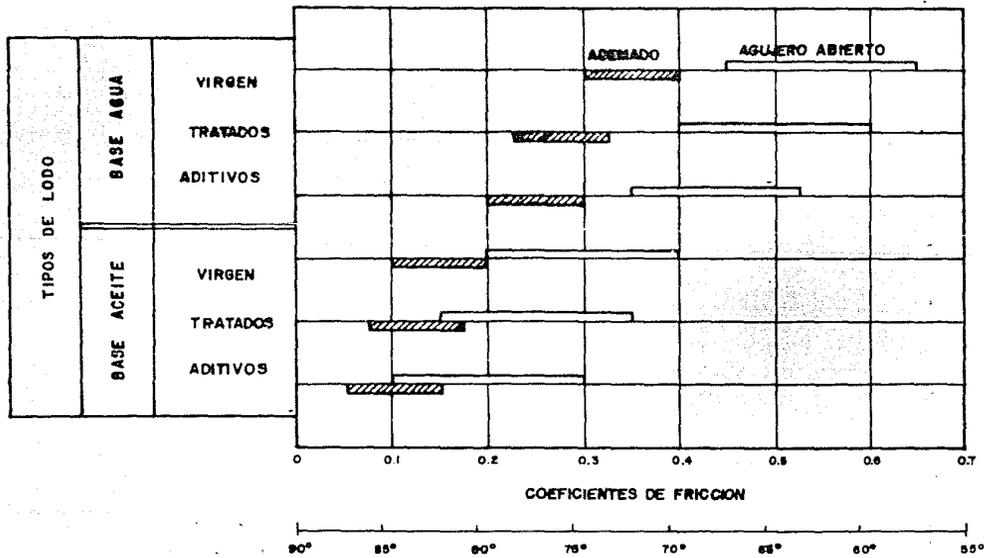


FIG. 3.II COEFICIENTES DE FRICCION Y ANGULOS DE INCLINACION DE RESBALAMIENTO NATURAL

TOMAR EN CUENTA QUE EXISTE TANTO LA FRICCIÓN POR ARRAS-  
TRE TORSIONAL COMO EL OCASIONADO POR EL ARRASTRE AXIAL  
A LO LARGO DEL POZO.

PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE PERFORAR EN FORMA CONTROLA-  
DA POZOS CON ALTO GRADO DE DESVIACIÓN, SE DEBEN DE DI-  
SEÑAR LODOS DE CONTROL QUE PROPORCIONEN UN DECREMENTO  
SIGNIFICANTE TANTO EN LA FRICCIÓN AXIAL COMO EN LA TOR-  
SIÓN, ÉSTO SE LOGRA POR MEDIO DE LA REDUCCIÓN DEL COE-  
FICIENTE DE FRICCIÓN  $C_F$ . LOS ESTUDIOS REALIZADOS Y  
LAS PRUEBAS DE CAMPO NOS INDICAN QUE EL MÁX BAJA COEFI-  
CIENTE DE FRICCIÓN QUE SE PUEDE ALCANZAR ES DE 0.1, LA  
FIGURA No. 3.11 NOS REPRESENTA LOS RESULTADOS DE EXPE-  
RIMENTOS REALIZADOS PARA DETERMINAR A QUE ÁNGULO DE -  
DESVIACIÓN EL RESBALAMIENTO NATURAL DE LA TUBERÍA SE -  
DETIENE, CONSIDERANDO EL TIPO DE FLUIDO UTILIZADO Y -  
LAS CARACTERÍSTICAS DEL POZO (INCLINACIÓN, ADEMADO, -  
AGUJERO ABIERTO, ETC.), . PODEMOS COMPARAR QUE CON --  
COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE 0.1 A 0.3 CON LODO BASE -  
ACEITE TRATADO CON ADITIVOS, LA GRAVEDAD TODAVÍA ES -  
CAPAZ DE PROPORCIONAR UNA FUERZA AXIAL PARA EMPUJAR A  
LA TUBERÍA EN UN POZO CON INCLINACIÓN MAYOR A 75 GRA--  
DOS. ADEMÁS NO HAY QUE PERDER DE VISTA QUE LA PER--  
FORACIÓN ES AÚN POR ROTACIÓN CONVENCIONAL DE TODA LA -  
SARTA DE PERFORACIÓN GRACIAS AL USO DEL LODO TRATADO -  
BASE ACEITE, EL CUAL CUMPLE CON LA CONDICION DE MINIMI

ZAR EL ARRASTRE POR MEDIO DE UNA REDUCCIÓN EN EL VALOR DE  $C_F$ .

EN CUANTO AL PROCEDIMIENTO PARA MINIMIZAR EL ARRASTRE AXIAL, SE PARTE DE LA PREMISA QUE POSTULA QUE: LA FUERZA DE FRICCIÓN SE OPONE AL MOVIMIENTO Y POR CONSIGUIENTE DICHA FUERZA TIENE DIRECCIÓN CONTRARIA AL VECTOR VELOCIDAD. LA FIGURA No. 3.12 ILUSTR A LOS VECTORES COMPONENTES DE LA VELOCIDAD EN UN PUNTO DE LA SUPERFICIE DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN, LA CUAL TIENE UN MOVIMIENTO DESCENDENTE Y ROTATORIO DURANTE EL PROCESO DE PERFORACIÓN.

EN ESTA FIGURA TENEMOS QUE:

$V_C$  : COMPONENTE DE VELOCIDAD DEBIDA A LA ROTACIÓN DE LA TUBERÍA.

$V_A$  : COMPONENTE DE VELOCIDAD DEBIDA AL MOVIMIENTO DESCENDENTE DE LA TUBERÍA.

$V_R$  : VECTOR VELOCIDAD RESULTANTE, DEBIDO A  $V_C$  Y  $V_A$ .

DE ESTE ANÁLISIS SE ESTABLECE QUE LA DIRECCIÓN DE  $V_R$  ES CONOCIDA, EN CONSECUENCIA LA DIRECCIÓN DE LA FUERZA DE FRICCIÓN POR ARRASTRE TAMBIÉN ES CONOCIDA, ES DECIR, ES COLINEAL A  $V_R$  PERO EN DIRECCIÓN CONTRARIA. ADEMÁS, DEBIDO A QUE LOS COMPONENTES DE LA FRICCIÓN POR TORSIÓN

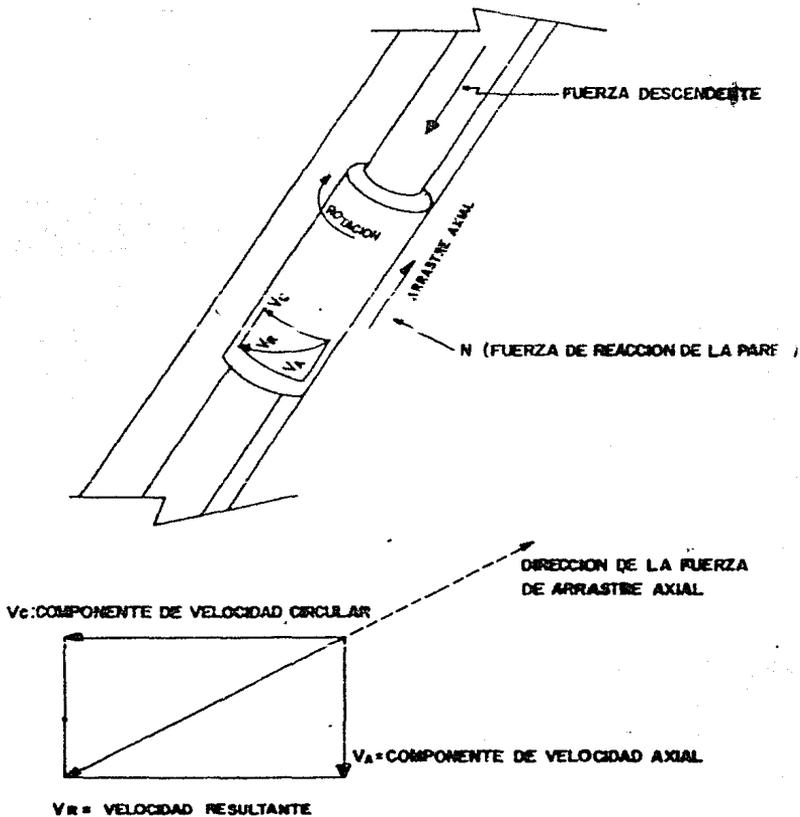


FIG. 3.12 COMPONENTES DE VELOCIDAD DE UN PUNTO CUALQUIERA DE UNA TUBERIA DURANTE LA PERFORACION.

SON DIRECTAMENTE PROPORCIONALES A SUS RESPECTIVAS CONTRAPARTES DE VECTORES VELOCIDAD, LA DIRECCIÓN DE LA FUERZA DE FRICCIÓN POR ARRASTRE PUEDE SER MODIFICADA, ES DECIR, CUANDO SE METE O SACA TUBERÍA DEL POZO, EL ARRASTRE AXIAL PUEDE SER REDUCIDO, ESTO SE LOGRA INCREMENTANDO LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA TUBERÍA, CON LO QUE SE PROPICIA QUE EL COMPONENTE DE ARRASTRE AXIAL SE MANTENGA TAN BAJO COMO SEA POSIBLE, ÉSTO HA SIDO OBSERVADO EN TRABAJOS DE CAMPO CON EQUIPOS DE PERFORACIÓN CONVENCIONALES.

SI A ESTE PROCEDIMIENTO LE AUNAMOS UNA HIDRÁULICA EFICIENTE CON EL FLUIDO DE PERFORACIÓN IDÓNEO, SE PROPICIARÁ QUE SIEMPRE EXISTA UNA PELÍCULA EN LA INTERFASE DE LA TUBERÍA Y LA PARED DEL POZO, CON LO CUAL SE CONSEGUIRÁ MANTENER UN COEFICIENTE DE FRICCIÓN MÍNIMO Y TAMBIÉN REDUCIR LA TENDENCIA A LA ACUMULACIÓN DE RECORTES DE LA FORMACIÓN.

EN EL BALANCE DE FUERZAS PLANTEADO SE OBSERVA QUE, PARA LA CARGA AXIAL  $AL$ , LA FRICCIÓN POR ARRASTRE AXIAL ESTE DADA POR  $C_f \times W \times \text{SEN } \theta$ . UNA REDUCCIÓN EN EL PESO DE LA SARTA ( $W$ ), CAUSA UN DECREMENTO FAVORABLE EN EL ARRASTRE AXIAL, PERO A LA VEZ, PRODUCE UNA REDUCCIÓN INDESEABLE EN EL COMPONENTE DEL PESO DE LA TUBERÍA EL CUAL SIRVE PARA EMPUJAR A LA SARTA DENTRO DEL POZO,

COMO UN MEDIO ALTERNO PARA LOGRAR REDUCIR LAS FUERZAS DE FRICCIÓN POR ARRASTRE, SE ENCUENTRA EL USO DE TUBERÍA DE PERFORACIÓN DE ALUMINIO CON JUNTAS DE ACERO, CON ESTO SE CONSIGUE UNA REDUCCIÓN EN EL PESO DE LA SARTA Y CONSECUENTEMENTE REDUCCIONES EN EL ARRASTRE AXIAL Y EL TORQUE, SIN QUE POR ESTO SE SACRIFIQUE LA INTEGRIDAD DE LA SARTA DE PERFORACIÓN. LA TABLA No. 3.3 MUESTRA UNA COMPARACIÓN ENTRE LA TUBERÍA DE ALUMINIO Y LA DE ACERO, Y SE OBSERVA QUE LAS PROPIEDADES Y GEOMETRÍA DE AMBAS SON SIMILARES CON EXCEPCIÓN DEL PESO DE FLOTACIÓN Y EL MÓDULO DE ELASTICIDAD. DEBIDO A QUE EL ALUMINIO TIENE UN MÓDULO DE ELASTICIDAD MENOR QUE EL DE ACERO, LA SARTA DE PERFORACIÓN DE ALUMINIO EXPERIMENTA UNA ELONGACIÓN AXIAL MAYOR QUE LA SARTA DE ACERO. ÉSTAS DOS MODIFICACIONES EN LOS PARÁMETROS DE PERFORACIÓN NO SON CAUSAS PARA IMPEDIR EL USO DE LAS SARTAS DE TUBERÍA DE ALUMINIO.

COMO SE NOTA CLARAMENTE EN LA TABLA No. 3.3, EL PESO DE LA SARTA DE ALUMINIO ES MUCHO MENOR QUE LA DE ACERO, POR LO CUAL, BAJO CONDICIONES NORMALES DE PERFORACIÓN, ES DECIR CON FLUIDOS DE CONTROL CON DENSIDAD PROMEDIO DE 12 LB/GAL (1.45 GR./CM<sup>3</sup>.) LA REDUCCIÓN EN EL PESO ES DEL 50% APROXIMADAMENTE, POR LO QUE, TANTO LA FRICCIÓN COMO EL ARRASTRE AXIAL Y TORSIONAL DEBIDA AL PESO DE LA TUBERÍA SE REDUCE APROXIMADAMENTE A LA MITAD, Y

	TUBERIA ACERO GRADO E	TUBERIA ALUMINIO
DIÁMETRO EXTERNO, PG.	5	5.15
DIÁMETRO INTERNO, PG.	4.28	4.10
DIÁMETRO EXTERNO DE LA JUNTA, PG.	7	8
PESO NOMINAL (CON JUNTA),LB/PIE:		
EN EL AIRE	21.4	13.9
EN LODO DE 10 LB/GAL.	18.1	9.2
EN LODO DE 12 LB/GAL.	17.5	8.2
EN LODO DE 14 LB/GAL.	16.8	7.3
RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA, LB.	13 000	11 400
RESISTENCIA A LA TENSIÓN, LB.	396 000	442 000
RESISTENCIA A LA TORSIÓN PIE/LB.	41 000	43 000
COLAPSO, LB/PG. <sup>2</sup>	8 100	9 500
MÓDULO DE ELASTICIDAD, 10 <sup>4</sup> LB/PG <sup>2</sup> ,	30	10.6

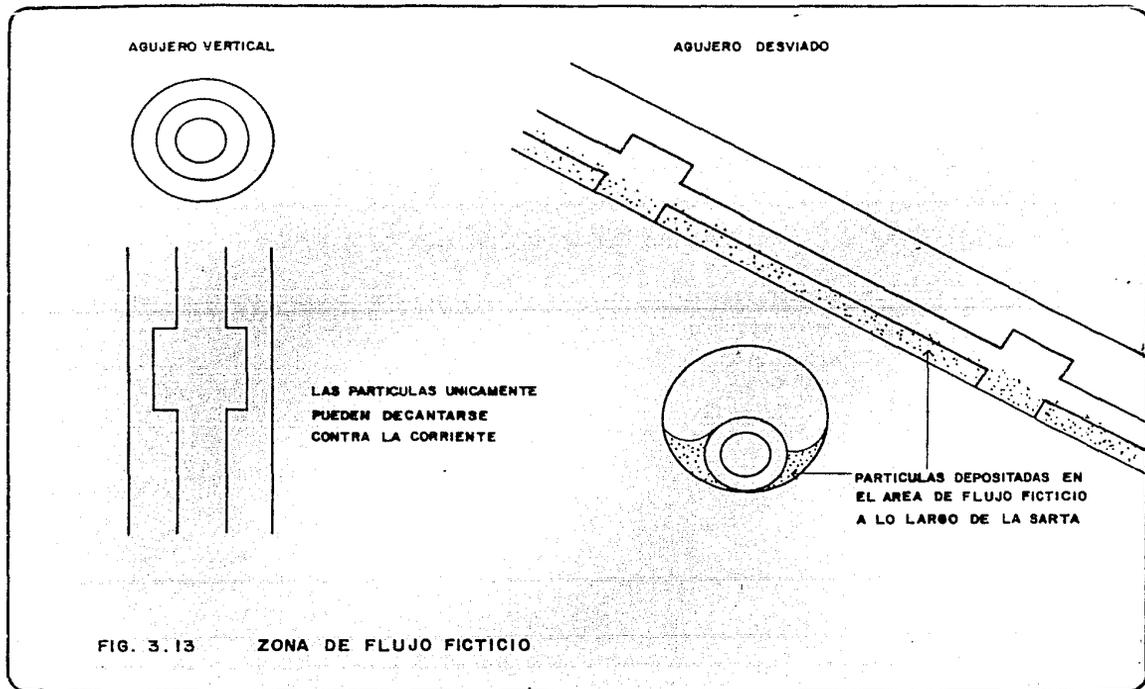
TABLA 3.3

POR LO PLANTEADO ANTERIORMENTE ESTA DISMINUCIÓN EN LA FRICCIÓN ES DE VITAL IMPORTANCIA PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO DE PERFORAR POZOS ALTAMENTE DESVIADOS, CON UN MÁRGEN ALTO DE SEGURIDAD TÉCNICA.

#### LIMPIEZA DEL POZO Y PEGADURAS DE LA SARTA.

DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN CURVA Y HORIZONTAL DEL POZO, UN GRAN PROBLEMA QUE SE DEBE SUPERAR ES EL DE LA REMOSIÓN DE RECORTES DE UNA MANERA EFECTIVA, CON EL FIN DE EVITAR QUE ESTOS COALEZCAN EN LAS SECCIONES BAJAS DEL POZO.

EL PROBLEMA SE PRESENTA DEBIDO A QUE LOS RECORTES SOLAMENTE VIAJAN UNA DISTANCIA CORTA POR EL ESPACIO ANULAR, ANTES DE PRECIPITARSE Y QUEDAR FUERA DEL FLUJO DE LA CORRIENTE, DEPOSITÁNDOSE EN LA PARTE BAJA DEL AGUJERO, GENERÁNDOSE ASÍ, UNA ÁREA DE "FLUJO FICTICIO" A LO LARGO DE LA TUBERÍA. ÉSTA ÁREA ESTÁ REPRESENTADA EN LA FIGURA No. 3.13, EN ESTE ESQUEMA TAMBIÉN SE REPRESENTA UNA SECCIÓN DE LA PARTE VERTICAL DEL POZO, PARA EL CUAL, NO EXISTE LA ZONA DE FLUJO FICTICIO, YA QUE DE PRECIPITARSE LOS RECORTES, ESTOS DARÍAN CONTRA LA CORRIENTE DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN, CUYA VELOCIDAD EN UN SISTEMA HIDRÁULICO NORMAL, ES MAYOR A LA VELOCIDAD DE ASENTAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS. REGRESANDO AL CA



SO EN EL QUE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS SE HAN DEPOSITADO, ESTO DEBE EVITARSE A TODA COSTA, YA QUE OTROS PROBLEMAS SURGIRÁN COMO CONSECUENCIA DE ESTE FENÓMENO. TALES PROBLEMAS SECUNDARIOS SON: REDUCCIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA Y PEGADURAS DIFERENCIALES DE LA SARTA DE PERFORACIÓN, PRINCIPALMENTE.

LA PEGADURA DE LAS TUBERÍAS ES UN RIESGO MUY GRANDE QUE DEBE EVITARSE, YA QUE TANTO LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN COMO LA DE REVESTIMIENTO TIENEN UNA FUERTE TENDENCIA A YACER SOBRE EL LADO BAJO DEL AGUJERO EN LA REGIÓN EN LA CUAL LOS RECORTES DE LA FORMACIÓN GENERALMENTE SE ACUMULAN. EN LA FIGURA No. 3,14 SE REPRESENTA ESTE EFECTO. DE ESTA MISMA FIGURA SE DEDUCEN LAS SIGUIENTES EXPRESIONES:

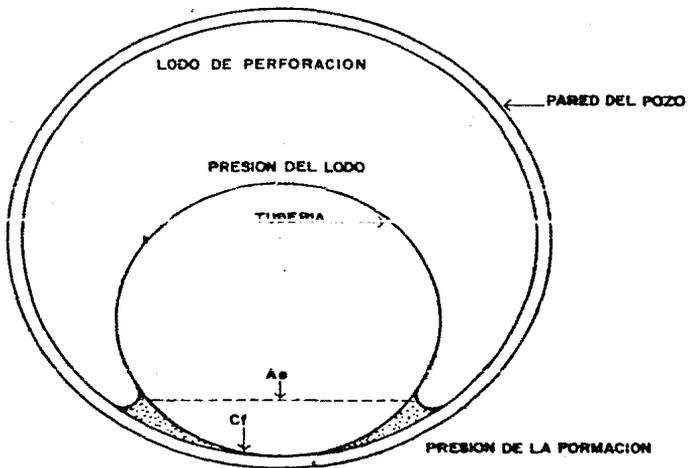
$$\text{PRESIÓN DIFERENCIAL} = \Delta P = P_{\text{LODO}} - P_{\text{FORMACIÓN}}$$

$$\text{FUERZA DE ADHESIÓN} = \Delta P \times A_C$$

$$\text{ARRASTRE DE LA PEGADURA} = \Delta P \times A_C \times C_F$$

COMO UN MEDIO PARA SOLUCIONAR ESTOS PROBLEMAS Y OBTENER UNA LIMPIEZA ACEPTABLE DEL AGUJERO, ASÍ COMO UNA REDUCCIÓN EN LA TENDENCIA DE LAS PEGADURAS DIFERENCIALES DE TUBERÍA, SE INTRODUCE EL USO DE JUNTAS EXCÉNTRI

SECCION TRANSVERSAL DE UN POZO DESVIADO



PRESION DIFERENCIAL =  $\Delta P = P_{\text{LODO}} - P_{\text{FORMACION}}$

FUERZA DE PEGADURA =  $\Delta P \cdot A_c$

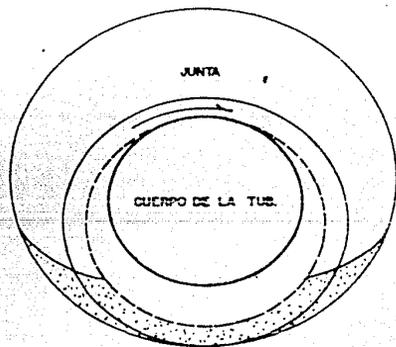
FRICCION POR LA PEGADURA =  $\Delta P \cdot A_c \cdot C_f$

FIG. 3.14 PEGADURA DIFERENCIAL DEBIDA AL RECOSTAMIENTO DE LA TUBERIA.

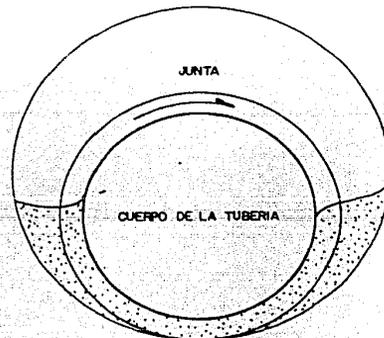
CAS PARA LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN, DICHAS JUNTAS TIENEN LA MISMA CONSTRUCCIÓN Y GEOMETRÍA DE UNA JUNTA CONVENCIONAL CON LA EXCEPCIÓN DE QUE ÉSTAS CUENTAN CON UNA SECCIÓN TRANSVERSAL EXCÉNTRICA TANTO PARA EL PIÑÓN COMO PARA LA CAJA. LA EXCENTRICIDAD EN LAS JUNTAS -- OCASIONA UN EFECTO DE LEVA, CON LO QUE SE LOGRA LA AGITACIÓN Y POR LO TANTO LA EXPOSICIÓN DE LOS RECORTES DEPOSITADOS EN EL POZO A LA CORRIENTE DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN, A MEDIDA QUE LA SARTA GIRA. CON ESTO SE LOGRA QUE LAS PARTÍCULAS QUE SE DEPOSITAN EN LA PARTE BAJA DEL POZO SEAN MÁS FACILMENTE LEVANTADAS E INCORPORADAS AL FLUJO DEL LODO.

ASIMISMO, LAS JUNTAS EXCÉNTRICAS ACTÚAN DURANTE CADA ROTACIÓN COMO UN LIMITANTE DEL ÁREA PRESURIZADA  $A_c$  DE LA TUBERÍA (REPRESENTADA EN LA FIGURA No. 3.14), ESTO ES, AL PASAR LA PARTE CON MÁS ESPESOR POR LA SECCIÓN BAJA DEL POZO. TODAS ESTAS CARACTERÍSTICAS QUEDAN REPRESENTADAS EN LA FIGURA No.3.15. LAS PEGADURAS DIFERENCIALES EN EL CUERPO DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN SE ELIMINARÁ SI EL PESO DE LA TUBERÍA SE CARGA SOBRE LAS JUNTAS EXCÉNTRICAS DE TAL MANERA QUE EL CUERPO DE LA TUBERÍA NO HAGA CONTACTO CON LAS PAREDES DEL POZO.

DEBIDO A QUE EXISTE MUY Poca INFORMACIÓN CON RESPECTO AL DISEÑO DE SARTAS DE PERFORACIÓN CON JUNTAS EXCÉNTRI



JUNTA EXCENTRICA



JUNTA CONCENTRICA

FIGURA 3.15 LIMPIEZA DEL POZO CON JUNTAS EXCENTRICAS

CAS, MUCHAS PREGUNTAS CON RESPECTO A LAS CARACTERÍSTICAS DE LA SARTA AÚN NO TIENEN UNA RESPUESTA CONFIABLE, MAS SIN EMBARGO, ALGUNOS ESTUDIOS TEÓRICOS ASÍ COMO -- PRUEBAS DE CAMPO INDICAN UN RANGO ACEPTABLE DE SEGURIDAD EN LAS VELOCIDADES DE ROTACIÓN Y EN LOS NIVELES DE ESFUERZO. TAMPOCO SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS EN LA INTERFASE DEL CUERPO DE LA TUBERÍA DE ALUMINIO Y EL ACERO DE LA JUNTA EXCÉNTRICA, DESDE QUE SE INICIÓ SU USO EN EL CAMPO.

#### PESO SOBRE LA BARRENA.

LA APLICACIÓN Y CONTROL DE PESO SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN SE CONVIERTE EN UN PARÁMETRO CRÍTICO A MEDIDA QUE EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN DEL POZO SE INCREMENTA, EN PRÁCTICAS DE CAMPO, COMO YA SE ESPECIFICÓ CON ANTERIORIDAD SE EMPLEAN TUBOS LASTRABARRENAS O TUBERÍA EXTRAPESADA PARA DAR PESO A LA BARRENA CUANDO AÚN EL ÁNGULO DEL POZO LO PERMITE. EL CASO MÁS COMÚN ES EL USO DE MOTORES DE FONDO CUANDO A LA BARRENA NO PUEDE APLICARSELE PESO POR MÉTODOS CONVENCIONALES.

UNA MANERA DE PROPORCIONAR PESO A LA BARRENA ES EMPLEANDO UN "TUBO LASTRABARRENA HIDRÁULICO" EN COMBINACIÓN CON UN MOTOR DE FONDO, ESTA HERRAMIENTA PRÁCTICAMENTE

NO HA SIDO COMERCIALIZADA A PESAR DE QUE TIENE 26 AÑOS DE HABER SIDO DISEÑADA Y APROBADA EN EL CAMPO. ESTA - HERRAMIENTA, SE DIVIDE EN TRES SECCIONES: LA SECCIÓN DE PESO SOBRE LA BARRENA, LA DE ASIMIENTO A LA PARED - DEL POZO Y LA SECCIÓN DE INICIO AUTOMÁTICO DE FUNCIONA MIENTO. UNA VEZ QUE SE HA ANCLADO A LA HERRAMIENTA, LA UNIDAD RECIBE POTENCIA DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN EL CUAL ACTIVA LOS EMPAQUES O ZAPATAS, ACCIONANDO UN PIS TÓN HIDRÁULICO EL CUAL DESARROLLA UNA FUERZA AXIAL QUE PROPORCIONAN EL EMPUJE NECESARIO A LA BARRENA PARA PER FORAR. DE ESTA MANERA LA LONGITUD TOTAL DE AVANCE - DE LA BARRENA ESTA LIMITADO POR LA LONGITUD DE LA CA RRERA DEL PISTÓN. LA SECCIÓN DE REINICIO AUTOMÁTICO ES LA ENCARGADA DE SINCRONIZAR LAS ACCIONES PARA QUE - EL PISTÓN EMPUJE AXIALMENTE Y LAS ANCLAS PROPORCIONEN UN EMPUJE CONSTANTE, INTERRUMPIDO SOLO POR POCOS SEGU N DOS CUANDO SE INICIA UNA NUEVA CARRERA DEL PISTÓN DEL TUBO LASTRABARRENA HIDRÁULICO. EN LA FIGURA No. 3.16 SE REPRESENTA UN ESQUEMA DE LA SARTA DE PERFORACIÓN - EMPLEANDO UN LASTRABARRENA HIDRÁULICO.

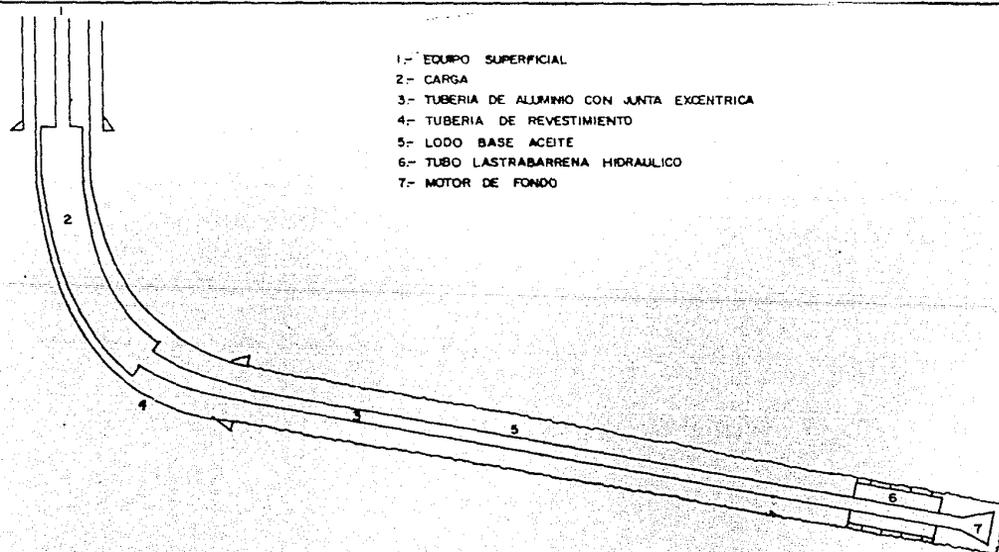


FIGURA 3.16 PROGRAMA DE UNA SARTA EMPEANDO LASTRABARRENA HIDRAULICO

## C A P I T U L O   I V

### APLICACIONES DE LOS POZOS HORIZONTALES

NO CABE DUDA QUE LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES O CASI HORIZONTALES HA INCREMENTADO LA CANTIDAD DE YACIMIENTOS QUE AHORA PUEDEN SER EXPLOTADOS COMERCIALMENTE, ESTO SE DEBE - PRINCIPALMENTE A LA INVERSIÓN DE CAPITAL PARA EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA, LOS INCENTIVOS PARA QUE ESTO OCURRIERA - SON MUY VARIADOS TAL COMO, NUEVOS MÉTODOS DE RECUPERACIÓN - MEJORADA, EL INTERÉS POR EL APROVECHAMIENTO DE YACIMIENTOS DE DIFÍCIL EXPLOTACIÓN POR MÉTODOS CONVENCIONALES, ETC., -- TODO ESTO PROPICIADO POR LA SOBREDEMANDA DE HIDROCARBUROS A NIVEL MUNDIAL EN LA DECADA DE LOS SETENTAS Y EL INCREMENTO EN LOS PRECIOS DE ÉSTOS.

LAS VENTAJAS QUE SE ESPERAN OBTENER CON LA PERFORACIÓN DE UN POZO DE TIPO HORIZONTAL SE PUEDEN ENGLOBALAR EN LOS SIGUIENTES PUNTOS PRINCIPALES:

1. INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL POZO, COMO UN RESULTADO DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE ÉSTE DENTRO DEL YACIMIENTO, ES DECIR MAYOR ÁREA DEL YACIMIENTO EXPUESTA AL FLUJO, COMPORTAMIENTO LINEAL DE DICHO FLUJO Y COMPORTAMIENTO DEL POZO COMO UN CANAL DE ALTA CONDUCTIVIDAD,

2. COMO CONSECUENCIA DE LA GEOMETRÍA DEL POZO DENTRO DEL YACIMIENTO, SE OBTENDRÁ UN INCREMENTO EN EL VOLUMEN FINAL RECUPERADO, YA QUE DE ESTA MANERA SE ATRAVESARÁN MÚLTIPLES FRACTURAS EN DIRECCIÓN INDEPENDIENTE DEL RÉGIMEN DE ESFUERZOS DE LAS FORMACIONES LOCALES, SIENDO MÁS SIGNIFICANTE ESTE EFECTO EN YACIMIENTOS DE ROCA COMPACTA.
  
3. EL INCREMENTO EN LA RECUPERACIÓN FINAL TAMBIÉN SE VERÁ FAVORECIDO POR LA REDUCCIÓN EN LA CONIFICACIÓN DE AGUA Y GAS, COMO FUNCIÓN DIRECTA DEL PATRÓN DE FLUJO, ASÍ COMO TAMBIÉN REDUCE EL GRADIENTE DE PRESIÓN VERTICAL PARA CONSERVAR LA ENERGÍA DEL YACIMIENTO Y MINIMIZAR LA CONIFICACIÓN DE FLUIDOS. LA FIGURA No. 4.1 MUESTRA COMO EN UN POZO HORIZONTAL SE AGRANDA EL RADIO DE DRENE DEBIDO A UN INCREMENTO EN EL ÁREA DEL POZO EXPUESTO A LA FORMACIÓN Y EN CONSECUENCIA DE ESTA GEOMETRÍA LA CONIFICACIÓN DE AGUA ES MENOR.
  
4. LOS POZOS PERFORADOS HORIZONTALMENTE Y DE MANERA CONTROLADA REPRESENTAN UNA OPCIÓN PARA LA EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS DELGADOS, POR LO QUE UNA TERMINACIÓN MÚLTIPLE ES FACTIBLE DE SER APLICADA EN YACIMIENTOS LENTICULARES O ESTRATIFICADOS. LA FIGURA No. 4.2 REPRESENTA UN YACIMIENTO TEÓRICO DE ESTAS CARACTERÍSTICAS.

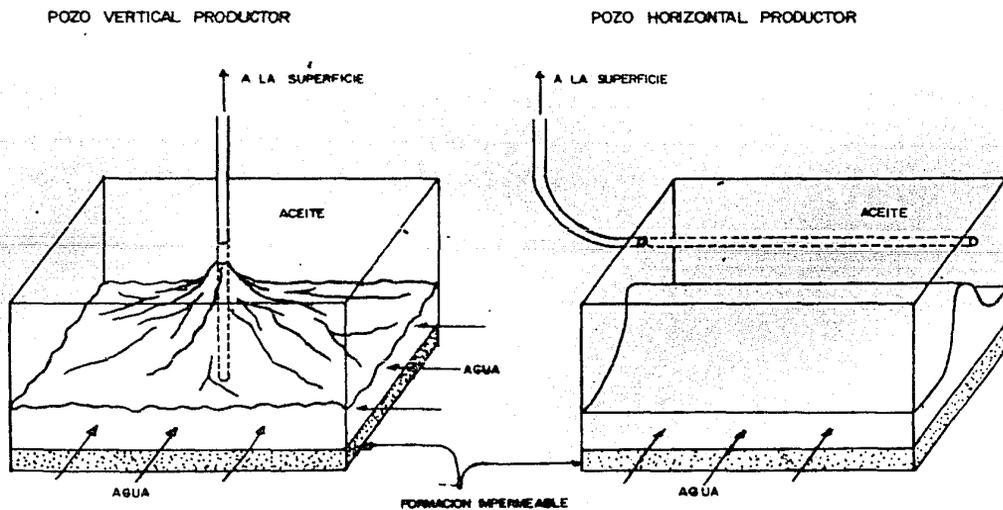


FIGURA 4.1 LOS POZOS HORIZONTALES INCREMENTAN EL VOLUMEN CILINDRICO EXPUESTO A LA FORMACION

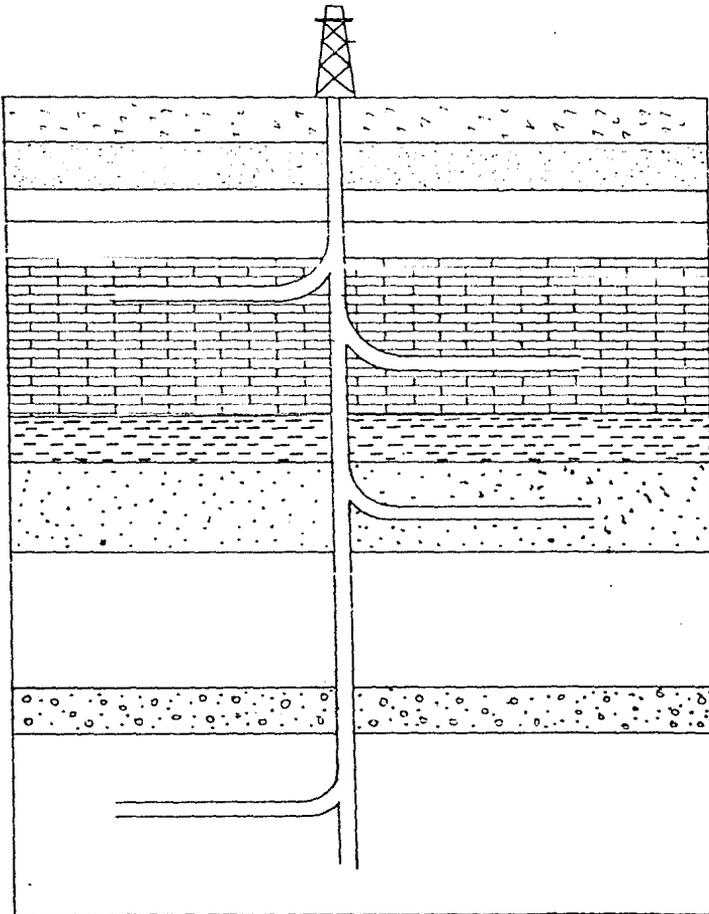


FIGURA 4.2 REPRESENTACION TEORICA DE UNA TERMINACION MULTIPLE

5. REPRESENTAN UNA VALIOSA HERRAMIENTA PARA SER EMPLEADOS EN MÉTODOS DE RECUPERACIÓN MEJORADA TAL COMO INYECCIÓN DE VAPOR, YA QUE MEJORAN LA INYECTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE BARRIDO.
6. SON AUXILIARES EN ESTUDIOS MAGNÉTICOS NATURALES Y DE HERRAMIENTAS. Y PERMITEN LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS CONFIABLES DE YACIMIENTOS CON LITOLOGÍAS LATERALES NO HOMOGÉNEAS. EN CUANTO AL ESTUDIO DE HERRAMIENTAS (COMPORTAMIENTO), UNA APLICACIÓN DIRECTA PUEDE SER LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DE FONDO DURANTE EL AVANCE O CUANDO SE CORRIGE EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN DURANTE EL SEGMENTO HORIZONTAL DEL POZO, ASÍ COMO DETERMINAR LA ESTABILIZACIÓN QUE MEJORES RESULTADOS APORTA Y LA POSICIÓN ÓPTIMA DE LOS LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS PARA LOGRAR EL ADECUADO CONTROL EN LA DIRECCIÓN DEL POZO Y EN CONSECUENCIA EVALUAR LOS RITMOS DE AVANCE DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN CURVA Y HORIZONTAL DEL POZO.

OTRO DE LOS ESTUDIOS QUE SE PUEDEN LLEVAR AL CABO ES EL DE HIDRÁULICA DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN Y EL DESPLAZAMIENTO DEL LODO SOBRE LECHADAS DE CEMENTO EN LAS SECCIONES ALTAMENTE DESVIADAS DEL POZO.

UN USO MÁS QUE PUEDEN TENER LOS POZOS HORIZONTALES ES -

EL DE EVALUAR EL DESGASTE SUFRIDO POR LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO PRINCIPALMENTE EN LA REGIÓN DE LA ZAPATA DE LA ÚLTIMA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO (DENTRO DE LA SECCION CURVA DEL POZO) DURANTE LA PERFORACIÓN POR EL MÉTODO ROTATORIO CONVENCIONAL.

EN LA ACTUALIDAD UN USO SIGNIFICANTE DE PERFORAR POZOS HORIZONTALES ES DE LOGRAR HACER COMÚN EL USO DE EQUIPOS CONVENCIONALES DE PERFORACIÓN Y DE HERRAMIENTAS D.O.T. PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE PERFORAR POZOS CON SECCIONES ESTABILIZADAS (HORIZONTALES).

HASTA LA FECHA LOS POZOS PERFORADOS EN FORMA HORIZONTAL SE ENCUENTRAN EN YACIMIENTOS QUE SERÍAN INALCANZABLES DE SER PERFORADOS POR MÉTODOS CONVENCIONALES, DENTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN YACIMIENTO PARA SER FACTIBLE DE SER ALCANZADO POR POZOS DEL TIPO HORIZONTAL ESTÁN LAS SIGUIENTES:

- YACIMIENTOS CON UNA GRAN CAPA DE GAS SOBROYACENTE AUNADO A UNA BUENA PERMEABILIDAD VERTICAL DE LA ROCA. SI ESTOS YACIMIENTOS SON EXPLOTADOS CON POZOS VERTICALES CONVENCIONALES, AQUELLOS QUE SON DISPARADOS CERCA DEL CONTACTO ACEITE-GAS EMPIEZAN A PRODUCIR GAS LIBRE RÁPIDAMENTE, Y AÚN LOS QUE NO HAN SIDO DISPARADOS TAN ARRIBA DEL YACIMIENTO TAMBIÉN PRESENTAN CON PREMURA ESTE

EFFECTO DEBIDO A LA BUENA PERMEABILIDAD VERTICAL DE LA FORMACIÓN.

- YACIMIENTOS CON UN ACUÍFERO ACTIVO, POR LO QUE LOS POZOS TERMINADOS EN LAS SECCIONES INFERIORES DE LA ZONA DE ACEITE PUEDEN PRESENTAR UNA ALTA CONIFICACIÓN DE AGUA LO CUAL RESULTA EN UN INCREMENTO EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.
- COMBINACIÓN DE LOS DOS CASOS ANTERIORES.
- YACIMIENTOS DE ROCA COMPACTA CON MÚLTIPLES FRACTURAS NATURALES DE TIPO VERTICAL.
- YACIMIENTOS DELGADOS.

LAS CARACTERÍSTICAS MENCIONADAS ANTERIORMENTE NO EXCLUYEN LA POSIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA A YACIMIENTOS HOMOGÉNEOS DE GRANDES ESPESORES.

A CONTINUACIÓN SE ENUMERAN LOS BENEFICIOS QUE SE PUEDEN TENER AL PERFORAR EN FORMA CONTROLADA POZOS HORIZONTALES EN EL SENO DE YACIMIENTOS DE HIDROCARBUROS. PARA ESTO SE HAN AGRUPADO DICHS BENEFICIOS EN CUATRO GRANDES GRUPOS, LOS CUALES SE HAN DESGLOSADO EN LOS PUNTOS DE MAYOR IMPORTANCIA ANALIZANDO LAS APLICACIONES PRÁCTICAS QUE ESTOS PUEDEN

PROPORCIONAR.

## I. INCREMENTO DEL CONTACTO DIRECTO CON LA FORMACION.

### 1.1 INCREMENTO DEL CONTACTO CON LA ZONA DE INTERÉS.

APLICACIÓN EN:

- INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- MEJORAMIENTO EN EL FLUJO DE GAS (YACIMIENTO DE GAS).
- MEJORAMIENTO EN EL FLUJO DE LÍQUIDOS (HIDROCARBUROS).
- MEJORAMIENTO EN EL FLUJO DURANTE TRATAMIENTOS QUÍMICOS.
- MEJORAMIENTO DURANTE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS.
- AYUDA SIGNIFICANTE EN LOS PROYECTOS DE ALMACENAMIENTO DE GAS EN EL CAMPO.
- OPTIMIZACIÓN DE LOS POZOS DE DESHECHO.
- EN YACIMIENTOS DE BITUMEN.
- ALGUNAS APLICACIONES EN MINERÍA.

### 1.2 INTERSEPTA OBJETIVOS QUE FUERON ERRADOS DURANTE LA EXPLORACIÓN CONVENCIONAL.

APLICACIÓN EN:

- CONSTITUYE UNA ALTERNATIVA MÁS EN LA EXPLORACIÓN DE FORMACIONES PRODUCTORAS.
- EN LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN PRIMARIA.

1.3 ATRAVIESA UN GRAN NÚMERO DE FRACTURAS VERTICALES -  
DE ORIGEN NATURAL.

APLICACIÓN EN:

- DURANTE EL PROCESO EXPLORATORIO NOS PROPORCIONA MAYOR ALCANCE LATERAL.
- PRODUCCIÓN PRIMARIA, INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN DEBIDO AL APROVECHAMIENTO DEL DRENE NATURAL DE LA FORMACIÓN POR CANALES DE FLUJO NATURALES - (FRACTURAS Y ZONAS DE ALTA PERMEABILIDAD VERTICAL).
- EN YACIMIENTOS FRACTURADOS BITUMINOSOS
- CONSTITUYE UN "FRACTURAMIENTO" CONTROLADO.

1.4 ALCANCE DE FRACTURAS CON DIRECCIÓN DIFERENTE AL DEL RÉGIMEN LOCAL DE ESFUERZOS.

APLICACIÓN EN:

- CONSTITUYE UNA ALTERNATIVA DE "FRACTURAMIENTO".

1.5 CREACIÓN DE UN CANAL DE ALTA PERMEABILIDAD EN FORMACIONES COMPACTAS.

APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA, INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN DEBIDO AL INCREMENTO DEL CONTACTO ENTRE LA FORMACIÓN Y EL POZO.
- CONSTITUYE UNA ALTERNATIVA DE "FRACTURAMIENTO".

## 1.6 TERMINACIÓN MÚLTIPLE A PARTIR DE UN SÓLO POZO VERTICAL.

### APLICACIÓN EN:

- EXPLORACIÓN, A PARTIR DE UN SÓLO POZO SE PUEDE LOGRAR LLEGAR A VARIAS FORMACIONES PRODUCTORAS.
- PRODUCCIÓN PRIMARIA (INCREMENTO).
- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS).
- FLUJO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS.
- ALMACENAMIENTO DE GAS EN EL CAMPO.
- EN POZOS DE DESHECHO.
- EN YACIMIENTOS BITUMINOSOS.

## II. CAMBIO DEL MODELO DE FLUJO RADIAL A FLUJO, LINEAL A LO LARGO DEL POZO.

### II.1 OPTIMIZA LA RECUPERACIÓN FINAL.

#### APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS).
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

### II.2 INCREMENTO EN EL GASTO DE FLUIDOS PRODUCIDOS.

APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS).
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.
- YACIMIENTOS BITUMINOSOS.

II.3 INCREMENTO EN EL GASTO DE GAS PRODUCIDO.

APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- ALMACENAMIENTO DE GAS EN EL CAMPO.

II.4 INCREMENTO EN LA EFICIENCIA DE LA RECUPERACIÓN.

APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS).
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.
- YACIMIENTOS BITUMINOSOS.

II.5 MEJORAN LA EFICIENCIA DE BARRIDO.

APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.

- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS).
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

### III. REDUCCION DEL GRADIENTE DE PRESION EN EL POZO.

#### III.1 CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA DEL YACIMIENTO.

##### APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

#### III.2 MINIMIZA LA PRODUCCIÓN DE FLUIDOS INDESEABLES - DE LA FORMACIÓN (MINIMIZA LA CONIFICACIÓN DE - AGUA Y/O GAS).

##### APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

#### III.3 INCREMENTO EN LOS GASTOS DE INYECCIÓN.

##### APLICACIÓN EN:

- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS).
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

- ALMACENAMIENTOS DE GAS EN EL CAMPO.
- POZOS DE DESHECHO.

#### III.4 MEJORAMIENTO DE CALIDAD DEL VAPOR A CONDICIONES DE FONDO DEL POZO DURANTE UN PROCESO DE INYECCIÓN.

##### APLICACIÓN EN:

- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

#### IV. MEJORAS EN LOS PATRONES DE DESARROLLO DE CAMPOS.

##### IV.1 OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIAMIENTO ENTRE POZOS.

###### APLICACIÓN EN:

- PRODUCCIÓN PRIMARIA.
- ALMACENAMIENTO DE GAS EN EL CAMPO.
- YACIMIENTOS BITUMINOSOS.

##### IV.2 MINIMIZA EL NÚMERO DE POZOS.

###### APLICACIÓN EN:

- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS)
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

##### IV.3 OPTIMIZACIÓN DE LOS PATRONES LINEALES DE FLUJO.

APLICACIÓN EN:

- FLUJO DE GAS.
- FLUJO DE LÍQUIDOS.
- FLUJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (TRATAMIENTOS).
- FLUJO EN TRATAMIENTOS TÉRMICOS.

#### IV.4 CREACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIRECTA - ENTRE POZOS.

APLICACIÓN EN:

- MINERÍA.

UNA VEZ QUE SE HAN ESTABLECIDO LOS BENEFICIOS QUE SE PUEDEN TENER AL PERFORAR POZOS HORIZONTALES EN FORMA CONTROLADA, - SE PROSIGUE CON LA DESCRIPCIÓN DE LA PERFORACIÓN DE UN POZO REAL DE TIPO HORIZONTAL. EL SIGUIENTE DESARROLLO NO PRETENDE SER UN ESTUDIO EXHAUSTIVO DE LA TECNOLOGÍA EMPLEADA - NI SER PATRÓN PARA POSTERIORES TRABAJOS, SIN EMBARGO ES UN EJEMPLO DE LA FEASIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA Y UN COMPLEMENTO A LA TEORÍA PLANTEADA EN TEMAS ANTERIORES, Y DE MANERA - ESPECIAL, DENTRO DE LO RESUMIDO DE LAS OPERACIONES, SE BUSCÓ LA MANERA DE PROPORCIONAR RESPUESTAS A PREGUNTAS TALES COMO: EFICIENCIA DE LA LIMPIEZA DEL POZO, COMPORTAMIENTO MAGNÉTICO Y DE ESTABILIZACIÓN DE LA SARTA, CALIDAD DE LAS CEMENTACIONES, USO DE MOTORES DE FONDO Y OPERACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE REGISTROS, ENTRE OTRAS.

EL POZO ELEGIDO PARA DESCRIBIR EN FORMA BREVE SU HISTORIA -  
DE PERFORACIÓN ES EL POZO BERKHOEPEN 2001, LOCALIZADO EN -  
ALEMANIA OCCIDENTAL, LA CAUSA DE TOMAR A ESTE POZO COMO -  
EJEMPLO ES LA CARACTERÍSTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA TÉCNICA  
DE PERFORACIÓN HORIZONTAL QUE PROPICIO SU CREACIÓN, POR LO  
QUE, APORTA UN CONJUNTO DE ACTIVIDADES TALES COMO: PRUEBAS  
A DIFERENTES TIPOS DE ENSAMBLE DE FONDO DEL POZO, TOMA DE  
REGISTROS, RITMOS DE DESVIACIÓN, ETC., QUE LO CONVIERTEN EN  
UN BUEN PROTOTIPO Y UN BUEN EJEMPLO PARA ILUSTRAR LA SECUEN  
CIA DE PERFORACIÓN DE ESTE TIPO DE POZOS.

#### ANTECEDENTES DEL POZO.

EL PROYECTO DE PERFORACIÓN DEL POZO BERKHOEPEN 2001 FUE INI  
CIADO EN SEPTIEMBRE DE 1984, ESTE PROYECTO COMPRENDE LA PER  
FORACIÓN DE UN POZO HORIZONTAL A PARTIR DE OTRO POZO YA --  
EXISTENTE LLAMADO BERKHOEPEN T1, ESTE POZO SE HABÍA TERMINA  
DO UN AÑO ANTES Y SE ENCONTRABA TAPONADO A CAUSA DE UNA BA  
JA PRODUCTIVIDAD DE ACEITE. ESTE POZO (BERKHOEPEN T1) -  
TENÍA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO DE 9 5/8 PG. DE DIÁMETRO A  
UNA PROFUNDIDAD DE 3,980 PIES (1,214 M). LA INCLINACIÓN EN  
EL FONDO DE ESTE POZO ERA DE 13.5 GRADOS Y EL INTERVALO DE  
INTERÉS QUE HABÍA SIDO DISPARADO ERA DE 2,950.0 A 3,940.0 -  
PIES (900.0 A 1,201 M.)

LA TRAYECTORIA DEL POZO HORIZONTAL SEGÚN LO PLANEADO ATRAVE

SARÍA AL CENTRO DE UN DOMO SALINO, COMO SE REPRESENTA EN LA FIGURA NO. 4.3, POR LO CUAL A PARTIR DE LA PREMISA DE QUE LA SAL SE COMPORTA COMO UNA DE LAS ROCAS MÁS IDEALES DESDE EL PUNTO DE VISTA ISOTRÓPICO, SE PUEDE CONSIDERAR QUE LA INFLUENCIA GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA (FUERZAS DE REACCIÓN DE LA FORMACIÓN) SOBRE EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN SON CASI INEXISTENTES.

#### OBJETIVOS DE LA PERFORACION HORIZONTAL.

EL PRINCIPAL INCENTIVO PARA LA REPERFORACIÓN DEL POZO BERKHOEPEN T1, Y CONVERTIRSE EN EL BERKHOEPEN 2001 (POZO HORIZONTAL) FUE EL DE EVALUAR Y OPTIMIZAR LAS TÉCNICAS DE PERFORACIÓN CON ALTOS GRADOS DE DESVIACIÓN HASTA ALCANZAR LA HORIZONTAL ASÍ COMO ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO PARA LA TOMA DE REGISTROS, ASÍ COMO TAMBIEN:

1. EVALUAR LOS RITMOS DE DESVIACIÓN HASTA DE 15.0 GRADOS POR CADA 100.0 PIES (30.5 M.).
2. EVALUAR LOS EFECTOS DE LOS OJOS DE LLAVE Y LAS PATAS DE PERRO.
3. EVALUAR LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES DE FONDO.
4. DETERMINAR LA HIDRÁULICA DEL LODO DE PERFORACIÓN Y EL DESPLAZAMIENTO DE ESTE SOBRE LAS LECHADAS DE CEMENTO.
5. DETERMINAR LA ESTABILIZACIÓN ÓPTIMA Y LAS POSICIONES DE LOS LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS.

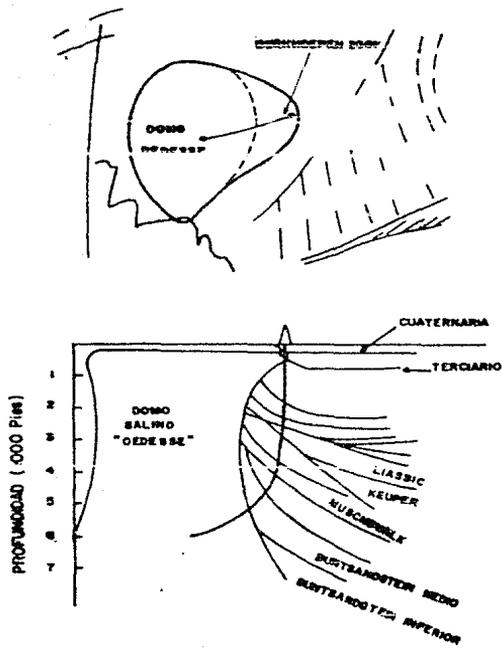


FIG.4.3 PROYECCION LATERAL Y DE PLANTA DE LA TRAYECTORIA DEL POZO BERKHOEPEN 2001.

6. DETERMINAR EL DESGASTE DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO, ESPECIALMENTE EN LA PARTE CORRESPONDIENTE A LA ZAPATA.

#### OPERACIONES.

UNA VEZ QUE SE EMPEZÓ A PERFORAR FUERA DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO DE 9 5/8 PG. DE DIÁMETRO, LA PERFORACIÓN DESVIA DA CONTINUÓ HASTA ALCANZAR LA FORMACIÓN MUSCHELKALK A 4105 PIES (1,251 M.) DONDE SE PRESENTARON PÉRDIDAS TOTALES DE -- LODO. PARA SUPERAR ESTOS PROBLEMAS SE REQUIRIÓ DE CUATRO -- CEMENTACIONES FORZADAS PARA LOGRAR RESTABLECER LA CIRCULA-- CIÓN DE LODO.

EN TÉRMINOS GENERALES, EL ANÁLISIS DEL POZO SE DIVIDIRÁ -- EN SEIS SECCIONES A PARTIR DEL PUNTO DE INICIO DE DESVIACIÓN. ESTO ES CON EL FIN DE PROBAR VARIOS ENSAMBLES DE PERFORACIÓN. ESTAS SECCIONES SON:

- I. LA PRIMERA SECCIÓN INICIA A PARTIR DEL PUNTO DE DES-- VIACIÓN A 1,225 M. DE PROFUNDIDAD (4,018 PIES) Y CON 13,5 GRADOS DE INCLINACIÓN HASTA UNA PROFUNDIDAD DE - 1,318,0 M. CON 20,0 GRADOS DE DESVIACIÓN, ESTE TRAMO SE PERFORÓ CON UN MOTOR DE FONDO DE 6 3/4 PG. DE DIÁ-- METRO, UN CODO DESVIADOR Y UNA HERRAMIENTA GUÍA. PARA ESTE CASO EL RITMO PLANEADO DE DESVIACIÓN FUE DE 2.0 GRADOS POR CADA 100.0 PIES, SIN EMBARGO DEBIDO A LAS

PÉRDIDAS DE LODO Y CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD SE -  
DECIDIÓ PERFORAR ESTA PARTE CON UN ENSAMBLE DE PERFO-  
RACIÓN CONVENCIONAL. ESTE ENSAMBLE SE MUESTRA EN LA  
FIGURA No. 4.4.

II. LA SEGUNDA SECCIÓN COMPRENDE UN INCREMENTO A LA INCLI-  
NACIÓN DEL POZO CON EL MISMO RITMO DE DESVIACIÓN HAS-  
TA LA PROFUNDIDAD DE 1,818 METROS Y LOGRAR 53.0 GRADOS  
DE DESVIACIÓN UTILIZANDO EL MISMO ENSAMBLE MOSTRADO -  
EN LA FIGURA No. 4.4. DURANTE LA ETAPA FINAL DE ESTA  
SECCIÓN, ESTE ENSAMBLE MOSTRÓ ALGUNOS PROBLEMAS DE --  
TENDENCIA A PEGARSE A LAS PAREDES DEL POZO.

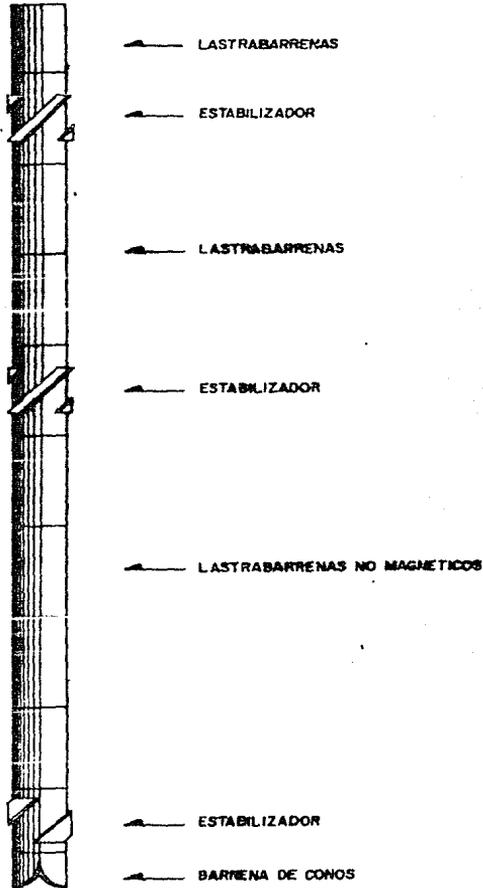
III. LA TERCERA SECCIÓN COMPRENDE DE 1,818 METROS A 2,186  
METROS. SE PROCURÓ AQUÍ MANTENER AL ÁNGULO DE DESVIA-  
CIÓN DE 55.0 GRADOS, ESTO SE LOGRÓ UTILIZANDO LA ESTA-  
BILIZACIÓN DEL ENSAMBLE DE FONDO MOSTRADO EN LA FIGURA  
No. 4.5. DURANTE ESTA ETAPA SE REQUIRIÓ REALIZAR -  
CON ESTE ENSAMBLE UNA CORRECCIÓN EN EL AZIMUT CON EL  
FIN DE REGRESAR AL POZO A LA DIRECCIÓN OESTE. ESTA -  
CORRECCIÓN NO SE TERMINÓ DEBIDO A PROBLEMAS EN EL COM-  
PORTAMIENTO DE LOS ESTABILIZADORES Y POR CONSIGUIENTE  
LA SECCIÓN FUE TERMINADA.

IV. ESTA SECCIÓN SE CARACTERIZA POR CONTENER EL PUNTO REAL  
DE DESVIACIÓN HORIZONTAL, ES DECIR EL FIN DEL TRAMO -

CURVO DEL POZO. EL RITMO DE DESVIACIÓN AQUÍ ES DE APROXIMADAMENTE 5.0 GRADOS POR CADA 100.0 PIES (30.5 M.) A UNA PROFUNDIDAD DESARROLLADA DE 2,186 METROS Y UNA INCLINACIÓN DE 70.0 GRADOS UTILIZANDO EL ENSAMBLE QUE CONSISTE EN UN MOTOR DE FONDO Y UNA HERRAMIENTA - GUÍA MWD. EL ENSAMBLE DE FONDO ESTÁ DISEÑADO PARA LOGRAR UN RITMO DE DESVIACIÓN DE 11.0 GRADOS POR CADA 100.0 PIES. ESTE ENSAMBLE SE REPRESENTA EN LA FIGURA No. 4.6. DURANTE LA OPERACIÓN CON ESTE ENSAMBLE SE OBSERVÓ TENDENCIA A LA PEGADURA DE LA SARTA, POR LO QUE AL MOTOR DE FONDO FUE REEMPLAZADO POR OTRO CON UN CODO DESVIADOR DE 1.5°.

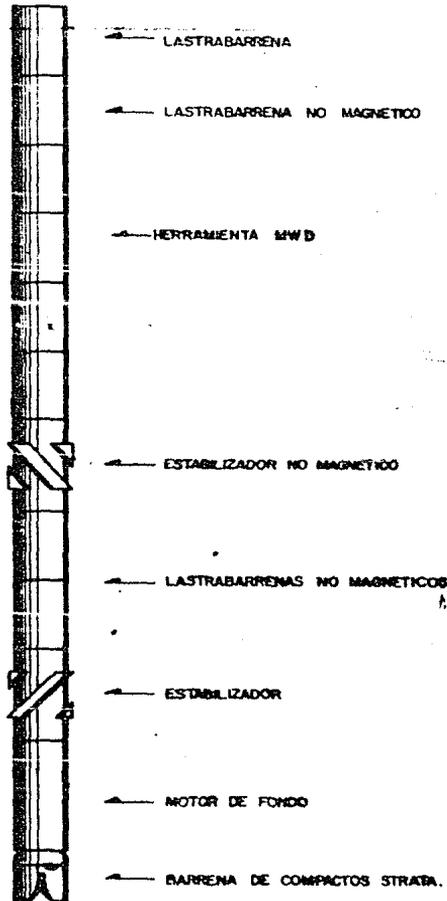
V. EN ESTA SECCIÓN SE LOGRA ALCANZAR LOS 90.0 GRADOS CON UNA DESVIACIÓN DE APROXIMADAMENTE 12.0 GRADOS POR CADA 100.0 PIES A PARTIR DE 2,243.0 METROS DE PROFUNDIDAD DESARROLLADA, EL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN CONSTA PRINCIPALMENTE DE UN MOTOR DE FONDO Y UN CODO DESVIADOR DE 1.5 GRADOS Y UNA HERRAMIENTA GUÍA Y SE ENCUENTRA REPRESENTADO EN LA FIGURA No. 4.7.

VI. ESTA SECCIÓN ABARCA COMPLETAMENTE LA SECCIÓN HORIZONTAL QUE TIENE UNA LONGITUD DE 200.0 METROS Y FUE PERFORADA CON UN MOTOR DE FONDO Y EN PARTE POR UN ENSAMBLE DE PERFORACIÓN ROTATORIO, ESTOS ENSAMBLES SE PRESENTAN EN LA FIGURA No. 4.8.



SECCION : I, II  
 INCLINACION : 13 o 55°  
 AZIMUT : 244 o 254°

FIG. 4.4 ENSAMBLE DE PERFORACION EMPLEADO PARA INICIAR LA DESVIACION HASTA ALCANZAR 55°



SECCION : III

INCLINACION : 55°

AZIMUT : 244 o 254°

FIGURA 4.5 ENSAMBLE USADO PARA PERFORAR CON UN ANGULO  
CONSTANTE DE 55°

SECCION: IV  
INCLINACION: 55 A 70°  
AZIMÚT: 244 A 262°

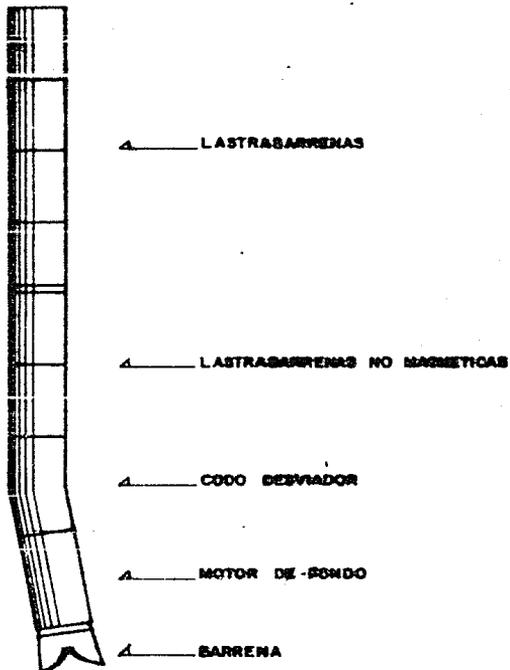
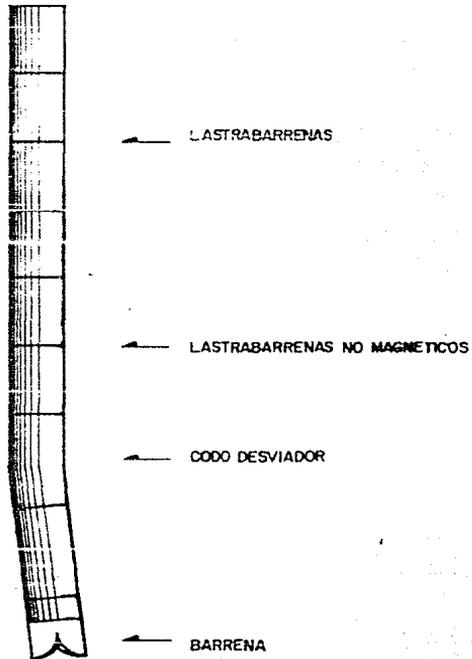


FIG. 4.6 ENSAMBLE DE PERFORACION CON CODO DESVIADOR



SECCION : V  
 INCLINACION : 70 a 90°  
 AZIMUT : 262°

FIG. 4.7 ENSAMBLE DE PERFORACION CON EL QUE SE ALCANZO 90° DE DESVIACION.

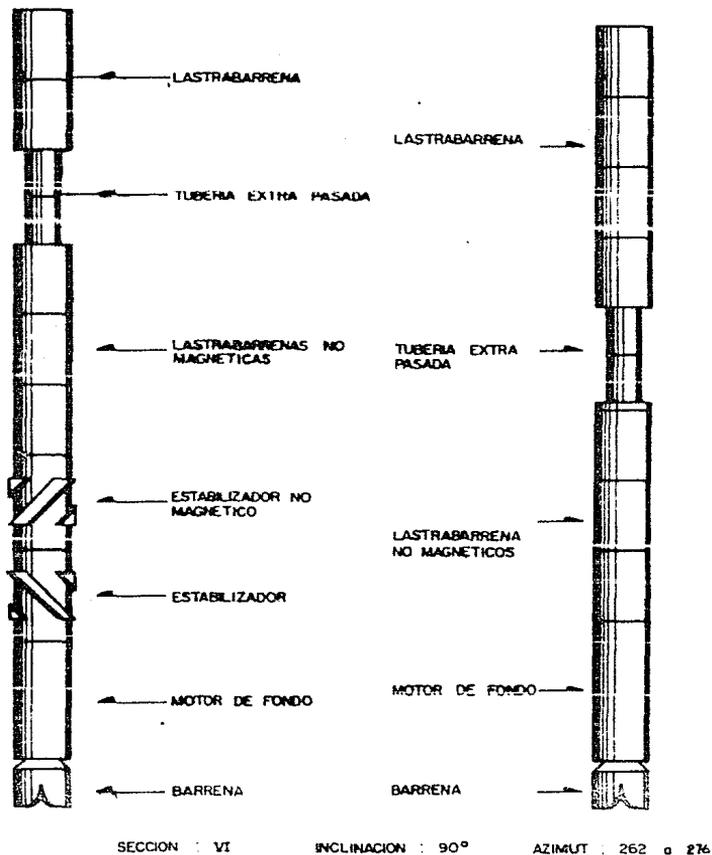


FIGURA 4.8 ENSAMBLES DE PERFORACION USADOS EN SECCION HORIZONTAL

DE LAS SECCIONES ANTERIORES, LA ZONA DE TRANSICIÓN ENTRE LA SECCIÓN V Y LA SECCIÓN VI FUE LA MÁS DIFÍCIL EN CUANTO A OPERACIÓN SE REFIERE, JUGANDO UN PAPEL MUY IMPORTANTE EL COMPORTAMIENTO DEL ENSAMBLE DE PERFORACIÓN Y LA EXPERIENCIA DEL INGENIERO PETROLERO EN OPERACIONES DE DESVIACIÓN Y CONTROL DE RUMBO DE POZOS.

#### LODO DE PERFORACION.

DURANTE LA PERFORACIÓN DEL POZO BERKHOEPEN 2001, SE UTILIZÓ UN LODO BASE AGUA SATURADO DE SAL, ALGUNAS VARIACIONES EN SU DENSIDAD DE ACUERDO A LAS FORMACIONES ATRAVESADAS SON:

DENSIDAD (GR/CM <sup>3</sup> )	FORMACION	PROFUNDIDAD (M V)
1.25	MUSCHELKALK	1098
1.33	BUNTSANDSTEIN	1463
1.49 - 1.52	ZECHSTEIN	1646

EL ADECUADO CONTROL DE ESTE LODO PROPICIO QUE NO SE TUBIERAN PROBLEMAS DE DERRUMBES O PEGADURAS DE TUBERÍA, ADEMÁS LA ADICIÓN DE PEQUEÑAS CANTIDADES (PORCENTAJES) DE LUBRICANTE AYUDÓ A REDUCIR LA FRICCIÓN CONSIDERABLEMENTE, SIN EMBARGO, CAUSO LA PRECIPITACIÓN DE SÓLIDOS (PRINCIPALMENTE SAL) DURANTE LOS PERÍODOS DE TIEMPO EN QUE SE SUSPENDIÓ LA CIRCULACIÓN. UN PROBLEMA MENOR FUE EL ACARREO DE RECORTES A LA

SUPERFICIE DURANTE LA PERFORACIÓN DE LAS SECCIONES ALTAMENTE DESVIADAS, POR LO QUE FUE NECESARIO ESCARIAR EN ALGUNAS OCA SIONES LAS SECCIONES PERFORADAS.

ESTE POZO FUE PERFORADO CON BARRENAS DE CONOS CUYO DISEÑO - ERA PARA PERFORAR FORMACIONES SUAVES Y MEDIAS SUAVES. TODAS LAS BARRENAS DE 8 1/2 PG. DE DIÁMETRO SE UTILIZARON CON - REFUERZOS PARA LA FRICCIÓN Y PROTECCIÓN AL DIÁMETRO. LOS RITMOS DE PENETRACIÓN SON NORMALMENTE DE 3,3 A 4,0 METROS - POR HORA CON TIEMPOS DE ROTACIÓN DE 30.0 HORAS O MÁS, ESTAS BARRENAS ESTÁN EQUIPADAS CON TRES TOBERAS DE 14/32 O 16/32 DE PULGADA.

#### ENSAMBLE DE FONDO DEL POZO.

LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN DESVIADA DEL POZO HASTA ALCANZAR LA PROFUNDIDAD FINAL SE REALIZÓ CON LOS ENSAMBLES MOS-- TRADOS EN LA FIGURA No. 4.4 A LA 4.8, CON DIÁMETRO DE 8 1/2 PULGADA. DICHAS HERRAMIENTAS CONSISTEN PRINCIPALMENTE DE TUBERÍA LASTRABARRENA NO MAGNÉTICA DE 6 1/4 PG. DE DIÁMETRO, ESTABILIZADORES DE 7 1/4 A 8 15/32 PG. DE DIÁMETRO Y TUBE-- RÍA DE PERFORACIÓN EXTRAPESADA DE GRADO E DE 5.0 PG. DE -- DIÁMETRO, ADEMÁS DE MOTORES DE FONDO Y HERRAMIENTAS MWD.

EN ESTE POZO SE OBSERVÓ QUE EL NÚMERO DE LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICAS REQUERIDOS VARÍA CON LA INCLINACIÓN DEL AGUJERO,

EN ÁNGULOS DE HASTA 80.0 GRADOS, TRES TUBOS LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS FUERON SUFICIENTES PARA LA COLOCACIÓN DE LA HERRAMIENTA DEL REGISTRO DE DESVIACIÓN, MIENTRAS QUE EN LA SECCIÓN DE MÁS DE 80.0 GRADOS DE DESVIACIÓN SE REQUIRIERON CUATRO O CINCO TUBOS LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS PARA GARANTIZAR EXACTITUD EN LOS APARATOS DE SENSIBILIDAD MAGNÉTICA.

#### TUBERIAS DE REVESTIMIENTO.

LA FIGURA NO. 4.9, MUESTRA EL ESTADO MECÁNICO DE LAS TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO, SE OBSERVA QUE LOS 1,281.0 METROS - QUE CORRESPONDEN A LA SECCIÓN DE MAYOR DESVIACIÓN (1.186 A 2,495 M.) ESTÁN ADEMADAS CON TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO CORTA CON DIÁMETRO DE 7.0 Y 7 1/2 PG. DE DIÁMETRO, UTILIZÁNDO SE TUBERÍA GRADO PREMIUM PARA LA SECCIÓN MÁS PROFUNDA. -- ADEMÁS EN LA REGIÓN COMPRENDIDA EN EL INTERVALO DE APROXIMADAMENTE 70.0 Y 75.0 GRADOS SE AGREGARON 50.0 METROS DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO ESPECIAL NO MAGNÉTICA, CON EL FIN DE PROBAR Y CALIBRAR POSTERIORMENTE APARATOS SENSORES Y HERRAMIENTA DE REGISTROS.

LA SARTA DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORTA SE METIÓ AL POZO CON CENTRADORES COLOCADOS EN LA PARTE BAJA Y NINGUNO DESDE LA PARTE QUE COMPRENDE UN ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE 75.0 -- GRADOS HASTA LA PARTE DONDE SE INSTALARON LOS CENTRADORES -

DEL FONDO, MIENTRAS QUE LA PARTE COMPRENDIDA ARRIBA DEL PUNTO DE 75.0 GRADOS DE INCLINACIÓN LLEVA UN CENTRADOR POR CADA TRAMO DE TUBERÍA.

PARA EVITAR PROBLEMAS DURANTE LA CORRIDA DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO EN LAS SECCIONES ALTAMENTE DESVIADAS, ÉSTA SE INTRODUJO CON UNA SARTA DE TUBOS LASTRABARRENAS PARA QUE EMPUJARAN A LA SARTA HACIA EL FONDO DEL POZO.

#### CEMENTACION.

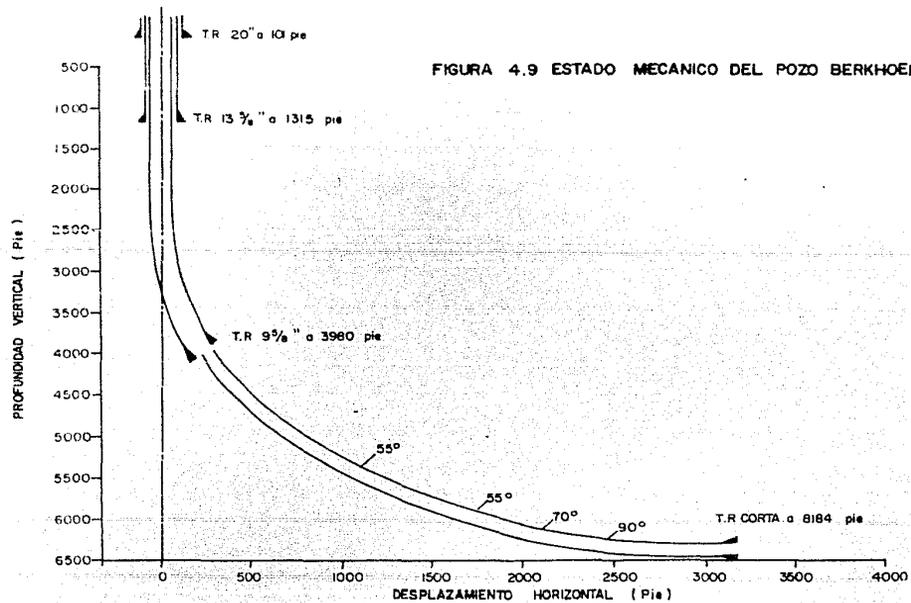
PARA LA CEMENTACIÓN DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORTA SE EMPLEARON DOS CLASES DE CEMENTO CON EL FIN DE TENER DOS SECCIONES DIFERENTES PARA LA FUTURA CALIBRACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE REGISTROS TALES COMO EL CBL Y VDL. EL PRIMER CEMENTO BOMBEADO ES CLASE G Y CONSISTIÓ DE UN VOLUMEN DE 126.0 BL., SE ACONDICIONÓ LA LECHADA CON ADITIVO INHIBIDOR DE SAL, EL GASTO DE INYECCIÓN FUE DE 330.0 GAL/MIN. EL SEGUNDO TIPO DE CEMENTO FUE UN TIPO GAMMA DE 1.9 GR/CM<sup>3</sup> DE DENSIDAD COMBINADO CON 59.0 BL. DE CENIZA FINA. LOS PERFILES DE TEMPERATURA ANTES Y DESPUÉS DE LA CEMENTACIÓN MUESTRAN UNA BUENA ZONA DE TRANSICIÓN ENTRE EL PRIMER CEMENTO Y EL DEL EXTREMO SUPERIOR.

LOS REGISTROS VDL Y CEL MOSTRARON UNA ALTA EXCENTRICIDAD DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CON ECHADO PARCIAL EN EL LADO

BAJO DEL POZO, INDICANDO QUE NO HUBO CEMENTO EN ESTA PARTE DEL POZO A LO LARGO DE LA REGIÓN CON 70,0 GRADOS DE INCLINACIÓN APROXIMADAMENTE.

#### TERMINACION.

UNA VEZ QUE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO SE CEMENTÓ, UN ESCARIADOR DE 7,0 PG. DE DIÁMETRO FUE CORRIDO A TRAVÉS DE ELLA Y POSTERIORMENTE EL LODO DE PERFORACIÓN SE CAMBIÓ POR 629,0 BL. DE AGUA DULCE, INHIBIDA CON CLORURO DE POTASIO (KCl), Y EN LA SUPERFICIE, LA CABEZA DEL POZO SE EQUIPÓ CON UNA VÁLVULA DE ALTA PRESIÓN DE 8,0 PG. DE DIÁMETRO.



## CONCLUSIONES

AL TERMINAR EL PRESENTE TRABAJO Y HACER UNA RETROSPECTIVA DE ÉL, SE PUEDE AFIRMAR QUE CUMPLE CON EL OBJETIVO DE SU CREACIÓN QUE ES EL DE SER TEMA DE UNA TESIS. EL DESARROLLO DE ÉSTE ES UNA BREVE SEMBLANZA DE LA INCIPIENTE TECNOLOGÍA CON LA QUE HOY EN DÍA SE CUENTA PARA ESTE TIPO DE POZOS.

QUEDA DE MANIFIESTO QUE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA PRETENDE SER UNA CARTA DE PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS SOBRE LA TÉCNICA DE PERFORAR POZOS CON ÁNGULOS DE DESVIACIÓN DEL ORDEN DE NOVENTA GRADOS Y PLANTEAR LOS FUNDAMENTOS EN LOS QUE SE BASAN DICHS TRABAJOS. COMO COMPROBACIÓN A LO AQUÍ ESCRITO, SE TIENE A LOS POZOS PERFORADOS - DE ESTA MANERA SINGULAR EN: ALASKA, CANADÁ, ESTADOS UNIDOS, FRANCIA Y ALEMANIA, CADA UNO DE ÉSTOS APORTANDO NUEVAS EXPERIENCIAS Y DATOS IMPORTANTES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE HERRAMIENTAS Y CONTROL DE LA PERFORACIÓN DIRIGIDA.

ES LA PRIMERA PARTE DE ESTE TRABAJO UNA INTRODUCCIÓN AL - OBJETIVO, CAUSAS Y BENEFICIOS QUE TIENE EL PERFORAR POZOS CON UNA SECCIÓN RECTA DENTRO DE LAS FORMACIONES DE INTERÉS. ASÍ TAMBIÉN NOS FAMILIARIZA CON EL CONCEPTO DE PERFORACIÓN HORIZONTAL Y LE DA A ÉSTA SU SENTIDO DE ALGO CONTROLADO Y

PROGRESIVO CON RITMOS ADECUADOS DE DESVIACIÓN Y NO UN CAMBIO BRUSCO Y SIN CONTROL DE LA TRAYECTORIA EN UN POZO. EN LA SEGUNDA PARTE SE PRESENTA Y DESCRIBE EL MÉTODO DE OPERAR DE LAS HERRAMIENTAS DE LAS CUALES EL INGENIERO DE CAMPO PUEDE HACER USO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO DE ALCANCE EXTENDIDO, ES LA TERCERA Y CUARTA PARTE DONDE SE INCURRE CONSTANTEMENTE EN LA IMPORTANCIA DEL ARREGLO DE LAS HERRAMIENTAS, SU CORRECTA OPERACIÓN Y SU EFECTO EN LA DESVIACIÓN DEL POZO, TAMBIÉN SE DESCRIBE UN EJEMPLO DE UN POZO PERFORADO HORIZONTALMENTE.

ES IMPORTANTE CONCLUIR QUE:

- LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES DE MANERA CONTROLADA, SE REFIERE A LA CONSTRUCCIÓN DE AGUJEROS CON UNA SECCIÓN MÁS O MENOS RECTA ESTABILIZADA, ES DECIR CON UN ÁNGULO DE DESVIACIÓN DE APROXIMADAMENTE NOVENTA GRADOS CON RESPECTO A LA VERTICAL.
  
- OTRA CARACTERÍSTICA MUY IMPORTANTE DE ESTA MANERA DE PERFORAR ES SU ADAPTABILIDAD Y SU COMPATIBILIDAD CON LOS EQUIPOS CONVENCIONALES DE PERFORACIÓN ROTATORIA, CON EQUIPOS DE REPARACIÓN NORMALES, CON FLUIDOS DE CONTROL DE USO COMÚN Y DE NO REQUERIR DE CUADRILLAS ESPECIALES DE PERSONAL PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE PERFORAR

CON ALTOS GRADOS DE DESVIACIÓN, REQUIRIENDO SOLAMENTE DE UNA PLANEACIÓN ADECUADA Y DE UNA SUPERVISIÓN CONSTANTE POR PARTE DEL PERSONAL CAPACITADO.

- ESTE TIPO DE POZOS TIENE LA PARTICULARIDAD DE HACER DE NUEVO ÚTIL UN POZO PERFORADO CON ANTERIORIDAD, PARA QUE A PARTIR DE ÉL SEA PLANEADO UN POZO DE TIPO HORIZONTAL.
- CON ESTA TÉCNICA LA TERMINACIÓN MÚLTIPLE VUELVE A RECORRAR FUERZA, YA QUE A PARTIR DE UN SOLO POZO VERTICAL SE PUEDEN PERFORAR VARIOS POZOS LATERALES Y ALCANZAR UN MAYOR NÚMERO DE OBJETIVOS AL MISMO TIEMPO.
- DE TRABAJOS EN EL CAMPO SE TIENE QUE ES POSIBLE PERFORAR POZOS HORIZONTALES CON PROFUNDIDADES VERTICALES DEL ORDEN DE 3,500 M.
- EL EMPLEO DE ESTA TECNOLOGÍA NO SOLO ES APLICABLE A LA INDUSTRIA PETROLERA, SINO QUE, LOS BENEFICIOS EN LA MINERÍA SON IMPORTANTES, ASÍ COMO EN LA PERFORACIÓN DE POZOS DE "DESECHO", ENTENDIÉNDOSE COMO POZO DE DESECHO AQUELLOS CUYO OBJETIVO ES SERVIR COMO MEDIO PARA EL ALMACENAMIENTO Y/O TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES O DE ALBAÑAL Y EN ALGUNOS CASOS DE BASURA PROCESADA.

- SE CONCLUYE ADEMÁS QUE ESTOS POZOS HORIZONTALES POR SU GEOMETRÍA REPRESENTAN EL IDEAL DE UN PROCESO DE FRACTURAMIENTO, AL FORMAR EN UN YACIMIENTO UN CANAL PERMANENTE DE ALTA CONDUCTIVIDAD. Y QUE SON UNA ALTERNATIVA AL PROBLEMA DE INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UN YACIMIENTO DEPRESIONADO, DE BAJA PERMEABILIDAD, FRACTURADO, DELGADO, ETC., COMO CONSECUENCIA DE UN INCREMENTO EN LA LONGITUD DE FORMACIÓN EXPUESTA AL FLUJO. DEBIDO A SU GEOMETRÍA ESTOS POZOS TAMBIÉN MINIMIZAN LA CONIFICACIÓN DE AGUA Y ALCANZAN YACIMIENTOS IRREGULARES DIFÍCILES DE TOCAR CON POZOS PERFORADOS CONVENCIONALMENTE.
  
- EL INICIO DE LA DESVIACIÓN DE UN POZO DE ESTE TIPO SE RECOMIENDA SEA CON UN MOTOR DE FONDO Y UN EQUIPO DE TELEORIENTACIÓN (D. O. T.), CON LO CUAL SE ELIMINA LA NECESIDAD DE VIAJES EXTRAS DE LA SARTA QUE REQUIEREN OTROS PROCEDIMIENTOS TAL COMO EL USO DE GUIASONDAS. ADEMÁS, LA ORIENTACIÓN ES MÁS PRECISA, YA QUE CON LOS MOTORES HIDRÁULICOS SE CONSTRUYE UNA CURVA SUAVE Y GRADUAL.
  
- DEBIDO A LOS ALTOS GRADOS DE INCLINACIÓN, LA SARTA DE PERFORACIÓN SUFRE GRANDES FLEXIONES Y ESFUERZOS DE TORSIÓN QUE ORIGINAN QUE TIENDA A RECARGARSE SOBRE LA PARTE BAJA DEL POZO, CON LO QUE SE ORIGINA UNA SECCIÓN DE

ALTA FRICCIÓN, ACENTUÁNDOSE DURANTE LA PERFORACIÓN DE LA SECCIÓN HORIZONTAL, PARA ELIMINAR ESTE EFECTO SE DEBEN COLOCAR ESTABILIZADORES CONVENCIONALES O "WIGGLY" EN LA SARTA, CUYA POSICIÓN ESTÁ DETERMINADA POR EL ÁNGULO Y ESTABILIDAD REQUERIDOS.

- DURANTE LA PERFORACIÓN DE ESTE TIPO DE POZOS SIEMPRE DEBEN IR INCLUIDOS EN EL APAREJO TUBOS LASTRABARRENAS NO MAGNÉTICOS PRÓXIMOS A LA BARRENA DE TAL MANERA QUE LOS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA DESVIACIÓN Y RUMBO DEL POZO NO SE VEAN ALTERADOS POR EL MAGNETISMO CIRCUNDANTE.
  
- LAS FRICCIONES QUE SE PRESENTAN EN EL POZO DEBEN DISMINUIRSE POR MEDIO DE LA VISCOSIDAD DEL LODO PARA QUE LA FUNCIÓN LUBRICANTE DE ÉSTE SEA MÁXIMA. ESTO SE LOGRA AGREGANDO DIESEL AL LODO DE PERFORACIÓN O SI ES NECESARIO EMPLEAR UN FLUIDO BASE ACEITE.
  
- LAS OPERACIONES DE ADEME DEL POZO SON IDÉNTICAS A LAS REALIZADAS EN POZOS CONVENCIONALES CON EXCEPCIÓN DE LA TUBERÍA QUE QUEDA COMPRENDIDA EN LA SECCIÓN DE ALTA CURVATURA QUE GENERALMENTE ES UNA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO CORTA LA CUAL DEBE BAJARSE CON POCOS CENTRADORES COLOCADOS DE PREFERENCIA EN LOS EXTREMOS DE LA SARTA.

EN PRÁCTICAS DE CAMPO SE HA OBSERVADO QUE COLOCANDO DOS O TRES CENTRADORES CERCANOS A LA ZAPATA Y UNO POR CADA TRAMO DE TUBERÍA A PARTIR DE EL PUNTO DONDE EL POZO - TIENE SETENTA Y CINCO GRADOS DE DESVIACIÓN HASTA EL EX- TREMO SUPERIOR DA BUENOS RESULTADOS Y NO OCASIONA PRO- BLEMAS DURANTE LA CORRIDA DE LA TUBERÍA.

- PARA LA TOMA DE REGISTROS EN ESTOS POZOS EL MÉTODO CON- VENCIONAL DE DESCENSO DE LAS HERRAMIENTAS POR EFECTO DE GRAVEDAD SE VUELVE INEFECTIVO, POR LO QUE, SE RECOMIEN- DA EMPLEAR EL PROCEDIMIENTO DE BAJAR LA HERRAMIENTA - REGISTRADORA EN SU RESPECTIVO BARRIL PROTECTOR UNIDO A LA SARTA DE PERFORACIÓN, LOGRÁNDOSE TOMAR EL REGISTRO A MEDIDA QUE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN ES AGREGADA AL POZO, CON LO QUE AL SACAR ÉSTA SE TIENE LA POSIBILIDAD DE VOLVER A ACCIONAR LA SONDA Y OBTENER UNA SEGUNDA CO- RRIDA PARA UNA POSTERIOR COMPARACIÓN.
  
- Á MEDIDA QUE EL POZO SE TORNA MÁS INCLINADO, EL DESCEN- SO DE TUBERÍA, SONDAS Y OTRAS HERRAMIENTAS SE COMPLICAN, POR LO QUE EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN DEBE MANTENERSE EN NIVELES BAJOS (APROXIMADAMENTE 0.1). ÉSTA CONDICIÓN SE PUEDE ALCANZAR EMPLEANDO LODOS BASE ACEITE TRATADOS CON ADITIVOS. LODOS BASE AGUA PUEDEN SER EMPLEADOS - SIEMPRE Y CUANDO CONTENGAN UN PORCENTAJE DE LUBRICANTE (DIESEL).

- EL USO DE TUBERÍA DE PERFORACIÓN DE ALUMINIO AYUDA A REDUCIR LA FRICCIÓN AXIAL Y EL TORQUE COMO CONSECUENCIA DIRECTA DE LA DISMINUCIÓN EN EL PESO DE LA SARTA. EMPLEANDO ESTE TIPO DE TUBERÍA Y UN LODO PROMEDIO (1.45 GR/CM<sup>3</sup>) LA REDUCCIÓN EN EL PESO DE LA SARTA SE REDUCE A LA MITAD APROXIMADAMENTE (POR EL MENOR PESO ESPECÍFICO Y EL MAYOR EMPUJE DE FLOTACIÓN) POR LO QUE LA FRICCIÓN AXIAL Y TORSIONAL TAMBIÉN SE REDUCE EN UN 50%.
  
- DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES LAS PEGADURAS DE TUBERÍA ES UN RIESGO LATENTE, YA QUE LA SARTA TIENDE A YACER SOBRE LA PARED BAJA DEL POZO, DEBIDO AL ALTO ÁNGULO DEL POZO. COMO MEDIDA PARA EVITAR ESTOS PROBLEMAS SE SUGIERE EL USO DE JUNTAS EXCÉNTRICAS (JUNTAS CON SECCIÓN TRANSVERSAL EXCÉNTRICA TANTO PARA EL PIÑÓN COMO PARA LA CAJA). ESTAS JUNTAS PROVOCAN UNA AGITACIÓN DE LOS RECORTES DEPOSITADOS. ADEMÁS PERMITEN LA DISMINUCIÓN DE LAS PEGADURAS DIFERENCIALES EN EL CUERPO DE LA TUBERÍA YA QUE EL PESO DE LA TUBERÍA SE CARGA SOBRE ELLAS, DE TAL MANERA QUE EL CUERPO DEL TUBO NO ESTÁ EN CONTACTO CON LA PARED DEL POZO.
  
- EL USO DE HERRAMIENTAS NO MAGNÉTICAS ES DE VITAL IMPORTANCIA YA QUE PERMITE TENER UN ALTO GRADO DE CONFIABILIDAD DE LOS REGISTROS DE DIRECCIÓN E INCLINACIÓN DEL POZO.

## B I B L I O G R A F I A

1. HOW ONE OPERATOR DRILLED HORIZONTALLY THROUGH A SALT -  
DOME.  
BERNHARD PREVEDEL  
WORLD OIL, DECEMBER 1985.
2. LATERAL DRILLING AND COMPLETION SYSTEM.  
EASTMAN WHIPSTOCK A PETROLANE COMPANY.
3. UN POZO ELF SE DESVIA 90° Y PERMANECE HORIZONTAL.  
B. ASTIER Y A. JOURDAN.  
ELF-AQUITAINE, INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE.
4. NEW INTEREST IN DRAINHOLE DRILLING REVIVES TECHNOLOGY  
D. R. HOLBERT  
WORLD OIL, MARCH 1981.
5. HORIZONTAL DRILLING METHODS PROVEN IN THREE TEST WELL.  
MARC DOREL  
WORLD OIL, MAY 1983.
6. TEDSI DEVELOPS HORIZONTAL DRILLING TECHNOLOGY.  
ANTHONY W. GORODY.  
OIL AND GAS JOURNAL, OCTOBER 1, 1984.

7. SOHIO STUDIES EXTENDED-REACH DRILLING FOR PRUDHOE BAY.  
JEFF H. LITTLETON.  
PETROLEUM ENGINEER INTERNATIONAL, OCTOBER, 1985.
8. AN IMPROVED METHOD FOR COMPUTING DIRECTIONAL SURVEYS.  
WILLSON, G.J.  
TRANS AIME, 1968 Vol. 243.
9. DIRECTIONAL TECHNOLOGY WILL EXTEND DRILLING REACH.  
T.B. DELINGER.  
W, GRAYLLE.  
G.C. TOLLE.  
OIL AND GAS JOURNAL, SEPTEMBER, 1980.
10. TECNOLOGIA DE LA PERFORACION. (APUNTES)  
MIGUEL A. BENITEZ HERNANDEZ.  
FAC. DE INGENIERIA, U.N.A.M.
11. DISEÑOS DE SARTAS USUALES PARA PERFORAR POZOS DIRECCIO-  
NALES EN LA SONDA DE CAMPECHE.  
DEPTO. INGENIERIA DE PERFORACION.  
SECCION PERFORACION DIRIGIDA.