



T  
622.3382  
CAR

## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

### Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“LOCALIZACIÓN ESTRATÉGICA DE LA PERFORACIÓN EN  
LOTE Y PLANIFICACIÓN DE SU PRIMER POZO HORIZONTAL,  
CAMPO VILLANO, BLOQUE 10, DISTRITO AMAZÓNICO”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

Presentada por:

NELSON JAVIER CARBALLO IZURIETA

FABRIZIO SERRANO MARIN

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

1998

# AGRADECIMIENTO



Al Divino Niño y a María Santísima, por infundirme los dones, la fe y la vocación necesaria para cumplir mis objetivos.

A Tomás y Jenny, mis queridos padres, porque con su aliento y comprensión guiaron mis decisiones.

A Katherine Tapia, sin su amor no lo hubiese logrado.

A la Compañía ARCO Oriente Inc. en especial a todo el Departamento de Perforación.

Al Ing. Jorge Rosas y a todas las personas que han colaborado en este proyecto.

A mis hermanos y familia, gracias por sus ganas de apoyarme.

A mis verdaderos amigos.

## AGRADECIMIENTO

A Dios.

A Lidia, mi madre adorada, por ser la persona que más amo en el mundo, por la persistencia, el apoyo y la confianza depositada en toda mi carrera.

A Nelson, padre amado, por ser el cimiento de mi vida, gracias por tu comprensión.

Maryorie, mi esposa querida, gracias por tu paciencia, tu amor y tu incentivo, gracias por ser como eres.

A mis hermanos, que en su debido momento fueron el motivo constante de mi lucha.

A la Compañía ARCO Oriente Inc., especialmente al Departamento de Perforación, en particular al Ing. Earl W. Roberts, por la confianza y las atenciones brindadas.

Al Ing. Jorge Rosas y a todas las personas y amigos que contribuyeron al desarrollo de nuestra tesis. Muchas gracias.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES

A KATHERINE

MI QUERIDA FAMILIA

# DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HERMANOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Miguel Angel Chavez

DECANO DE LA FICT

---

Ing. Ricardo Gallegos Orta

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Gabriel Colmont

VOCAL

---


Ing. Daniel Tapia

VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



NELSON CARBALLO IZURIETA



FABRIZIO SERRANO MARIN

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es desarrollar la planificación para la perforación de un pozo horizontal sobre la base de la información y datos obtenidos de los pozos exploratorios Villano 2 y Villano 3.

La planificación se inicia luego de los resultados provenientes de los estudios sísmicos, mapas estructurales y mapas geológicos, mediante los cuales, se determina la ubicación donde la perforación podría realizarse.

La importancia que posee este proyecto de tesis, es la de tener conocimiento de todos los procedimientos técnicos, que están inmersos e inciden en una planificación de perforación de un pozo tipo horizontal, desarrollado en el Oriente ecuatoriano.

Como metodología, se suministrará toda la información de los pozos exploratorios perforados en el bloque 10, luego de lo cual se procederá al análisis, para de este modo, determinar en primera instancia, una estratigrafía geológica, un pronóstico de perforación y los posibles problemas potenciales que puedan presentarse en la misma, así como su prevención y posibles soluciones, procedimientos de perforación recomendables, que entre otras consideraciones tales como consideraciones ambientales, coordenadas superficiales, profundidad del acuífero,

etc., se logre obtener un paquete de información suficiente para elaborar el plan de desarrollo del pozo.

En segunda instancia, se comenzará a elaborar la planificación de la horizontal, abarcando temas como: diseño de la tubería de revestimiento, perforación direccional, fluidos de perforación, registros de lodos, cementación, registros eléctricos, control de sólidos, cabezales, control de pozo, control ambiental, y estimaciones de costos tanto general como por área.

La palabra Estratégica, que se considera en el tema, es debido a que esta planificación reúne las características necesarias e importantes que facilitarán o darán la pauta para un eficiente desarrollo del Campo Villano, considerando que se implementará nueva tecnología (sistema de lodo base sintético, sistema de perforación en lote y con rodamiento, sistema de perforación con propulsión superior (top drive) entre otras).

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XX
ABREVIATURAS .....	XXVI
INTRODUCCIÓN.....	30
I. consideraciones teóricas.....	31
1.1 Origen del petróleo.....	31
1.1.1 Rocas sedimentarias .....	31
1.1.2 Trampas.....	35
1.2 Fluido de Perforación.....	36
1.3 Herramientas de Ensamblaje de Fondo .....	38
1.4 Registros Eléctricos .....	43
1.5 Trabajos de Cementación.....	54

1.5.1 Equipos de Subsuelo .....	55
1.5.2 Cementación de Tubería Corta de Revestimiento .....	55
1.5.2.1 Equipo.....	55
1.6 Preventor de Reventones .....	58
1.6.1 Descripción del Equipo y sus Funcionamientos .....	58
1.6.2 Prueba del Equipo .....	64
1.7 Procedimiento de Colocación del Cabezal de Pozo .....	70
1.8 Desorción Térmica .....	81
1.8.1 Sistemas de Desorción Térmica .....	81
1.8.2 Sistemas de Tratamiento preliminar y Movimiento de materiales .....	82
1.8.3 Equipo de Desorción .....	82
1.8.4 Sistema Posterior al Tratamiento.....	83
<b>II. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL CAMPO VILLANO PREVIA A LA PLANIFICACIÓN .....</b>	<b>85</b>
2.1 Antecedentes del Campo Villano .....	85
2.1.1 Historia y Datos de pozos Exploratorios.....	85
2.1.1.1 Moretecocha 1 .....	85

2.1.1.2 Villano - 1 .....	87
2.1.1.3 Villano - 2.....	88
2.1.1.4 Villano - 3.....	91
<b>2.2 Geología del Campo Villano.....</b>	<b>96</b>
2.2.1 Descripción del Reservorio .....	96
2.2.2 Estructura.....	96
2.2.3 Trampas.....	98
<b>2.3 Geofísica y Petrofísica.....</b>	<b>99</b>
2.3.1 Contacto Agua - Petróleo .....	100
2.3.2 Análisis de Presión del Campo Villano .....	101
2.3.3 Cálculos de Volumen de Roca en Bruto.....	104
2.3.4 Estratigrafía y Sedimentología de Formación Hollín Principal .....	105
2.3.5 Petrografía.....	106
2.3.6 Porosidad y Permeabilidad .....	107
2.3.7 Propiedades Petrofísicas .....	108
<b>III. PLANIFICACIÓN DE UNA PERFORACIÓN HORIZONTAL Y EN LOTE ..</b>	<b>111</b>
3.1 Plan de Movilización del Taladro .....	111

3.1.1	Responsabilidades.....	111
3.1.2	Ruta.....	112
3.1.3	Tiempo de Transportación.....	112
3.1.4	Puntos de Discusión de la Transportación .....	112
3.2	Planificación de la Perforación en Lote.....	113
3.2.1	Taladro Creek 228 .....	113
3.2.2	Perforación en Lote y Rodamiento.....	114
3.2.2.1	Sistema de Rodamiento .....	114
3.2.2.2	Sistema de Propulsión Superior (Top Drive) .....	115
3.3	Ensamblajes de Fondo Recomendados.....	119
3.4	Selección de Brocas .....	128
3.5	Planeamiento Direccional .....	133
3.6	Procedimiento Detallado de Perforación .....	135
3.6.1	Intervalo del Hueco de 26" .....	135
3.6.2	Intervalo del Hueco de 16" .....	135
3.6.3	Intervalo del Hueco de 12 1/4" .....	135
3.6.4	Intervalo del Hueco de 8 1/2" .....	138

3.6.5 Intervalo del Hueco de 6" .....	139
3.7 Planificación del Sistema de Fluidos de Perforación .....	140
3.7.1 Programa Detallado de Lodos .....	144
3.7.1.1 Intervalo de 0' a 2,500' PM .....	144
3.7.1.2 Intervalo de 2,500' a 10,822' PM .....	147
3.7.1.3 Intervalo de 10,822' a 12315' PM .....	149
3.7.1.4 Intervalo de 12315' a 13615' PM .....	151
3.8 Hidráulica .....	152
3.8.1 Hoyo 16" (Intervalo 93 - 2500 PM) .....	155
3.8.2 Hoyo 12 1/4" (Intervalo 2500 - 10822 PM) .....	156
3.8.3 Hoyo 8 1/2" (Intervalo 10822 - 12315 PM) .....	158
3.8.4 Hoyo 6" (Intervalo 12315 - 13365 PM) .....	160
3.9 Planificación de la Tubería de Revestimiento.....	163
3.9.1 Criterio de Diseño .....	163
3.9.2 Tubería de Revestimiento Conductor .....	165
3.9.3 Tubería de Revestimiento Superficial.....	165
3.9.4 Tubería de Revestimiento Intermedio .....	167

3.9.5	Tubería de Revestimiento de Producción .....	168
3.9.6	Selección del Tamaño del Diámetro de la Tubería de Revestimiento ...	169
3.9.7	Selección del Peso, Grado y Conexiones .....	172
3.9.8	Colocación de la Tubería de Revestimiento .....	175
3.10	Planificación de la Cementación .....	203
3.10.1	Tubería de Revestimiento de 20" asentada a 93' PM.....	203
3.10.2	Tubería de Revestimiento de 13 3/8" asentada a 2500' PM.....	204
3.10.3	Tubería de Revestimiento de 9 5/8" asentada a 10822' PM.....	207
3.10.4	Tubería de Revestimiento de 7" asentada a 12315' PM.....	211
3.10.5	Tubería de Revestimiento de 5" asentada a 13635' PM.....	214
3.11	Planificación para el Control de Sólidos .....	215
3.11.1	Equipo de Control de Sólidos .....	215
3.11.2	Sistema de Desecado (Dewatering).....	225
3.11.3	Tratamiento de Aguas Residuales .....	230
3.11.4	Control de Calidad de los Desperdicios .....	232
3.11.5	Unidad de Desorción Térmica Indirecta de Baja Temperatura.....	236
3.12	Consideraciones Ambientales.....	249

<b>IV. ESTIMACIÓN DE COSTOS.....</b>	<b>255</b>
4.1 Costo Total del Pozo.....	255
4.2 Base y Metodología.....	255
4.3 Precio .....	256
4.4 Equipo .....	256
4.5 Trabajo Directo .....	256
4.6 Materiales al Granel.....	256
4.7 Costos de Logística .....	257
4.8 Contingencia .....	257
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>261</b>
CONCLUSIONES .....	261
RECOMENDACIONES.....	264
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>266</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>352</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema de un Motor de Desplazamiento Positivo .....	39
Figura 1.2	Herramienta de Medida mientras se Perfora .....	47
Figura 1.3	Esquema del Navegador de Subsuelo .....	53
Figura 1.4	Preventor Anular.....	60
Figura 1.5	Ariete Anular.....	61
Figura 1.6	Ariete Ciego .....	61
Figura 1.7	Ariete de Corte .....	62
Figura 1.8	Preventores Internos.....	63
Figura 1.9	Cabezal de la Tubería de Revestimiento .....	64
Figura 1.10	Carrete Espaciador .....	64
Figura 1.11	Cabezal de la Tubería de Revestimiento .....	71

<b>Figura 1.12</b>	<b>Colgador de la Tubería de Revestimiento.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 1.13</b>	<b>Carrete Espaciador de la Tubería de Producción.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 1.14</b>	<b>Colgador de la Tubería de Producción y Mandril Flauteado .....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 1.15</b>	<b>Cabezal del Pozo de Producción .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 3.1</b>	<b>Brocas PDC.....</b>	<b>128</b>
<b>Figura 3.2</b>	<b>Posibles trayectorias de un pozo desviado .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 3.3</b>	<b>Detalle de la trayectoria del pozo Villano 4H .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 3.4</b>	<b>Detalles de la Tubería de Revestimiento y profundidad de asentamiento .....</b>	<b>171</b>
<b>Figura A 1</b>	<b>Mapa de Bloques Petroleros del Oriente Ecuatoriano.....</b>	<b>266</b>
<b>Figura A 2</b>	<b>Pozos del Bloque 10 hasta ahora perforados .....</b>	<b>267</b>
<b>Figura B 1</b>	<b>Sistema de Propulsión Superior .....</b>	<b>268</b>
<b>Figura B 2</b>	<b>Vista Lateral y Superior.....</b>	<b>269</b>

<b>Figura C 1</b>	<b>Rieles sobre los cuales va montado el Taladro.....</b>	<b>270</b>
<b>Figura C 2</b>	<b>Diagrama Esquemático del Sistema de Rodamiento.....</b>	<b>271</b>
<b>Figura D 1</b>	<b>Sistema de Prevención de Reventones .....</b>	<b>272</b>
<b>Figura D 2</b>	<b>Diagrama Esquemático del Preventor de Reventones .....</b>	<b>273</b>
<b>Figura E 1</b>	<b>Unidad de Desorción Térmica. Vista Superior .....</b>	<b>274</b>
<b>Figura E 2</b>	<b>Cámara de Enfriamiento .....</b>	<b>274</b>
<b>Figura E 3</b>	<b>Unidad de Desorción Térmica. Vista Lateral.....</b>	<b>275</b>
<b>Figura E 4</b>	<b>Entrada de Sólidos a la Unidad .....</b>	<b>275</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Datos de Presiones de Reservorios de Formación Hollín Principal Villano 2 y Villano 3.....	102
Tabla 2.2	Resultados Análisis PVT .....	110
Tabla 3.1	Ensamblaje de Fondo Propuesto por Intervalos.....	122
Tabla 3.2	Tipos de brocas usualmente usadas en varios tipos de formaciones .....	129
Tabla 3.3	Posibles brocas a ser usadas.....	131
Tabla 3.4	Propiedades del Lodo M-I Gel/Agua.....	144
Tabla 3.5	Propiedades del Lodo del Intervalo 12 1/4" .....	147
Tabla 3.6	Desplazamiento de Versaplus .....	150
Tabla 3.7	Propiedades del Lodo del Intervalo de 8 1/2" .....	151
Tabla 3.8	Propiedades del Lodo de ésta sección.....	152
Tabla 3.9	Hidráulica Recomendada.....	152

<b>Tabla 3.10</b>	<b>Caída de Presión en diferentes tipos de motores.....</b>	<b>153</b>
<b>Tabla 3.11</b>	<b>Especificaciones de las Bombas de Lodo .....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 3.12</b>	<b>Datos del Intervalo de 16".....</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 3.13</b>	<b>Hidráulica del Intervalo de 16" .....</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 3.14</b>	<b>Datos de la sarta de perforación y Velocidad Anular Intervalo 16" .....</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 3.15</b>	<b>Datos del Intervalo 12 1/4" .....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 3.16</b>	<b>Hidráulica del Intervalo 12 1/4" .....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 3.17</b>	<b>Datos de la sarta de perforación y Velocidad Anular Intervalo 12 1/4" .....</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 3.18</b>	<b>Datos del Intervalo 8 1/2" .....</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 3.19</b>	<b>Hidráulica del Intervalo 8 1/2" .....</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 3.20</b>	<b>Datos de la sarta de perforación y Velocidad Anular Intervalo 8 1/2" .....</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 3.21</b>	<b>Datos del Intervalo 6".....</b>	<b>161</b>

<b>Tabla 3.22</b>	<b>Hidráulica del Intervalo de 6" .....</b>	<b>161</b>
<b>Tabla 3.23</b>	<b>Datos de la sarta de perforación y Velocidad Anular Intervalo 6" .....</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 3.24</b>	<b>Resultado de la Selección de Tubería de Revestimiento.....</b>	<b>172</b>
<b>Tabla 3.25</b>	<b>Características de la Tubería de Revestimiento.....</b>	<b>176</b>
<b>Tabla 3.26</b>	<b>Características y Composición del Fluido Espaciador .....</b>	<b>205</b>
<b>Tabla 3.27</b>	<b>Características y Composición de la Lechada de Cemento.....</b>	<b>205</b>
<b>Tabla 3.28</b>	<b>Características y Composición del Fluido Espaciador .....</b>	<b>208</b>
<b>Tabla 3.29</b>	<b>Características y Composición de la Lechada de Cemento.....</b>	<b>209</b>
<b>Tabla 3.30</b>	<b>Características y Composición del Fluido Espaciador .....</b>	<b>212</b>
<b>Tabla 3.31</b>	<b>Características y Composición de la Lechada de Cemento.....</b>	<b>213</b>
<b>Tabla 3.32</b>	<b>Limites Permitidos para Descarga de Fluidos y Agua de Formación .....</b>	<b>234</b>
<b>Tabla 3.33</b>	<b>Limites Permitidos para Descarga de Aguas Negras y Grises.....</b>	<b>234</b>

Tabla 3.34	Concentraciones Permisibles de Contaminante .....	235
Tabla 3.35	Punto de Ebullición normal para Alcanos.....	239
Tabla 3.36	Límite de Explosividad Superior e Inferior para Alcanos .....	239
Tabla 3.37	Punto de Inflamación para Alcanos .....	240
Tabla 3.38	Datos Seleccionados para Alcanos.....	240
Tabla 3.39	Características Físicas y Químicas de Muestra de un Suelo Contaminado.....	245
Tabla 3.40	Resultado de la Evaluación del Sistema Base Sintético .....	246
Tabla 3.41	Características de la Unidad de Desorción Térmica.....	247
Tabla 3.42	Parámetros de Tratamiento .....	248
Tabla 3.43	Líneas de Vapor Sobrecabeza, Sistema Quench, y Sistema de Condensación .....	248
Tabla 3.44	Propiedades de Chimenea de Gas y Requerimientos de Utilería .....	249
Tabla 4.1	Estimación Total de Costos.....	258

Tabla F3.1 Brocas IADC de cortadores diamante y PDC Carta de Clasificación de cuatro fabricantes.....	276
Tabla F3.2 Tamaño de Broca comúnmente usados para correr tubería de revestimiento API.....	278
Tabla F3.3 Tamaños de Brocas comúnmente usados que pueden pasar a través de la tubería de revestimiento API.....	279
Tabla F3.4 Características de las tuberías de revestimiento mas usadas en la industria .....	280
Tabla H.1 Coordenadas Geográficas .....	346
Tabla H.2 Programas Direccionales.....	346
Tabla H.3 Topes de Formación .....	347
Tabla H.4 Programa de la tubería de revestimiento .....	347
Tabla H.5 Propiedades de la tubería de revestimiento.....	348
Tabla H.6 Programa de Cementación.....	348
Tabla H.7 Equipo del cabezal del pozo .....	349

<b>Tabla H.8 Programa de pruebas del BOP y tubería de revestimiento.....</b>	<b>349</b>
<b>Tabla H.9 Programa de Fluidos de Perforación y Completación.....</b>	<b>350</b>
<b>Tabla H.10 Programa de registros con cable y estudio de desviación .....</b>	<b>350</b>
<b>Tabla H.11 Programa de registros de lodo.....</b>	<b>350</b>

## ABREVIATURAS

API:	Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute).
BBI/BF:	Barriles de reservorio por barril fiscal.
BHA:	Ensamblaje de Fondo (Bottom Hole Assembly).
BHST:	Temperatura Estática en fondo del pozo.
SNM:	Sobre nivel del mar.
C:	Concentración D149.
cc's/30 min:	Centímetros cúbicos por cada 30 minutos.
CLM:	Materiales para pérdidas de circulación.
CO <sub>2</sub> :	Dioxido de Carbono.
cp.	Centipoise.
CPF:	Facilidades de Proceso Central.
Cr:	Cromo.
Cs:	Concentración Cloruro de Sodio.
DE:	Diametro Externo.
DI:	Diametro Interno.

Gbf:	Gravedad Específica de base fluido.
Geap:	Gravedad Específica agente pesante.
gpm:	Galones por minuto.
GR:	Rayos Gamma (Gamma Ray).
HP:	Fuerza Hidraulica (Horse Power).
HTHP:	Alta Temperatura Alta Presión (High Temperature High Pressure).
Vh:	Volumen del Hoyo.
KCl:	Cloruro de Potasio.
Kg/m <sup>3</sup> :	Kilogramo por metros cúbicos.
Km.:	Kilometro.
Kw:	Kilo-vatios.
Lb/BB1:	Libras por Barril.
Lb/gal:	Libras por galón.
Lbs/100 pie <sup>2</sup> :	Libras por cada 100 pie cuadrado.
LOT:	Evaluación de liqueo de la formación (Leak off Test).
lppc/pie:	Libras por pulgada cuadrada por cada pie.
Lppca:	Libras por pulgada cuadrada absoluta.
Lppcg:	Libras por pulgada cuadrada manometricas
Ma:	Masa de agua.
MBAPD:	Miles de barriles de agua por día
MBPPD:	Miles de barriles de petróleo por día

md:	Milidarcy
MMB:	Millones de Barriles
MMBP:	Millones barriles de Petróleo
N/A:	Ninguna
NaCl:	Cloruro de Sodio
Ohm-m:	Ohmio – metro.
PC/BF:	Pies Cúbico por Barriles Fiscales.
Pd:	Presión Diferencial.
pie/hr:	Pie por hora.
pie <sup>3</sup> :	Pie cúbico.
PM:	Profundidad Medida.
Po:	Presión sin carga.
PPDC:	Por Peso de Cemento.
ppm:	Partes por millón.
pulg.:	Pulgadas.
PVT:	Profundidad Vertical Verdadera.
RGP:	Relación Gas-Petróleo.
pie-lb:	Pie – libras.
rpm:	Revoluciones por minuto.
UDT:	Unidad de Desorción Térmica.
Va:	Volumen de agua.

V <sub>adc</sub> :	Volumen de barita adicional.
V <sub>ar</sub> :	Volumen de lodo adherido a los ripios.
V <sub>ben</sub> :	Volumen de bentonita.
V <sub>D149</sub> :	Volumen de D149
V <sub>es</sub> :	Volumen de Espacedor
V <sub>F75N</sub> :	Volumen de aditivo F75N
V <sub>tr</sub> :	Volumen en Tuberia de Revestimiento

## INTRODUCCIÓN

En el bosque tropical del Oriente ecuatoriano se perforará el pozo Villano-4H con el objetivo primario de llegar a la arenisca de la formación Hollín. Este pozo será horizontal en su totalidad, logrando incrementar su producción debido a la capacidad de penetración lateral, estimándose producir 6 o 7 veces mas que un pozo vertical convencional. La profundidad total programada es de 11216' PTV o 13,635 PM.

La movilización será realizada por vía Aérea, bajo un eficiente control logístico desde la Central de Facilidades de Procesos (CPF), alcanzando una reducción del tiempo de vuelo del helicóptero. La locación será llenada anticipadamente de combustible, tubulares, materiales y equipos.

La protección ambiental y la seguridad son componentes programados en todas la operaciones diarias. La perforación del pozo de producción Villano 4H será discutidamente la operación más segura en cuanto al cuidado del medio ambiente, desarrollada en el Oriente Ecuatoriano.



# **CAPÍTULO I**

## **CONSIDERACIONES TEÓRICAS**

### **1.1 ORIGEN DEL PETRÓLEO**

El petróleo, tratase del petróleo líquido propiamente dicho o de gas natural es un compuesto orgánico constituido por átomos de carbono y de hidrogeno, de lo cual deriva el nombre usualmente utilizado de hidrocarburo. Esos átomos se combinan de muchas maneras diferentes para formar sustancias que varían entre el simple gas metano y sustancias tan complejas que sus nombres llenarían una completa línea de imprenta. El petróleo en su estado natural es casi siempre una compleja mezcla de hidrocarburos de diferentes tipos. Después de extraídos, esos diferentes hidrocarburos son sometidos a un proceso de separación. Cada producto así obtenido exhibe propiedades especiales y tiene usos también especiales.

#### **1.1.1 Rocas Sedimentarias**

Una roca sedimentaria esta formada por la descomposición de productos preexistentes de las rocas. Algunas rocas sedimentarias, tales como arrecife de coral y carbón, están formada de productos orgánicos.

En casi todas las rocas sedimentarias hay pequeñas áreas vacías llamadas poros o espacio porosos en los que puede existir petróleo. En algunos tipos especiales de rocas ,tales como las areniscas y las piedras calizas, esos poros son numerosos e interconectados. Esas rocas especiales se denominan reservorios. Si bien puede encontrarse petróleo en casi todas las rocas sedimentarias, es preciso que se acumulen cantidades sustanciales en los reservorios encerrados en trampas subterráneas para que se los pueda producir en cantidades comerciales.

Los tres tipos principales de rocas sedimentarias y su relativa abundancia en la naturaleza son: lutita 80%, arenisca 15% y caliza 5%.

**Lutitas.**- Rocas compuestas de partículas del tamaño de las arcillas, viniendo en varios colores.

Su coloración es debido a la materia carbóneas (negro-gris) y diferentes óxidos de hierro (amarillento, café o rojo). Fácilmente se requiebrajan paralelamente a los planos de estratificación, pudiendo ser de frágil a duro y muestran cortes sub

- Redondeados o subangular. No reaccionan con ácido clorhídrico al menos que tengan carbonatos de calcio.

### **Areniscas y arenas**

Las areniscas describe solamente el tamaño del grano, las cuales varían desde muy fino (1/6 mm.) a muy gruesos (1-2 mm.), y cuando este es un agregado consolidado se le llama arenisca. Su color puede ser es de claro a bastante oscuro, generalmente algún tono gris hasta amarillento. No reacciona con ácido clorhídrico, a menos que tenga carbonato de calcio, a menos que contenga carbonato de calcio.

**Caliza.-** Puede ser de cualquier forma desde amarillo pálido a plomo, ocasionalmente blanco. Generalmente algunas formas de gris a plomo. Usualmente cristalino muy fino, dureza medios, superficies fracturadas mostrando forma sub - redondeada a angular (usualmente fluorescentes). Buena relación con ácido clorhídrico al 10% al frío. Esta compuesto principalmente de carbonato de calcio.

Entre otro tipos de rocas tenemos:

**Dolomita.-** Usualmente de color gris, algunas veces amarillo pálido, carbonato de calcio y magnesio, usualmente cristalino muy fino. Estas rocas son formadas por dolomitas y tienen un porcentaje pequeño de hierro. Se piensa que ha sido un porcentaje pequeño de hierro. Se piensa que ha sido originado por la transformación de caliza o coral y/o por soluciones de magnesio llamadas dolomitización. La dolomita es ligeramente y solamente atacada por solución fría de ácido clorhídrico, pero disuelta fácilmente en ácidos calientes.

**Chert.-** Es una impureza más quebradiza de forma de perdenal o roca perdenal, esta es más opaca y de un color apagado, usualmente gris, café humoso o café negruzco. El exterior es a menudo blanquecino, de mezcla con cal o yeso. Se rompe con una fractura profundamente concoidal (como el rompimiento de una arcilla) y un agudo cortante filo. Su dureza raya el vidrio.

**Anhidrita.-** Es una roca compuesta de minerales que se precipitan de la solución durante la evaporación del agua. Usualmente masiva, finalmente granular, fibras radiadas sin color hasta azulado, a menudo gris oscuro con brillo perlado.

**Conglomerados.-** Rocas formadas de una acumulación de gránulos primarios, guijarros y partículas de tamaño grande.

### 1.1.2 Trampas

Una trampa se produce si el reservorio encuentra una barrera impermeable, a la que se da el nombre de “roca cubierta”. Cuando el petróleo que migra a través del reservorio encuentra la roca cubierta, queda impedido de seguir adelante en su migración y empieza a acumularse. Hay muchas clases de trampas de petróleo, pero se las clasifica en trampas estructurales y trampas estratigráficas.

Las trampas estructurales son el resultado de alguna deformación local, como plegamientos (pliegues), o fallas, o ambos simultáneamente, del reservorio y de la roca de cubierta. Entre los ejemplos tenemos las trampas anticlinales, las trampas de falla y las trampas asociadas con domos salinos.

Las trampas estratigráficas se forman por procesos geológicos distintos de la deformación estructural. Los restos de un antiguo arrecife de coral, sepultados por sedimentos impermeables, pueden formar una trampa. Las capas sedimentarias pueden cambiar lateralmente en composición litológica o pueden desaparecer para volver a reaparecer en otra parte como un diferente tipo de roca. Tales cambios causan a menudo una disminución en la porosidad, creando posiblemente una trampa. Una clase diferente de trampa puede originarse en discordancias cuando una sucesión de capas, incluyendo un posible reservorio

petrolífero, han sido elevadas, inclinadas, erosionadas y finalmente, cubiertas por sedimentos impermeables que ejercen el efecto de una roca de cubierta.

## 1.2 FLUÍDO DE PERFORACIÓN

Las funciones que tiene un fluido de perforación son:

1.- Controlar la presión de formación: En el subsuelo, los fluidos contenidos en ellos (gas, petróleo y agua), se encuentran a una determinada presión por lo que al perforar se produce una diferencial de presión haciendo que estos fluidos se dirijan a superficie bruscamente. Por eso se necesita tener una presión hidrostática mayor que la presión de formación para contrarrestarla. La presión hidrostática es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad.

2.- Conducir a superficie los ripios producidos en la perforación: los ripios (recortes y derrumbes generados al perforar), son mas pesados que el lodo. Como el lodo regresa a superficie, estas partículas pueden precipitarse hacia abajo, ocasionando un aumento de torque, de arrastre y de la presión hidrostática, pudiéndose dar problemas como perdidas de circulación, daño a la formación, fallas en la tuberías, atascamiento de la sarta de perforación, disminución de la tasa de penetración.

3.- Enfriar, lubricar la broca y la sarta de perforación: Al perforar la broca como la sarta de perforación generan calor por lo que el lodo debe absorber este calor. Asimismo el lodo deberá actuar como un lubricante para prolongar la vida útil de la broca, el desgaste de la sarta, disminuyendo el torque y arrastre , y presiones de bombeo.

4.- Estabilizar las paredes de las formaciones: A medida que la operación avanza las paredes tienden a erosionarse o derrumbarse porque pierden el apoyo lateral, precipitándose al fondo del pozo ocasionando taponamiento. Si la formación es frágil y no consolidada, el lodo deberá tener una densidad mayor y crear una costra adherida a las paredes para darle una mayor estabilización.

5.- Suspensión de la sarta de revestimiento.- El fluido de perforación ejerce una presión hidrostática en el anular que permite sostener a la sarta de perforación y de revestimiento aliviando la tensión y peso.

6.- Transmisión de potencia hidráulica: Durante la circulación, el lodo es expulsado a través de las boquillas del trepano a gran velocidad. Esta fuerza hidráulica hace que la superficie por debajo del trepano este libre de recortes. Si no se remueven de allí los recortes, el trepano sigue retrituyendo los viejos recortes, lo que reduce la velocidad de penetración. La remoción eficiente de

los recortes que se forman en la superficie del trepano depende de las propiedades físicas del lodo y de su velocidad al salir por las boquillas.

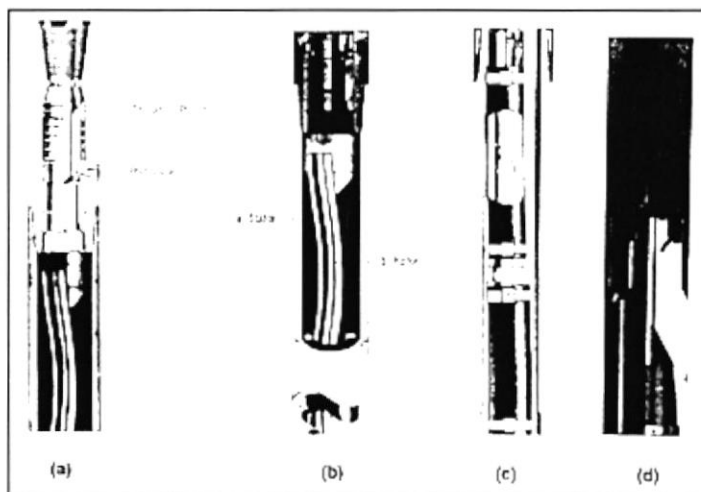
7.- Proveer un medio adecuado para llevar a cabo los perfilajes de cable: Si bien el lodo perturba las características originales de las formaciones, su presencia es necesaria para realizar mucho de los perfiles de cable que se emplean para la evaluación de la formación. La utilización de esos perfiles requiere que el fluido de perforación sea buen conductor de la electricidad y que presente propiedades eléctricas diferentes de las de los fluidos de la formación.

### **1.3 HERRAMIENTAS DE ENSAMBLAJE DE FONDO**

#### **Motores de perforación de desplazamiento positivo (PDM)**

El avance más importante para el control de la trayectoria de un pozo es el uso de motores de desplazamiento positivo con unión sustituta ponderada (bent sub), bent housing, o estabilizadores excéntricos. Los PDM están basados en el principio de Moineau. En la figura 1.1, la válvula de descarga (a) es usada para desviar el fluido mientras este fluye dentro y fuera del pozo. Cuando la circulación comienza, el fluido fuerza al pistón hacia abajo, con lo cual cierra los orificios y dirige el fluido a través del estator. Debido a la excentricidad del rotor en el estator (b), el fluido circulado provee un torque al rotor causando que el rotor gire y haciendo pasar al fluido de cámara a cámara. La rotación del

estator es transmitida hasta la broca por una unión universal (c) hasta una unión sustituta rotatoria en la cual la broca es conectada (d).



**Fig. 1.1**

### **Esquema de un Motor de Desplazamiento Positivo**

Los motores de desplazamiento positivo están disponibles en rangos que van desde 2 pulg. hasta mas de 9 pulg. en diámetro y tienen un rango de velocidad que va desde unos 100 r.p.m. hasta mas de 800 r.p.m.. La velocidad requerida para una operación común varia de 150 - 300 r.p.m..

Los motores que se van ha usar son de la compañía Anadrill los cuales son:

- PowerPak A800 para la sección del pozo de 12 ¼ pulg.
- PowerPak A675 para la sección del pozo de 8 ½ pulg.
- PowerPak A475 para la sección del pozo de 6 pulg.

Las características del motor son:

**PowerPak A800**

Mínima tasa de flujo no impulsada (gpm)	300
Máxima tasa de flujo no impulsada (gpm)	900
Rango de velocidad de la broca (r.p.m.)	72 - 225
Torque de Operación (pie-lb)	4000
Presión diferencial de operación (lppc)	350
Máxima presión diferencial (lppc)	520
Presión sin carga (lppc) @ 600 gpm	96
Rango de potencia @ GPM máximo	175
Eficiencia @ GPM máximo	73

**PowerPak A675**

Mínima tasa de flujo no impulsada (gpm)	300
Máxima tasa de flujo no impulsada (gpm)	600
Rango de velocidad de la broca (r.p.m.)	150 - 300
Torque de Operación (pie-lb)	2900
Presión diferencial de operación (lppc)	520
Máxima presión diferencial (lppc)	690
Presión sin carga (lppc) @ 600 gpm	116
Rango de potencia @ GPM máximo	170
Eficiencia @ GPM máximo	77

**PowerPak A475**

Mínima tasa de flujo no impulsada (gpm)	100
Máxima tasa de flujo no impulsada (gpm)	250
Rango de velocidad de la broca (r.p.m.)	100 - 250
Torque de Operación (pie-lb)	950
Presión diferencial de operación (lppc)	350
Máxima presión diferencial (lppc)	500
Presión sin carga (lppc) @ 600 gpm	82
Rango de potencia @ GPM máximo	52
Eficiencia @ GPM máximo	74

**Collares de Perforación Cortos (Pony Drill Collar)**

Son los mismos collares de perforación no magnéticos o magnéticos con iguales características solo que mucho mas pequeños, usualmente se construyen cortando los collares de perforación normales por la mitad, su uso principal es permitir espaciar correctamente otras herramientas del ensamblaje de fondo.

**Unión Sustituta Flotadora (Float Sub)**

Esta es una unión Piñon x Caja, la cual tiene en su interior una válvula flotadora. Esta usualmente se corre arriba del motor. En ensamblajes convencionales, la válvula flotadora esta insertada en la conexión entre la broca

y los collares (en el caso de ensamblaje de péndulo) o en el estabilizador cercano a la broca.

### **Estabilizadores**

Los Estabilizadores tienen conexión Caja x Caja o Piñon x Caja y son similares en apariencia para una unión sustituta pero tiene corta y pesadas aletas alrededor de la circunferencia. Ellos proveen estabilización al fondo del ensamblaje. Existen varios tipos de estabilizadores, entre ellos están estabilizadores con aletas en espiral, con aletas rectas y con aletas desviadas, con aletas soldadas y con aletas integrales. Y además están disponibles en acero regular y no magnético. La principal característica del estabilizador ajustable es que sirve para incrementar o decrecer el diámetro del pozo. Un tipo también tiene insertos que se expanden hidráulicamente por el fluido de perforación. Teóricamente, un estabilizador con aletas en espiral minimiza la fuerza de impacto sobre el ensamblaje de los collares de perforación reduciendo el riesgo de fallas por tensión en las conexiones; también tienen una gran pared de contacto comparada con los estabilizadores de aletas rectas.

### **Martillos Mecánicos de Perforación (Jars)**

Es una herramienta diseñada para martillar con gran impacto la sarta de perforación pegada dentro del pozo. La probabilidad de recuperar con la aplicación correcta e inmediata de los golpes de martillo es muy alta.

### **Tubería Pesante de Perforación (Heavy Weight Drill Pipe)**

La tubería de perforación pesada es similar a la tubería de perforación regular excepto que esta es mas pesada y tiene una sección de forma alargada como una herramienta de junta cerca del centro para añadir un soporte lateral. Esto puede reemplazar a los collares de perforación, reduciendo el peso en la sarta de perforación.

### **Unión Sustituta Desviada**

Manufacturada normalmente Piñón x Caja. La conexión Piñón de la unión generalmente es compatible con la caja de los motores del mismo diámetro externo. El piñón esta hecho de tal manera que se encuentra desviado con respecto al eje del cuerpo. Este ángulo usualmente varia de 1 a 3 grados con incrementos de  $\frac{1}{2}$  grados. Usado directamente arriba de un motor de desplazamiento positivo, fuerza a la broca a seguir

## **1.4 REGISTROS ELÉCTRICOS**

### **Disparos Simples**

La herramienta de disparo simple registra la inclinación, dirección y la cara de la herramienta sobre un papel sensibilizado o una película fotográfica. El uso principal de esta herramienta es monitorear el progreso de un pozo direccional o desviado y ayudar a orientar la cara de la herramienta para un cambio de

trayectoria. El procedimiento usual es cargar la película dentro de la herramienta, activar el registrador de tiempo, ajustar la herramienta, y soltarla dentro de la tubería de perforación. Cuando el registrador de tiempo es activado, en superficie también es activado un cronometro, a menos que el mecanismo del registrador de tiempo sea usado. El cronometro de superficie indicara cuando el instrumento ha tomado la fotografía. La herramienta es entonces retirada con un cable provisto de un enchufe de pesca o con la tubería de perforación.

La corrida y la interpretación de datos de esta herramienta es simple. Dependiendo de la profundidad del pozo, el tiempo usado puede estar entre unos pocos minutos para profundidades superficiales y mucho mas de una hora para pozos profundos. Además, si la inclinación se vuelve excesiva la herramienta puede ser bombeada hacia abajo. La temperatura del área también representa un problema cuando se esta tomando este estudio, ya que, si la temperatura es muy alta, la película será completamente expuesta, tornando la fotografía negra. Para solucionar este problema se podría usar una protección especial, retardando de esta manera el efecto de la temperatura sobre la película.

### **Giroscopio**

El instrumento Giroscopio mide la dirección como brújula sin usar las líneas magnéticas naturales de la tierra. Por lo tanto, puede registrar las direcciones

dentro de la tubería de acero de perforación, collares de perforación, tubería de revestimiento, o en hueco abierto.

También mide el ángulo de desviación con instrumentos de registro de desviación regular o modificado. Estos giroscopios tienen errores tales como giro desviación. Un giroscopio mejorado determina la dirección por la relación con la rotación de la tierra y la fuerza de gravedad. Estas operaciones son similares a los instrumentos anteriores, excepto que no requiere orientación. El uso común de esta herramienta es la orientación y estudios del pozo con hueco entubado. El giroscopio mantiene una base o fija una dirección de referencia. Durante movimientos subsecuentes esta medición relativa cambia de dirección. El giroscopio opera similarmente a los otros instrumentos de medida, la principal diferencia es que el método de medida cambia de desviación.

El eje del giroscopio esta orientado para fijar un punto de referencia fija en un método de operación. La herramienta es bajada dentro del hueco abierto o entubado o dentro de la sarta de perforación, con pausas para medidas periódicas usando un registrador de tiempo o el sensor de movimiento mas común. Luego, la herramienta es sacada del pozo y sus medidas son leídas.

#### **MEDICIONES DIRECCIONALES MIENTRAS SE PERFORA (DMWD)**

Este sistema mide, registra y transmite los datos en tiempo real de la perforación hasta la superficie. El dato registrado es usado en cálculos similares al hecho con el dato de registro con cable, pero obtener los datos mientras se perfora tiene ventajas sobre la técnica de registro con cable, ya que de esta manera se puede optimizar las prácticas de perforación y selección de núcleos y puntos de registros. Porosidad, saturación, correlación y datos de perforación pueden ser obtenidos simultáneamente mientras se perfora y durante los viajes de la tubería. Esta es una herramienta de dispositivos que registran mientras se está bajando a través del pozo, la cual opera con collares de perforación no magnéticos, proporcionando una lectura en superficie de inclinación y acimut del pozo perforado y/o el ángulo de la cara de la herramienta desde el mayor lado del pozo. Esta herramienta envía señales a la superficie por pulsos de presión dentro del lodo de la sarta de perforación o por otros métodos que no requieren un conductor eléctrico. El sistema de potencia del MWD son baterías o una turbina de lodo. La batería de litio tiene un tiempo límite de operación, dependiendo de la temperatura del pozo, hasta menos de 300 horas. Ya que la mayoría de las brocas se cambian con menos de 100 horas, la batería podría ser reemplazada durante el viaje de cambio de la broca. El sistema de potencia por batería tiene algunas ventajas sobre el sistema de potencia de turbina, por que permite el flujo casi completo del fluido de perforación hasta la broca sin una pérdida significativa de presión. El sistema de turbina es sensitivo a la tasa de flujo y al tipo de fluido que pasa a través de la turbina.

Una ventaja del sistema de turbina , sobre el otro, es que este puede proporcionar mas potencia a los dispositivos electrónicos que registran mientras se esta bajando y a la válvula actuante y es mas tolerante a las altas temperaturas del fondo del pozo.

Un transductor de presión y un computador convierte las señales en curvas de información. Dentro de las funciones populares están el peso sobre la broca, presión, vibraciones en la broca, y registros de formaciones.

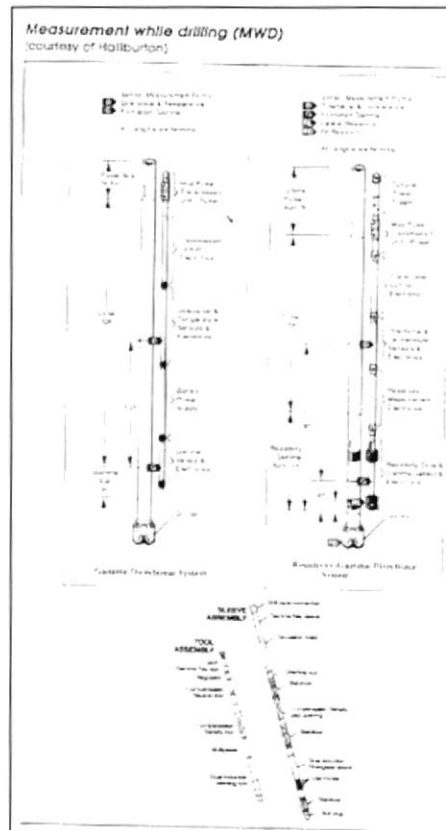


Fig. 1.2

**Herramienta de Medida mientras se Perfora**

### **Navegador de Subsuelo (Geosteer MDW)**

Acceso en tiempo real a los datos de perforación, geológica y petrofísicamente, el “geosteer” hace esto posible, así como también sirve de guía a través del yacimiento de hidrocarburos geológicamente preferentemente de acuerdo a un plan geométrico rígido predefinido.

Hasta ahora esto tuvo su dificultad debido a la distancia entre la broca y el dispositivo de medida, usualmente 60 a 100 pies, dependiendo del ensamblaje de fondo. En muchos casos, los pozos tuvieron que perforarse a través del piso o cubierta del yacimiento debido a que esos datos no estaban disponibles en la broca.

La herramienta navegadora de subsuelo ayuda al perforador direccional a cuidar el pozo dentro del yacimiento e induce una nueva dimensión de realización y productividad para la base geológica de la perforación direccional. Los resultados son una profundidad en pies de la zona productiva máxima, producción mejorada por pie perforado y bajos costos de completación.

El navegador de subsuelo es una tecnología integrada para subsuelo – primeros en la industria completamente instrumentado, con desplazamiento positivo conducible del motor para proveer resistividad de la formación, rayos gama,

velocidad de la broca, y medidas de inclinación en la broca. Los componentes primarios de la herramienta son el motor conducible “PowerPak” de funcionamiento confiable, una caja instrumentado y un sistema telemétrico electromagnético que transfiera datos desde la broca al sistema MWD arriba. Paralelo con otras medidas petrofísicas y mecánicas hechas mientras se perfora, los datos son enviados hasta superficie por un pulso telemétrico en el lodo.

### **Beneficios de la Tecnología del Navegador de Subsuelo**

- Continuo control de la trayectoria del pozo, principalmente con pocos viajes.
- Una ajustable – superficie mejorada de la armadura de la caja en el sitio del pozo eficiencia y hace que esto sea posible para usar el mismo proceso de datos para largos radios perforados o secciones construidas de radios medianos.
- El sensor de inclinación en la broca quita la inseguridad de la inclinación del pozo en pozos horizontales de grandes ángulos y reduce la tortuosidad del pozo y extiende el potencial de desplazamiento del pozo, completaciones fáciles y menos desgaste desde la fuerza del dragado sobre la tubería de revestimiento y tubulares.

- El sensor de RPM permite al perforador optimizar la curva de potencia del motor, mejorando la tasa de penetración y la corrida de largos motores que ahorran tiempo por viajes.
- El sensor cercano a la broca reduce la medición para el retraso de la broca cerca de cero, haciendo de esa manera fácil el cuidado del pozo dentro del yacimiento.
- Las medidas acimutal de los rayos gama proporciona correlación geológica en la broca, la cual es ideal para detectar lechos marcados y picaduras de la tubería de revestimiento y punto de extracción de muestras.
- Las medidas cualitativas de resistividad sirven como un indicador de tiempo real de hidrocarburos o litología, la cual es usada para correlaciones geológicas y para determinar los contactos de agua-petroleo y otras fases de flúidos.
- La resistividad acimutal le dice al perforador la dirección de la interfase de los limites de los flúidos en agua-petroleo, petroleo-gas y otras fases de flúidos.

## Especificaciones del Sensor

### Inclinación de la broca

Rango	0° a 125°
Precisión	0.2° (en 2 sigma)
Distancia desde caja de la broca	8.6 pie

### Cara de la Herramienta

Rango	-180° a 180°
Precisión	±2.0° a 5° de inclinación
(en 2 sigma)	±1.0° a 10° de inclinación
	±0.5° a 20° de inclinación

### Rayos Gama

Rango	0 a 250 unidades API
Sensibilidad	1 cps = 4.9 unidades API
Precisión	10%
Resolución	5% para 100 API en 100 pie/hr

Medidas de RPM

Rango	0 a 512 r.p.m.
Precisión	1 r.p.m.

Resistividad de la Formación (lodo base aceite)

Resistividad en la broca

Rango	0.2 hasta 2000 ohm-m
Precisión	10%

No hay resistividad acimutal en lodo base aceite.

**Especificaciones Mecánicas**

Diámetro Exterior 6 ¾ pulg.

Longitud 30.4 pie

Configuración del Rotor/Estator 4:5, 4:5L, 7:8

Conexiones

Broca	4 ½ reg o 6 ⅝ reg.
Reducción / válvula de descarga	4 ½ reg o 4 ½ IF

### Flexiones

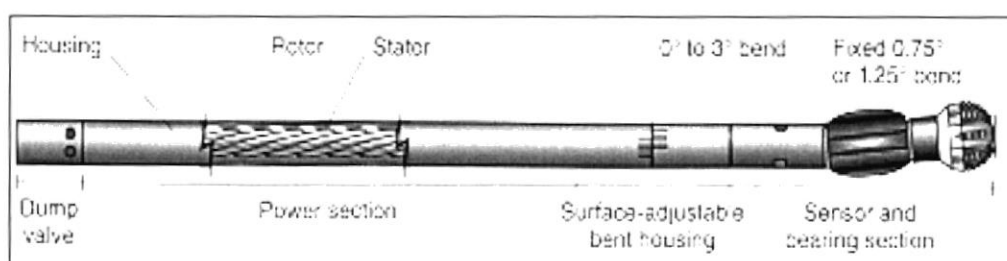
Superficie ajustable	0° a 3°
Fijo	0.75° o 1.25°

### Máximo Flujo

600 r.p.m.  
(700 con desvío)

### Torque Operante

5000 pie-lbf



**Fig. 1.3**

### **Navegador de Subsuelo**

## 1.5 TRABAJOS DE CEMENTACION

Durante el desarrollo de cementaciones primarias las lechadas de cemento tienen que ser diseñadas con propiedades específicas para cada pozo y los aditivos pueden ser mezclados en las plantas de “bulk” para obtener una distribución homogénea. Las mayorías de aditivos pueden ser adicionados al agua si las facilidades de mezclar en el “bulk” no son viables.

Los aditivos se utilizan para:

Variar la densidad de la lechada de 10.8 a 20 lb/gal.

Incrementar o disminuir la resistencia a la compresión.

Acelerar o retardar el tiempo de espesamiento.

Controlar la tasa de filtración.

Reducir la viscosidad de la lechada.

Incrementar la resistencia a los flúidos corrosivos.

En formaciones no consolidadas para controlar las pérdidas de circulación.

La elaboración del cemento es cuando la materia prima (caliza y arcillas) son mezclados juntos, ya sea por vía húmeda o seca , y luego se introducen en un

horno rotativo que funde la mezcla de caliza a temperaturas de 2600°F a 3000°F en un material llamado “clinker” del cemento.

Luego del enfriamiento y el clinker se pulveriza y se mezcla con pequeñas cantidades de yeso, que es lo que controla el tiempo de fragüe final del cemento.

### **1.5.1 Equipos de Subsuelo**

Los equipos que se utilizan generalmente son: zapatos guías, collares flotadores, tapón inferior (fondo) y superior (tope), cabezal de cementación, centralizadores, raspadores recíprocos o rotativos, dispositivo de doble etapa, empaquetaduras externas de la tubería de revestimiento, canastas de metal y otros equipos especializados.

### **1.5.2 Cementación de Tubería Corta de Revestimiento**

#### **1.5.2.1 Equipo**

**1.- Zapato Flotador.-** Localizado en el fondo de este y contiene una válvula de seguridad que impide el retorno del cemento a la tubería corta de revestimiento una vez que la lechada es desplazada.

**2.- Collar Asiento (Landing Collar).**- Su función es la de recibir y sellar el tapón fusible “wiper plug” de la tubería corta de revestimiento (inferior) evitando si la válvula de seguridad falla el movimiento del tapón fusible o el movimiento de rotación cuando se este reperforando.

**3.- Colgador .-** Para tubería corta de revestimiento.- Instalado en el tope de este. Se clasifican de acuerdo al mecanismo de fijación de las mordazas contra las paredes de la tubería de revestimiento en dos tipos: mecánico e hidráulico. El colgador mecánico se fija con ayuda de la barra de sondeo mediante movimiento rotacional y/o reciprocante. Los colgadores hidráulicos se fijan hidráulicamente mediante un leve movimiento descendente. Las mordazas de este tipo de colgador son llevadas a su lugar por efecto de la presión diferencial. Debido a estas mordazas se reduce el espacio de circulación, creando una mayor pérdida de presión durante la circulación y cementación; es por esto que los colgadores son sostenidos con mordazas separadas múltiples que incrementan el área de circulación y de adherencia o contacto, usándose principalmente en tuberías cortas de revestimientos largos donde la resistencia de la formación es menor.

**4.- Herramienta fijadora de tubería corta de revestimiento.**- Provee la conexión entre las barras de sondeo y la tubería corta de revestimiento. Copas

de pistoneo adheridas al tubo inferior pulido o un elemento de goma para sellar están insertados en la tubería corta de revestimiento para dar un sello entre esta y la herramienta fijadora. El tubo inferior (slick joint) es generalmente de 10 a 15 pies de largo. Una vez que la tubería corta de revestimiento es colgado se libera la herramienta fijadora y se comprueba elevando una corta distancia, verificando la pérdida de peso en el indicador de peso.

**5.- Tapón fusible para tubería corta de revestimiento (wiper plug).**- Se encuentra ubicado al final del tubo inferior o tubo pulido con un perno de corte o piñon, el mismo que deberá tener un esfuerzo de corte adecuado con el fin de evitar que se rompa prematuramente y se libere el tapón fusible limpiador (Packoff Bushing) en especial cuando se trabaja con lechadas de alta densidad o cuando se espera una gran caída de presión a través del diámetro interno del tapón fusible.

**6.- Empaquetadura para tubería corta de revestimiento.**- Ubicados al tope de las tuberías cortas de revestimiento, su finalidad es la de ofrecer un sello entre la tubería corta de revestimiento y la tubería de revestimiento. También, permite recircular el exceso de cemento sin imponer excesiva presión a la formación. No se lo recomienda cuando existe altas presiones de gas.

**7.- Tubería de revestimiento adicional (Tie-Back) para tubería de revestimiento corta.**- existen ocasiones cuando es necesario extender la tubería corta de revestimiento existente hacia arriba con un “tieback stub liner” o hasta superficie con un “tieback casing”. Esto se hace para cubrir algún daño de la tubería de revestimiento sobre el tope de la tubería de revestimiento corta ya existente, para hacer pruebas selectivas de múltiples zonas, para diseñar el futuro montaje de producción y tamaño de tubería de revestimiento de producción, para cementar intervalos problemáticos antes de correr sarta superficie.

## **1.6 PREVENTOR DE REVENTONES**

### **1.6.1 Descripción del Equipo y sus Funcionamientos.**

El equipo de prevención de reventones incluyen:

1. Carrete espaciador (drilling spool)
2. Estrangulador de flujo y regulador de válvulas para matar el pozo.
3. Válvulas
4. Cabezales
5. La unidad de control del preventor de reventones.

Dentro de las principales funciones tenemos:

1. Cerrar el pozo
2. Permitir que los flúidos del pozo puedan ser venteados
3. Permitir bombear dentro del pozo
4. Permitir el movimiento de la tubería hacia adentro o hacia fuera del pozo, con sobre presión del pozo.

Los mayores fabricantes de preventores son: Cameron, Shafter, Hydril y Regan, todos con principios de operaciones similares.

Un preventor consiste principalmente de: un *pistón hidráulico* y un *elemento empaquetado de caucho con acero reforzado*.

El fluido hidráulico presurizado es bombeado a través de un orificio debajo del pistón.

El fluido empuja al pistón hacia arriba.

El pistón fuerza al caucho a ponerse en contacto con los lodos de la tubería formando un sello con este.

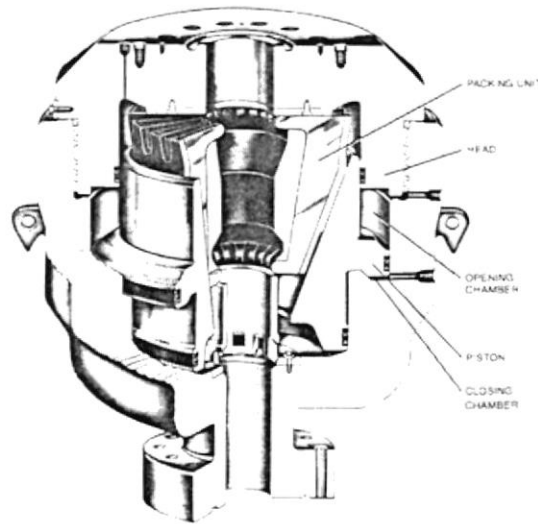
### **Preventor Anular**

Un preventor anular esta diseñado para sellar alrededor del vástago cuadrado (kelly) o cualquier tamaño de tubería que pueda pasar a través de este orificio.

La mayoría de los preventores pueden sellar en hueco abierto.

El cierre de un preventor anular es llamado “cierre completo” o CSO.

El preventor anular es además usado frecuentemente por extracción de tubería, por que aquí no se requiere abrir o cerrar repetidamente.



**Fig. 1.4**

### **Preventor Anular**

#### **Preventores de Ariete**

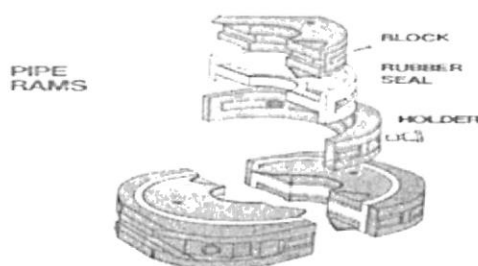
Estos difieren de los preventores tipo anular en que el ariete sellante es semi-rígido y está diseñado para sellar sobre una forma o tamaño pre-diseñado.

Los arietes están disponibles para los tamaños tubulares más apropiados y también para cerrar en hueco abierto.

Existen 3 tipos de Arietes: Ariete Anular (pipe rams), Ariete Ciego (blind rams) y Ariete de Corte (shear rams).

Ariete Anular (Pipe Rams).- Sellan el anular del pozo cuando la tubería esta presente. Estos están diseñados para sellara alrededor de un tamaño específico de tubería; pero existen también aquellas con orificio variable como las Cameron.

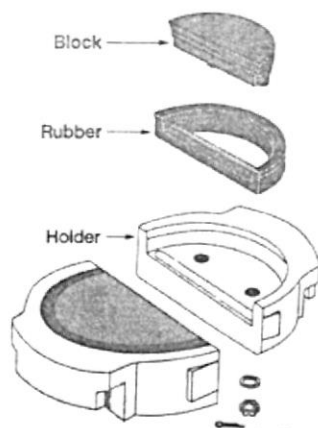
No deberán ser cerrados en hueco abierto porque pueden reducir la habilidad del sello e incrementar el desgaste causada por una expulsión de los cauchos.



**Fig. 1.5**

**Ariete Anular**

Arietes Ciegos (Blind Rams).- Sellan la boca del pozo cuando la tubería no este presente.



**Fig. 1.6**

**Ariete Ciego**

Ariete de Corte (Shear Rams) .- Son arietes ciegos con aletas cortadoras incrustadas. Son diseñados para sacar la tubería y para sellar el pozo cuando ellos cierran. Generalmente se instalan en perforaciones costa afuera.

No están diseñados para cortar collares de perforación, rosca de unión de tubería vástago (tool joint), u otras secciones tubulares de espesor de pared especial.

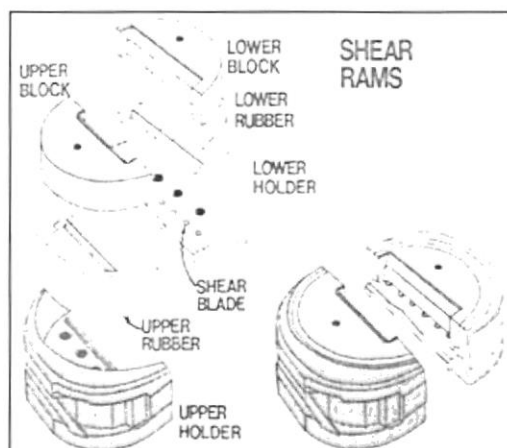
Se puede cortar tubería de revestimiento con un OD superior de hasta el 60% del ID del preventor. Ver figura 1.7.

Cuando la tubería no este presente funciona como un ariete ciego.

Los radios de cierre son generalmente: 6-1 hasta 9-1 la presión del pozo.

Los radios de apertura son mucho más bajos: 1-1 o 2-1 la presión del pozo.

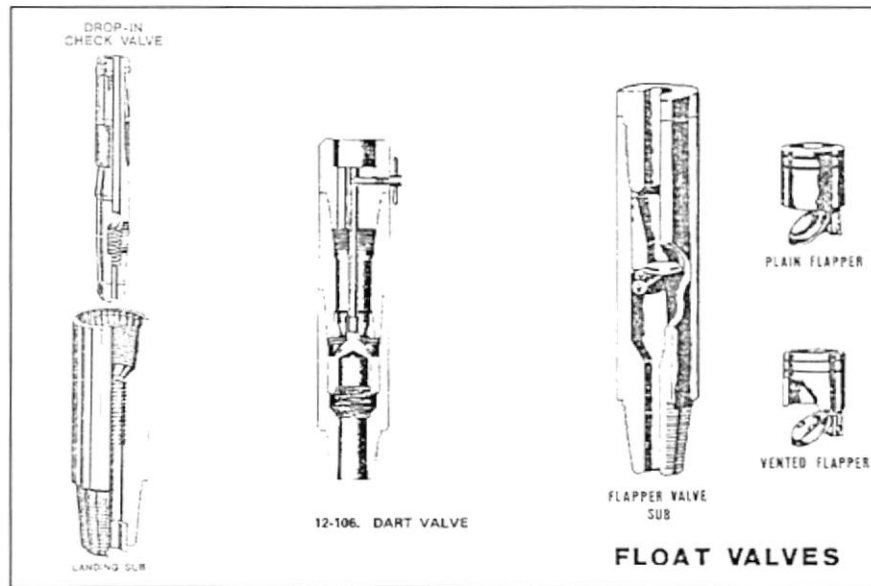
Inclusive algunos preventores tienen un radio menor de 1-1.



**Fig. 1.7**

### **Ariete de Corte**

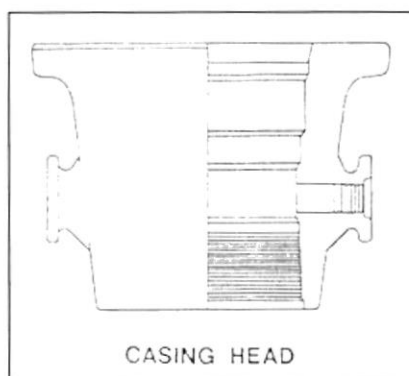
Preventores Internos (de la tubería) .- Un reventón generalmente ocurre sobre un viaje o una conexión. Un preventor interno o válvula, es necesario para prevenir o parar cualquier flujo ascendente por la tubería de perforación. Ver figura 1.8



**Fig. 1.8**

### **Preventores Internos**

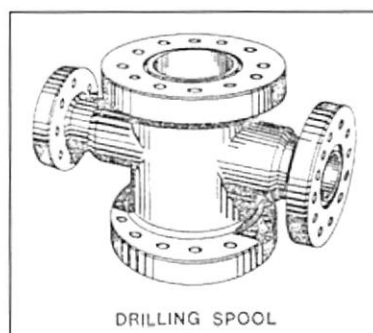
Cabezal de la tubería de revestimiento (casing head) .- Sirve para unir el preventor de reventones con la tubería de revestimiento. La conexión final puede ser soldada o de rosca. Ver figura 1.9.



**Fig. 1.9**

### **Cabezal de la Tubería de Revestimiento.**

Carretes Espaciadores (drilling spool) .- Sirve para colocar un estrangulador de flujo y una línea de matado. También facilita la sacada de la tubería porque proporciona un espacio adicional entre los preventores. Ver figura 1.10



**Fig. 1.10**

### **Carrete Espaciador**

#### **1.6.2 Prueba del Equipo**

Los siguientes puntos de prueba podrán estar disponibles en el taladro todo el tiempo:

- a. Probar el tapón con el fondo taponado y perforado con lloradero.
- b. Cupón de prueba del diámetro apropiado
- c. Tubería corta de perforación.

### **Instrucciones Generales**

- a. Antes de continuar con la prueba de alta presión, todos los equipos del B.O.P. deberán ser probados con baja presión de 200 a 300 lppc, por un lapso de por lo menos 10 minutos, además estos equipos incluirán alarmas en caso de presencia de presiones bajas.

Toda prueba de alta presión deberá ser hecha a la presión de trabajo del equipo.

Las pruebas de alta presión son las siguientes:

1. *Estrangulador del Múltiple*: 5,000 lppc por 10 minutos.
2. *Arietes Ciegos*: 5,000 lppc por 10 minutos, únicamente sobre el acople inicial superior. De allí en adelante se prueba mientras funciona.
3. *Ariete anular y válvulas HCR*: 5,000 lppc por 10 minutos.
4. *Anular*: 3,500 lppc por 10 minutos.

5. *Válvulas TIW , interior del BOP, y válvulas de seguridad en el tope del conductor: 5,000 lppc por 10 minutos*
- b. Usar agua para toda la prueba.
- c. Realizar todas las pruebas :
- Cuando el B.O.P. este primeramente instalado.
  - Antes de perforar y después de que cada sarta de la tubería de revestimiento este asentada.
  - No menos de una vez cada 7 o 14 días, a menos que las operaciones del pozo estén previamente probadas.
- d. Realizar todas las pruebas necesarias adecuando a las pruebas cualquier reparación que se requiera desconectando un sello en el ensamblaje. Solamente el sello que tiene que ser desconectado podrá ser probado en ese instante.
- e. Todos los detalles de las pruebas de B.O.P. deberán ser reportadas en el Reporte Diario de Perforación.


- f. Probar las válvulas del cabezal de la tubería de revestimiento con el arreglo del BOP abierto. Las válvulas de la tubería de revestimiento serán abiertas hacia la izquierda abierto para el resto de la prueba.
- g. Preventores de reventones tipo Ariete serán activados para probar el funcionamiento adecuado una vez cada viaje pero esto no ocurre menos de una vez cada día.
- h. Preventores de reventones tipo Anular serán activados sobre la tubería de perforación una vez cada semana.
- i. Una simulación del control del pozo perforado será conducida semanalmente por cada equipo de perforación.
- j. Un separador con un orificio de salida de 4" y un orificio de salida de 2" será instalado debajo de todos los preventores tipo anular de 20". La línea de estrangulación será conectada para el orificio de salida de 2". El orificio de salida de 4" será equipado con una válvula hidráulica de 4" y servirá como válvula de alivio.
- k. Los preventores tipo anular de 20" serán probados con 300 lppc en el momento de la instalación únicamente cuando instalado sobre la tubería

conductor esta tuvo que ser cementada. No intentar probar los preventores de 20" instalados sobre la primera tubería de revestimiento.

- l. Nunca cierre los preventores de 20" antes de abrir primero la línea de alivio del cabezal.
- m. Las estaciones de control serán activadas mientras la tubería de perforación es sacada del pozo, una vez cada viaje, pero no más de una vez cada día.
- n. No hacer viaje con la broca cuando se está probando el BOP.
- o. En las Pruebas:
  - Chequear la presión pre-cargada de las botellas, que deberá ser 3000 lppc con fluido, 1000 lppc con nitrógeno y 1200 lppc después de usar. Medir y ajustar si es necesario.
  - Chequear la presión del acumulador para el anular, que deberá ser 1500 lppc.
  - Chequear la presión del acumulador para los arietes y válvulas HCR, que deberán ser 1500 lppc.
  - Chequear la presión de asentamiento de la válvula de seguridad, que deberá ser como mínimo 3500 lppc.

- En cada turno probar la función de: todos los arietes, anular y válvulas HCR.

p. Presión de Pruebas

<u>Hueco de</u>	<u>Articulo</u>	<u>Presión de Prueba</u>
26"	Ninguno	
16"	Ninguno	
12 ¼"	Anular	Bajar a 250 lppc/Subir a 3500 lppc por 5 min.
	BOP	Bajar a 250 lppc/Subir a 4000 lppc por 5 min.
8 ½"	Anular	Bajar a 250 lppc/Subir a 3500 lppc por 5 min.
	BOP	Bajar a 250 lppc/Subir a 4000 lppc por 5 min.

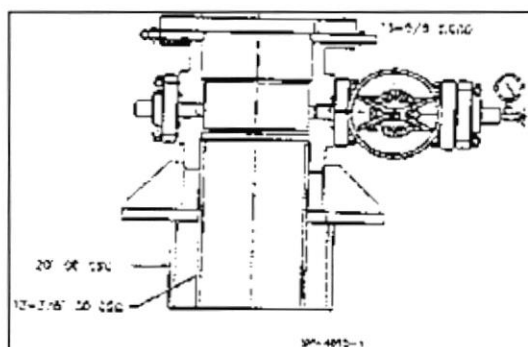
- q. El sistema de cierre deberá ser capaz de cerrar cada ariete preventor dentro de 30 segundos. El tiempo de cierre no deberá exceder 30 segundos para los preventores anulares menores de 20" y 45 segundos para preventores anulares mayores de 20".
- r. Bombear a través del estrangulador del múltiple y separador de gas para asegurar que allí no haya obstrucciones.

### **1.7 PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN DEL CABEZAL DE POZO**

Cabezal de la tubería de revestimiento de 13-3/8 VG 100 con pescatubos soldado desde el fondo.

1. Preparar el pozo para la tubería de revestimiento de 13-3/8. Correr la tubería de revestimiento de 13-3/8.
2. Cuando la tubería de revestimiento este cementada, corte la tubería hasta la elevación deseada para el cabezal de la misma. Arregle el nivel cortado y límelo. No Bisele. La distancia desde el fondo de la base de la lamina hasta el tope del pescatubos soldado de 13-3/8 es aproximadamente 12 pulgadas.
3. Estabilizar el cabezal sobre el tope de la tubería de revestimiento hasta que el apoyo sobre la tubería se retire del soporte del hombro en el orificio inferior del cabezal. Oriente las salidas en la dirección deseada.

4. Armar el conjunto y correr el diámetro apropiado del tapón de prueba. Los requerimientos de prueba, no excederán los 3000 lppc, luego se retirará el tapón de prueba.
5. Instalar el diámetro apropiado de la camisa protectora y prepare el pozo para correr la tubería de revestimiento de 9-5/8.
6. Retire la camisa protectora, corra y cimente la tubería de 9-5/8.
7. Separe las conexiones en el tope del cabezal de la tubería de revestimiento y obtenga el arreglo suficiente para permitir la instalación de los colgadores de la tubería de revestimiento.



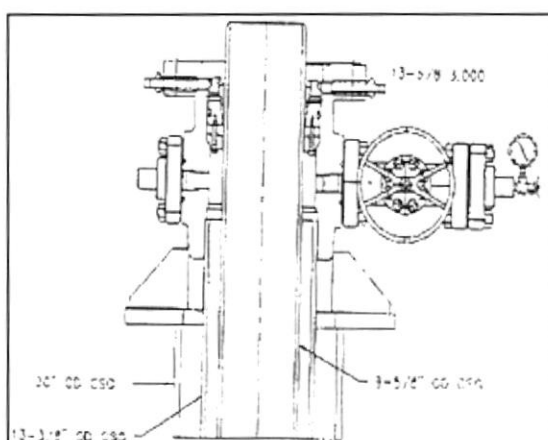
**Fig. 1.11**

### **Cabezal de la Tubería de Revestimiento.**

#### **Colgador de la Tubería de revestimiento VG 100 13 <sup>3</sup>/<sub>8</sub> x 9 <sup>5</sup>/<sub>8</sub>**

1. Afloje un juego de tornillos encajado sobre cada pestillo tal que cada colgador retenga a medias un pestillo; permitiendo a medias una división.

2. Soporte a medias sobre dos maderos mientras se ensambla alrededor de la tubería de revestimiento; acople las divisiones y asegure los pestillos encajándolos con el juego de tornillos.
3. Quite el patín que retiene los tornillos, centre la tubería de revestimiento, quite el soporte de madera y permita que el colgador caiga dentro del cabezal guía. El colgador deberá ser completado abajo en el descanso de la guía sobre el hombro cargado en la guía.
4. Bajar la tubería de revestimiento hasta que el colgador de la tubería de revestimiento soporte el peso de la tubería de revestimiento completamente.
5. Chequear la tubería de revestimiento para asegurarse que esta centrada en el cabezal. Si no esta centrada saque la tubería de revestimiento y nuevamente repita el paso 4.
6. Corte la tubería de revestimiento sobrante aproximadamente 12 pulgadas arriba del tope del cabezal.
7. Acondicione para instalar el carrete espaciador de la tubería de producción.
8. Finalmente corte la tubería de revestimiento 4 pulgadas arriba de la brida del cabezal. Bisele la tubería de revestimiento con un ángulo de  $30^{\circ}$  sobre el diámetro exterior. Quitar las rebabas y redondear cualquier filo agudo sobre el tope del fragmento del diámetro externo de la tubería de revestimiento para prevenir daños en el sello BT durante la instalación del carrete espaciador de la tubería de producción.



**Fig. 1.12**

### **Colgador de la Tubería de Revestimiento.**

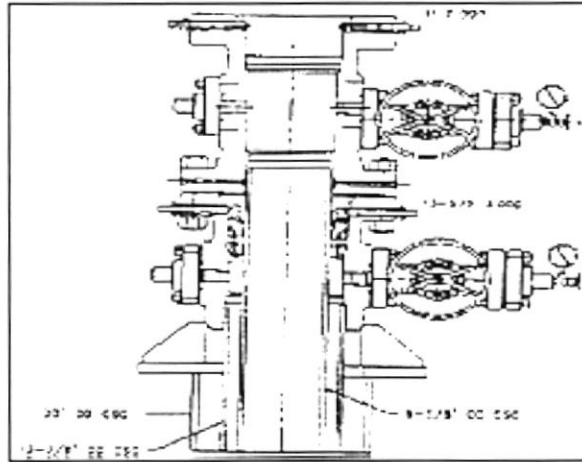
### **Carrete Espaciador de Tubería de Producción CWC – BT**

1. Asegúrese que el sello BT este colocado en el fondo del carrete espaciador de la tubería de producción.
2. Limpie los anillos ranurados en el tope del cabezal y en el fondo del carrete espaciador de la tubería de producción.
3. Llene la guía del cabezal arriba del colgador de la tubería de revestimiento con aceite de motor o fluido hidráulico. (Esto prevendrá de tener que bombear el área completa a través de la puerta de prueba para probar el carrete espaciador de la tubería de producción después que esté instalado.)
4. Coloque una empaquetadura anular API nueva en el anillo ranurado en el tope del cabezal.
5. Bajar el carrete espaciador de la tubería de producción justamente sobre el sobrante de la tubería de revestimiento hasta que esta aterrice sobre el tope

del empaadura anular en la conexión del tope del cabezal. Tener cuidado de no dañar el sello BT o la empaadura anular.

6. Instalar las tuercas al final de los pernos. Torquear la brida cerrándola.
7. Remueva los tapones puerta de inyección sellante desde el carrete espaciador de la tubería de producción.
8. Instalar la pistola de inyección selladora sobre una de las puertas de inyección e inyectar el sellante hasta que este circule por fuera de la otra puerta.
9. Reinstale los tapones puertas de inyección sellante.
10. Pruebe la presión del carrete espaciador de la tubería de perforación hasta la interfase el cabezal como se requiera. No exceder la presión de trabajo de las conexiones o el 80% de la presión de colapso de la tubería de revestimiento.
11. Armar el conjunto y correr el diámetro de tapón apropiado para la prueba. Probar pero, no exceder los 5000 lppc, y retirar el tapón de prueba.
12. Instalar el diámetro apropiado de la camisa protectora y preparar el pozo para una sarta de la tubería de producción de 5 o 7 pulgadas.
13. Retirar la camisa protectora, empezar a perforar nuevamente para la tubería de producción de 5 o 7 pulgadas.

Ver Esquema de la figura 1.13



**Fig. 1.13**

### **Carrete Espaciador de la Tubería de Producción**

#### **Colgador de la tubería de producción CWC – BW – EFT**

1. Correr y espaciar la tubería de producción, cable eléctrico y línea de control de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.
2. Asegurase que el juego de tornillos del carrete espaciador de la tubería de producción estén completamente flojos.
3. Drenar la parte baja del BOP hasta el desagüe del carrete espaciador.
4. Ajustar el colgador de la tubería de producción sobre el tope de la tubería de producción. Tener cuidado de no dañar el anillo y el área del sello sobre el diámetro externo del colgador o sobre la alimentación del cable a través del acople.
5. Ajustar una tubería con descanso hasta el tope del colgador de la tubería de producción. Esta tubería podrá ser ajustada por un hombre robusto.

6. Coger la sarta y finalizar el ensamblaje de la alimentación del cable y reconectar arriba del colgador si es aplicable.
7. Determinar la longitud de la línea de  $\frac{1}{4}$  de pulgada requerida para alcanzar desde el colgador hasta el punto de terminación mas allá del cabezal. Corte la línea con suficiente longitud extra para alcanzar la terminación. a) Desmoldar un accesorio estampado montado sobre la línea. b) Alimentar la línea a través del cuerpo del colgador desde el final y atornille lo montado dentro del L.P. de  $\frac{3}{8}$  pulg. NO apriete la tapa todavía. c) Reconecte la línea para el corte final desde el carrete espaciador con una unión estampada y restablezca la presión dentro de la línea. Una vez, que se determine que no haya liqueo apriete la tapa estampada colocada.

**Precaución: Una vez que la tapa este apretada, la línea de control deberá ser cortada en orden para remover el colgador de la sarta de la Tubería de Producción.**

8. Asegure todas las líneas y el cable hasta la tubería de producción debajo del cuerpo del colgador.
9. En el cabezal, correr el perno guía MC tres vueltas.
10. Posicionar la alineación de la ranura del colgador sobre la localización del perno guía y disminuir la sarta de la tubería de producción.

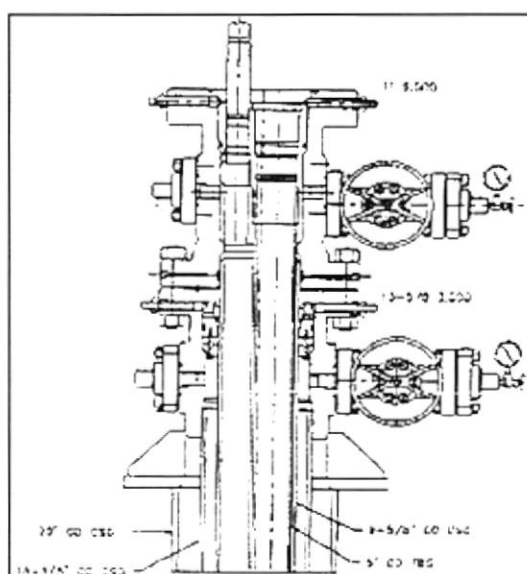
11. Bajar la tubería de producción lentamente hasta aterrizar fuera del colgador en el cabezal guía de la tubería de producción. Una insignificante rotación podrá ser percibida como la alineación de la ranura que engrana el perno guía.
12. Asegure el colgador en su sitio corriendo en los seguros los pernos sobre el OD del tope de la brida del cabezal de la tubería de producción. *Precaución si la alimentación BIW hace contacto con los seguros de los pernos de abajo, dejar que los pernos se aflojen hasta que el BOP sea limpiado lejos.*
13. Retirar el aterrizaje de la tubería.
14. Antes de desarmar el BOP, instalar una válvula de presión para el control del pozo hasta que el árbol este instalado.

#### **Colgador del Mandril Flautado CWC – F6H con obturador**

1. Correr y espaciar la tubería de producción de 7 pulgadas.
2. Asegúrese que los pernos del carrete espaciador de la tubería de producción estén completamente flojos.
3. Drenar la parte baja del BOP hasta el desagüe del carrete espaciador.
4. Ajustar el colgador de la tubería de producción sobre el tope de la tubería de producción.

5. Ajustar una unión sustituta con aterrizaje hasta el descanso de la tubería y torquee. Instalar el ensamblaje del para el tope del colgador de la tubería de producción. Esta tubería deberá ser ajustada por un hombre robusto.
6. Recoger la sarta y bajar la tubería de producción hasta que los descanso del colgador en el cabezal guía de la tubería de producción y cementar.
7. Retirar el ensamblaje y recuperarlo.
8. Haga un lavado completo y abundantemente al área del cabezal de la tubería de producción arriba del colgador de 7 pulgadas.
9. Ajustar la herramienta para correr el obturador para la tubería de perforación y apriete con llaves.
10. Suspender la herramienta sobre el obturador y engrane el OD de la rosca en la herramienta corrida.
11. Correr el obturador dentro y cuidadosamente aterrizar en colgador sobre el cuello del colgador de la tubería de producción.
12. Correr dentro del pozo el juego de pernos y acelerar el obturador. Rotar la tubería de perforación en sentido contrario a las manecillas del reloj y recuperar la herramienta corrida.

Ver el Esquema en la figura 1.14



**Fig. 1.14**

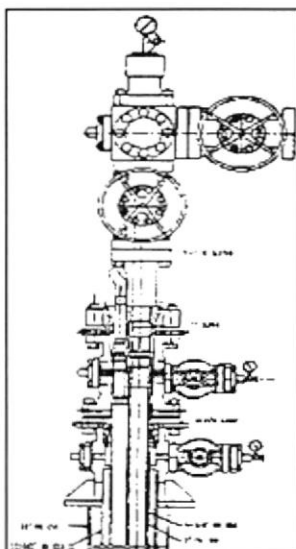
### **Colgador de la Tubería de Producción y Mandril Flauteado**

#### **Instalación del “Árbol”**

1. Limpiar el anillo ranurado en el tope del carrete espaciador de la tubería de producción y en el fondo del inicio de la tubería de producción.
2. Instalar la unión sustituta sellada dentro del tope de la boca del colgador de la tubería de producción.
3. Suspender el árbol sobre el carrete espaciador de la tubería de producción.
4. Llene el carrete guía espaciador de la tubería de producción arriba del colgador de la tubería de producción con aceite de motor o fluido hidráulico.
5. Instalar la nueva empackadura anular dentro del anillo ranurado en el tope del carrete espaciador de la tubería de producción.

6. Bajar el árbol encima del tope del carrete espaciador de la tubería de producción, tener cuidado que todas las líneas y conexiones penetren a través de sus respectivas cursos en el inicio de la tubería de producción.
7. La línea de control de  $\frac{1}{4}$  pulg. podrá ser alimentada desde la parte inferior del inicio de la tubería de producción.
8. Después de aterrizar, instalar las roscas encima del final del inicio los pernos de la tubería de producción y ajustar los pernos.
9. Realizar la prueba de presión en el inicio de la tubería de producción para la interfase del carrete espaciador de la tubería de producción a través de la puerta de prueba en el inicio de la tubería de producción como se requiera.

Ver el Esquema de la figura 1.15.



**Fig. 1.15**

### **Cabezal del Pozo de Producción**

10. Para la prueba de presión de las conexiones del árbol es necesario que se quite la válvula de presión del colgador de la tubería de producción, e instalar una válvula de retención de dos vías. Entonces abrir todas las válvulas del árbol y presurizar el árbol con agua hasta 500 lppc.

11. Completar el pozo.

## **1.8 DESORCIÓN TÉRMICA**

La desorción térmica es una técnica innovadora para tratar la tierra contaminada con desechos peligrosos calentándola a una temperatura de 90°C a 540° a fin de que los contaminantes con un punto de ebullición bajo se evaporizen (se conviertan en gases) y, por consiguiente, se separen de la tierra. (Si quedan otros contaminantes, se tratan con otros métodos). Los contaminantes vaporizados se recogen y se tratan, generalmente con un sistema de tratamiento de emisiones.

La desorción térmica es diferente de la incineración, por esta, usa el calor para separar físicamente los contaminantes de la tierra, que después se someten a un tratamiento ulterior. La incineración usa el calor para destruir los contaminantes.

### **1.8.1 Sistemas de Desorción Térmica**

Los sistemas de Desorción Térmica típicos tienen tres componentes: el sistema de tratamiento preliminar y movimiento de materiales, el dispositivo de desorción y el sistema posterior al tratamiento para gases (contaminantes vaporizados) y sólidos (la tierra que queda).

### **1.8.2 Sistema de Tratamiento preliminar y movimiento de materiales**

El tratamiento preliminar de materiales contaminados consiste en pasarlos por una criba para entresacar terrones grandes y materia extraña. Si el material contaminado está muy húmedo o tiene una concentración elevada de contaminantes, tal vez sea necesario mezclarlo con arena o secarlo para que se convierta en una masa más uniforme que pueda tratarse con el equipo de desorción.

### **1.8.3 Equipo de Desorción**

La función del equipo de desorción es calentar la tierra contaminada y mantenerla a una temperatura suficiente durante el periodo necesario para secarla y vaporizar los contaminantes que contenga. Un tipo común es el dispositivo de desorción giratorio, que consiste en un tambor cilíndrico giratorio de metal. En el dispositivo de desorción giratorio de calentamiento directo, el material entra en el cilindro giratorio y se calienta al entrar en contacto con una

llama o con los gases calientes emitidos por una llama. En un dispositivo de desorción giratorio de calentamiento indirecto, la tierra contaminada no entra en contacto con una llama o con gases de la combustión, sino que se calienta el exterior del cilindro del metal, el metal calienta indirectamente la tierra que da vueltas adentro. A medida que los desechos se calientan, los contaminantes se vaporizan y se integran a la corriente gaseosa de aire y vapores contaminados que sale del dispositivo de desorción y se dirige al sistema posterior al tratamiento.

#### **1.8.4 Sistema Posterior al Tratamiento**

Los efluentes gaseosos del dispositivo de desorción generalmente son sometidos a un tratamiento para retirar las partículas que quedan en la corriente de gas después del procedimiento de desorción. Los contaminantes vaporizados de los efluentes gaseosos se pueden quemar en un quemador auxiliar, recoger con carbón activado o no recuperar en un condensador. Según los contaminantes y su concentración, se puede usar cualquiera de estos métodos o todos ellos. Los métodos de eliminación deben ceñirse a las normas federales, estatales y locales.

La tierra tratada en el dispositivo de desorción es sometida a una prueba para determinar la medida en que se han retirado los contaminantes que se procuraba

extraer con esta técnica. La eficacia de la desorción térmica generalmente se determina comparando la concentración de contaminantes en la tierra tratada con la concentración de contaminantes en tierra sin tratar. Si la tierra tratada no es peligrosa, se vuelve a colocar en su lugar de origen o se lleva a otro sitio para usarla como relleno, pero si necesita tratamiento ulterior, se puede tratar con otra técnica o transportar a otro lugar para su eliminación.

## **CAPÍTULO II**

### **INFORMACIÓN TÉCNICA DEL CAMPO VILLANO PREVIA A LA PLANIFICACIÓN**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL CAMPO VILLANO**

##### **2.1.1 Historia y datos de Pozos Exploratorios**

El primer pozo exploratorio fue perforado en 1991 descubriéndose una acumulación de petróleo no comercial en la arena Hollín Principal, donde luego se perforaron dos pozos con excelentes resultados, como, una interpretación geológica cerca de la cresta de la estructura y la confirmación de calidad y continuidad de ésta arena. Estos pozos de exploratoria y de avanzada, fueron:

##### **2.1.1.1 Moretecocha 1**

Este fue el primer pozo perforado por Arco Oriente Inc. en 1991, el cual está localizado a 9 millas al sudoeste de la locación Villano.

Se empezó la perforación del hoyo conductor de 26" usando un sistema de barrena seca, con la finalidad de prevenir la remoción de la formación, hasta una profundidad de 185 pies donde se cementó tubería conductor de 20".

Con una broca de 17 ½ " se continuó perforando hasta una profundidad de 2094 pies asentándose una tubería de revestimiento superficial de 13 3/8". En este intervalo existió una pérdida de tiempo por falla de soldadura en la cabeza de la tubería de revestimiento. Se registró en prueba de liqueo (LOT) un valor de 13.2 lb/gal.



Con una Broca Hycalog Ds40H de 12 ¼ " se obtuvo una tasa de penetración buena. Se presentaron algunos problemas, como estrechamiento del pozo, al utilizar una densidad de lodo de 10.6 lb/gal, así como pérdidas de tiempo ocasionado por una filtración del agua de formación al nivel del zapato para lo cual se debió realizar trabajos de cementación forzada. De la prueba de intervalo de la formación (LOT), 13.2 lb/gal fue obtenido.

Numerosos problemas se presentaron al sacar núcleos provenientes de la formación Napo, al atravesar la primera capa de roca consolidada. Se agravó más el problema al tratar de agrandar el pozo a través de este lecho utilizando

un nuevo tipo de ensamblaje. Se reportó un tipo de lutita y el incremento de la densidad del lodo a un máximo de 11.6 lb/gal. Después de haber perforado la formación Hollín una pérdida de circulación ocurrió en la formación Chapiza. Pérdidas de circulación se dieron nuevamente al colocar la tubería corta de revestimiento (liner) de 7", por lo que se procedió a realizar trabajos de cementación forzada.

Debido a un trabajo pobre de cementación no fluyó petróleo proveniente de Hollín por el alto corte de agua, donde posterior se corrieron cuatro pruebas con la tubería de perforación (DST) sin mayor suceso.

Se detectó una acumulación de petróleo no comercial, cuyas reservas potenciales son de 10 MMb.

#### **2.1.1.2 Villano -1**

En 1950 Shell probó la estructura del campo Villano con la perforación del Villano#1. Se encontró crudo pesado y solamente se perforó unos 67' de la arena Hollín Principal a unos 10832' PM (- 9708' BNM). Se registró hasta unos 39' de la formación. La razón por la que Shell abandonó el campo, fue porque el hidrocarburo era de baja gravedad y porque se había penetrado el acuífero.

### 2.1.1.3 Villano - 2

Este pozo fue perforado a partir de febrero de 1992, partiendo con un hoyo conductor de 26" hasta una profundidad de 1010' donde fue asentado y cementado una tubería conductor de 20". Debido a la presencia de conglomerados se obtuvo una baja tasa de penetración.

Con una broca de 17 ½ " se perforó hasta unos 2100 pies donde se asentó una tubería de revestimiento superficial de 13 3/8". No se presentó ningún problema y 11.9 lb/gal fue obtenido a partir del la prueba de la formación.

Para el hueco intermedio se corrió un sistema de lodo "PHPA/Asfalteno", que tuvo un moderado suceso, junto a una broca de 12 ¼". Un problema de estrechamiento del pozo fue encontrado y la sarta se pegó a 8542 pies donde fue liberada por una píldora "Magia Negra SFT". Se reportó un peso de lodo máximo de 10.2 lb/gal, además de grava y ripios cuyos lados eran jaspeados. El comportamiento de la broca fue de carácter secundario. Se detectó presencia de formación gelatinosa provocando un embolamiento de la broca a través de las partes pocas profundas de este intervalo. Se asentó una tubería de revestimiento de 9 5/8" a 9990 pies. Se realizó una prueba del intervalo de la formación registrando 15 lb/gal en el zapato.

El contacto agua-petroleo se localizó a 11,492' PM (-10,082' BNM) y se penetró Hollín a 11293' PM (-9,883' BNM).

Un hoyo de 8 ½" fue perforado a 11801 pies presentándose numerosos problemas de estrechamiento del pozo, tomándose posteriormente siete núcleos del intervalo. Se tuvo buen comportamiento con la broca "Hycalog DS34H PDC". Una tubería de revestimiento corta de 7" fue corrida y se realizaron tres pruebas con tubería de perforación (DST), cuyo resultados se exponen a continuación:

1) Villano #2/DST# 1/ Formación: Hollín principal

Intervalo de disparos :	90 pies
Espesor neto:	199 pies
Grados API:	19° petróleo
Tasa de producción:	1790 BOPD
Presión en la cabeza:	65 lppcg. con un estrangulador de 1"
Capacidad de flujo:	332000 md-pie
Viscosidad de petróleo:	16.3cp @ condiciones de reservorio.
Permeabilidad:	1667 md
Factor Piel:	- 3.5
Presión reservorio:	4894 lppca.
Presión en cara del pozo (Pwf):	4595 lppca.
Presión Hidrostática:	4629 lppca.
Gradiente de presión :	0.43 lppca/pie.

En éste intervalo se determinó presencia de: 300 ppm de metales, 10.3% peso asfalteno, 2.3% peso sulfuro

Villano #2/DST# 2/ Base de Hollín Superior y tope de Hollín Principal

Intervalo de disparo:	35 pies
Espesor neto:	35 pies
Grados API:	20°
Tasa de producción:	73 BOPD y 8 BWPD. No Fluyó
Presión en la cabeza:	8 lppc.
Capacidad de flujo:	1425 md-pie
Viscosidad petróleo:	13.0 cp a condiciones de reservorio.
Permeabilidad:	41 md
Factor Piel:	- 6
Presión reservorio:	4896 lppca
Presión Hidrostática:	4564 lppca
Punto de burbujeo:	458 lppca. Yacimiento subsaturado.
Gradiente presión :	0.433 lppc/pie.
GOR:	50 PC/BF

Villano #2 DST# 3 Napo T

Intervalo de disparo:	80 pies
Zona de pago:	80 pies.
Grados API:	15°
Tasa de producción:	66 BOPD y 7 BWPD. No Fluyó
Viscosidad de petróleo:	40.0 cp a condiciones de reservorio.
Permeabilidad:	48 md
Factor Piel:	2
Presión de reservorio:	4863 lppca .
Presión Hidrostática:	4601 lppca
Gradiente presión:	0.433 lppc/pie.

#### **2.1.1.4 Villano -3**

Perforado direccionalmente al sudoeste de Villano #2 en septiembre de 1993 y completado finalmente en 1994 con una orientación de S45W y una inclinación de 22°. El objetivo era definir la columna de petróleo cerca de la cresta de la estructura y obtener muestra de fluidos (PVT) y núcleos de la arena Hollín principal. Se penetró Hollín Principal a 11,823 pies PM (- 9739 pies BNM). Con la perforación de éste pozo se confirmó el objetivo descrito arriba. Se registró un espesor global vertical de la arenisca de 531 pies.

Se perforó un hoyo conductor de 26", no existiendo problema, para después correr y cementar tubería conductor de 20" a una profundidad de 84 pies.

En el intervalo de 84 - 2518 pies se perforó un hoyo 16" con una broca de diente a 2518' y debido a la proximidad con Villano 2 se corrió un motor de 7 3/4" Delta 500 con 1° unión sustituta desviada. El pozo fue controlado dentro del cuadrante sudeste y 5° de ángulo fue incrementado. Un ensamblaje tipo "empaquetado" fue utilizado para mantener el ángulo y dirección, sin embargo éste hizo que el ángulo tuviera un decrecimiento de 0.12°/100' a 1.75°/100' hacia la derecha. Problemas de estrechamiento del pozo se presentaron. Se realizó una prueba de intervalo de la formación registrándose 17.8 lb/gal, posterior a esto se la volvió a repetir dando 18.0 lb/gal, después de haber perforado 392 pies de más. Al final de éste punto se tuvo una inclinación de 3.5° y una dirección de S5W.

Un ensamble direccional fue utilizado junto a un sistema de lodo catiónico para perforar y desviar el pozo abajo de la tubería de revestimiento de 13 3/8". El resultado fue bueno, porque fue capaz de incrementar el ángulo de inclinación y obtener buenas tasas de penetración (73 pies/hora), pero en el intervalo comprendido entre 7400 pies y 8190 pies existió dificultad para deslizarse durante el incremento del ángulo, pero a los 9000 pies una tasa de penetración baja permitió realizar varios viajes de broca. Se desvió el pozo cambiándose el estabilizador para poder rimar el pozo. Se intentó con un rodillo rectificador pero solo empeoró la situación. Después de varios viajes, con el estrechamiento del pozo presente, se requirió desviarlo.

En la formación Tiyuyacu los reportes diarios de perforación indicaron que el pozo tendió a desviarse tres veces, por lo que contribuyó al estrechamiento del pozo y limitó la capacidad del Ensamblaje de fondo (BHA) de conseguir tasas de penetración satisfactorias al final de éste intervalo.

Hoyo intermedio II: Para realizar el desvío del pozo se elevó la densidad del lodo a 11.5 lb/gal. Mediante un inclinómetro se detectó que el pozo estaba ovalado, indicando un estrés tectónico que causó un desenrosque de la tubería o colapso del pozo. Después que se efectuara la construcción del desvío, el pozo fue perforado a 7460 pies con una broca DBS QP19LAB PDC obteniéndose una buena tasa de penetración (28 pie/hora). Este nuevo ensamblaje se pegó al atravesar la formación Orteguaza a unos 8042 pies PM y no respondió a la píldora ácida cítrica que por otra parte la pileta del lodo estaba casi lleno que fue imposible correr una píldora “Magia Negra” base diesel, por lo que la tubería fue cortada y se colocó un tapón de cemento para realizar otro desvío.

Hoyo intermedio III: después de desviar el pozo a través del tapón de cemento, buenas tasas se obtuvieron con el Hycalog DS61HF. Para éste intervalo la densidad del lodo fue reducida a 10.5 lb/gal, pero no se verificó si con esta reducción existía presencia o no de un desenrosque de las conexiones de la tubería. La operación fue parada a los 9202 pies y un tubería de 9 5/8” fue

asentado a los 9183 pies. Se realizó una prueba de intervalo a la formación obteniéndose 17.0 lb/gal.

Producción del pozo: Con un broca "Christensen Z437G PDC" se perforó el zapato y la formación Tiyuyacu. La broca promedió 11 pies/hora comparado con los 0-6 pies/hora de las brocas usadas en el primer hoyo de 12 ¼". Esta broca es muy aconsejable para formaciones abrasivas como la Tiyuyacu que posee una larga cadena de chert. Este incremento se atribuye a una buena hidráulica utilizada en la sección 8½" del hoyo.

En cambio, la formación Tena fue perforado con una broca DBS TD19H con un excelente tasa de penetración (38 pie/hora), comparado con el Villano 2 que se perforó con una broca de 12 ¼" con una tasa de 8 pie/hora. Se procedió a recoger núcleos de la Hollín. La tubería se pegó por lo que se debió mandar píldoras "Magia Negra SFT" para liberar la tubería. Aunque la profundidad de la broca fue de 12398', debajo de la Hollín, desde que el martillo no trabajó, se presume que la sarta se pegó por efecto al pasar por Hollín. Estrechamiento de pozos fue encontrado un poco más abajo del intervalo de 8 ½". Una tubería corta de revestimiento de 7" fue corrido y cementado. Resultado de la evaluación de formación se indican abajo:

Villano #3 DST# 1 Hollín Principal

Intervalo:	50'
Grados API:	21°
Tasa de producción:	1417 BOPD
Presión en la cabeza:	90 lppcg. En un estrangulador de flujo de ½ ”
Capacidad de flujo:	170000 md-pie
Viscosidad petróleo:	16.3 cp a condiciones de reservorio.
Permeabilidad:	647 md para 263' espesor <del>neto</del>
Factor Piel:	- 3.16
Presión de reservorio:	4882 lppca
Punto de burbujeo:	170 lppca a 210 lppca. Yacimiento subsaturado.
Pwf:	4529 lppca.
Gradiente presión :	0.433 lppc/pie.
GOR:	21PC/BF
Factor Volumétrico inicial Boi:	1064 BBI/BF



El contacto agua-petróleo fue localizado a 12,085' PM (10,001' BNM) y una columna de petróleo 262' de Hollín Principal en la ubicación del subsuelo de Villano #3.

Se determinó además que este intervalo: 340ppm de metales, 7.3% peso asfalteno, 2.1% peso sulfuro.

## **2.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO VILLANO**

El campo Villano se encuentra en la parte meridional de la Cuenca oriental en el Bloque 10, perteneciente a la Compañía Arco Oriente Inc. (Figura A1), situado en la cuenca Oriente aproximadamente a 185 Km. al sudeste de Quito por aire y 320 Km. por tierra. El bloque, alrededor de 200.000 hectáreas, está aproximadamente a 33 Km. al este de las estribaciones de la Cordillera de los Andes. Además a unos 700 metros sobre el nivel del mar en la parte occidental del bloque y desciende 300 metros en el este.

Los datos del pozo Villano #3 fueron tomados para realizar las evaluaciones y por ser el más representativo del Hollín Principal.

### **2.2.1 Descripción del Reservorio**

La columna estratigráfica es la misma en toda la cuenca oriente.

### **2.2.2 Estructura**

El Campo Villano tiene un anticlinal fallado con un relieve asimétrico relativamente alto orientado en una dirección nornordeste.

El tipo de Trampa es estructural con un pliegue anticlinal. Al oeste de la estructura es cortado por un ángulo alto, siendo este el límite de la falla existente en el reservorio y presentando un máximo de 600 pies cerca a la cresta de la estructura.

La arenisca Hollín principal tiene un cierre estructural de 3.5 Km. de ancho y 13 km. de largo, con un cierre vertical de 750 pies y con una área de 7960 acres. La estructura de Villano no está completamente llena de petróleo, tiene una área productiva de 3350 acres y con un espesor máximo de la columna de aceite de 355 pies.

La acumulación en Villano está caracterizada por un contacto agua-petroleo inclinado hacia el noreste, el mismo que es interpretado como la intersección en el punto de derrame en el extremo septentrional del cierre.

La estructura de Villano ha sido desarrollado como resultado de un movimiento inverso a lo largo de la falla normal preexistente en el campo durante la compresión andina. El desplazamiento hacia abajo inicial de la falla normal fue probablemente en el tiempo precretácico, al inicio de la era mesozoica.

Las formaciones Tiyuyacu y Tena muestran claramente el inicio de este movimiento inverso a lo largo de una falla preexistente que envolvía el

basamento, esto se pudo haber dado durante las edades comprendida entre Paleoceno - Eoceno. Hasta nuestro tiempo han seguido dándose movimientos intermitentes, permitiendo que se incremente el relieve del campo Villano.

### **2.2.3 Trampas**

El tipo de trampa estructural se pudo haber formado por las siguientes razones:

1. Por una compresión tectónica terciaria prematuro que permitió un movimiento inverso a lo largo de la falla normal de Villano y desarrolló un claro cierre de relieve abajo.
2. Prematura migración de aceite en el terciario inferior dentro del cierre Villano.
3. Una posterior compresión tectónica en el terciario superior, que hasta la época reciente aumenta el cierre estructural de Villano.
4. Flujo hidrodinámico desde el período Plio-Pleistoceno hasta nuestra época, resultando en un contacto agua - petróleo inclinado en dirección al noroeste, dentro de la formación Hollín Principal en la estructura de Villano. El contacto agua - petróleo intercepta el punto de llenado en el norte al final del cierre.

### 2.3 GEOFÍSICA Y PETROFÍSICA

En 1970 se registraron aproximadamente 305 Km. de línea sísmica dentro del bloque, una vez que fue concedido a Arco Oriente Inc., pero en 1988, se registró 1,244 Km. de datos sísmicos con una cobertura de 1,900% (Toro y Entre Ríos). Se incluyeron, además, 6 líneas a detalle sobre la estructura del campo Villano. En 1991, 52 Kms. de sísmica se corrieron para definir en mejor forma la estructura de Moretecocha, después de que Arco descubrió petróleo en esa área.

Con respecto al cartografiado inicial, éste consistió de mapas Estructurales de Tope de la formación Tiyuyacu, base del miembro Caliza "A" y de la formación Napo y tope de la Hollín principal, donde a partir de estos se completaron mapas isócronos, elaborándose mapas de profundidad.

En los cartografiados más recientes se aplicaron dos métodos que permiten convertir los datos obtenidos de la sísmica a datos de profundidad.

Estos métodos son:

1.- **Método Vo.**- Este método define como cambia la velocidad con la profundidad (a partir de la compactación), en el cual se aplica la siguiente fórmula:

**Profundidad:  $(V_0/k)(e^{kt} - 1)$**

donde  $V_0$ : Predicción de la velocidad a la profundidad cero.

$K$ : Tasa de cambio de velocidad usando incremento de profundidad.

$t$ : Tiempo desde superficie hasta el punto de retorno

Después de convertir los tiempos sísmico para la base de la Caliza "A", se agregaron isópacas para elaborar un mapa de profundidad de la formación Hollín, las isópacas variaban de 575 pies a 620 pies con valores contorneados a partir de los pozos de control del área.

2.- **Método de Análisis de Velocidad Horizontal.**- Este método es utilizado para determinar las velocidades de apilamiento aplicables de la Caliza "A" y del tope de Tiyuyacu; donde fueron contorneados con un mapa de velocidades y utilizados para la conversión a profundidad. Se obtuvo un resultado similar comparado con el  $V_0$ .

### **2.3.1 Contacto Agua - Petróleo**

El contacto agua-petroleo es inclinado y tiene una diferencia de 81' mayor en Villano #2 (-10,082' BNM) con respecto a Villano #3 (-10,001' BNM), causado por la hidrodinámica que ejerce el agua subyacente.

Los registros de DST y RFT muestran una presión diferencial debido al efecto inclinado ejercido por la hidrodinámica del acuífero.

Con los datos obtenidos se pudo observar que no existen cambios en la capilaridad del reservorio, ni fallas o barreras semi-impermeable alguna. La inclinación del contacto agua - petróleo tiene una dirección de N60° y una inclinación de 1.45°. Estos datos han sido incorporado al modelo geológico para simulación de yacimientos y cálculos volumétricos.

### **2.3.2 Análisis de presión del Campo Villano**

Debido a la inclinación del contacto agua – petróleo, va a producirse un potencial hidrodinámico entre los pozos Villano #2 y Villano#3. Se consideró estas presiones de poro del agua corregidas por la elevación para el reservorio con la finalidad de analizar este fenómeno.

Se sustrajo la presión capilar para poder corregir la presión de poro al agua en el reservorio, donde las elevaciones fueron corregidas por un dato referencial de - 10000' BNM. Se determinó a partir de los datos registrados por los registros RFT y DST, corridos en Villano #2 y Villano #3 (Tabla 2.1) un diferencial de presión de 6 lppc entre los dos pozos, concordando con un origen de inclinación hidrodinámico para el cambio en la elevación del contacto agua - petróleo observadas en los pozos del campo.

TABLA 2.1  
DATOS DE PRESIONES DE RESERVIOS DE FORMACIÓN HOLLÍN  
PRINCIPAL VILLANO 2 Y VILLANO 3

Pozo	Prueba	Presión reservorio	Elevación Referencial	Presión del agua	Potencial del Agua
Villano #2	DST - 1	4788.5 lppca	-9,633'	4774 lppca	4,927.0 lppca
Villano #2	RFT	-----	-----	-----	4,933.3 lppca
Villano #2	DST -1	4833.6 lppca	-9,741'	4,825 lppca	4,933.1 lppca

La inclinación diferencial del contacto agua - petróleo entre los dos pozos no permitió estimar una configuración de la elevación, porque no se conocen hasta el momento las máximas elevaciones de la estructura. pero se presume que la dirección de la inclinación sea de noreste, este-noreste, considerando que los datos potenciómetros regionales, de la elevación del contacto agua-petroleo, estarían en un ángulo de 1.1° a 1.3°; similar a los 1.45° tomados proveniente de Villano #2 y Villano #3.

Las unidades de los datos de presión vienen dado en pie de columna de agua fresca sobre del nivel del mar.

Existen varias hipótesis sobre la causa de la inclinación del contacto agua-petroleo durante la acumulación de petróleo, entre estas tenemos:

1. Inclinación hidrodinámica.
2. Cambios en propiedades capilares de las rocas del reservorio.
3. Existencia de una barrera semi-impermeable.

4. Error en los cálculos en conversión de la profundidad vertical verdadera PVV en el pozo desviado Villano #3.

De los datos obtenidos por los registros eléctricos se detectó en las propiedades de capilaridad, un desplazamiento de 15 pies, lo cual no presenta gran diferencia, además que la roca reservorio posee una alta permeabilidad y la presión de desplazamiento capilar es pequeña y similar en todo campo. Además que los pozos con diferencias en las presiones capilares de desplazamiento, en un ambiente hidrostático, deberían tener las mismas presiones de poro del agua corregidas por elevación. Pero se demostró que existe un cambio en ésta presión entre los dos pozos.

No se determinó trampa alguna o barrera semi-impermeable que sea la causante de la inclinación del contacto agua - petróleo.

Se pudo haber pensado que a lo mejor los datos de PVV (profundidad vertical verdadera) eran erróneas, pero se realizó un análisis sobre la falta de certeza estimada para la PVV, y se llegó a la conclusión que existía un margen de error aproximado de 15 pies, lo cual es insignificante, además que éste análisis posee una probabilidad del 95-98%.

Además no se observó cambio alguno, en los tres últimos puntos señalados, en la presión de los poros ejercida por el agua a una elevación corregida.

Existen razones para que la inclinación del contacto agua - petróleo sea producto simplemente de la acción de la hidrodinámica:

1. Datos de pozos cercanos manifiestan el mismo comportamiento .
2. Afloramiento de la formación Hollín, en las zonas altas al oeste del Campo Villano las cuales reciben columnas de agua dulce, reduciendo la salinidad del agua de formación, como por ejemplo la salinidad del acuífero que se encuentra abajo de la formación Hollín Principal que tiene una concentración de 500 ppm Cl, valores que hacen pensar que provienen de fuentes de aguas superficiales.

### **2.3.3 Cálculos de Volumen de Roca en Bruto**

A partir de un mapa de isópacas globales de Hidrocarburo del Campo Villano, considerando desde el contacto agua - petróleo inclinado hasta el tope de la formación Hollín principal, se determinó el volumen de roca en bruto.

El tope del intervalo es definido por el mapa de profundidad estructural de Hollín Principal a partir del método  $V_0$  y como base del intervalo del contacto agua - petróleo inclinado tomando un ángulo de inclinación de  $1.45^\circ$  y una dirección de  $N60^\circ E$ . interceptando Villano #2 con un dato de -10001' BNM y Villano #3 de -10082' BNM.

Se procedió a calcular el volumen de roca en bruto, el cual finalmente fue de 503.3 M acre-pie. Lógicamente, se hicieron cálculos para verificar este resultado y su rango error, debido a incertidumbres sobre las velocidades empleadas para convertir la profundidad (la interpretación sísmica) así como en el cálculo de la orientación y el ángulo del Buzamiento del contacto agua-petróleo.

Se determinaron dos volúmenes más a partir del método HZVA y con diferentes direcciones y ángulos del contacto agua - petróleo teniendo lo siguiente:

a.- Contacto agua - petróleo:

Inclinación 1.35°      Dirección N90°E      Volumen roca: 380.4 M acre-pie

b.- Contacto agua - petróleo:

Inclinación 1.44°      Dirección N45°E      Volumen roca: 607.7 M acre-pie

#### **2.3.4 Estratigrafía y Sedimentología de Formación Hollín Principal**

Para el análisis estratigráfico y sedimentológico de la formación Hollín, se utilizaron núcleos de corona provenientes de los pozos Villano #3 (390 pies), Villano #2 (42 pies) y Moretecocha (100 pies), donde se estableció la excelente calidad de roca de reservorio de la formación.

La formación Hollín Principal es el reservorio primario del Campo Villano. Este posee un espesor total de 423 pies en Villano#2 y de alrededor de 487 pies en Villano #3. Como se mencionó anteriormente, Villano #1 no fue penetrada totalmente.

### **2.3.5 Petrografía**

La formación Hollín principal se compone principalmente de rocas cuarzosas y areniscas subcuarzosas, con abundantes poros inter-granulares.

Las arenas están conformadas de granos de cuarzo muy finos hasta granos muy gruesos, moderadamente bien clasificadas, con una cantidad pequeña de trazas de arcillas, siendo muy común encontrar kaolinita autigenica. Los cristales de kaolinita es muy factible que no acarrearán problemas de migración fina durante la producción. Cemento sidérico también está presente como cemento de calcíta lixiviada, que hace presumir la existencia de porosidad secundaria.

Granos de cuarzo mono-cristalinos, poli-cristalinos y meta-cuarzíticas son hallados en la misma cantidad. Los feldespatos están en menor cantidad y son los del tipo potásico los más comunes como los plagio-clases, alterados y lixiviado dando como resultado una porosidad inter-granular secundario en la roca reservorio. Trazas de chert, muscovita, circón, y leucoxeno complementan

los minerales accesorios. Restos carbonáceos ditríticos se presentan y son más comunes en las capas arcillosas.

La arenisca es de laminación cruzada que muestran una segregación discreta del tamaño de grano debido a una dosificación hidráulica.

### **2.3.6 Porosidad y Permeabilidad**

De los análisis de laboratorios realizados en los núcleos se obtuvo que la arenisca posee porosidad del 20% y una permeabilidad que va de 2000 md hasta un máximo de 6000 md.

Debido a la existencia de estratos, en la arena se crea una permeabilidad direccional. La presencia de fragmentos de arcilla erosionada y depositada o laminaciones limosas ocasionan una reducción de la porosidad y permeabilidad.

La presencia local de matriz arcillosa depositacional, rellenos de arcillas o laminaciones limolíticas reducen significativamente la porosidad y permeabilidad.

### 2.3.7 Propiedades Petrofísica

De los núcleos provenientes de los pozos Moretecocha #1, Villano#2 y Villano#3 se obtuvo la siguiente información:

- A partir de el análisis de presión capilar por el método de inyección de mercurio se conoció que las rocas contienen petróleo a partir de 5 pies a 14 pies sobre el nivel del mar.
- En Moretecocha la saturación de la fase mojante es de 5% en 2000 lppc/mercurio, en Villano #2 la resistividad del agua de formación varía de 36000 ppm NaCl en hollín superior a 2600 ppm NaCl.
- La porosidad de Hollín Principal es de 17.4% sin estratificaciones de arcilla y de 17.9% corregidas por compactación de las mismas. Esta porosidad fue determinada a partir de los registros de densidad corregidas por el efecto de la arcilla y con el volumen de arcilla calculado.
- La arcilla de Hollín Principal no es conductiva y no contribuye en nada a las medidas en las corridas de registros eléctricos.
- Cuarzo está alrededor del 90% y el porcentaje de arcilla es muy bajo en la hollín principal. La Kaolinita es la arcilla dominante presente en los

sedimentos fluviales de la Hollín Principal, además se detectó presencia de ilita en menor proporción.

- Las lutitas de origen marino conformada mayoritariamente por ilita son de una extensión lateral mayor que las lutitas de origen fluvial conformadas por kaolinita
- La ilita se encuentra más arriba del la Hollín superior, en cambio la kaolinita se la puede encontrar en la Hollín Principal. Asimismo la lutita en formación Napo está predominantemente conformada por ilita.
- Las lutitas de Hollín Principal al parecer no son continuas en dimensiones a lo largo del campo pero son probablemente barreras para la permeabilidad vertical.
- La salinidad de la salmuera de la Formación varía de 36,000 ppm CLNa (Napo, hollín Superior) a 2,600 ppm CLNa (en el acuífero).

Los análisis PVT del Campo Villano (Tabla 2.2) fueron obtenidos solamente tomando los datos provenientes de Villano #3 por las siguientes razones:

1. Las muestras de fondo de Villano #2 fueron tomadas de zonas combinadas, Hollín Superior/Principal, por lo que no es una muestra representativa de Hollín principal.
2. El GOR obtenido de Villano #2 en el separador no es confiable debido a la presencia de espuma.
3. Solamente existe una muestra de Villano #2, no siendo una muestra adecuada para someterlas a un análisis PVT.
4. Existe confianza, que las muestras provenientes de Villano #3, fueron las adecuadas.

TABLA 2.2  
RESULTADOS DE ANÁLISIS PVT



Formación	Hollín Principal
Punto de Burbuja @ Temperatura de reservorio	190 lppca.
Vaporización Diferencial GOR	21 SCF/RDB
Gravedad API	20.9°
Factor Volumétrico del Petróleo ( $\beta_o$ ) @ Presión de reservorio	1.064 Bbl/BF
Factor Volumétrico del Petróleo ( $\beta_o$ ) @ Punto de Burbujeo	1.084 Bbl/BF
Viscosidad @ Presión de reservorio	16.3 cp
Viscosidad @ Presión de burbuja	9.1 cp

## **CAPITULO III**

# **PLANIFICACIÓN DE UNA PERFORACIÓN HORIZONTAL Y EN LOTE**

### **3.1 PLAN DE MOVILIZACIÓN DEL TALADRO**

La Movilización del Taladro de Creek 228 desde el CPF a la locación de Villano, requerirá de la coordinación y cooperación de muchas personas de diferentes compañías. Además de la torre de perforación. El equipo de Arco y los equipos de las compañías de servicios deberán estar anticipadamente en la locación de manera que no se produzca excesos en las cargas.

#### **3.1.1 Responsabilidades**

- a) Logísticas de Coordinación.
- b) Formalidades de protocolos.
- c) Coordinación de transporte.
- d) Monitoreo.

- e) Coordinación de los equipos de las Compañías de Servicios
- f) Coordinación de los materiales de ARCO (tubería de revestimiento, cabezales, etc.)

### **3.1.2 Ruta**

- a) La torre de perforación y todos sus componentes equipos y materiales serán movidos por vía aérea mediante el uso de un helicóptero contratado especialmente para este fin.
- b) La ruta que cubrirá, será de CPF a Villano, que aproximadamente es de 35 km.

### **3.1.3 Tiempo de la Transportación**

- CPF hasta Villano                      60 días

### **3.1.4 Puntos de Discusión de la Transportación**

- a) Creek suministrara una lista del material para embalaje con dimensiones y pesos para propósitos carga. Allí se harán dos listas de material para embalaje; una para materiales de consumo y una para ítems temporales. Este equipo incluye; tubería de perforación de 5 ½”, la base del sistema de rodamiento, sistema de propulsión superior, bombas, generadores, etc.

- b) Cada esfuerzo deberá ser hecho para minimizar el tiempo de descarga en Villano.

## 3.2 PLANIFICACIÓN DE LA PERFORACIÓN EN LOTE

### 3.2.1 Taladro Creek 228

El Taladro de Creek 228 es un taladro heli-transportable que podría ser condicionado para llegar a perforar los pozos extendidos. Esos reales incluyen:

**Sistema de Propulsión Superior (Top Drive):** Modelo Tesco TDT 500EC con sistema de propulsión superior eléctrico portable.

**Bombas de lodos:** Tres bombas de lodo triplex nuevas Gardner-Denver PZ-11 1,600 HP .

**Control de Sólidos:** Condicionado por un tercer contratista, Brandt, tales como agitadores en cascada, etc.

**Sistemas de Rodamiento:** Sistemas estructural para levantar el mástil, subestructura, trabajos levadizos y ensamblaje de motor. Estos sistemas permitirán rodar el taladro en un plano X-Y.

### **3.2.2 Perforación en Lote y Rodamiento**

En un esfuerzo para optimizar la operación de Perforación de Villano , una técnica llamada “perforación en lote” será empleada. Esta técnica reduce los costos por renta de equipos e incrementa la eficiencia al perforar cada intervalo del pozo de todos los pozos en un “lote”, rodando desde un pozo hacia el otro al termino del asentamiento del tubería de revestimiento de cada intervalo. Como resultado, solamente el equipo que se requiere para cada sección del pozo, se requiere en la locación, y el personal de servicio del taladro puede volverse mas hábil en sus tareas ya que el mismo intervalo del pozo es repetidamente perforado para cada pozo.

#### **3.2.2.1 Sistema de Rodamiento**

El Taladro Creek 228 será equipado con un sistema de rodamiento Partech que dejara rodar al taladro armado hasta 100’ a lo largo de rieles que dejaran 10’ despejados de los actuales cabezales del pozo. El sistema de rodamiento hidráulico de 50 HP será impulsado por pistones de 12” que dejaran rodar el taladro en el plano X-Y (2D). El taladro será capaz de rodar incluso con tubería de perforación acumulada sobre la torre de perforación.

El sistema de rodamiento esta compuesto de:

- Un sistema estructural para elevar el mástil, la subestructura, el malacate y el motor ensamblado hasta limpiar 10 pies desde el cabezal del pozo. Este sistema permite moverse y rodar al taladro en 2 dimensiones (X – Y).
- Un sistema hidráulico (50 HP) con un motor eléctrico AC, bomba hidráulica, reservorio hidráulico, mangueras, accesorios, válvulas de control, manómetros y sistema de filtros para proveer un sistema secuenciado como levantar el taladro, extender los cilindros, bajar el taladro y contraer los cilindros.
- Ocho secciones de rieles de rodamiento para acomodar una dirección de rodamiento sobre la plataforma de perforación.
- Ocho pistones hidráulicos de 12 pulgadas de diámetro, completos con uniones y equipos para conectar el sistema de levantamiento – rodamiento.
- Cuatro ensamblajes de gatos completos, con gatos horizontales, equipos unidos y accesorios.
- Sistema eléctrico incluyendo frenos, arranque, instalación eléctrica y conectores para la unidad hidráulica del gancho para la potencia existente.

Ver el esquema del sistema de rodamiento que será usado para perforar todos los pozos de la locación Villano a cargo de ARCO Oriente Inc en la figura C1 y en la figura C.3.1

### **3.2.2.2 Sistema de Propulsión Superior (Top Drive)**

Modelo Tesco TDT 500EC con sistema eléctrico portable. El taladro será equipado con una unidad de propulsión superior (top drive) asegurada en la parte inferior con una conexión piñón HT55. El nuevo Sistema Electrónico de Propulsión Superior ha sido creado bajo el mismo estricto criterio de diseño - peso liviano, talla pequeña, portabilidad, gran rendimiento. El magneto eléctrico permanente del motor propulsor puede ser corrido desde las tres fases de potencia de enlace común sobre el taladro o con un generador de diesel a parte.

La poderosa tierra rara magnética neodimio tiene un flujo extremadamente alto de densidad y una tasa excepcionalmente baja de decadencia magnética (menos del 1% en 100 años). Los motores y sus sistema de control son altamente tolerables a las comunes variaciones de energía encontradas en el taladro de perforación. Además, el sistema funciona con un factor de unidad de energía corto, dando como resultado una gran eficiencia y control preciso de la velocidad, paralelo a velocidades bajas y grandes cargas típicas de operaciones posteriores al agrandamiento. El motor esta inherentemente , los líquidos enfriados y no contiene brochas para gastar.

Diseñado para reducir el costo de perforación, para ser de fácil movimiento de taladro a taladro o de locación a locación, para contener su propia unidad de potencia, poder ser operado remotamente por el perforador, ser heli-transportables, conservar peso y tamaño a lo mínimo, este sistema de propulsión

superior podría trabajar en la mayor parte de torres y mástiles, costa afuera o en tierra.

**Portabilidad.-**

- Armado en 24 a 48 horas.
- Auto suficiente.
- Completamente empaquetado en contenedores y cargado sobre un solo camión.
- Aéreo transportable.
- Acceso a todos los taladros

**Peso Liviano.-** Por el motor de imán permanente, Tesco ha construido un sistema de propulsión eléctrico que conserva las mismas cantidades de potencia por libra como la unidad hidráulica de Tesco. Esto se transforma en un significativo ahorro de costo del combustible del taladro, línea de perforación, y malacates usados y rotos.

Con 12,000 libras, el Sistema Propulsión Superior Compacto de 500 toneladas es el mas liviano de todos de esta capacidad. Simplifica el sistema de perforación de contra-balance.

**Tamaño Pequeño.-** Las dimensiones criticas, así como la longitud y la distancia desde el centro del hueco hasta la parte posterior de la línea, se conserva hasta un mínimo para instalaciones flexibles.

Demanda pequeñas o ningunas modificaciones para el taladro. Elimina la necesidad de gastar para la extensión del mástil o su modificación.

**Unión Giratoria.-** La una u otra union giratoria pueden ser usada sobre el taladro (modelo EC) o una union giratoria integrada construida dentro del sistema de propulsion superior (modelo ECI).

**Capacidad de manejo Superior de la tubería.-** Unico, ahorro de tiempo en el manejo de la tubería completamente rotacional, extendida hasta la ratonera y elevadores automáticos eficientes operados a la distancia con evidentes cambios rápidos de insertos para diferentes diámetros de tubería, posee además un sistema de control de seguridad con seguros internos.

#### Especificaciones Generales

Capacidad del Aparejo	500 ton.
Peso	12,000 lbs
Longitud	12 ft.
Motor	Diseño de Magneto Permanente
Enfriamiento	Liquido
Transmisión	15:1 Reducción Doble
Potencia de entrada	700 kW

Rendimiento

Torque de Perforación	27,000 ft-lb
Velocidad de Perforación	0 – 200 r.p.m.
Potencia de Perforación	900 HP
Velocidad Máxima	245 r.p.m.

Manejador de Tubería

Rotación	360 grados continuos
Rango de la Tubería de Perforación	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> in. a 6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> in.
Válvula de ahorro de lodo operada remotamente	10,000 psi
Válvula de seguridad manual	10,000 psi
Varilla de enlace	+35 grados a –55 grados
Extensión para ratonera	0 a 66 pulgadas.
Elevador de la varilla de enlace	96 pulgadas
Elevadores automáticos	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> in. a 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in.

Ver el Esquema grafico de la Instalación del Sistema en la Figura B.3.1

### 3.3 ENSAMBLAJES DE FONDO RECOMENDADOS

El ensamblaje de fondo es la porción de la sarta de perforación que afecta la trayectoria de la broca y consecuentemente del pozo. Esta construcción podría ser simple, teniendo solamente una broca, collares y tubería de perforación, o

podría ser complicada , teniendo broca , estabilizadores, collares magnéticos, unidad de telemetría, unión de impactos, collares, rimadores, martillos, uniones de paso, tubería de perforación pesante, y tubería de perforación regular.

Todo ensamblaje de fondo (BHA) causa una fuerza lateral en la broca que hace que la broca construya, caiga o se mantenga en un ángulo y gire hacia la izquierda o hacia la derecha. Además de esto, los estabilizadores y las partes del ensamblaje de fondo que tienen contacto con las paredes del pozo ejercen un fuerza lateral sobre la formación o sobre la tubería de revestimiento.

**NOTAS:**

- a) Es responsabilidad del personal de campo que confirmen que todos los equipos utilizados en los ensamblajes sean apropiadamente inspeccionados antes de comenzar a correrse dentro del pozo.
- b) Se debe tener a la mano: calibradores, D.I., D.E., cuellos de pesca, y longitud de todas la herramientas corridas en el pozo.
- c) Alternar los quiebres de la tubería de perforación en cada viaje.
- d) Rotar la tubería pesante de perforación en cada viaje.



- e) Las cantidades de los collares de perforación en los ensamblajes listados estan propuestas para, reflejar el minimo numero, hasta obtener el peso sobre la broca calculado con el punto neutral de la sarta en los collares debajo de los martillos. Si se requiere un peso adicional sobre la broca, se pueden adicionar mas collares encima de la broca. Las brocas PDC no requieren mucho peso sobre ellas.
  
- f) Todo el equipo en la sarta , collares de perforación, tubería de perforación pueden ser cortados en las conecciones, para minimizar los XO's.
  
- g) Como se muestra, los BHA's propuestos para este pozo son ensamblajes de pendulo de 60'-90' (longitud desde la broca hasta el primer y segundo estabilizador respectivamente), ya que no existe indicaciones de problemas direccionales en el area.
  
- h) El pozo va ha ser desviado despues de los 8800'. El perforador direccional hace recomendaciones para construir el angulo del ensamblaje, mantener el angulo y direccion y cualquier ensamblaje correctivo que podria necesitarse en la corrida.
  
- i) El pozo va ha ser desviado despues de los 10965'.

TABLA 3.1 ENSAMBLAJE DE FONDO PROPUESTO POR INTERVALOS

A. Hueco de 16" hasta 2500' RKB

CANT.	DESCRIPCIÓN	DIAM. EXTER. (PULG)	CONEXIÓN (PULG)
1	Broca	16	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. Reg.
1	Unión Sustituta	16	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> C. x C. Reg.
1	Collar de Perforación	9 ½	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x C. Reg.
1	Estabilizador	16	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x C. Reg.
1	Collar de Perforación	9 ½	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x C. Reg.
1	Estabilizador	16	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x C. Reg.
1	Reducción	16	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x 6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> C. Reg.
8	Collar de Perforación	8	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x C. Reg.
1	Martillo de Perforación	8	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x C. Reg.
4	Collar de Perforación	8	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. x C. Reg.
1	Reducción	8	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> P. Reg. x 4 ½ C. I.F.
6	Tubos Pesantes	5	4 ½ P. x C. I.F.
Hasta Superf.	Tubería de Perforación	5	4 ½ P. x C. I.F.

**B. Hueco de 12 ¼" desde 2500' RKB hasta 8800' RKB**

CANT.	DESCRIPCIÓN	DIAM. EXTER. (PULG)	CONEXIÓN (PULG)
1	Broca	12 ¼	6 ⅝ P. Reg.
1	Estabilizador NB	12 ¼	6 ⅝ C. x C. Reg.
1	Collar corto de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Estabilizador	12 ¼	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Collar de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Estabilizador	12 ¼	6 ⅝ P. x C. Reg.
8	Collar de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Martillo de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
4	Collar de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Reducción	8	6 ⅝ P. Reg. x 4 ½ C. I.F.
6	Tubos pesantes	5	4 ½ P. x C. I.F.
Hasta Superf.	Tubos de Perforación	5	4 ½ P. x C. I.F.

**C. Hueco de 12 ¼" desde 8800' RKB hasta 10822' RKB**

CANT.	DESCRIPCIÓN	DIAM. EXTER. (PULG)	CONEXIÓN (PULG)
1	Broca	12 ¼	6 ⅝ P. Reg.
1	Motor de Perforación	8	6 ⅝ C. x C. Reg.
1	Estabilizador	12 ¼	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Collar de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Estabilizador	12 ¼	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Collar de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Herramienta de Medición mientras se perfora (MWD)	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Estabilizador	12 ¼	6 ⅝ P. x C. Reg.
8	Collar de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Martillo de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
4	Collar de Perforación	8	6 ⅝ P. x C. Reg.
1	Reducción	8	6 ⅝ P. Reg. x 4 ½ C. I.F.
6	Tubos Pesantes	5	4 ½ P. x C. I.F.
Hasta Superf.	Tubería de Perforación	5	4 ½ P. x C. I.F.

**D. Hueco de 8 ½” desde 10822’ RKB hasta 10965’ RKB**

<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIAM. EXTER. (PULG)</b>	<b>CONEXIÓN (PULG)</b>
1	Broca	8 ½	4 ½ P. Reg.
1	Estabilizador NB	8 ½	4 ½ C. Reg. x P. I.F.
1	Collar de Perforación	6 ¼	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Herramienta de Medición mientras se perfora (MWD)	6 ¼	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	8 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Collar de Perforación	6 ¼	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	8 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
17	Collar de Perforación	6 ¼	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Martillo de Perforación	6 ¼	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
3	Collar de Perforación	6 ¼	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
9	Tubos Pesantes	5	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
Hasta Superf.	Tubería de Perforación	5	4 ½ C. I.F. x P. I.F.

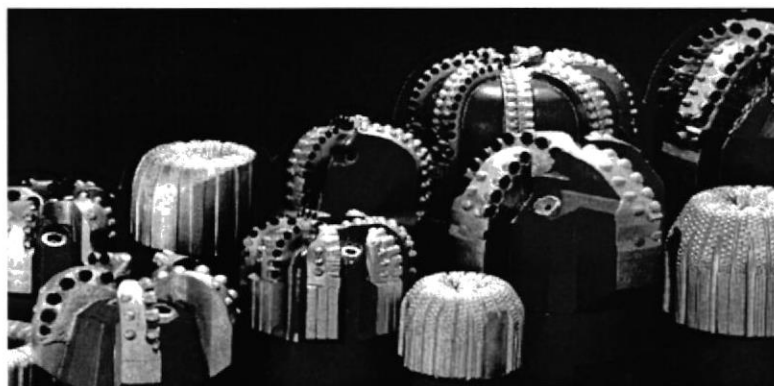
**E. Hueco de 8 ½” desde 10965’ RKB hasta 12315’ RKB**

<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIAM. EXTER. (PULG)</b>	<b>CONEXIÓN (PULG)</b>
1	Broca	8 ½	4 ½ P. Reg.
1	Motor de Perforación	6 ½	4 ½ C. Reg. x P. I.F.
1	Estabilizador	8 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Herramienta de Medición mientras se perfora (MWD)	6 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	8 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Collar de Perforación no Magnético	6 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	8 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Collar de Perforación	6 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	8 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Martillo de Perforación	6 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
4	Tubos Pesantes.	5	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
Hasta Superf.	Tubería de Perforación	5	4 ½ C. I.F. x P. I.F.

**F. Hueco de 6" desde 12315' RKB hasta 13635' RKB**

<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIAM. EXTER. (PULG)</b>	<b>CONEXIÓN (PULG)</b>
1	Broca	6	4 ½ P. Reg.
1	Motor de Perforación	4 ¾	4 ½ C. Reg. x P. I.F.
1	Estabilizador	6	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Herramienta de Medición mientras se Perfora (MWD)	4 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Collar de Perforación	4 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	6	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
3	Collar de Perforación	4 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	6	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Martillo de Perforación	4 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
4	Collar de Perforación	4 ¾	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
1	Estabilizador	6	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
20	Tubos Pesantes	3 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.
Hasta Superf.	Tubería de Perforación	3 ½	4 ½ C. I.F. x P. I.F.

### 3.4 SELECCIÓN DE BROCAS



**Figura 3.1 Brocas PDC**

Desafortunadamente, la selección de la mejor broca disponible para el trabajo, puede ser determinada únicamente por ensayo y error. A esto, podemos agregar un criterio válido costo de perforación por intervalo perforado, el cual puede ser el criterio definitivo para la selección. Entonces, básicamente, la selección se hará tomando en cuenta las formaciones que se van a atravesar de tal manera que podamos usar las brocas que han perforado las mismas formaciones de diferentes pozos cercanos al nuestro.

Para describir las formaciones se suelen usar términos como *perforabilidad* y *abrasividad*. La perforabilidad de la formación es la medida de la facilidad con la que se puede perforar la formación. Esta generalmente tiende a decrecer con el incremento de la profundidad en el área dada. La abrasividad de la formación es la medida de la rapidez con que los dientes de la broca tienden a gastarse cuando se está perforando. Excepto algunas excepciones, la abrasividad tiende a incrementarse cuando la perforabilidad disminuye. A

continuación se muestra una tabla en la cual se lista diferentes tipos de brocas usadas para perforar diferentes tipos de formaciones.

**TABLA 3.2**  
**TIPOS DE BROCAS USUALMENTE USADAS EN VARIOS TIPOS DE FORMACIONES**

BROCAS IADC CLASIFICACION	FORMACIÓN
1-1 1-2 5-1 6-2	Formaciones suaves que tienen bajo esfuerzo de compresión y alta perforabilidad (lutitas suaves, arcillas, estratos rojos, sal, limos suaves, formaciones no consolidadas, etc.)
1-3 6-1	Formaciones de suave a media, o suaves interespaciados con líneas duras (Lutitas arenosas o firmes, no consolidadas, estratos rojos, sal, anidrita, limos suaves, etc.)
2-1 6-2	Formaciones media a medias duras (Lutitas duras, lutitas arenosas, lutitas alternadas con líneas de arena y limos, etc.)
2-3 6-2	Formaciones abrasivas medias duras a duras (alto esfuerzo compresivo de la roca, dolomita, limos duros, lutitas duras esquistosa, etc.)
3-1 7-2	Formaciones semiabrasivas duras (arenisca dura o chert cambiando a limo, dolomita, granito y chert, etc.)
3-2 3-4 8-1	Formaciones abrasivas duras (chert, cuarzita, pirita, granito, rocas de arena dura, etc.)

Algunos de los métodos prácticos usados por muchos ingenieros en perforación son los siguientes:

1. Las cartas de clasificación IADC, la cual provee una lista aproximada de los tipos de broca aplicables para una determinada dureza de formación.  
Ver Tabla F. 3.1
2. El tipo de broca inicial con sus características seleccionadas estarán gobernadas por consideraciones de costos de la broca. El costo de la broca probablemente no excederá el costo del taladro por día.
3. Las brocas tricónicas son el tipo mas versátil y disponible y son una buena elección inicial para las porciones someras del pozo.
4. Cuando se usa brocas tricónicas:
  - a. Usar el tamaño de dientes mas largo posible.
  - b. Una pequeña cantidad de dientes rotos será tolerada preferiblemente seleccionar un tamaño de dientes cortos.
  - c. Cuando el peso suficiente no pueda ser aplicado, a causa del desgaste de los dientes de la broca, se podrá usar dientes largos.
  - d. Cuando la tasa de desgaste de los dientes es mucho menor que la tasa de desgaste de los cojinetes, seleccionar un tamaño de dientes largo, un mejor diseño de cojinetes, o aplicar mas peso sobre la broca.

- e. Cuando la tasa de desgaste de los cojinetes es mucho menor que la tasa de desgaste de los dientes, seleccionar un tamaño de dientes cortos, un diseño mas económico de los cojinetes, o aplicar menos peso sobre la broca.
5. Brocas de diamante realizan un mejor trabajo en formaciones no quebradizas que fallan de manera plástica, especialmente al fondo de la profundidad del pozo, cuando los altos costos por viaje favorecen a la larga vida de la broca, y un pequeño tamaño del pozo favorece la simplicidad del diseño de arrastre de la broca.
  6. Brocas PDC realizan mejor secciones uniformes de carbonatos o evaporitas ya que no se quiebran con lutitas duras o otro tipo de brocas quebradizas.
  7. Brocas PDC no serán usadas en formaciones pegajosas, las cuales tienen una fuerte tendencia a adherir a los cortadores de la broca.

Basados en todos los principios anteriores hemos escogido el siguiente plan de brocas que podrían ser utilizadas para la perforación del Villano 4H.

#### TABLA 3.3 POSIBLES BROCAS A SER USADAS

<b>Diám. de la Broca (in)</b>	<b>Tipo de Broca</b>	<b>Clasif. IADC</b>	<b>Formaciones</b>	<b>Características de las Formaciones</b>
26	Tricónica	1-1	Mesa	Suave
16	Tricónica	1-1	Mesa	Suave
		1-3	Chambria	Suave abrasiva
		2-1	Arajuno	Media dura
12 ¼	Tricónica y / o PDC	2-1	Arajuno	Media dura
		1-1	Chalcana	Suave
		2-3	Orteguaza	Dura
		3-2	Tiyuyacu	Dura abrasiva
		2-3	Tena	Media dura a Suave
		2-1	Napo	Media dura a Suave
3-1	Caliza "A"	Moderadamente Dura		
8 ½	Tricónica y / o PDC	3-1	Arenisca "T"	Moderadamente Dura
		3-1	Hollín Sup.	Dura
6	Tricónica y/o PDC	3-1	Hollín Sup.	Dura

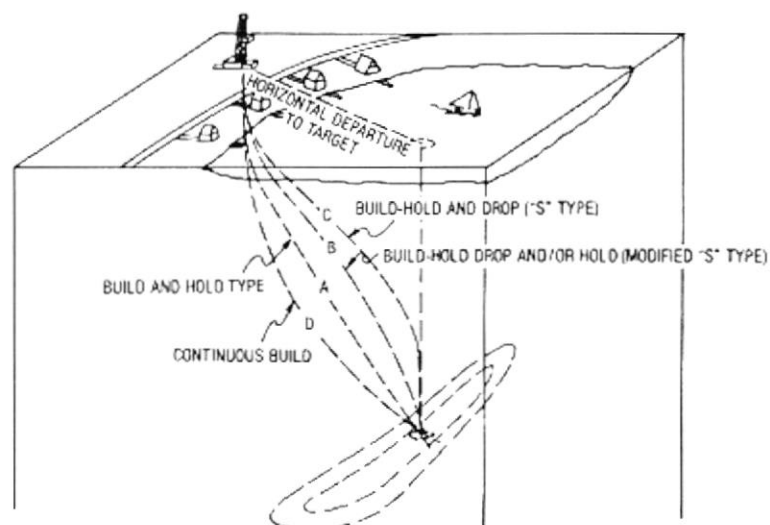
### 3.5 PLANEAMIENTO DIRECCIONAL

El primer paso que debemos tomar en la planeación direccional, es diseñar la forma de la trayectoria para llegar al objetivo, de la forma mas económica posible. Luego los efectos de la geología sobre el ensamblaje de fondo, y otros factores que podrían influenciar en la trayectoria final del pozo.

Existen muchos tipos de trayectorias que se podrían escoger para perforar y poder alcanzar el blanco, pero todas ellas tienen su propósito, en nuestro caso la trayectoria que mas nos convendría por el tipo de pozo que deseamos perforar es la A, ver figura 3.1, ya que con esta se penetra al objetivo con un ángulo igual al máximo ángulo construido. Y se requiere de poca inclinación para alcanzar el ángulo.

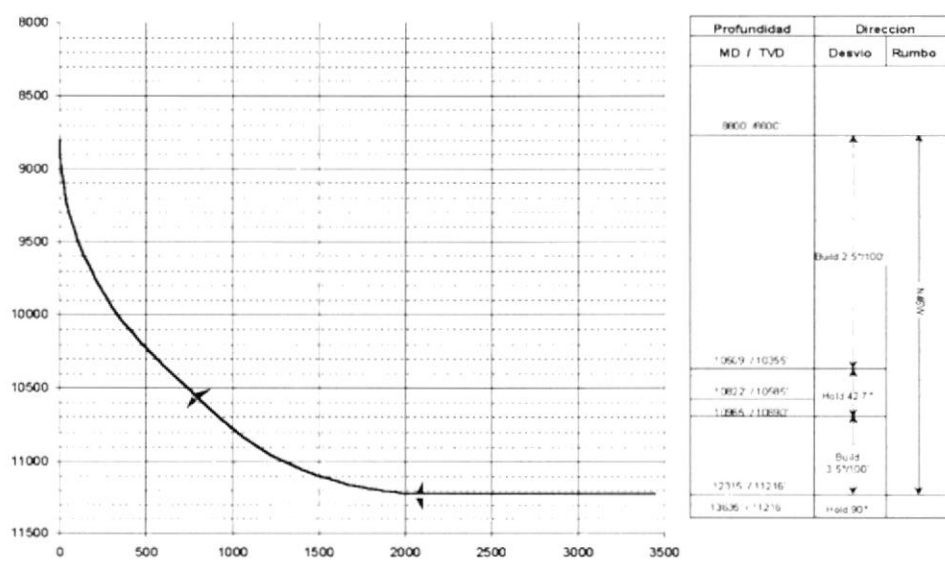
Así, para desarrollar el campo Villano desde una sola locación, usaremos la trayectoria de construir ángulo y mantenerlo, repitiendo esto las veces que sea necesario.

A continuación también en la figura 3.2, se detalla el desarrollo de la trayectoria del programa de perforación del pozo Villano 4H, sus cálculos se los podrá ver en el Apéndice I.



**Figura 3.2**

**Posibles trayectorias de un pozo desviado.**



**Figura 3.3**

**Detalles de la trayectoria del pozo Villano 4H**

## 3.6 PROCEDIMIENTO DETALLADO DE PERFORACIÓN

### 3.6.1 Intervalo del Hueco de 26"

Este intervalo no será perforado debido a que la tubería conductora será clavada.

### 3.6.2 Intervalo del Hueco de 16"

1. Ajustar y meter la tubería dentro del pozo con el ensamblaje de fondo mas adecuado y con broca de 16", empezar a perforar desde la superficie hasta alcanzar la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento superficial de 13 3/8". Usando lodo nativo para perforar la profundidad programada y 10' más dentro de la nueva formación.
2. Probar la funcionalidad de la tubería de revestimiento.

**Nota:** Reunir a todos y revisar el procedimiento con el personal de Creek y asegurarse que todo el personal entienda la secuencia del procedimiento.

### 3.6.3 Intervalo del Hueco de 12 1/4"

1. Ajustar e introducir la tubería en el pozo con en el ensamblaje de fondo mas adecuado y con broca de 12 ¼" desde el tope del cemento en 13-3/8" perforar, cemento, collar flotador, zapato flotador y 10' de la nueva formación, desplazar todo con lodo base sintético (SBM). Se podría optar por perforar con ensamblaje direccional.
2. Circular y desplazar lo perforado con el nuevo sistema de lodo SBM. Realizar por parte de ARCO la prueba de liqueo L.O.T.

**Nota:** El liqueo en esta profundidad es estimado en un rango de 11.0 a 13.2 lb/gal. Repetir la prueba si el conjunto de datos es cuestionable pero **un bajo liqueo no necesariamente justifica una repetición de la prueba.**

3. Probar la tubería de revestimiento con 2,100 lppc con ½ BPM con la unidad de cementación por 5 minutos.

Perforar el hueco de 12 ¼" con la broca seleccionada hasta 8,800' PM. Bajar, hacer una inspección y salir del pozo. Encontrar el ángulo. Correr el ensamblaje y comenzar a desviar el pozo, hasta los 10,500' PM a una tasa de 2.5°/100'; tomando medidas con el MWD y con la herramienta de disparos simples.

4. Mantener el ángulo perforado de  $42.7^\circ$ , tomando medidas con el MWD y con la herramienta de cable de disparos simples sobre los viajes de la broca como se requieran hasta el punto de asentamiento de la tubería de revestimiento de 9-5/8".

**Notas:**

- a) En esta sección podríamos encontrar las formaciones de Arajuno, Chalcana, Ortegua, Tiyuyacu, Tena, Napo y parte de la Caliza "A". Un trazo de chert posiblemente se encuentre en la formación Tiyuyacu.
- b) Se perfora bastante rápido en las formaciones esperadas arriba de Tiyuyacu ( $\pm 8800'$  RKB). La tasa de penetración se espera que baje sobre la formación Tiyuyacu.
- c) Las formaciones Chalcana y Ortegua son sensibles, y requieren frecuentemente viajes cortos para cuidar hueco. Se aconseja cada 8 o 24 horas inicialmente dependiendo de las condiciones del hueco.
- d) Se espera que el lodo SBM puede producir un buen calibre del pozo, impidiendo que las arcillas se hinchen, y se desmoronen, ya que un hueco bien limpio es una prioridad esencial para los viajes.

- e) Monitorear la fricción sobre las conexiones y los viajes cortos y aumentar el peso del lodo si fuera necesario. Si los problemas de huecos persisten y amenazan nuestra habilidad de alcanzar el punto de asentamiento de la tubería de revestimiento, entonces ésta tendría que ser colocada con anticipación.
  - f) No existe aquí ninguna indicación de sobre presión en esta sección en el Oriente. El mayor peso de lodo para pozos desviados en esta sección será 11.0 lb/gal.
5. No girar cuando se esta sacando en hueco abierto.
6. Cambiar los arietes anulares para 9-5/8". Probar los sellos de las compuertas con 3,500 lppc.

**Nota:** Tomar tasas bajas de bombeo al comienzo de cada viaje o después de cualquier cambio en el ensamblaje de fondo, jets, cambio de profundidad o cambio en el peso del lodo.

#### **3.6.4 Intervalo del Hueco de 8 ½"**

1. Ajustar e introducir la tubería en el pozo con ensamblaje de fondo mas adecuado y con broca de 8 ½" bajar hasta el tope del cemento en 9 5/8"

Usando el lodo de la sección anterior, perforar, collar flotador, cemento, zapata, y 10' en la nueva formación. Hacer un tratamiento previo al lodo para evitar la contaminación por cemento. Mantener el ángulo de desviación en 42.7°

**Nota:** Se va a perforar una sección corta de lutita antes de entrar al tope de la formación Hollín. Conversar sobre la selección de brocas, antes de comenzar a ajustar el BHA.

2. Circular y balancear el sistema de lodos. Realizar la prueba de liqueo por parte de ARCO y graficar . A esta profundidad se espera un Liqueo de 13.5 a 15.0 lb/gal.
3. Se prueba la tubería de revestimiento hasta 2,100 lppc con ½ BPM con la unidad de cementación por 5 minutos.
4. Desde los 10,690' TVD construir una desviación con un ángulo de 3.5°/100'. Correr el ensamblaje y comenzar a desviar el pozo. Perforar un hueco direccional de 8 ½" tomando medidas con el MWD hasta llegar al punto para asentar el revestimiento de fondo (tubería corta de revestimiento) de 7" o hasta alcanzar los 90° de desviación.

### **3.6.5 Intervalo del Hueco de 6"**

1. Ajustar y meter la tubería dentro del pozo con el ensamblaje más adecuado y con broca de 6" de diámetro bajar hasta el tope del cemento dentro de la tubería de revestimiento de fondo de 7". Usando el lodo de la sección anterior perforar el cemento, el collar de cementación de la tubería corta de revestimiento, zapato flotador, ratonera y 10' dentro de la nueva formación.
2. No se realiza prueba de la tubería corta de revestimiento.
3. No se realiza la prueba de Liqueo por parte de ARCO
4. Seguir perforando con broca de 6" hasta llegar al punto para asentar el revestimiento de fondo de 5" (opcional).

### **3.7 PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE FLUÍDOS DE PERFORACIÓN**

#### **Consideraciones Previas**

Se tomaron las siguientes consideraciones:

- Tipo de Completación a implementarse.

- Identificación de la formación y el tipo de permeabilidad.
- Selección del fluido para perforaciones direccionales y horizontal.
- Determinación del método de limpieza del pozo.
- Control de pérdida de filtrado
- Control de la composición química del filtrado para minimizar reacción adversa con la formación.
- Reducción costra de lodo.

De la información de los pozos perforados en Villano y Moretecocha se determinó y se definió las propiedades geológicas y geofísicas, columna estratigráfica del bloque, y propiedades petrofísicas, que ayudaron a planificar de una manera eficiente las operaciones de perforación, identificando así posibles problemas potenciales que se puedan presentar. A continuación se detalla:

**Sección del Hueco de 26” y 16”:** En esta sección se utilizará lodo base agua no dispersante y de bajo Ph, debido a que en este intervalo se tienen formaciones altamente reactivas en el cual se deberá prestar mucha atención. El máximo peso del lodo será de 9.5 lb/gal. Pérdidas de circulación probablemente no se presenten pero se tendrá en la locación productos CML mezclado a mano por cualquier eventualidad. Asimismo el control de filtrado API no será fundamental pero se mantendrá menos del 15 cc. El punto de cedencia estará en el rango de 25-30 lb/100 pie<sup>2</sup>. Se procurará tener un

limpieza adecuada del pozo. Un bajo porcentaje de sólidos deberá tener el sistema para que la Unidad Térmica de desorción opere eficientemente.

**Sección del Hueco de 12 ¼” y 8 ½”:** En este intervalo se comenzará a aplicar el sistema de lodo base sintético para contrarrestar los múltiples problemas que se presentaron en los pozos anteriores y obtener una mayor productividad del pozo. El fluido de perforación deberá de contener baja actividad de agua (0.75) donde el porcentaje de agua deberá estar en el orden del 2 - 3%, y si este no fuese el caso (es mayor por ejemplo) se lo reducirá con glycol o cualquier otro material destilable. La sal no será usada y el hidróxido de sodio, comúnmente usados en los lodos base petróleo, será minimizado a 0.5-1.0 lb/gal.

Se deberá tener un control eficiente del contenido de los sólido donde la base sintética recuperada poseerá menos del 1% de finos sólidos que fueron atrapados en el aire cuando el sintético fue recondensado.

Al cementar tubería de revestimiento de 13 3/8” el fluido desplazante será lodo base agua cuya densidad no excederá de 9.5 lb/gal. al cual se adicionará unas píldoras de dispersantes y surfactantes con la finalidad que limpie los sólidos humectados por agua y el lodo, seguido por una píldora no dispersante de alta viscosidad, agregándose luego una píldora viscosificante al lodo base

petróleo. Todo esto para tener unas piscinas limpias de lodo base agua y sólidos humectados por agua.

Se recomienda un peso alto de lodo de 12.5 lb/gal debido al mecanismo de la roca existente en el intervalo 2500' MD - 10700'PM. Una arcilla humectante procesada se deberá utilizar (Claystone EM) con una concentración de 8-12 lb/gal para tener una baja tasa de corte reológica que se necesita para limpiar un pozo con ángulo alto. Además se incrementará con ácidos grasos una reducción de la condensación para tener una limpieza adecuada.

**Para el Hueco de 8 ½”:** Se espera tener un rango de peso de lodo de 9.5 - 12 lb/gal. Este intervalo reviste especial cuidado debido a que éste será la zona productora con un alcance horizontal de 1,500 pies, donde se debe minimizar el daño a la formación teniendo un revoque fácilmente removible luego de depositarse en las paredes del pozo, lógicamente el tamaño de las partículas debe ser ajustado, por lo que se deberá añadir, como agente de unión, Carbonato de Calcio con una concentración menor de 60 lb/gal y con un rango del tamaño de las partículas de 5-10 micrones a fin de que el tamaño de las partículas no obstruya la formación, además ácido puede ser utilizado para limpiar la formación. Se reducirá a 60 cm<sup>3</sup> la pérdida de filtrado HTHP.

Los pozos horizontales del campo Villano serán perforados con un sistema de lodo base sintético por los siguiente: estabilidad del pozo afectada por altos

ángulos, buena limpieza, tasas de penetraciones altas, daños en la formación, minimización de los desperdicios, pegamiento de la tubería a la formación, conformación de una costra de lodo optima para impedir filtración y taponamiento de la formación, etc.

### 3.7.1 Programa Detallado de Lodos

#### 3.7.1.1 Intervalo de 0' a 2,500' PM

Los problemas potenciales que pueden presentarse son: formación altamente reactiva, posible lutitas sensibles el cual puede originar formaciones pegajosas, existencia de una larga hilera de anhidrita donde se verán afectadas las propiedades reológicas del lodo.

El tipo de lodo será M-I Gel/Agua y las propiedades son:

TABLA 3.4 PROPIEDADES DEL LODO M-I GEL/AGUA

Intervalo pies	Densidad lbs/gal	Viscosidad Plástica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>	API Filtrado ml/30min	HTHP Filtrado ml/30min	Sól. %.
0- 2500	8.8 - 9.4	mas bajo posible	25 - 30	< 15	-	< 8%

Los materiales y concentraciones son:

MI-Gel	25.0 -30.0 lb/gal
Barita	
Soda cáustica:	0.00 - 0.25 lb/gal
Descos F:	Como se necesite para desflocular
Tannathin:	En forma de píldoras
Soda Ash:	Como se necesite para controlar la anhidrita
Defoam X:	Como se necesite
Gelex:	Como se necesite

Las propiedades del sistema variarán al principio y final de intervalo:

Propiedades al inicio del Intervalo:

Propiedades al final del Intervalo:

Peso del lodo:	8.6 - 8.8	Peso del lodo:	8.8- 9.4
Viscosidad Funnel:	30 - 35	Viscosidad Funnel:	40 - 45
Punto de cedencia:	5- 10	Punto de cedencia:	25- 30
Filtrado API:	NC	Filtrado API:	NC
pH:	8.0 - 9.0	pH:	8.0 - 9.0
Viscosidad Plástica:	tan baja como sea posible	Viscosidad Plástica:	tan baja como sea posible

La ventaja de iniciar con lodo base agua es porque evitara taponamientos en líneas de flujo, no será necesario pre-tratar este lodo inicial por contaminación de cemento y la formaciones no darán mayor problema por lo que sería innecesario utilizar otro tipo de lodo que haría incrementar los costos. El lodo incorporará rápidamente sólidos perforados reactivos, el cual tenderá a incrementar problemas al sistema durante el tiempo de paralización, por lo que si se deseara elevar la viscosidad, Gelex, podrá ser añadido. Debido a la posible presencia de anhídrita se deberá tener en locación Soda Ash, debiéndose tratar con esta ultima y agua. Mezclar en piscina de reserva 100 bbls de Tannathin a 15 lb/gal si se desea mantener el punto de cedencia. Con Soda Cáustica ajustar el pH a 9.5 para solubilizar la lignita. Si existiese un excesivo gel y/o punto de cedencia, una ligera adición de Desco CF puede ser añadido.

En caso de dispersión de arcilla (presencia de formación gelatinosa) bombear 10 bbls de píldoras. Si existiese canalización de agua (1000' - 1200') será contrarrestado por la viscosidad del fluido. Por antecedentes se presume que perdidas de circulación podrían ocurrir en la superficie del pozo, para lo cual se tratará con pastillas de Mica de alta concentración, más, si el problema persiste un tapón de cemento debe ser bombeado.

Si después de la limpieza del hueco se presentaran problemas de estabilidad, sea por excesiva fricción incrementar peso del lodo. Estas limpiezas serán

realizadas cada 1000' o 18 horas, cualquiera de las dos; además que máximas tasas de bombeo reducirán los problemas asociados con la pobre limpieza e incrementará la tasa de penetración.

### 3.7.1.2 Intervalo de 2,500' a 10,822' PM.

Los problemas potenciales que pueden presentarse son: mala limpieza, fuerte estrés tectónico de la formación, estabilidad del pozo debido a ángulos altos, aumento de volumen.

Las propiedades del sistema, materiales y concentraciones son:

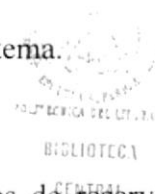
TABLA 3.5 PROPIEDADES DEL LODO DEL INTERVALO 12 ¼"

Intervalo pie	Densidad lbs/gal	Viscosidad Plástica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>	Relación Sintético Agua	HTHP Filtrado ml/30min	Estabilidad Eléctrica Voltios
2,500' - 10,822'	9.5 - 12.5	mas bajo posible	20 - 25	alta	< 6	2000

VERSAPLUS	74%
CAL:	1 lb/gal
NOVAMUL:	3 lb/gal
NOVAMET:	2 lb/gal
NOVAMOD:	Como sea necesario

STABILHOLE:	15 lb/gal
MI BAR:	Como sea necesario
CLAYSTONE EM:	12 lb/gal
ACETATO DE CALCIO:	Como sea necesario

El lodo base agua, que será enviado a dos piscinas, será utilizado cuando se detenga la perforación o se evalúe la formación en los otros intervalos; inclusive se recomienda en los trabajos de cementación desplazar el VERSAPLUS con este fluido para evitar pérdidas del sistema.



En la locación se tendrán 7 piscinas activas, 4 piscinas de reservas y una adicional, cada una con una capacidad de 120 bbl.

Cuando se esté asentando la tubería de revestimiento de 13 3/8" se empezará a premezclar el sistema sintético. El numero de baches será de 80 BBl, utilizando 80 bbl mas o menos de Versapplus B (base sintético) añadido con 23 sacos de Claystone (14 lb/gal) el cual requiere un alto corte para alcanzar la máxima eficiencia. Este producto ayudará sustancialmente con la baja tasa de corte reológica necesitada para limpiezas en altos ángulos.

En este momento se deberá tener por lo menos 70% de las piscinas llenas con el Versapplus viscosificado. Una vez que la mezcla ha sido transferido al sistema de piscina del taladro se agregarán los demás productos.

Se procurará mantener un porcentaje de la fase agua entre 2 - 3%, para que la concentración de surfactante sea mínima, disminuyendo cambios de humectabilidad, pero si este rango es mayor se adicionará 5% por peso de acetato de calcio (glicol) para que la fase agua permanezca abajo de 0.75. Por ejemplo: si el sistema está contaminado con 5% de agua, el 25% de peso de agua será  $1 \frac{1}{4}$  lb/gal de acetato de calcio añadido por cada 1% de agua. ( $5\% \text{ agua} \times 1 \frac{1}{4} \text{ lb/gal} = 6 \frac{1}{4} \text{ lb/gal}$  de acetato de calcio requerido).

El desplazamiento del Versapplus esta contemplado en la tabla 3.6:

### **3.7.1.3 Intervalo de 10,822' a 12315' PM**

Se continuara con VERSAPPLUS hasta la profundidad total tratando de mantener la misma concentración de químicos así como las propiedades y materiales.

Solamente la densidad será disminuida a un máximo de 12.0 lbs/gal, porque en esta sección la actividad tectónica es menor.

Los problemas potenciales que pueden presentarse son: mala limpieza, perdidas de circulación y estabilidad en las paredes de la formación debido al ángulo alto que construirá.

TABLA 3.6 DESPLAZAMIENTO DE VERSAPLUS

<b>Desplazamiento de Versapplus</b>	
<b>1. Si el fluido desplazante del cemento es agua</b>	<p>1.- Bombear 25 bbl agua fresca espaciado con 2-3 gal/bbl surfactante.</p> <p>2.- Espaciar con 25 bbl agua fresca.</p> <p>3.- Tener un segundo tanque de 70 bbl Versapplus tratado con 15-20 sxs Claystone.</p>
<b>2.- Si el fluido desplazante del cemento es lodo base agua</b>	<p>1.- Bombear 60 bbl agua fresca espaciado con 2-3 gal/bbl surfactante.</p> <p>2.- Espaciar con 25 bbl agua fresca.</p> <p>3.- Tener un segundo tanque de 60 bbl Versapplus tratado con 15-20 sx Claystone.</p>
<p><b>3.-</b> Accionar succión de piscina y bombear a máxima tasa de flujo. No parar de bombear durante desplazamiento.</p> <p><b>4.-</b> Ubicar broca en o cerca del fondo cuando Versapplus alcance a esta.</p> <p><b>5.-</b> Desviar el lodo base agua al tanque de desecho.</p> <p><b>6.-</b> Desviar Versapplus al retornar a superficie a la zaranda y luego a la piscina activa para reanudar con bombeo.</p> <p><b>7.-</b> Incorporar espaciador viscoso al sistema añadiendo 15-25 bbl Versapplus B y un cilindro de Novawet para reducir reología.</p> <p><b>8.-</b> Si fluido se calienta, incrementar tasa de bombeo a una deseada y continuar perforando.</p>	

Las propiedades del sistema en esta sección es:

TABLA 3.7 PROPIEDADES DEL LODO DE INTERVALO 8 ½”

Intervalo pie	Densidad lbs/gal	Viscosidad Plástica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>	Relación Agua Sintético	HTHP * Filtrado ml/30min	Estabilidad Eléctrica (Voltios)
10,822' - 12315'	9.5 - 12.0	mas bajo posible	20 - 25	Menos Agua	< 6	2000

\* HTHP a 225° F y 500 lppc

Las perdidas de fluido HTHP serán ajustada progresivamente.

Se monitoreará con el “**Virtual Hydraulics**”, asegurando que las propiedades lodo apropiadas sean mantenidas; por otra parte se continuará con el seguimiento de los volúmenes y descargas mediante el “**Mudvol software**”.

#### 3.7.1.4 Intervalo de 12315' a 13615' PM

Se continuará con el monitoreo de todos los volúmenes y descargas con el **Mudvol software** y se usará centrifugas, como se necesite, para el control de sólidos de baja gravedad. Las malla de la zaranda deberán ser tan fina como sea posible sin que exista perdida de fluido.

Si hubiesen perdidas de fluidos adicionar Stabilhole como se necesitare.

Además se deberá tener una concentración baja de químicos para impedir daños en la formación a través de posibles obstrucciones por emulsiones.

Las propiedades del lodo son:

TABLA 3.8 PROPIEDADES DEL LODO DE INTERVALO 6''

Intervalo PM pie	Densidad lbs/gal	Viscosidad Plástica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>	Relación Sintético Agua	HTHP* Filtrado ml/30min	Estabilidad Eléctrica Voltios
12315'- 13635'	9.5 - 12.0	mas bajo posible	20 - 25	alta	< 6	2000

\* HTHP a 225° F y 500 lppc

### 3.8 HIDRÁULICA

La Hidraulica recomendada para Villano 4H se muestra en la tabla 3.9.

TABLA 3.9 HIDRÁULICA RECOMENDADA

Diámetro del Hoyo	Tasa de Flujo deseada (GPM)	Presión de Bomba (Lppc)	Números de Boquillas
16''	959	2200	18x18x18
12 ¼''	665	3600	13x13x13x12
8 ½''	374	1889	13x13x14
6''	187	3400	9x9x8

Consideraciones sobre caídas de presión en herramientas de fondos (Motores y/o MWD)

La caídas de presión que se presentan en los motores son:  $P_o$  (sin carga de presión),  $P_d$  (presión diferencial operacional en el fondo definida como presión en fondo menos presión sin carga) y  $P_s$  (Presión diferencial cuando motor está parado).

TABLA 3.10 CAÍDA DE PRESION EN DIFERENTES TIPOS DE MOTORES

Motor	A800 M 4:5	A800M 7:8	A800 XP 4:5	A800XP 7:8
Po	123lppc@750gpm	170 lppc@750 gpm	184 lppc@750gpm	251 lppc@450gpm
Pd	200 lppc	200 lppc	200 lppc	200 lppc

Motor	A675M 4:5	A675M 7:8	A675XP 4:5	A675XP 7:8
Po	116lppc@450gpm	121 lppc@450gpm	147 lppc@450gpm	150lppc@450gpm
Pd	200 lppc	200 lppc	200 lppc	200 lppc

Motor	A475M 4:5	A475M 7:8	A475XP 4:5	A475XP 7:8
Po	82 lppc@150gpm	100 lppc@150 gpm	118 lppc@150gpm	123lppc@150gpm
Pd	200 lppc	200 lppc	200 lppc	200 lppc

Todos los motores A800 tienen un flujo máximo de 300-900 gpm, A675 300-600 gpm y los A475 con 100-250 gpm.

Las caídas de presión a través del MWD trabaja con la siguiente formula:

Powerpulse 6.75 & 8.25 para flujo normal (300-800 gpm):

$$P = \text{gpm}^2 \times \text{peso lodo (lb/gal)} / 16000$$

Powerpulse 8.25 flujo alto (600-1200 gpm):

$$P = \text{gpm}^2 \times \text{peso lodo (lb/gal)} / 29000$$

Se usará Powerpulse 8.25 alto flujo para 12 ¼" y 6.75 para 8 ½" y 6"

TABLA 3.11 ESPECIFICACIONES DE LAS BOMBAS DE LODO

Gardner-Denver PZ - 11 Triplex							
HP	carrera/min	Long. carrera	Lineas de Flujo (pulg.)				
1600	130	11	5 ½"	6"	6 ¼"	6 ½"	7"
Presion de descarga (lppc)			5,595	4,702	-	4,006	3,454
Volumen de descarga (gps)			3.4	4.0	-	4.7	5.5

Máxima presión de Operación: 4000 lppc

Máxima tasa de flujo @ 6" línea de flujo: 1140 gpm

Máxima tasa de flujo @ 5 ½" línea de flujo: 970gpm

El detalle de la hidráulica para cada intervalo es la siguiente:

### 3.8.1.- Hoyo 16" (Intervalo 93 - 2500 PM)

TABLA 3.12 DATOS DEL INTERVALO 16"

Datos del pozo				
Diam. Hoyo pulg	Profundidad pie	Peso Lodo Lb/gal	Visc Plastica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>
16	2500	8.9	11.2	25

INSTITUTO VENEZOLANO  
BIBLIOTECA  
CENTRAL

TABLA 3.13 HIDRÁULICA DEL INTERVALO 16"

Hidraulica Recomendada				
Boquillas	Presion Bomba lppc	TFA pulg. <sup>2</sup>	Tasa de Flujo gpm	Bit HSI
18 x 18 x 18	2200	0.7455	959	3.57

#### Detalles Hidráulica:

Tasa de Flujo/ Diam. Hoyo:

60 gpm/pulg

Perdidas de Presión en el sistema:

843 lppc

Caída de Presión en Boquilla de broca:	1357 lppc
Perdida de Presión en Anular:	10.15 lppc
Caída de presión Boquilla (% presión disponible):	61.7 %
Poder Hidráulico a la salida de la bomba:	1231 HHP
Poder Hidráulico en la broca:	760 HHP
Velocidad en boquilla:	413 pie/seg
Fuerza de Impacto Jet:	1825 lbs
Fuerza Impacto/área hoyo:	9.08 lbs
Cabeza Hidrostático:	1156 lppc
Densidad circulante equivalente:	8.98 lb/gal
Velocidad de ripios (recortes = 0.3 pulg.):	56.60 pie/min

TABLA 3.14 DATOS SARTA DE PERFORACIÓN Y VELOCIDAD ANULAR INTERVALO 16"

Profundidad PM	DE x DI	Long (pie)	Diam. Hoyo (pulg)	VA (pie/m)	Velocidad Estimada Partículas	Veloc Crítica	Tipo de Flujo
0-2259	5 x 4.23	2259	16	102	45	340	L
2259-2500	8 x 2.75	241	16	121	65	344	L

### **3.8.2.- Hueco 12 ¼"(Intervalo 2500 - 10822 PM)**

TABLA 3.15 DATOS DEL INTERVALO 12 ¼"

<b>Datos del pozo</b>				
Diam. Hoyo pulg	Profundidad pie	Peso Lodo Lb/gal	Visc Plastica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>
12 ¼"	10822	11	18	22

TABLA 3.16 HIDRÁULICA DEL INTERVALO 12 ¼"

<b>Hidráulica Recomendada</b>				
Boquillas	Presión Bomba lppc	TFA pulg. <sup>2</sup>	Tasa de Flujo gpm	Bit HSI
3 x 13	3600	0.4993	665	4.75
1 x 12				

**Detalles de la Hidráulica:**

Tasa Flujo/Diámetro del Hoyo:	54.3 gpm/pulg.
Pérdida de presión en el sistema:	1510. lppc
Caída de presión en la broca:	1553 lppc

Perdida de Presión en Anular:	57.4 lppc
Caída de presión en boquilla (% de presión disponible):	50.7 %
Fuerza Hidráulica a la salida de la bomba:	1396 HHP
Fuerza Hidráulica en la broca:	560 HHP
Velocidad en Boquilla:	397 pie/seg
Fuerza de Impacto Jet:	1398 lbs
Fuerza Impacto/ área hoyo:	11.87 lppc
Cabeza Hidrostática:	6184 lppc
Densidad de Circulación equivalente:	11.10 lb/gal
Velocidad de ripios (recortes = 0.3 pulg.):	46.50 pie/min
Perdidas de flujo a través de Motor (7%):	46.95 GPM
Caída de presión en MWD/Motor :	536.0 lppc

TABLA 3.17 DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y LA VELOCIDAD ANULAR INTERVALO 12 ¼”

Profundidad PM	OD x ID	Long. (pie)	Diam. Hoyo (Pulg)	VA (pie/m)	Veloc. Estimada Partículas	Veloc. Crítica	Tipo de flujo
0-2500	5 x 4.23	2500	13.38	106	59	291	L
2500-10692	5 x 4.23	8172	12.25	130	84	293	L
10672-10822	8 x 2.75	150	12.25	189	143	304	L

### 3.8.3.- Hoyo 8 ½” (Intervalo 10822- 12315PM)

TABLA 3.18 DATOS DEL INTERVALO 8 ½"

Datos del pozo				
Diam. Hoyo pulg	Profundidad pie	Peso Lodo Lb/gal	Visc Plástica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>
8 ½"	12315	11	18	22

TABLA 3.19 HIDRÁULICA DEL INTERVALO 8 ½"

Hidráulica Recomendada				
Boquillas	Presión Bomba lppc	TFA pulg. <sup>2</sup>	Tasa de Flujo gpm	Bit HSI
13 x 13 x 14	1889	0.4096	374	2.6

**Detalles de la Hidráulica:**

Tasa Flujo/Diámetro del Hoyo: 44 gpm/pulg

Perdida de presión en el sistema: 705 lppc

Caída de presión en la broca: 729 lppc

Perdida de Presión en Anular: 152 lppc

Caída de presión en boquilla (% de presión disponible): 50.8 %

Fuerza Hidráulica a la salida de la bomba:	412 HHP
Fuerza Hidráulica en la broca:	148 HHP
Velocidad en Boquilla:	272 pie/seg
Fuerza de Impacto Jet:	538 lbs
Fuerza Impacto/ área hoyo:	9.49 lppc
Cabeza Hidrostática:	7037 lppc
Densidad de Circulación equivalente:	11.14 lb/gal
Velocidad de ripios(recortes = 0.3 pulg.):	46.5 pie/min
Perdidas de flujo a través de Motor (7%):	26.2 GPM
Caída de presión en MWD/Motor:	455 lppc

TABLA 3.20 DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y LA VELOCIDAD ANULAR INTERVALO 8 ½”

Profundidad PM	DE x DI	Long. (pie)	Diam. Hoyo (pulg)	AV (pie/m)	Veloc. Estimada Particulas	Veloc. Critica	Tipo de flujo
0 - 10822	5 x 4.23	10822	9 5/8”	135	90	302	L
10822-12284	5 x 4.23	1462	12 ¼”	194	194	310	L
12284-12315	6.75 x 2.25	31	12 ¼”	344	297	345	L

#### **3.8.4.- Hoyo 6” (Intervalo 12315’ - 13365’ PM)**

TABLA 3.21 DATOS DEL INTERVALO 6"

Datos del pozo				
Diam. Hoyo pulg	Profundidad pie	Peso Lodo Lb/gal	Visc Plastica cp.	Punto de cedencia lb/100 pie <sup>2</sup>
6"	13635'	11.2	18	22

TABLA 3.22 HIDRÁULICA DEL INTERVALO 6"

Hidráulica Recomendada				
Boquillas	Presion Bomba lppc	TFA pulg. <sup>2</sup>	Tasa de Flujo gpm	Bit HSI
9 x 9 x 8	3300	0.1733	187	3.74

**Detalles de la Hidráulica:**

Tasa Flujo/Diam. Hoyo:	31.2 gpm/pulg.
Perdida de presión en el sistema:	1956 lppc
Caída de presión en la broca:	1041 lppc
Perdida de Presión en Anular:	246 lppc
Caída de presión en boquilla (% de presión disponible):	35 %
Fuerza Hidráulica a la salida de la bomba:	361 HHP
Fuerza Hidráulica en la broca:	106 HHP

Velocidad en Boquilla:	322 pie/seg
Fuerza de Impacto Jet:	325 lbs
Fuerza Impacto/ area hoyo:	11.51 lppc
Cabeza Hidrostatica:	7933 lppc
Densidad de Circulación equivalente:	11.55 lb/gal
Velocidad slip de ripios (recortes = 0.3 pulg.):	45.6 ft/min
Perdidas de flujo atraves de Motor (7%):	13.11 GPM
Caida de presión en MWD/Motor:	303 lppc

TABLA 3.23 DATOS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN Y LA VELOCIDAD ANULAR INTERVALO 6"

Profund. PM pies	DE x ID	Long. (pie)	Diam, Hoyo (pulg)	VA (pie/m)	Veloc. Estimada Particulas	Veloc. Critica	Tipo de flujo
0 - 12315	3.5 x 2.6	12315	7	125	79	308	L
12315-13604	3.5 x 2.6	1289	6	193	147	322	L
13604-13635	4.75 x 2.25	31	6	342	296	374	L

## 3.9 PLANIFICACIÓN DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO

### 3.9.1 Criterio de Diseño

El diseño de un programa de la tubería de revestimiento comienza con las especificaciones del pozo en superficie y en el fondo del pozo tales como la profundidad a la que está localizada el objetivo, permitiendo un control de la presión de las formaciones que serán atravesadas; además, es muy importante considerar los efectos causados por la desviación de la trayectoria del pozo y el rango de la tubería de revestimiento de producción que será usado si se encuentran cantidades comerciales de hidrocarburos a grandes profundidades. El ingeniero en perforación entonces, deberá diseñar un programa de hidráulica del pozo, tamaño de tubería de revestimiento, grados y profundidad de asentamiento que permitan al pozo ser perforado con seguridad bajo el esquema de producción deseado. Los estudios muestran que los promedios de costo por toda la tubería usada para completar un pozo es del 18% del costo total de éste aproximadamente, por este motivo se debe involucrar un análisis de costos, además de recalcar la importancia de un diseño óptimo, el mismo que permita que el pozo sea perforado y operado con seguridad a lo largo de su vida.

#### *Selección de la Profundidad de Asentamiento de la Tubería de Revestimiento.*

La selección del número de conjuntos de tubería de revestimiento y sus respectivas profundidades de asentamiento generalmente están basadas sobre

consideraciones del gradiente de presión del poro, el gradiente de fractura, consideraciones de formación y consideraciones por desviación de la formaciones que serán penetradas.

Otros factores tales como protección de acuíferos de agua dulce, la presencia de zonas de pérdida de circulación de disolución, zonas depletadas de baja presión que tienden a causar que la tubería se pegue, estratos de sal que tienden a fluir plásticamente y a cerrar la boca del pozo, y regulaciones de gobierno que entre otros, también pueden afectar los requerimientos de la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento.

En el Ecuador, a ciencia cierta no se necesita diseñar basados en el criterio de gradientes de presión del poro, gradiente de fractura, y consideraciones de gas, en lugar de este tipo de calculo solo se aplica el diseño de tubería de revestimiento por formación y desviación, más no por presión ya que no se tiende a encontrar presiones anormales, siendo muy común la selección de profundidad de asentamiento de las tubería de revestimiento una vez conocida la estratigrafía de las formaciones, y conociendo la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento de los pozos cercanos al lugar de la perforación; de tal manera que obtengamos una profundidad de asentamiento estándar.

En base a lo anteriormente mencionado la selección de la profundidad de asentamiento para la tubería de revestimiento del Villano-4H será justificada a continuación por formación y desviación y con la ayuda de la información obtenida de los pozos aleatorios explorados en las zonas vecinas.

### **3.9.2 Tubería de Revestimiento Conductor**

La profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento conductor está basada sobre la cantidad requerida para prevenir derrumbes poco profundos cuando se perfora hasta la profundidad de la tubería de revestimiento superficial y para soportar el peso de ésta. La tubería de revestimiento conductor debe ser capaz de soportar presiones esperadas durante las operaciones de desviación. Frecuentemente es clavada en la tierra, y la longitud es gobernada por la resistencia del suelo. La operación de clavarla es parada cuando el número de golpes por pie excede algunas veces el límite superior especificado.

### **3.9.3 Tubería de Revestimiento Superficial**

La tubería de revestimiento superficial previene el derrumbe de sedimentos no consolidados, débiles y cercanos a la superficie y protege de contaminación los acuíferos de agua dulce en arenas poco profundas. Soporta y protege de la corrosión cualquier tubería de revestimiento subsecuente que se corra dentro

del pozo. Además, se la ancla en los preventores de reventones para poder continuar con la perforación.

La profundidad de asentamiento usualmente es desde los 300 pies hasta los 4,500 pies dentro de los sedimentos, debido a la posibilidad de contaminación de acuíferos suplidores de agua poco profundos, por este motivo la profundidad de asentamiento y las practicas de cementación están sujetos a regulaciones de gobierno.

Esta profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento superficial del Villano 4H, está planeada en 2,500 pies PM desde la superficie, esto es basado en el hecho que la zapata de la tubería de revestimiento se encontrará en la parte media de la Formación Mesa, la misma que está compuesta de Limonita, teniendo ésta la característica de ser suaves a firmes, con incrustaciones muy finas de arena, y lo más importante, son poco porosas y no permeables, asegurándonos de esta manera que no vayan a ocurrir perdidas de flujo de la lechada de cemento. Además, mediante los registros eléctricos tomados en el pozo de exploración Villano 2 se determinó la existencia de acuíferos de agua dulce a la profundidad de asentamiento.

Ya que esta sección será perforada en su totalidad verticalmente, no se harán correcciones por desviación de la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento superficial.

### **3.9.4 Tubería de Revestimiento Intermedio**

Basicamente la tubería de revestimiento intermedio es requerido cuando se penetra formaciones de presión anormal, zonas de pérdida de circulación, secciones inestables de lutitas o generalmente secciones de sal. En el Oriente ecuatoriano es frecuente encontrar formaciones de presión normal, y casi nunca secciones de sal, pero eso no resta la necesidad de colocar un tubería de revestimiento intermedio; es mas, luego de pasar las incómodas zonas de pérdida de circulación y las zonas de lutitas inestables, se lo requiere para prevenir problemas de perforación debajo de esas zonas.

Es aquí, al final de la sarta de la tubería de revestimiento intermedio que se colocan los colgadores de tubería corta de revestimiento de producción cuando se requieran.

Está planeada la profundidad de asentamiento en Villano 4H, a 10,822 pies PM / 10,585 pies PVV desde la superficie, porque en este intervalo al igual que en el anterior, se requiere que en la profundidad de asentamiento la formación sea poco porosa y poco permeable, por lo que se eligió asentarla en la caliza ubicada a 42 pies de la base de la Arenisca "U", la cual pertenece a la Formación Napo, procurando de esta manera, minimizar las pérdidas de circulación de la lechada de cemento. Además, mediante los registros eléctricos tomados en el pozo de exploración Villano 2 se determinó la

existencia de lutitas desmoronables las cuales podrían incrementar el diámetro del hueco y la presencia de arcillas las cuales se inchan al contacto con el agua tendiendo a causar cierre del diámetro del hueco o un atrapamiento de la tubería de perforación, por este motivo como protección adicional utilizaremos lodo base aceite el cual inhibe a las arcillas a hincharse.

La profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento intermedio será, luego de 313 pies PM / 230 pies PVV de la base de la construcción del primer ángulo de desviación, el cual es iniciado desde los 8800 pies PM / 8800 pies PVV hasta los 10509 pies PM / 10355 pies PVV, quedando de esta manera corregida la profundidad de asentamiento por desviación, debido a que está sentado después del ángulo construido, de tal manera que podamos mantener con seguridad el ángulo construido.

### **3.9.5 Tubería de Revestimiento de Produccion**

Para esta sección está planificado colocar un tubería corta de revestimiento de producción, la profundidad de asentamiento debe estar luego del intervalo productivo del pozo. La principal ventaja del uso de un tubería corta de revestimiento es abaratar costos por tubería que se obtiene debido a que su tope no está en superficie.

En nuestro caso, ya que se trata de un pozo horizontal la profundidad de asentamiento de la tubería corta de revestimiento de producción del Villano 4H deberá estar en el estrato productivo (12315 pies PM / 11216 pies PVV), esto es en la Formación Hollín Superior, siendo una arenisca con cemento calcáreo a silíceo, donde encontraremos una buena permeabilidad así como una buena porosidad por lo que en la operación de cementación se deberá tener mucho cuidado que no se produzca una contaminación severa por cemento en la formación.

Para poder alcanzar los 90 grados de inclinación, se planifica construir otro ángulo, esto será a partir de los 10965 pies PM / 10690 PVV hasta alcanzar el intervalo productivo procediendo luego mantener el ángulo dentro del estrato, por esta razón la profundidad de asentamiento de la tubería corta de revestimiento de producción será justo después de la construcción del ángulo, de manera que éste sea asegurado para el siguiente tramo a ser perforado.

El siguiente tramo a ser perforado está planificado para ser completado sin tubería de revestimiento, en caso de no poder realizar esto, la profundidad de asentamiento para esta tubería de revestimiento será la misma del estrato productivo, debido que el pozo Villano 4H es horizontal.

### **3.9.6 Selección del tamaño del Diámetro de la Tubería de Revestimiento**

El tamaño del diámetro de la tubería de revestimiento esta controlado por el diámetro interno DI de la tubería de producción y por el numero de tubería de revestimiento intermedia requerida para alcanzar la profundidad objetivo.

A partir de los datos proporcionados de la selección anterior debemos seleccionar el tamaño de la tubería de revestimiento para cada intervalo.

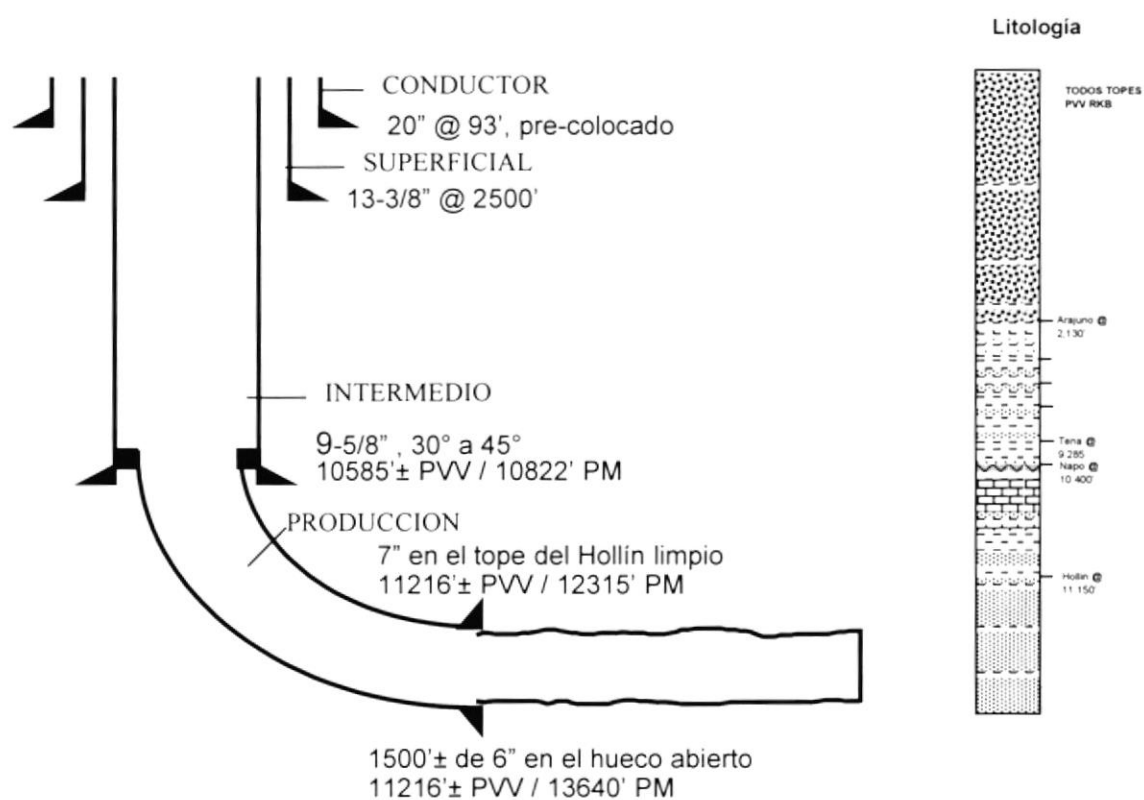
Ver Apendice F Tabla F 3.2 – Tamaño de Broca comúnmente usados para correr Tubería de Revestimiento API

Ver Apendice F Tabla F 3.3 – Tamaño de brocas comúnmente usados que pueden pasar a través de la tubería de revestimiento.

Asumiendo que se requiere asentar un tubería corta de revestimiento de producción de 5" de diámetro externo a 11216 pies PVV, nos basamos en la Tabla F 3.2, donde para poder perforar esta sección final usaremos una broca de 6½ ". Ahora, en base a la Tabla F 3.3, observamos que esta broca puede pasar a través de un tubería de revestimiento de 6 5/8" o 7" de diámetro externo, y basados en la Tabla F 3.2, veremos que la broca que se necesita para este diametro de tubería de revestimiento es de 8 ½". Y como lo muestra la Tabla F 3.3, la broca de 8 ½" puede pasar a través de un tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro externo. Repitiendo el procedimiento anterior encontraremos que necesitaremos una broca de 12 ¼". por lo menos

para perforar este diametro de tubería de revestimiento . Y según la Tabla F 3.3, esta broca podrá pasar a través de un tubería de revestimiento de 13 3/8" de diámetro externo y por ultimo una broca de 17 1/2" se necesita para poder perforar este diametro de tubería de revestimiento y ésta pasara en una tubería de revestimiento de 18 5/8"o de 20" de diámetro externo.

La fig.3.4 y la tabla 3.24 muestran los resultados obtenidos:



**Figura 3.4**

**Detalles de la Tubería de Revestimiento y profundidad de asentamiento.**

TABLA 3.24 RESULTADO DE LA SELECCIÓN DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO

Diametro del Hueco (pulg)	26	16	12 ¼	8 ½	6
DE. Tubería de Revestimiento (pulg)	20	13 3/8	9 5/8	7	5
Profundidad de Asentamiento (pie)	93	2,500	10,585	11,216	11,216



### **3.9.7 Selección del Peso, Grado y Conexiones.**

Una vez que el tamaño del DE de la tubería de revestimiento ha sido determinada, se puede establecer el peso, el grado y el tipo de conexiones. En general cada sarta de la tubería de revestimiento es diseñada para resistir las condiciones de cargas mas severas anticipada durante la colocación de ésta y la vida del pozo. Las condiciones de carga que siempre se consideran son tensión, estallido y colapso. Cuando existen otras condiciones de cargas (dobladura o pandeo) se consideran también.

Resulta casi imposible predecir las diversas condiciones de cargas a las que la tubería de revestimiento estará sometido durante la vida del pozo. Además, el diseño está basado sobre condiciones de carga asumidas. Las cargas asumidas en el diseño son tan severas que resulta muy poco probable que se encuentren otro tipo de situación que cause que la tubería de revestimiento falle. Cuando existen los efectos de corrosión y desgaste de la tubería de revestimiento, se

incluyen en los criterios de diseño. Estos efectos tienden a disminuir las paredes de la tubería de revestimiento y a incrementar en gran cantidad los esfuerzos que ocurren.

La gran presión interna es una condición usada para el diseño del estallido, y está basada sobre las condiciones de control del pozo asumidas, que ocurren mientras se está circulando, presentándose un gran amago de reventón. La gran presión externa utilizada como condición de carga para el diseño por colapso está basada sobre un severo problema de pérdida de circulación. La gran tensión axial utilizada como condición de carga se centra en el hecho de asumir que la tubería de revestimiento está pegado a la formación mientras es corrido dentro del pozo antes de las operaciones de cementación.

El diseño por estallido podría garantizar que la presión de fractura de la formación, en la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento, podría ser excedida antes que la presión de estallido sea alcanzada. Además, este diseño usa la fractura de la formación como un mecanismo de seguridad para asegurar que la ruptura de la tubería de revestimiento no ocurra en la superficie y ponga en peligro la vida del personal. La presión de diseño en la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento es igual a la presión de fractura más un margen de seguridad que permita una inyección de presión que es insignificante con relación a la presión de fractura. La presión interna de la tubería de revestimiento está calculada asumiendo que todo el

fluido de perforación en la tubería es perdido en dirección de la fractura en la formación, dejando solamente formación de gas en el tubería de revestimiento.

La presión externa o la presión de aguante fuera de la tubería de revestimiento que ayuda a la resistencia al estallido, es asumida como igual a la presión normal del poro del área de la formación. Los efectos beneficiosos del cemento o la alta densidad del lodo fuera de la tubería de revestimiento es ignorada debido a la posibilidad de una pobre afinidad con el cemento y a una degradación del lodo que ocurre al mismo tiempo. Es frecuente utilizar un factor de seguridad para proveer un margen adicional de seguridad para un posible daño de la tubería durante el transporte y el manejo en el campo.

El diseño por colapso está basado sobre el más severo problema de pérdida de circulación que puede ser percibido, o sobre la carga anticipada de colapso más severa cuando la tubería de revestimiento es corrido. Para ambos casos, la máxima presión externa posible que tiende a causar que la tubería de revestimiento colapse, resulta desde el fluido de perforación que está en el hueco cuando la tubería de revestimiento es colocado y cementado. El efecto beneficioso del cemento y una posible degradación del lodo es ignorado, pero el efecto perjudicial de la tensión axial sobre la presión de colapso es considerado. El efecto beneficioso de la presión dentro de la tubería de revestimiento puede también tomarse en consideración como una cantidad

posible de máxima presión del nivel del lodo dentro de la tubería. Generalmente se aplica un factor de seguridad para la condición de diseño de la tubería de revestimiento. Ver Apéndice G para mayor detalles.

Las consideraciones requeridas para el diseño por tensión son de esfuerzos axiales presentes cuando la tubería de revestimiento es corrida durante las operaciones de cementación, cuando la tubería de revestimiento es agarrado en la cuñas y durante perforaciones subsecuentes y operaciones de producción a lo largo de la vida del pozo. El criterio para el factor de seguridad mínimo estará dictado por la carga máxima, resultado del uso de otro factor de seguridad o de la fuerza para jalar, la cual siempre es grande.

La tabla 3.25 detalla las características de cada una de las tuberías, que se utilizaran para revestir el pozo Villano 4H.

### **3.9.8 Colocacion de la Tuberia de revestimiento**

#### **Generalidades**

La preparación para correr la tubería de revestimiento es una operación planeada y detallada, donde debiera existir una supervisión apropiada en todas las fases. Y si fuera necesario se podrá optar por una supervisión adicional, para asegurarse que la preparación, ejecución y reportes estén completos. A continuación se detalla una lista de los tópicos o labores que deberán tratarse antes de la corrida del tubería de revestimiento.

1. La tubería será entregada en la locación del pozo para proseguir con la operación planeada. Esta tubería será acumulada sobre potros de madera para facilitar su movimiento. Golpear la tubería tanto como sea posible para liberar la escala interna y los escombros.

**TABLA 3.25 CARACTERISTICAS DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO**

DIAM. PESO, GRADO CONEC.	DI (pulg)	CALIBRADOR (pulg)	UNION DE (pulg)	TENSION (KIPS)	COLAPSO (lppc)	ESTALLIDO (lppc)	TORQUE RECOMEN. (PIE-LBS)
20", 94#, J-55, PE	19.124	--	--	1.402	520	2,110	--
13 3/8", 61#, K-55, BTC	12.515	12.359	14.375	1.169	1,540	3.090	Hasta la punta del triángulo
9 5/8", 47#, SD-C95- HC, AMS	8.681	8.525	10.626	1.289	7,270	8.150	11,840 min 12,800 opt 13,760 max
7", 29#, 13-Cr L-80, NK3SB	6.184	6.1 Especial	7.656	676	7,030	8,160	7,760 min 9,700 opt 11,640 max
5", 15#, 13-Cr L-80, NK3SB	4.408	4.283	5.563	350	7,250	8,290	2,310 min 3,080 opt 3,850 max

2. De manera rápida, los protectores de roscas serán removidos y las roscas limpiadas. Cada tubería será conejeada con su calibrador específico.

3. El punto de ajuste de la rosca será identificado y marcado en cada unión de la tubería de tal manera, que se pueda hacer de esto, una lectura aparente, para la medida y la corrida. Se medirá toda la tubería y accesorios sobre el potro “sin rosca”. Los datos se introducirán en una hoja de medición (tally.xls) o en algún otro tipo de Reportes/Formas. Una tubería adecuada será habilitada para reemplazar cualquier unión dañada mientras se está corriendo la tubería de revestimiento. El D.E. de todos los accesorios, reducciones, uniones, etc. también serán medidos para asegurar un margen adecuado en las mediciones. Cuando sea posible, los flotadores y el equipo de válvulas desviadoras (DV) serán preparados en un taller para asegurar el ajuste adecuado.
4. En caso de existir la necesidad de sacar la tubería fuera del hueco, el lodo y el pozo deberán ser adecuadamente acondicionados. La caja del buje será sacada para ser inspeccionada de algún daño.
5. Los arietes empaquetadores del BOP serán cargados, y las puertas serán probadas, para satisfacer el diámetro de la tubería de revestimiento que va a ser corrido.
6. El malacate y sus sistemas de frenos tienen prioridad de mantenimiento, por que ellos suministran un importante control en la suspensión, ajuste, corrida, torque y cargas de la sarta de la tubería de revestimiento

7. Las llaves deberán satisfacer el diametro de la tubería de revestimiento a ser corrido, las cuales tendrán ajustado un manometro de presión confiable para medir el torque aplicado al ajustar las uniones o juntas. El operador de las llaves deberá conocer los valores de torque que se usaran. Los cables que se usan para parar las llaves de potencia estarán en un ángulo recto y a un nivel con el cual aseguran que el torque leído en el manometro es exacto. El equipo de reserva deberá ser revisado y preparado para cualquier contingencia.
8. Se necesitara una línea proveniente desde los tanques de lodo para llenar hasta el tope el tubería de revestimiento, la cual estará provista de una válvula de cierre rápido ubicada al final del orificio de salida.
9. Los accesorios del tubería de revestimiento como escariadores y centralizadores serán ajustados con martillos tipo tope anillo. Nunca se deberán soldar estos accesorios, ya que la soldadura de tales accesorios menoscaba la fortaleza del tubería de revestimiento.
10. Todas las conexiones se sellarán con el lubricante apropiado, para prevenir la corrosión. El equipo flotador, collares de válvulas desviadoras (DV), y la tubería inicial corrida usaran un lubricante cuando se proceda a su ajuste.

- a.* Una grasa de base Teflon aprobada por ARCO será usada sobre todas las roscas de la tubería de revestimiento. Nunca se deberá poner grasa en la tubería en pocas cantidades.
  - b.* La grasa de la tubería de perforación nunca deberá ser usada sobre la tubería de revestimiento.
  
- 11. Se espera que un Supervisor de ARCO este presente en el taladro, mientras se esta corriendo el tubería de revestimiento. El Supervisor de ARCO verificara las especificaciones apropiadas para ajustar la tubería de revestimiento. Además, verificara que el reporte de las medidas de la tubería de revestimiento este corregido, en caso que alguna tubería resulte averiada o no fuera corrida.
  
- 12. La velocidad de corrida del tubería de revestimiento será controlada.
  
- 13. Es importante para el éxito del trabajo controlar el retorno del fluido ya que son muestras representativas del volumen desplazado. Mientras se este levantando cada tubería, se seguirá bombeando, y se llenara la tubería de revestimiento cada 10 tubos. Es preciso estar enterado de las perdidas y posibles condiciones de surgencia.

14. Se discutirá un plan de contingencia para las irregularidades mas probables, para lo cual es muy importante mantenerse al día en el desarrollo de tipos de equipos, es decir, operación y capacidad.
  
15. Se consultara al Superintendente de Perforación cuando se proceda a soldar el cabezal del tubería de revestimiento y accesorios similares. Debemos asegurarnos que se usaran soldadores calificados. Los soldadores del taladro normalmente no serán usados para estos servicios. Los cabezales calientes serán usados donde quiera que sea practico para mejorar la calidad de la soldadura. La soldadura del cabezal de la tubería de revestimiento será probada y especificada.
  
16. El personal de la Compañía Concesionaria del Servicio de Cabezales será usado para supervisar todos los procedimientos de soldadura de los cabezales del tubería de revestimiento y para asentar las cuñas de la tubería de revestimiento.
  
17. Después de la cementación, se preparara un reporte completo detallando todo la tubería de revestimiento y accesorios corridos. Este reporte estará incluido con el Reporte Diario de Perforación. Copiar un modelo de Reporte/Formas como un formato para este reporte.

## Procedimiento Detallado de la Colocación de la Tubería de Revestimiento

### a) Tubería de Revestimiento Conductora de 20"

Será clavada por la misma compañía que construirá la locación, la cual se encargara de construir la celda y de pilotear la tubería desde la superficie hasta 93'. PM / 93'. PVV de profundidad. (Se debe confirmar esta profundidad después del asentamiento).



#### Características

Diametro externo: D.E. = 20 pulg.,

Grado: J55,

Peso: 94 lbm/pie,

Espesor de pared : 0.438 pulg.,

**Diámetro interno: DI = 19.124 pulg.,**

Diámetro del calibrador para la rosca: 18.936 pulg.,

DE del acople : 21 pulg.,

Resistencia al estallido :  $\pm 2,110$  lppc.,

Resistencia al colapso :  $\pm 520$  lppc.,

Resistencia a la tensión :  $\pm 1,480$  lppc.,

Conexión: Termino recto (Plain End),

Proveedor : Itochu Pipe & Tube,

Costo por pie :  $\pm \$ 38.85$ .

**b) Tubería de Revestimiento Superficial 13 3/8"**

Será colocada desde la superficie hasta los 2500 pie. PM / 2500 pie PVV de profundidad.

**Procedimiento de Colocación**

Después de perforar hasta la profundidad del revestimiento de 13 3/8" programada, se realiza un viaje corto con el ensamblaje de perforación hasta la zapata de la tubería de revestimiento de 20". Si se requiere, limpiar estabilizadores y broca, introducir la tubería de perforación en el pozo y hacer circular el lodo para sacar los ripios del fondo, hasta que los agitadores estén limpios. Sacar la tubería de perforación fuera del pozo, armar tubería de revestimiento de 13 3/8" y correr como sigue:

- Zapata guía flotadora de 13 3/8", conexión BTC.
- Dos tubos de revestimiento de 13 3/8", 61 lbs/pie, grado: K-55, conexión BTC.
- Collar flotador de 13 3/8", conexión BTC.
- Tubería de revestimiento de 13 3/8", 61 lbs/pie, grado: K-55, conexión BTC, tanta como se requiera.
- Centralizadores: Uno 6' arriba de la zapata guía (sobre adaptadores soldados), uno sobre cada tercer tubo (sobre adaptadores soldados).

**Procedimiento previo y durante la colocación.**

1. Toda la tubería de revestimiento deberá ser calibrada para 12-1/4", asegurándose que no exista escala o que otros artículos exteriores estén dejados en la tubería de revestimiento. Verificar visualmente que el equipo flotador este libre de escombros.
2. Ajustar las roscas del zapato flotador, tubo flotador, collar flotador y los siguientes dos(2) tubos arriba del collar flotador. Soldar en línea el fondo de los acoples si esto no es posible desenroscar los acoples para asegurar las roscas.
3. Usar grasa "Bestolife "2000"® NM" en lugar de la API Modificada.  
**Ajustar toda la tubería un poco hacia la base del triángulo, sin pasarse de la punta del triángulo.** Tome promedios de 3-4 tubos del torque de ajuste en la base del triángulo como guía y después hágalo rápido al asegurar las roscas de los tubos. Verifique siempre la posición del ajuste.
4. Se corre lentamente el revestimiento de 13-3/8", haciendo circular como mínimo dos volúmenes totales de lodo a la tasa de desplazamiento propuesta (10 - 12 bpm).

**Características**

Diámetro externo: DE = 13 3/8 pulg.,

Grado: K55,

Peso: 61 lbm/pie,

Espesor de pared : 0.43 pulg.,

**Diámetro interno: DI = 12.515 pulg.,**

Diámetro del calibrador para la rosca: 12.359 pulg.,

DE del acople : 14.375 pulg.,

Resistencia al estallido (cuerpo) : 3,090 lppc.,

Resistencia al colapso : 1540 lppc.,

Resistencia a la Tensión (cuerpo) : 962,000 lbs.,

Resistencia a la Tensión (conexión) : 1,025,000 lbs.,

Conexión : BTC,

Diámetro externo de la conexión : DE.c = 14.375 pulg.,

Capacidad de la Tubería = 0.1522 bbls/pie

Desplazamiento = 0.0222 bbls/pie

Proveedor : Siderca Corp.,

Costo por pie : ± \$ 23.56.

**c) Tubería de Revestimiento Intermedio de 9 3/8"**

Será colocado, desde la superficie hasta 10822 pie PM / 10585 pie PVV de profundidad.

### **Colocación**

Correr la tubería dentro del pozo para las condiciones del hueco de revestimiento de 9-5/8". Hacer circular el lodo para sacar los ripios del fondo hasta que los vibradores estén limpios de residuos 2-4X. Mantener buenas propiedades del lodo para la corrida de la tubería de revestimiento. Dejar caer un carburo y monitorear las lecturas de gas mientras se circula alrededor. Sacar la tubería de perforación fuera del pozo. Sacar el buje desgastado. Anote cualquier uso en el reporte de la mañana. Subir al taladro y correr el revestimiento de 9 5/8", 47#, SD&TAC95HC, conexión AMS como sigue:

- Zapato flotador de 9-5/8" , conexión AMS,
- 2 Tubos de revestimiento de 9-5/8", 47#, SD&TAC95HC, conexión AMS,
- Collar flotador de 9-5/8", conexión AMS,
- Revestimiento de 9-5/8", 47#, SD&TAC95HC, conexión AMS, hasta superficie.

### **Procedimiento previo y durante la colocación.**

1. Verifique visualmente que el equipo flotador este libre de escombros y sea perdurable. Toda la tubería de revestimiento deberá ser calibrado para 8½". Asegúrese que no exista escala u otros materiales dejados en el exterior del revestimiento. Asegúrese que el sello de la rodela (en caso que lo tuviera) este libre de cualquier picadura, o daño.

2. Ajustar la rosca del zapato flotador, tubo flotador, collar flotador y los siguientes dos (2) tubos arriba de collar flotador. Usar protectores de roscas en la tubería.
3. Usar grasa "Bestolife "2000"® NM" en lugar de la API Modificada para ajustar la rosca. El rango del torque para el revestimiento de 9-5/8", 47#, conexión AMS es **11,840 ft-lbs mínimo** y **13,760 ft-lbs máximo**. Dentro del rango la bobina del taladro podría ajustarse para 1/5" (una vuelta) de la base del triángulo. No ajustar pasada la punta del triángulo. El torque de ajuste **optimo** es **12,800 ft-lb**.
4. Verificar que la operación del equipo de flotación sea apropiada después de ajustar la tubería de flotación y después de ajustar el primer tubo arriba del collar flotador. Llenar la tubería de revestimiento con lodo como sea requerido. Debido al peso de la sarta de la tubería de revestimiento de 9-5/8", 510000 lbs., la capacidad de carga del gancho del taladro deberá ser por lo menos 600000lbs, esto será necesario cuando se requiera darle un tirón la tubería, en caso que se torne difícil el hueco cuando la tubería se encuentra flotando en el lodo dentro del pozo. Monitorear el retorno del lodo cuando el revestimiento comienza a correrse.
5. Ningún collar estará colocado en el arrea de las cuñas.

6. No utilizar tenazas sobre los protectores del revestimiento cuando se esta corriendo este puesto que los brazos que aseguran el metal pueden dañar el área del sello metal-metal sobre el pin de la rosca.

7. Correr los centralizadores de 9 5/8" x 12 1/4" como sigue:

- Uno a 6 pies arriba del zapato flotador
- Uno sobre los collares del revestimiento en el tope de los tubos 1 y 3
- Uno sobre cada tercer tubo para calcular el tope del cemento.

### **Características**

Diámetro externo: D.E. = 9 5/8 pulg.,

Grado: SD-HC 95,

Peso: 47 lbm/pie,

Espesor de pared : 0.694 pulg.,

**Diámetro interno: D.I. = 8.681 pulg.,**

Diámetro del calibrador para la rosca: 8.525 pulg.,

DE del acople :10.626 pulg.,

Resistencia al estallido : 8,150 lppc.,

Resistencia al colapso : 5,090 lppc.,

Resistencia a la Tensión (cuerpo) : 1,289 klbs.,

Resistencia a la Tensión (conexión) : 1,273 klbs.,

Conexión : AMS,

Proveedor : Siderca Corp.,

Costo por pie :  $\pm$  \$ 20.04.

**d) Tubería corta de revestimiento de 7"**

Será colocado desde la zapata de la tubería de revestimiento anterior, hasta 12315 pies. PM / 11216 pies PVV de profundidad.

La tubería corta de revestimiento de 7" será asentado en el tope del yacimiento. Como el hueco de 8 ½" será perforado direccionalmente, construyendo un ángulo hasta la horizontal, se anticiparan las condiciones adversas que se pueden presentar mientras se esta corriendo la tubería corta de revestimiento de 7". Esos problemas podrían incluir excesivo arrastre, rocas vivas y/o estratos cortantes. El equipo de correr y asentar la tubería corta de revestimiento será diseñado de tal manera que si esos tipos de problemas son encontrados se puedan remediar quizás circulando, rotando, empujando o halando la tubería corta de revestimiento hasta que se asiente. Las herramientas de asentar esta tubería podrán además ser compatibles con la conexión de la tubería de perforación.

Todos los accesorios de la tubería corta de revestimiento como colgadores y zapato flotador / insertos, asiento de bola, y descanso de collares podrán estar

compuestas de 13% de Cr-L80 y satisfacer o exceder las dimensiones y esfuerzos de la tubería de 7", 29#, 13 Cr-L80, NK3SB.

Los elementos sellantes podrán ser fijados para 300 grados y un ambiente de 5% de CO<sub>2</sub>. Los colgadores y las empaaduras proveerán suficiente area de flujo y estarán compuestas de 13% de Cr-L80 para impedir la erosión de los elementos de la empaadura en periodos extendidos de tasas de circulación de 10 bpm. Mientras se estabiliza la circulación, la tubería corta de revestimiento podría ser reciprocado. Una vez que esta este asentado y listo para la cementación, el colgador podría prepararse para la rotación de la tubería corta de revestimiento.

El colgador será lanzado y asentado hidráulicamente e incluirá un mecanismo de liberación, rotándolo hacia el lado derecho. Después de la cementación de la tubería corta de revestimiento una empaadura en el tope de la tubería integral será activada hasta aliviar la presión hidrostática anular y asegurar un sello anular. La herramienta de corrida serán entonces halada recuperando el buje obturador y quedando limpio del hueco al colgador. El tope del colgador/empaadura de ensamble podrá incluir unos 6' de receptáculos.

### **Procedimiento general para correr Emsablaje de Fondo de 7" x 9 5/8"**

#### **Descripción**

Una vez en la profundidad de asentamiento, el ensamblaje de la tubería corta de revestimiento podrá ser rotado o recíprocado a través del hueco acondicionado y girado durante la operación de cementación. Sobre la terminación de las operaciones de cementación la empaadura de tope de la tubería corta de revestimiento y el ensamblaje deslizado mantenido se asientan mecánicamente.

### **Procedimiento de Instalación**

*Previo al ensamblaje e instalación del equipo de tubería corta de revestimiento asegurarse que todas las dimensiones de los equipos de colgadores y sus componentes estén calibradas, medidas y registradas.*

*Asegurarse que todas las presiones de asentamiento de los componentes de la tubería corta de revestimiento, valores de torque, etc., tengan que ser estabilizadas basadas sobre las condiciones actuales del pozo, previo a la instalación de la tubería corta de revestimiento.*

1. Antes de sacar la tubería de perforación fuera del hueco para correr la tubería corta de revestimiento, bajar un calibrador retirable de tubería de perforación y que éste caiga hasta la unión sustituta. La tubería de perforación podrá además ser calibrada en el taladro usando un “calibrador de caída” cuando se ha de correr la tubería corta de revestimiento.

2. Sacar del hueco la tubería de perforación y el ensamblaje de fondo.
3. Ajustar y asegurar la rosca del juego de zapata de la tubería corta de revestimiento de Flotador Doble “DFL” contenidos en la primera tubería.
4. Ajustar y asegurar la tubería(s) que contengan el collar flotador “TDC”.  
(opcional)
5. Ajustar y asegurar los collares hidráulico “HLC” como mínimo un tubo arriba del collar flotador “TDC”. (Se recomienda una presión de corte de 21,000 kPa aproximadamente)
6. Chequee el funcionamiento de los flotadores llenando la tubería de revestimiento con lodo y levantando y bajando la sarta de la tubería. Cuando ya se haya chequeado el nivel del fluido habrá caído.
7. Ajuste y corra la cantidad requerida de tubería de revestimiento. Asegúrese que la tubería este llena regularmente mientras se la esta colocando en el pozo. Instalar el equipo de centralizadores, tantos como se requieran.

8. Ajustar el ensamblaje de los colgadores de la tubería corta de revestimiento preensamblado con o sin la herramienta de asentamiento “HNG”. Reciprocarse la sarta de tubería corta de revestimiento y registrar el peso de boyantes. (Se recomienda una presión de asentamiento de 8,600 kPa aproximadamente para el colgador de la tubería corta de revestimiento, y una presión de 14,000 kPa aproximadamente para la herramienta hidráulica de asentamiento “HNG”)
9. Ajustar la sarta para asentar el ensamblaje de la tubería corta de revestimiento y correrla en el pozo. La sarta para asentar deberá ser medida mientras se la está corriendo en el pozo, si no se lo ha hecho con anticipación. Llenar la sarta regularmente mientras se la corre en el pozo.
10. Correr en el pozo el ensamblaje de la tubería corta de revestimiento y colocar la zapata en el fondo de la tubería de revestimiento intermedio.
11. Parar la circulación previo a la entrada del hueco abierto con la tubería corta de revestimiento.
12. Mientras se está circulando en la zapata intermedia, ajustar el cabezal de cementación hasta un tubo de la tubería de perforación. Instalar la tubería de perforación y asentar la bola en el cabezal. Colocar el cabezal

para un fácil y rápido acceso para reducir el tiempo de bajada cuando la tubería corta de revestimiento está sobre el fondo.

13. Correr en el pozo y colocar el tubería corta de revestimiento en la profundidad de asentamiento deseada. La tubería corta de revestimiento podrá ser manipulada usando fuerzas de tensión, compresión y rotación a la profundidad deseada.

Asegúrese que los valores de torque y esfuerzos del material del componente más débil del ensamblaje de la tubería corta de revestimiento no se exceda cuando se la manipule dentro del pozo.

14. Estabilizar y mantener una tasa de circulación consistente podría ayudar en la colocación de la tubería corta de revestimiento. Asegurarse que la presión de circulación esté monitoreada para evitar que ocurra una presión diferencial considerable que podría resultar en un asentamiento prematuro del colgador de la tubería corta de revestimiento o liberación prematura de la herramienta de asentamiento “HNG”.
15. Ajustar el cabezal del cemento y la tubería de perforación para asentar la sarta e improvisar y circular el ultimo tubo desde el fondo.

16. Parar la circulación lentamente para evitar una presión de surgencia en el colgador.
17. Circular y condicionar el pozo tanto como sea requerido.
18. Reciprocarse la sarta de tubería corta de revestimiento y registrar el peso de boyantes de la sarta y verificar la cantidad de cualquier arrastre del pozo.
19. Devolver la tubería corta de revestimiento a la profundidad de asentamiento deseada.
20. Liberar la bola de asentamiento desde superficie y continuar la circulación hasta que la bola selle en el collar "HLG".
21. Cuando la bola de asentamiento selle en el collar, la presión subirá hasta 8,600 kPa (1250 lppc) aproximadamente hasta asentar las cuñas del colgador.
22. Mientras se mantenga la presión aplicada bajar la sarta de asentamiento hasta que el peso completo del tubería corta de revestimiento esté soportada por el colgador. Con el colgador soportando el peso de la tubería corta de revestimiento bajar la sarta de asentamiento hasta 5,000

daN – 10,000 daN aproximadamente de su peso, el cual se aplica al colgador.

23. Aumentar la presión aplicada hasta 14,000 kPa (2,000 lppc) aproximadamente, hasta liberar hidráulicamente la herramienta de asiento “HNG”.
24. Reducir la presión aplicada y recoger la sarta de asentamiento 1 metro aproximadamente, una pérdida de peso del tubería corta de revestimiento podrá ser registrada en superficie.

Si la herramienta asentada “HNG” no puede ser liberada hidráulicamente entonces el mecanismo de liberación mecánica de la herramienta podrá ser iniciado. Aplicando suficiente torque de mano izquierda (aproximadamente 1 /6 de una vuelta) a la herramienta asentada, el seguro rotacional podría ser cortado permitiendo que el mandril se mueva hacia abajo colocando el collar de apriete en una posición colapsada y no soportada, soltándose desde la unión en el colgador de la tubería corta de revestimiento.

25. Restablecer la circulación.

26. Asegurarse que el pozo esté acondicionado y que la sarta de asentamiento esté saliendo seca al sacar las herramientas para este proposito.

27. Esperar que se cimente.

### **Características**

Diametro externo: D.E. = 7 pulg.,

Grado: L80-13Cr,

Peso: 29 lbm/pie,

Espesor de pared : 0.408 pulg.,

**Diametro interno: D.I. = 6.184 pulg.,**

Diametro del calibrador para la rosca: 6.059 pulg.,

Resistencia al estallido (cuerpo) : 8,160 lppc.,

Resistencia al colapso : 7,020 lppc.,

Resistencia a la Tension (cuerpo) : 676,000 lbs.,

Resistencia a la Tension (coneccion) : 718,000 lbs.,

Diametro externo de la conección : D.E..c = 7.656 pulg.,

Capacidad de la Tubería = 0.0371 bbls/pie

Resistencia al colapso : 7020lppc.,

Conección: NK3SB,

Proveedor : Marubeni Tubulars,

Costo por pie : \$ 33.28.

**e) Tubería corta de revestimiento de 5"**

Será colocado, desde el punto de asentamiento de la tubería de revestimiento anterior, hasta 13635 pie. PM / 11216 pie PVV de profundidad.

Los objetivos del pozo son 1500' en la arenisca limpia de Hollín. Una tubería corta de revestimiento ranurado 5" puede ser corrido solamente si cantidades significantes de lutita son encontradas. La profundidad total puede ser determinada basada sobre la proximidad de el contacto agua-petróleo. Las tuberías cortas de revestimientos ranurados podrían no ser cementados. Una mínima solapadura en la tubería corta de revestimiento de 7" podría ser usada para evitar un doble tubería de revestimiento a través de la zona de pago detrás ésta.

Como el hueco de 6" será enteramente horizontal, se anticiparan las condiciones adversas que se pueden presentar mientras se está corriendo la tubería corta de revestimiento de 5". Esos problemas podrían incluir excesivo arrastre, rocas vivas y/o estratos cortantes. El equipo de correr y asentar la tubería corta de revestimiento será diseñado tal que si esos tipos de problemas del hueco son encontrados se pueden remediar circulando, rotando, empujando o halando la tubería corta de revestimiento hasta que se asiente.

Los accesorios de la tubería corta de revestimiento, como colgadores de la tubería /empacaduras y zapato flotador / insertos, y descanso de collares serán de 13% de Cr-L80 para satisfacer o exceder las dimensiones y esfuerzos del tubería de revestimiento de 5", 15#, 13 Cr-L80, NK3SB. Los elementos sellantes podrán ser fijados para 300 grados y un ambiente de 5% de CO<sub>2</sub>.

Esta tubería corta de revestimientos no será cementada pero será circulada hasta colocarla hasta el fondo. Los colgadores del tubería corta de revestimiento y las empacaduras proveerán suficiente área de flujo. Mientras se estabiliza la circulación, la tubería corta de revestimiento podría ser recíprocado y/o rotado.

El colgador será lanzado y asentado hidráulicamente e incluirán un mecanismo de liberación, rotandolo hacia el lado derecho.

Después de asentar la tubería corta de revestimiento, una empacadura de tope integral será activada. La herramienta de corrida podría ser recuperada dejando limpio el hueco a través del colgador.

### **Procedimiento General para correr Emsamblaje de Fondo de 5" X 7"**

#### **Procedimiento de Instalación**

*Previo al ensamblaje e instalación del equipo de la tubería corta de revestimiento asegurarse que todas las dimensiones de los equipos de colgadores y sus componentes están calibradas, medidas y registradas.*

*Asegurarse que todas las presiones de asentamiento de los componentes de la tubería corta de revestimiento, (valores de torque, etc.,) tengan que ser estabilizadas, basadas sobre las condiciones actuales del pozo, previo a la instalación.*

1. Sacar del hueco la tubería de perforación y el ensamblaje de fondo.
2. Ajustar la zapata guía y circular por el sub hasta el primer tubo de tubería de revestimiento ranurado.
3. Ajustar y correr la tubería de revestimiento ranurado restante y circular
4. Ajustar el ensamblaje de empacadura de la tubería corta de revestimiento "CPD" preensamblado con o sin la herramienta de asentamiento "HNG".  
Reciprocarse la sarta y registrar su peso de boyantes.
5. Ajustar la tubería de perforación y correrla dentro del pozo. Minimizar la rotación en todo momento, usando llaves de respaldo y conservando la mesa asegurada cuando se ajustan las conexiones. Si la tubería de

perforación ha sido calibrada de antemano se lo podrá ser nuevamente en el taladro hasta asegurar que la bola de asentamiento pueda pasar a través de la sarta de asentamiento.

Monitorear la velocidad de corrida para reducir la presión de surgencia en la empacadura tanto en la tubería corta de revestimiento como en la formación. La velocidad mínima que se recomienda bajar es de 60 segundos por parada.

6. Correr en el pozo y colocar la tubería corta de revestimiento en la profundidad de asentamiento deseada. Esta podrá ser manipulado usando fuerzas de tensión, compresión y rotación a la profundidad planificada.

Asegúrese que los valores de torque y esfuerzos del material del componente más débil del ensamblaje de la tubería corta de revestimiento no se exceda cuando se la manipule dentro del pozo.

7. Estabilizando y manteniendo una tasa de circulación constante podría ayudar en la colocación de la tubería corta de revestimiento. Asegurarse que la presión de circulación esté monitoreada para evitar que ocurra una presión diferencial considerable que resultaría en un asentamiento prematuro del colgador o la liberación prematura de la herramienta de asentamiento "HNG".

8. Reciprocarse la sarta de tubería corta de revestimiento y registrar el peso de boyantes de la sarta y verificar la cantidad de arrastre del pozo.
9. Colocar nuevamente la tubería corta de revestimiento en la profundidad de asentamiento deseada.
10. Liberar la bola de asentamiento desde superficie.
11. Restablecer la circulación y bombear el volumen calculado de la sarta de asentamiento.
12. Bajar la tasa de bombeo antes que la bola selle en la herramienta hidráulica de asentamiento.
13. Cuando la bola selle, aplíquese un incremento de presión de 10,400 kPa aproximadamente.
14. Mantener la presión aplicada por 5 – 10 minutos para permitir que el colorador y los elementos de la empacadura estén completamente tensionados. Halar con 20,000 libras hasta completar la tensión en las cuñas.



15. Liberar la presión, fijar el peso e incrementar la presión hasta 14,000 kPa (2,000 lppc) aproximadamente hasta soltar la herramienta hidráulica “HNG”.

Si la herramienta asentada “HNG” no puede ser liberada hidráulicamente entonces el mecanismo de liberación mecánica de la herramienta podrá ser iniciado. Aplicando suficiente torque de mano izquierda (aproximadamente 1/6 de una vuelta) a la herramienta asentada, el seguro rotacional podría ser cortado permitiendo que el mandril se mueva hacia abajo colocando el collar de apriete (collet) en una posición colapsada y no soportada, completamente descolgada del tope del acople del “TCH”.

16. Después que los elementos, que se encuentran sobre el tope de la empacadura de la tubería corta de revestimiento, han sido colocados y la herramienta “HNG” fuera soltada, recoger lentamente la sarta hasta asegurarse que el tubería corta de revestimiento este descolgado desde la sarta de asentamiento, una reducción en el peso de la sarta puede ser observado en superficie en el indicador de peso.

17. Incrementar la presión aplicada hasta 14,000 kPa hasta abrir el drenaje de la tubería de la herramienta hidráulica CFH para permitir que la sarta de asentamiento drene cuando se la saca del pozo junto con las herramientas de asentar el tubería corta de revestimiento.

18. Sacar fuera del pozo junto con la tubería de perforación y la herramientas de asentar el tubería corta de revestimiento.

### **Características**

Diametro externo: D.E. = 5 pulg.,

Grado: L80-13Cr,

Peso: 15 lbm/pie,

Espesor de pared : 0.296 pulg.,

**Diametro interno: D.I. = 4.408 pulg.,**

Diametro del calibrador para la rosca: 4.283 pulg.,

D.E del acople : 5.563 pulg.,

Resistencia a la tensión (cuerpo) : 350,000 lbs

Resistencia a la tensión (conexión) : 379,000 lbs

Resistencia al estallido : 8,290 lppc,

Resistencia al colapso : 7250 lppc.,

Conexión: NK3SB,

Proveedor : Marubeni Tubulars

Costo por pie : ± \$ 27.21.

## **3.10 PLANIFICACIÓN DE LA CEMENTACIÓN**

### **3.10.1 Tubería de revestimiento 20" asentado a 93' PM**

El conductor de 20" no será cementado, sino enterrado, debido a la poca profundidad (93') a la que será asentado, por lo que no se justifica una cementación que conducirían a costos innecesarios.

### **3.10.2.- Tubería de revestimiento 13 3/8" asentado a 2500' PM**

#### **Sistema:**

- Zapato flotador (Conexión "Buttress", válvula de bola, perforable)
- Collar Flotador ( Conexión "Buttress", valvula de bola, perforable)
- Tapones fusibles (wiper plug): tapones de fondo y de tope (antirotatorios, perforables)
- Centralizadores no soldados rectos API
- Centralizadores no soldados positivos API

Las características y propiedades tanto del fluido espaciador como de la lechada de cemento son expuestas en las tablas 3.26 y 3.27. Los cálculos de volúmenes y concentraciones de estos fluidos son contemplados en el Apéndice G.

TABLA 3.26 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICION DEL FLUIDO  
SPACEADOR

Tipo	Mudpush XLO	
Densidad	10 lb/gal	
Volumen	50 BBLs	
<b>Aditivos</b>		
Descripción	Cantidad y/o Concentración	Observación
D149	5.6 lb/Bbl	Mud push (260 lbs)
F 075N	0.2 gal/BBl	Surfactante (10 gal)
D031	92.1 lb/BBl	Agente densificante (4605 lbs)

TABLA 3.27 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICION DE LA  
LECHADA DE CEMENTO

<b>Lechada de Cabeza</b>		
Descripción	Cantidad y/o concentración	Observación
Cemento Clase G	830 sacos	Mezclados con 210 bbls agua fresca
D047	0.02 gal/sacos	Antiespumante (17 gal)
D020 (bentonita)	2.0 % PPDC	Extendedores (Bentonita 1560 lbs)
D080	0.040 gal/sacos	Dispersante (33 gals)
S001	0.5 %	Acelerador (390 lbs CaCl <sub>2</sub> )
<b>Lechada de Cola</b>		
Descripción	Cantidad y/o concentración	Observación
Cemento Clase G	291 sacos	Mezclados con 36 BBLs agua fresca
S001	1% PPDC	Acelerador (274 lbs)
D047	0.020 gal/sacos	Antiespumante (6 gal)

**Propiedades de la lechada:****Lechada de Cabeza**

Densidad:	13.0 lb/gal
Cedencia:	1.89 pie <sup>3</sup> /sacos
Mezcla de agua requerida:	10.641 gal/sacos
Tiempo de frague:	3 hr 00 min @ 30 Bc 3 hr. 35 min @ 70 Bc
Esfuerzo Compresivo:	300 lppc @ 12 hr 850 lppc @ 24 hr
Agua libre:	1.2 ml/250 ml en 2 hr @ 80°F
Perdida de Fluido:	N/A

**Lechada de Cola**

Densidad:	15.8 lb/gal
Cedencia:	1.17 pie <sup>3</sup> /sacos
Mezcla de agua requerida:	5.186 gal/sacos
Tiempo de frague:	2 hr 10 min @ 30 Bc 2 hr 50 min @ 70 Bc
Esfuerzo compresivo:	800 lppc @ 12 hr 2500 lppc @ 24 hr.

BHST anticipado:	95.0 °F
Agua libre:	0.6 ml/250 ml en 2 hr @ 80°F
Perdida de Fluido:	N/A

### **Operación**

Bombear 10 barriles de agua con la unidad de cementación, cerrando la válvula en cabeza para proceder a probar las líneas desde la unidad, para posteriormente bombear a 2500 lppc con el equipo del taladro.

La operación de cementación se expone a continuación:

- Se bombeará 50 Bbls de 10 lb/gal de espaciador.
- Dejar caer el tapón de fondo.
- Mezclar y bombear la lechada de cabeza de 13.0 lb/gal tomándose varias muestras en superficie. Luego se mezclarán y bombearán 15.8 lb/gal de lechada de cola, tomándose muestras en superficie de ésta.
- Se dejará caer el tapón de tope, bombeándose 5 Bbls de agua con la unidad de cemento, para después activar las bombas del taladro. El agua será desplazada de 10 a 12 Bbl/min con las bombas del taladro a 1500 lppc. No sobredesplazar más que la mitad del volumen de la junta flotadora si el tapón no se asentó, monitorear el fluido de retorno.

### **3.10.3 Tubería de revestimiento 9 5/8" asentado a 10,822' PM**

**Sistema:**

- Zapato flotador (Conexión “AMS”, válvula de bola, perforable)
- Collar Flotador ( Conexión “AMS”, válvula de bola, perforable)
- Tapones Limpiadores: tapones de fondo y de tope ( antirotatorios, perforables)
- Centralizadores no soldados rectos API
- Centralizadores no soldados positivos API

Ver características y propiedades del fluido espaciador y la lechada de cemento en Tablas 3.28 y 3.29 respectivamente Ver cálculos en Apéndice G.

TABLA 3.28 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DEL FLUIDO ESPACEADOR

Tipo		Mud push XLO
Densidad		12 lb/gal
Volumen		50 BBls
<b>Aditivos</b>		
Descripción	Cantidad y/o Concentración	Observación
D031	193 lb/BBl	Agente densificante 9650 lbs
D149	4.500 lb/BBl	Mud push 182 lbs
M117	7.010 lb/BBl	KCL 282.15 lbs
F040	2.5 gal/BBl	Surfactante 125 gals
D144	0.050 gal/BBl	Antiespumante 3 gals

TABLA 3.29 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LA  
LECHADA DE CEMENTO

<b>Lechada de Cabeza</b>		
Descripción	Cantidad y/o concentración	Observación
Cemento Clase G	1194 sacos	Mezclados con 284 BBls agua fresca
D047	0.025 gal/sacos	Antiespumante 28 gals
D020 (Bentonita)	2.000% PPDC	Extendedores (2102 Lbs Bentonita)
D112	0.5 % PPDC	Perdidas de Fluidos 525 lbs
D080	0.150 gal/sacos	Dispersantes 168 gal
D800	0.040% PPDC	Retardadores 42 lbs
<b>Lechada de Cola</b>		
Descripción	Cantidad y/o concentración	Observación
Cemento Clase G	229 sacos	Mezclados con 29BBls agua fresca
D047	0.020gal/sacos	Antiespumante 5 gals
D159	0.230 gal/sacos	Perdidas de Fluidos 53 gal
D153	0.180 % PPDC	Antiasentamiento 39 gals
D800	0.310 % PPDC	Retardadores 68 gal
D080	0.040 gal/sacos	Dispersantes 9 gals

**Propiedades de la lechada:**

**Lechada de Cabeza**

Densidad:

13.0 lb/gal

Cedencia:	1.78 pie <sup>3</sup> /sacos
Mezcla de agua requerida:	10.66 gal/sacos
Tiempo de Espesamiento:	4 hr 00 min @ 30 Bc 4 hr 30 min @ 70 Bc
Esfuerzo compresivo:	750 lppc @ 12 hr 1500 lppc @ 24 hr
Agua Libre:	0 ml / 250 ml en 2 hr @ 80°F
Perdida de Fluido:	286 cc/30 min @ 155 °F

#### **Lechada de Cola**

Densidad:	15.8 lb/gal
Cedencia:	1.17 pie <sup>3</sup> /sacos
Mezcla de agua requerida:	5.196 gal/sacos
Tiempo de frague:	3 hr 00 min @ 30 Bc 3 hr 15 min @ 70 Bc
Esfuerzo Compresivo:	1750 lppc @ 12 hr/ 2650 lppc @ 24 hr
BHST anticipado:	200° F
Agua Libre:	0 ml/250 ml en 2 hr @ 80°F
Perdida de Fluido:	237 cc/30 min @ 156°F

#### **Operación**

- Instalar cabezal donde se dejará caer los tapones, armar las líneas de cemento y probar las líneas. Circular y condicionar lodo. Circular un mínimo de 2 circulaciones completas a una tasa de desplazamiento propuesta (10-12 bpm), registrar la temperatura final de flujo en línea.
- Bombear 50 Bbls de espaciador con la unidad de cemento. Cerrar válvula en el cabezal de cementación y probar las líneas de flujo a partir de la unidad de cementación y desde las bombas del taladro bombear a 3000 lppc.
- Bombear 50 BBlS de espaciador, donde posteriormente se dejará caer el tapón de fondo. A partir de allí, se mezclar y bombear la lechada de cabeza con una densidad de 13.0 lb/gal, seguido de la lechada de cola (15.8 lb/gal). Se tomarán muestras de estas lechadas durante el trabajo.
- El agua será desplazada de 10 a 12 bpm con las bombas del taladro, el tapón será bombeado con 1500 lppc. No sobredesplazar más que la mitad del volumen de la junta flotadora si el tapón no se asentó, monitorear el fluido de retorno.

#### **3.10.4 Tubería corta de revestimiento 7” asentado a 12,315’ PM**

**Sistema:**

- Zapato flotador (Conección “AMS”, válvula de bola, perforable)
- Collar Flotador ( Conección “AMS”, válvula de bola, perforable)
- Tapones: tapones de fondo y de tope ( antirotatorios, perforables)
- Centralizadores no soldados rectos API
- Centralizadores no soldados positivos API

Ver características y propiedades del fluido espaciador y la lechada de cemento en Tablas 3.30 y 3.31 respectivamente. Ver cálculos en Apéndice G

TABLA 3.30 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DEL FLUIDO  
ESPACIADOR

Tipo		Mud push XLO
Densidad		15 lb/gal
Volumen		25 BBls
<b>Aditivos</b>		
Descripción	Cantidad y/o Concentración	Observación
D031	279 lb/BBl	Agente densificante 6981 lbs
D149	5.6 lb/BBl	Mud push 106 lbs
M117	7.010 lb/BBl	KCL (sal) 131 lbs
F040	2.5 gal/BBl	Surfactante 63 gals
D144	0.050 gal/BBl	Antiespumante 2 gals

TABLA 3.31 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LA  
LECHADA DE CEMENTO

<b>Lechada de Cabeza</b>		
Descripción	Cantidad y/o concentración	Observación
Cemento Clase G	229 sacos	Mezclados con 35 BBls agua fresca
D047	0.040 gal/sacos	Antiespumante 9 gals
D600	1.280 gal/sacos	“Gasblock” 293 gals
D066	35 % PPDC	Silica 7534 lbs
D153	0.170 % PPDC	Antiasentamiento 48 lbs
D080	0.050 gal/sacos	Dispersantes 15 gals
D800	0.090 % PPDC	Retardadores 25 lbs

**Propiedades de la lechada:**

**Lechada de Cabeza**

Densidad:	15.8 Lb/gal
Cedencia:	1.53 pie <sup>3</sup> /sacos
Mezcla de agua requerida:	6.456 gal / sacos
Tiempo de frague:	4 hr 00 min @ 30 Bc 4 hr 30 min @ 70 Bc
Esfuerzo Compresivo:	750 lppc @ 12 hr 1500 lppc @ 24 hr

BHST anticipado:	255 °F
Agua libre:	0 ml/250 ml
Perdida de Fluido:	286 cc/30 min

### **3.10.5 Tubería de Revestimiento 5" asentado a 13,635' PM**

La tubería de revestimiento de 5" será colgado.

#### **Descripción del Equipo**

- Unidad de Bombeo doble de cemento con mezclador recirculante y control manual y automático de densidad.
- Mezclador de carga con multiples compartimientos con una capacidad de mezcla de 100 Bbls y bombeo de recirculación.
- Válvulas multiples de cemento con lanzadores de tapones dobles para tubería de revestimiento de 13 3/8" y 9 5/8".
- Tablas de ripios y tolvas
- Laboratorios para evaluación de cemento en el Ecuador.
- Tanques de almacenamiento de volumen de cemento vertical con una capacidad de 2000 pie<sup>3</sup> con dos compresores independientes y líneas de transferencias.
- Suficiente "BIG – BAG" para transportar el volumen de cemento a la locación.

### **3.11 PLANIFICACIÓN PARA CONTROL DE SÓLIDOS**

Un sistema de control de sólidos permitirá optimizar la remoción de éstos provenientes de la perforación, minimizar costos por disolución de lodo y reducir la cantidad de líquido y desperdicios, lográndose, mediante un sistema eficiente de tratamiento y transportación de los ripios, los siguientes objetivos:

- Recolectar todos los ripios perforados proveniente de los equipos de control de sólidos y las centrífugas de desecado por medio de un tornillo sin fin (auger).
- Transportar los ripios de lodo base agua a las áreas de eliminación de sólidos localizados al final de la locación donde serán esparcidos y enterrados.
- Transportar los ripios de lodo base sintético a la unidad de desorción térmica o al piscina de compensación (surge pit) donde serán almacenados hasta su procesamiento.
- Proveer un paquete de datos de evaluación para las entidades ambientales locales.

#### **3.11.1 Equipo de Control de Sólidos**

El sistema de control de sólidos estará compuesto de:

- Zaranda tipo Cascada LCM-2D/ CM-2 (3)

- Zaranda de Secado LCM-2D (1)
- Bomba de aire 3" (1)
- Condicionador de lodo LCM-2D 24/3. Bomba 5x6 proporcionada por Creek (1)
- Equipo de Condicionador de lodo (Mud Conditioner Sand) (1)
- Tanque "Casing Tank" para Condicionador de lodo (1)
- Centrifuga "SC-4 Decanting" (1)
- Bomba PDP-60 (1)
- Tanque "Casing Tank" Sc-4 a SC-35 (1)
- Centrifuga de alta Velocidad SC-35 (1)
- Bomba PDP - 60 (1)
- Zaranda "Shaker Auger"; 1 - 18" Corrido 48' (1)
- Centrifuga "Centrifuge Auger"; 3 - 18" Corrido 192' (1)



### **Detalles del sistema**

Un **zaranda tipo cascada (Cascade Shaker)** será instalado en la locación, la cual está conformada por una Zaranda de movimiento circular (CM-2 Circular Motion Shaker) montado sobre la zaranda de movimiento lineal LCM-2D.

Se consideró la posibilidad de utilizar las líneas de flujo del taladro o que la compañía contratista la suministrara. Se procedió a analizar las ventajas y desventajas de utilizar cada uno de estos sistema.

Antes de determinar las ventajas y desventajas, se debe tener en cuenta que una zaranda de movimiento linear es el primer equipo que retendrá en un 60% ó 70% los sólidos proveniente de la formación, revistiendo de gran importancia su configuración y el tamaño de las mallas a utilizarse, donde es conveniente ir de mallas más gruesas a las más finas, que permitirán que los sólidos de gran tamaño sean primeros capturados y en el transcurrir, vayan quedando las partículas más finas, permitiendo minimizar costos en referencia a la adición de aditivos que impidan la dispersión de las partículas. Al final se eligió una zaranda tipo cascada LCM-2D/CM-2 antes que un Separador Triple Tandem por las siguientes razones:

- 1.- Existe una área mayor de mallas, porque la zaranda tipo cascada posee 166.1 pies<sup>2</sup> (66.0 pies<sup>2</sup> de la zaranda de movimiento circular LCM-2D más 101.1 pies<sup>2</sup> de la zaranda de movimiento linear CM2) comparadas con los 129.9 pies<sup>2</sup> (60.0 pies<sup>2</sup> de la zaranda de movimiento circular más 69.9 pies<sup>2</sup> de la zaranda de movimiento linear CM2) del Triple Tandem Separator.
- 2.- Se requerirá menor espacio en la locación porque la zaranda de movimiento circular va a estar sobre la zaranda de movimiento linear.
- 3.- Las zarandas van a estar operadas y mantenidas por el personal de la contratista encargada del equipo de control de sólidos.

4.- Se obtendrán altas fuerzas G (arriba del 7.1 G en el LCM2D).

5.- Cuando se perforan formaciones gelatinosas es muy importante contar con una zaranda de movimiento linear tipo “Scalper” porque las arcillas tipo gumbo son eficientemente mejores transportados que con una zaranda de movimiento linear.

Las siguientes mallas son las más convenientes para la retención de sólidos:

### **Hueco: 16”**

#### Condiciones

1. Máximo ángulo de inclinación: 2°
2. Max. Peso de Lodo: 9.5 lb/gal
3. Viscosidad Plástica Lodo: 30 cp
4. Tasa de penetración promedia: 60 p/h
5. Diámetro del Pozo: 18.4”(16”+ 15%)
6. Máxima tasa de flujo: 1200 gpm

#### Recomendaciones

- 1.- Tipo: Pinnacle DX140 en los primeros dos paneles.
- 2.- Tipo: Diamondback DX140 en la descarga del panel.

### **Hueco: 12 ¼”**

#### Condiciones

1. Máximo ángulo de inclinación: 2°
2. Max. Peso de Lodo: 12.5 lb/gal
3. Viscosidad Plástica Lodo: 30 cp
4. Tasa de penetración promedio: 70 pie/h
5. Diámetro del Pozo: 14" (12 1/4" + 15%)
6. Máxima tasa de flujo: 1150 gpm

#### Recomendaciones

- 1.- Tipo: Pinnacle DX175 en los primeros dos paneles.
- 2.- Tipo: Diamondback DX175 e la descarga del panel.

### **Hueco: 8 ½"**

#### Condiciones

1. Máximo ángulo de inclinación: 2°
2. Max. Peso de Lodo: 12.0 lb/gal
3. Viscosidad Plástica Lodo: 25 cp
4. Tasa de penetración promedio: 50 p/h
- 5.- Diámetro del Pozo: 9.8" (8 1/2" + 15%)
- 6.- Máxima tasa de flujo: 500 gpm

#### Recomendaciones

- 1.- Tipo: Pinnacle DX210 en los primeros dos paneles.
- 2.- Tipo Diamondback DX210 en la descarga de los paneles

**Hueco: 6"**

## Condiciones

1. Máximo ángulo de inclinación: 2°
2. Max. Peso de Lodo: 12.0 lb/gal
3. Viscosidad Plástica Lodo: 20 cp
4. Tasa de penetración promedio: 50 p/h.
5. Diámetro del Pozo: 6.8"(6 1/8" + 15%)
6. Máxima tasa de flujo: 400 gpm

## Recomendaciones

- 1.- Tipo: Pinnacle DX250 en los primeros dos paneles.
- 2.- Tipo: Diamondback DX 250 en la descarga del panel

Una **Trampa de Arena** protegerá los equipos subsiguientes asegurando un buen funcionamiento y eficiencia de éstos.

Los sólidos se depositarán en el fondo de la trampa para ser descargado por una línea de 6" a la **piscina de almacenamiento de lodo (Shale Pit)**, localizado al frente de las zarandas, siendo los sólidos, integrados al sistema de recolección para su respectivo tratamiento; en cambio el fluido recuperado (a través de una bomba diafragma de aire 3") es bombeado al sistema activo o al sistema de desecado.

El **Condicionador del Lodo (Mud Conditioner)**, es capaz de manejar el 110% al 120% del volumen total de circulación, además que las mallas secadoras dentro de éste, extraerán los líquidos proveniente de los sólidos, minimizando volúmenes de desperdicios y abaratando costos, además que ésta unidad realizará cortes intermedios a los sólidos, entre las zarandas y la centrifuga, permitiendo que ésta ultima trabaje de una manera eficiente.

El Condicionador de Lodo LCM-2D 24/3 compuesto por un desarenador y un desarcillador, irá montado sobre la zaranda de movimiento linear, esperando que un caudal de 1200 gpm vaya a ser manejado. Este condicionador posee 24 conos de 4" para el desarcillador que hará un corte de 40-60 micrones y 3 conos para el desarenador que hará un corte de 15-20 micrones. El número de conos depende del volumen esperado.

El desarenador hará succión desde el compartimento de la trampa de arena, donde el lodo procesado pasará a través del desarcillador para ser conducido hacia el sistema de centrifugas.

Utilizaremos **Centrifugas tipos SC-4 Decanting Centrifuge** y **SC-35 High Speed Centrifuge**, cuyos objetivos es remover los sólidos de baja gravedad.

La Centrifuga SC-4 tiene una caja de engranaje largo que permitirá resistir mayor torque haciendo que la unidad procese la barita a una alta tasa sin que

exista taponamiento, además se obtiene un alto volumen de fluido a ser procesado por la olla larga de 24" que posee proporcionando altos rendimientos.

Cuando el peso del lodo se vea incrementado alrededor de 11.0 lb/gal, el sistema se verá afectado por una mayor concentración de barita. El fluido que es succionado por la centrífuga a partir del tanque de almacenamiento "catch tank" (donde los sólidos descargados contendrán barita) serán retornados al sistema activo siendo preferible hacerlo sobre un agitador para que no se depositen en el fondo de la piscina de lodo. Es por esto, para ayudar a una mejor remoción de sólidos, la centrífuga deberá ser montada a una altura suficiente para evitar taponamientos en la superficie resbaladiza.

La velocidad de la olla será disminuida a un rango de 1050 RPM con la finalidad de recuperar una mayor cantidad de barita, lográndose que cuando el flujo a partir de la centrífuga SC4 se dirija al segundo tanque de almacenamiento (catch tank), éste contenga sólidos de baja gravedad.

En cambio, la centrífuga SC-35 de alta velocidad utiliza una caja contorno de 15" x 48" y ofrece varias ventajas: como: altas Fuerzas G a una velocidad dada, alta capacidad para remover sólidos (6 toneladas por hora), altas tasas de flujo (arriba de los 180 GPM), separaciones muy finas, y un requerimiento de un espacio pequeño para su instalación.

Esta centrífuga succiona el fluido proveniente del tanque de almacenamiento #2, que contiene sólidos de baja gravedad, trabajando a una velocidad aproximadamente de 3000 RPM con una fuerza G de 1917Gs. Los sólidos descargados serán conducidos a la centrifuga del tornillo sinfin.

Todos los ripios provenientes de la zaranda tipo cascada y de las zarandas secundarias caerán en un canal metálico de 18” con una longitud de 48’ (**Shaker Auger**) cuya función es la de remover los ripios mediante el giramiento de un tornillo, evitando la formación de masas y que no puedan pasar hasta el final de las piscinas y ser depositados en la zaranda de secado.

Sabiendo que el sistema de lodo base sintético poseerá un nivel máximo de aceite del 15% por peso, es indispensable la presencia de una **zaranda de secado “Drying Shaker”** (si no se tuviera, el LCM-2D actuará como éste), la cual está dirigido al final de la piscina de compensación teniendo mallas de 210 a 250 mesh, y cuyo objetivo principal es de recibir los ripios provenientes del “Shaker Auger”,

El secador procesará todos los ripios y los descargará, una vez que éstos estén secos, dentro de la centrífuga auger, donde los líquidos se acumularán en un tanque pequeño, sobre la cual la unidad será montada. Desde allí el lodo base agua será bombeado al sistema de desecado (dewatering).

Todos los sólidos descargados a partir de las centrífugas del sistema activo, centrífugas de secado, acondicionador de lodo y de la zaranda de secado, caerán por un canaleta metálico resbaladizo de una sección de 18" donde serán transportados hasta el final de la plataforma, precipitándolos al área de eliminación de sólidos.

Con el lodo base sintético la operación es diferente, porque una compuerta se abrirá haciendo que los ripios caigan en dos tolva donde son conducidos a la Unidad de Desorción Térmica, localizada al final del piscina de compensación. Pero si la capacidad de la unidad está cargada ó si está fuera de operación una segunda válvula se abrirá haciendo que los ripios por gravedad caigan en la piscina de compensación.

La **Piscina de Compensación (Surge Pit)**.- posee una área de  $300 \text{ m}^3$  donde los ripios serán almacenados hasta que puedan ser procesados por la UDT. Una vez que los sólidos vayan a ingresar a la unidad, un cargador los conducirá desde las piscinas hasta las tolvas de la UDT. La piscina de compensación y la piscina de almacenamiento de lodo deberán estar lo suficientemente separado para permitir el acceso de los cargadores al lado opuesto del tornillo sin fin para su descarga.

El **Area de Eliminación de Sólidos**.- tendrá una área de  $4000 \text{ m}^3$  donde se enterrarán los sólidos tratados. . A esta área irán los ripios del lodo base agua

luego que hayan pasado por la zaranda de secado , en cambio para los sólidos secos del lodo base sintético, una vez que hayan sido procesado por la UDT y no contenga material hidrocarburífero, serán destinados a esta área.

### **3.11.2 Sistema de Desechado (Dewatering)**

El objetivo primordial de este sistema es el de separar, dentro del lodo, el agua de los sólidos, donde el primero podrá ser rehusado o desviado al sistema de tratamiento de agua y los sólidos ser procesados por el sistema de tratamiento existente.

El equipo que compondrá el sistema de desecado será el siguiente:

- Tanque de desecado: 1-37 bbls, 2-56 bbls (1)
- Centrifuga de desecado SC-4 (1)
- Bomba NE-60 (1)
- Bombas 367 Moyno (2)
- Bomba 3x4 (1)
- Bomba de Aire (1)
- Bomba de aire ½" (1)

Acontinuación se explica, a breve rasgo, la función de cada uno de ellos y su secuencia operativa:

Un **Tanque metálico (Slurry Tank)**, con una capacidad de 37 bbls y en su interior un agitador de 75 HP, estará localizado atrás de la centrífuga SC-35, el cual recibirá el efluente proveniente de la centrífuga de remoción de sólidos de baja gravedad, para después a partir de una línea de flujo PVC de 6” transportarlo al sistema de desecado ó regresarlo al sistema activo; y por otra línea descargarlo a la piscina de almacenamiento de lodo (shale pit) mediante una bomba de aire 3”.

Una **Bomba de Alimentación (Feed Pump)** de desplazamiento positivo “PDP 60 pump” e instalado en el “Slurry Tank”, bombeará desde éste hacia las válvulas de mezclado estático, permitiendo para varias condiciones, una óptima tasa de suministro de la centrífuga desecadora.

Dos **Tanques para Polímeros (Polymer Pump)**, que poseen una capacidad de 56 bbls c/u y en cuyo interior existen dos secciones de 28 bbls c/u. La importancia de tener dos tanques es porque uno estará en uso cuando una nueva tanda de polímeros está siendo preparado en el otro tanque, haciendo que la operación sea continua, además que dará un mayor tiempo para que la mezcla alcance su potencial máximo. Este tanque posee un agitador (electric paddle) para ayudar al mezclado de los polímeros y un sistema de tolva mezclador a jet para una mejor eficiencia de mezclado. El agua procesada puede ser utilizada para el mezclado minimizando el uso de agua nueva.

Un **Bomba para Polímeros Moyno (Polymer Pump)** modelo 367 de desplazamiento positivo, bombeará desde los tanques de almacenamientos de polímeros hasta las válvulas de mezclado estático teniendo un manejo variable de la velocidad para asegurar el nivel de dosificación óptimo del polímero.

Un **Tanque de Dilución y Limpieza de Agua (Dilution/Clean Water tank)**, con una capacidad para 56 BBls con dos secciones en su interior de 28 BBls c/u llenada en un principio por agua fresca, donde de allí el agua procesada será reciclado para este uso. Cuando la primera sección esté llena, los sólidos se asentarán en el fondo y el agua que rebose pasará a la siguiente sección, y cuando ésta esté llena, por gravedad pasará a la piscina de tratamiento de agua, para ser desechada, ó ser bombeada al tanque principal (premix tank) para la preparación de nuevo lodo.

Una **Bomba de Dilución de Agua (Dilution Water Pump)**, bombeará el agua desde el Tanque de Dilución de Agua hasta las válvulas de mezclado estático.

Coagulantes serán aplicados, por lo que se instalará un **tanque plástico** de 1000 litros, donde no se usará ácido porque el sistema de lodo posee un bajo pH, pero si se llegase a necesitar, se lo mezclará directamente en el “Slurry Tank”. Los coagulantes serán mezclado con un agitador de aire en los dos tanques plástico.

Una **Bomba 367 Moyno**, con un manejo variable de la velocidad, bombeará desde los tanques de coagulantes hasta las válvulas múltiples de mezclado estático. Si se usase ácido, una bomba de ½ “ con partes resistentes al ácido, sustituirá la bomba mencionada y éste ácido será bombeado directamente fuera del cilindro que contenga ácido.

Un **Mezclador Estático** es, valga la redundancia, un mezclador múltiple tubular (tubular mixing manifold) que contiene un desviador que ayuda a un mezclado eficiente de los componentes desecado. Posee conexiones donde ingresan las mezclas a partir de la Bomba de Alimentación, Bomba de Dilución de agua, Bomba de Coagulantes y Bomba de Polímeros, en ese orden.

Al final de mezclador estático existirá una válvula que permitirá recoger muestras para conocer si existe floculación antes que el efluente pase a la centrifuga de desecado.

El sistema de centrifuga de desecado funcionará a 1550 RPM, ajustado entre un rango de 1050 RPM a 1750 RPM, donde se puede procesar 600-700 bbls/día del lodo completo si el peso de éste está entre 9.5 a 10.0 lb/gal.

Una vez que el agua ha sido tratada, ésta podría retornar al “Slurry Tank” cuando se note que el agua no esté suficientemente limpia (a través de una

válvula mariposa y válvula Y) ó al tanque de dilución y limpieza de agua cuando esté bastante limpia y pueda ser usada como agua para Dilución en el proceso de desecado ó ser transportada al tanque de tratamiento de agua para ser almacenada. Al final éste fluido podrá ser bombeada a:

- Tanque principal para la preparación de nuevo lodo
- Tanque de almacenamiento de agua del taladro para el lavado de los equipos de superficie.
- Tanque de tratamientos de agua, si existiese la posibilidad de tratarla de nuevo o una descarga eventual.

La compañía de lodos puede tomar muestras del fluido de perforación para evaluarlo y conocer que rango de floculantes y coagulantes se necesitan tener en la locación.

Los siguientes químicos serán utilizados para el tratamiento de agua y para el sistema de desecado: Polímero Aniónico (Surfloc 2815), Polímero No Ionico (Surfloc 1010), Sulfato de Aluminio, Carbonato de Calcio Hidratado, Hipoclorito de Calcio, Acido Acetito y Coagulante Catiónico WC-10C.

El sulfato de aluminio es adecuado cuando el lodo contiene lignita o gilsonita y no es recomendado si el agua procesada será utilizada para la preparación de nuevo lodo.

### 3.11.3 Tratamiento de Aguas Residuales

Debido a que la zona donde se van a realizar la operación de perforación será una área ambientalmente sensitiva, todo fluido que vaya a ser descargado debe cumplir con las regulaciones ambientales locales, es por esto que todo material liquido que caiga al canal del taladro debe ser recolectado, tratado y evaluado.

Los fluidos que serán recolectados son los siguientes:

1. Fluidos que caigan al canal del taladro, sean estos aguas de lluvias o el utilizado para lavar los equipos.
2. Lodo base agua recolectado cuando éste se riega durante las operaciones pudiendo éste fluido retornar al sistema de lodo o ir al sistema de desecado.

El fluido será separado del aceite, donde el remanente se lo almacenará en el sistema de tratamiento de agua de desperdicio que consistirá en tanques metálicos portales ó en superficie donde será procesado con el fin de separar los sólidos del liquido, sometiéndole a evaluaciones en el campo y laboratorio para cerciorarse que el agua tratada cumpla con las exigencias ambientales.

De los canales de recolección del taladro, el fluido caerá por gravedad a la trampa de aceite (canal de cemento) con una capacidad de 75 BBls que permite recuperar con un limpiador de aceite, absorbentes para petróleo ó con una pequeña bomba en el tope del la trampa, el aceite que viene con el fluido; si no se efectuará este paso se produciría un incremento de “Phenols”, componente muy peligroso para el medio ambiente haciendo que el agua se vuelva tóxica, aunque el agua de lluvia serviría para disolver ésta agua. El aceite proviene de motores a diesel, sistemas hidráulicos, etc. La contratista es la encargada de la recuperación de petróleo.

A partir de la trampa de aceite, el agua es conducido una piscina donde el tratamiento es hecho mediante baches con una óptima dosificación de químicos determinados en las pruebas pilotos.

Los sólidos asentados en la piscina pueden ser mezclados con lodo que va a ser desecado o procesado directamente con otros sólidos, donde serán separados del agua y éste último retornado a las piscina de tratamiento.

Los equipos a utilizarse en el tratamiento del agua serán:

- Tanques “Australian” (2)
- Tanques para químicos 1000 litros (2)
- Bomba Centrifuga 3x4 (2)

- Container (1)
- Espectrofotómetro (1)
- Equipos de Laboratorio (1)

### 3.11.4 Control de Calidad de los desperdicios

Se mencionan varios puntos a ser considerados:

- a) Agua reciclada para uso en la preparación de nuevo lodo:

El agua proveniente del sistema de desecado puede ser utilizada para la preparación de nuevo lodo, siempre y cuando en el tratamiento de desecado no se haya utilizado sulfato de aluminio o productos similares, ya que éste actúa como coagulante presentándose en el agua de forma excesiva provocando floculación en el lodo. A pesar que es más barato que los polímeros floculantes, puede causar serios daños en la composición del lodo, en cambio que los polímeros son más caros pero compatibles con el nuevo lodo.

Toda agua que contenga sulfato de aluminio, floculantes cationicos, cloruros de aluminio convertirán al agua no apta para el rehuso en la preparación de nuevo lodo.

Si existe la presencia de desechos sanitarios habrá una elevación del nivel de bacterias causando problemas en el lodo. Esta agua será tratada con hipoclorito de sodio antes de bombearlo al mezclador de lodos.

En el tanque de almacenamiento de agua se deberán ajustar los valores de los siguientes parámetros:

- pH: 7- 9 (se ajustará con caliza y soda cáustica)
- Densidad: 8.5 lb/gal (está en función del contenido de sólidos)
- $\text{Ca}^{++}$  mg/l: 280 (se ajustará con soda Ash)

El exceso de hipoclorito de sodio puede ser oxidado por aeración del agua usando un sistema de aeración/mezclador en el tanque de tratamiento si fuese necesario.

b) Agua a ser descargada:

Toda agua que vaya a ser descargada se le realizará un control, tomando muestra de la descarga y comparándolo con las Tablas 3.32 y 3.33. El volumen de cada descarga deberá ser medido y registrado. Los costos de estas evaluaciones ya están incluidos en la tasa diaria del sistema de tratamiento de agua, pero si se requieren evaluaciones adicionales Arco Oriente los costeará. Estas evaluaciones se lo realizará en el laboratorio

por lo menos una vez por semana, siendo posteriormente enviados a Quito, siendo responsable la compañía contratista.

**TABLA 3.32 LIMITES PERMITIDOS PARA DESACARGA DE FLUIDOS  
Y AGUA DE FORMACIÓN**

Parámetros	Unidad	Máximo Valor Permitido
Ph		5-9
temperatura	°C	
Material Flotante		Ausencia
Hidrocarburos y Grasas	mg/l	< 15
Total Sólidos Disueltos (STS)	mg/l	< 2500
Cloruros (Cl)	mg/l	< 2500
Sulfatos	mg/l	< 1200
Sólidos en Suspensión (SS)	mg/l	Remoción >80%, Carga <40%
Sólidos Sedimentables	mg/l	< 40
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	< 80
Cadmio (Cd)	mg/l	< 0.1
Zinc (Zn)	mg/l	< 0.5
Cobre (Cu)	mg/l	< 3.0
Cromo (Cr)	mg/l	< 0.5
Fenoles	mg/l	< 0.15
Fluoruros	mg/l	< 5.0
Mercurio (Hg)	mg/l	< 0.01
Níquel (Ni)	mg/l	< 2.0
Plomo (Pb)	mg/l	< 0.5
Vanadio (V)	mg/l	< 1.0

**TABLA 3.33 LIMITES PERMITIDOS PARA DESACARGA DE AGUAS  
NEGRAS Y GRISES**

Parámetros	Expresado en	Unidad	Máximo Valor Permitido
PH	PH	-	5-9
Material Flotante	-	-	Ausencia
DBO 5	DBO 5	Mg/l	Remoción >80% De la carga <40
Demanda Química de Oxígeno	DQO		< 80
Coliformes totales	Colonias/100 ml	-	1000 colonias/100 ml
Cloro Residual	Cl	Mg/l	2

Los rípios provenientes del lodo base agua serán evaluados para determinar si existe presencia de metales pesados, sal y/o petróleo. Hay que indicar que en el Ecuador no existen normas claras para la frecuencia de estas evaluaciones ni de valores máximos permisibles para estos. La Tabla 3.34 indica las máximas concentraciones de ciertos contaminantes, en la que si sobrepasan estos límites, los rípios serán catalogados como tóxicos.

TABLA 3.34 CONCENTRACIONES PERMISIBLES DE CONTAMINANTE

Contaminante	Concentración Máxima, mg/L
Arsenico	5.0
Bario	100
Cadmio	0.5
Cromo hexavalente	5.0
Plomo	5.0
Mercurio	0.1
Selenio	1.0
Plata	5.0
Endrin	0.05
2-4D	10.0
2-4-5 TP	3.0
Aldrin	0.1
Carbaril	10.0
DDT	5.0
Diazinon	1.0
Dieldrin	0.1
2-4-5-T	0.2

Como recomendación para evaluaciones de muestras, se recomiendan dos pruebas: La primera es la de Hidrocarburos Totales “Total Petroleum Hydrocarbons” donde la concentración lixivante del TPH deberá ser menor de 50 ppm.

La segunda, es la prueba de metales pesados lixiviados, llamado “Toxicity Characteristic Leaching Procedure” (TCLP)”, donde se evalúan las concentraciones de arsénico, bario, cromo, plomo, níquel, plata, mercurio, y selenio.

Las muestras se las puede tomar del área de eliminación de sólidos cada 2000’ durante la operación de perforación. Con un peso de 1 Kg. recogida en un recipiente plástico sellada y enviada al laboratorio. La contratista se responsabilizará de la toma de la muestra y la operadora se encargará de la transportación del laboratorio hasta Quito y de los costos que estos conllevan.

### **3.11.5 Unidad de Desorción Térmica Indirecta de Baja Temperatura**

Debido a la aplicación de un sistema de lodo base sintético, los ripios vendrán humectado por éstos, haciendo imprescindible un técnica que permita recuperar esta base sintética y limpiarlos de cualquier contaminantes para que puedan ser procesados y no causen un daño severo al medio ambiente.

El proceso principal consistirá en separar el agua y los contaminantes hidrocarburíferos adheridos al suelo, residuos y otros materiales sólidos infiltrados. Este proceso consistirá de dos etapas, siendo el primero calentar indirectamente los ripios húmedos para volatilizar los hidrocarburos contenidos en los sólidos.

El segundo consistirá en enfriar el proceso de emisión de gases y condensarlos en forma líquida, donde a partir del condensado se separa petróleo, agua y pequeñas cantidades de sólidos fraccionados. Los gases son primeros enfriados para posterior ser conducido al condensador, alcanzando hasta un grado más arriba de la temperatura ambiente.

A esta temperatura la base de parafina linear será condensada y capturado en un flujo líquido, permitiendo abaratar costos.

Se deben de considerar los siguientes parámetros para la operación del equipo: temperatura de tratamiento, tiempo de residencia del suelo en la unidad, contenido de oxígeno del gas purgado, tipo de calentamiento y modo de operación.

Antes de definir estos parámetros es necesario conocer que tipo de contaminante se va a tener en el suelo y cual sería su concentración, determinar su punto de ebullición, punto de inflamación, límites de explosividad y temperatura de ignición.

Un MSDS (Material Safety Data Sheet) es requerido para proveer al personal la información que él necesita para conocer los peligros de los materiales que vayan a ser manejados.

A partir de un análisis sobre el peligro de explosividad, con la ayuda del MSDS se determinó que la parafina linear (normal) con un número de átomos de carbono C12 - C13, posee las siguientes características:

Punto de ebullición:	215 - 238 °C
Punto de Inflamación:	90 - 95 °C
Limite de explosividad superior:	5.4 % por volumen
Limite de explosividad inferior:	0.7 % por volumen

Las tablas 3.35, 3.36, 3.37, 3.38 muestran el punto de ebullición, punto de inflamación y los limites superiores e inferiores de los alcanos.

**Como el punto de ebullición para la parafina linear será de 215-238 °C, el equipo deberá de operar sobre este rango.**

El tipo de calentamiento será indirecta, donde los ripios no estarán en contacto directo con el fuego, ubicandose la fuente de calor en la parte externa de la unidad, siendo alimentada por diesel.

No será necesario la utilización de gas purgado en la unidad porque debido al sistema de desecado, los ripios no tendrán un contenido alto de humedad, siendo innecesario la aplicación de un gas con un alto contenido de oxigeno para obtener una explosividad mayor, además que la unidad deberá eliminar la

TABLA 3.35 PUNTO DE EBULLICIÓN NORMAL PARA  
ALCANOS

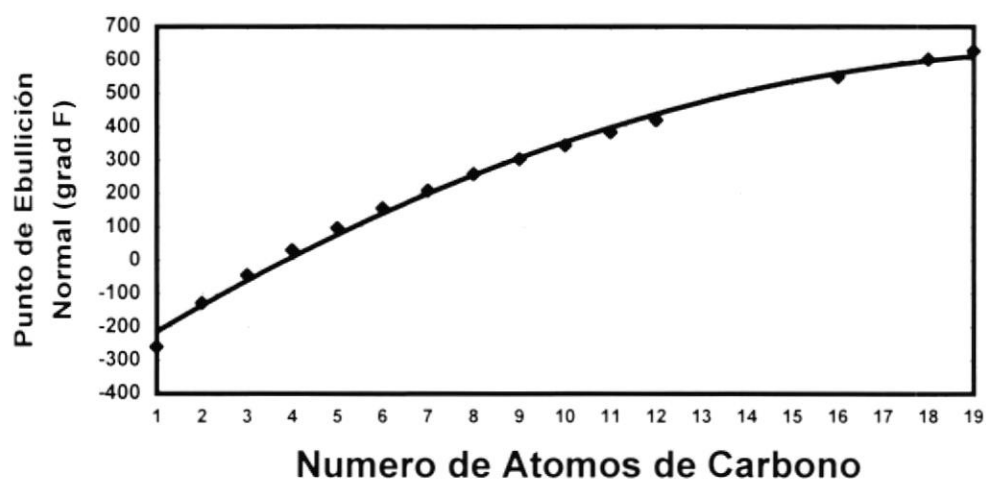
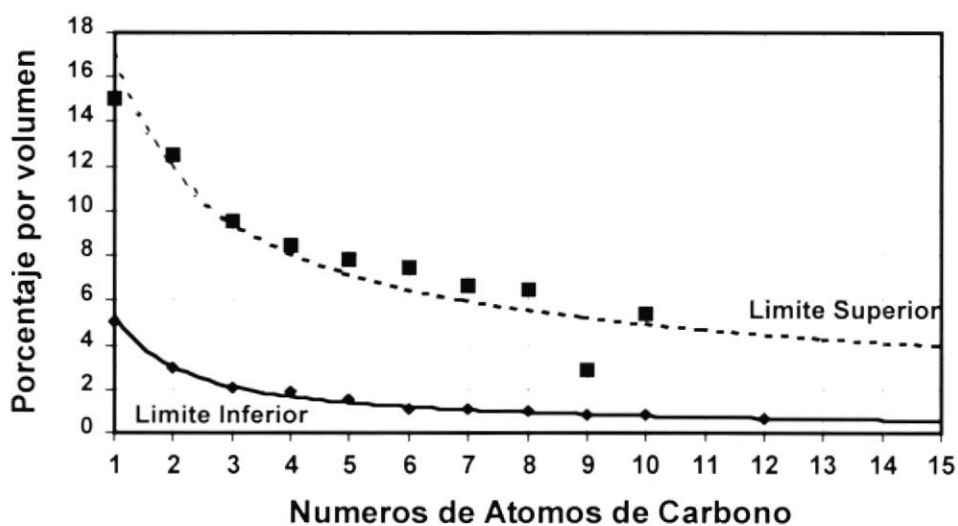


TABLA 3.36 LIMITE DE EXPLOSIVIDAD SUPERIOR E  
INFERIOR PARA ALCANOS



presencia de oxígeno para que no pueda existir una gran potencial explosivo dentro de ésta.

TABLA 3.37 PUNTO DE INFLAMACIÓN PARA  
ALCANOS

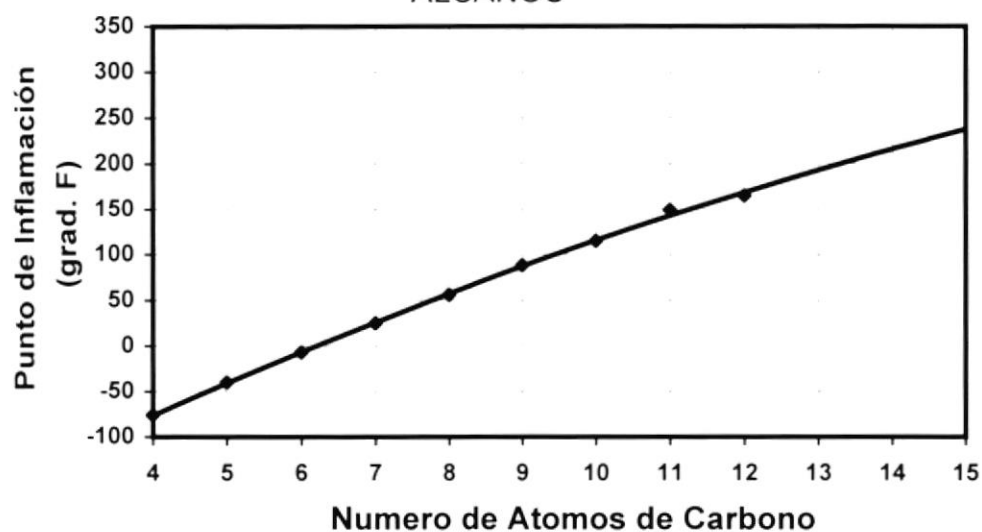


TABLA 3.38 DATOS SELECCIONADOS PARA ALCANOS

# C Atomos	Nombre	Punto Inflamación	Temp. Ignición	Límites Explosividad		Punto Ebullición
				Inferior	Superior	
1	Metano	NA	999	5.0	15.0	-259
2	Etano	NA	882	3.0	12.5	-128
3	Propano	NA	842	2.1	9.5	-44
4	Butano	-76	550	1.9	8.5	31
5	Pentano	<-40	500	1.5	7.8	97
6	Hexano	-7	437	1.1	7.5	156
7	Heptano	25	399	1.05	6.7	209
8	Octano	56	403	1.0	6.5	258
9	Nonano	88	401	0.8	2.9	303
10	Decano	115	410	0.8	5.4	345
11	Undecano	149	-	-	-	384
12	Dodecano	165	397	0.6	-	421
13-15	No datos					
16	Cetano	>212	396	-	-	549
17	No datos					
18	Octadecano	>212	441	-	-	603
19	Nonadecano	>212	446			628

El método de operación de la unidad de desorción térmica indirecta de baja temperatura es la siguiente:

#### Alimentación de la Unidad

La materia prima es pasado primero por una malla donde se eliminan las rocas grandes siendo posteriormente depositados, mediante un montacarga, en dos tolvas separadas de alimentación donde a través de una banda transportadora inclinada es conducida a la unidad térmica. La banda transportadora inclinada y las tolvas están protegida por una cubierta para contrarrestar los efectos de la caída de lluvia.

No debe de existir más del 15% de humedad en el suelo contaminado porque podría ocurrir producción de agua.

#### Cámara de Extracción / Unidad Térmica

Los ripios humectados son descargados en la cámara de extracción a partir de la banda inclinada pasando por una tolva pequeña que conduce el material por dos válvulas de paleta paralela (parallel rotary paddle airlock valves) hacia la unidad.

Los ripios son movidos a través de un canal horizontal con un sistema doble de barrenas de 20 pies de longitud, donde son externamente calentado por una fuente de calor alimentado con diesel, haciendo que los hidrocarburos y agua se volatilicen y el vapor generado sea dirigido hacia el sistema de tratamiento de gas y los sólidos secos conducidos al área de tratamiento de sólidos.

El calor generado durante la combustión de diesel en la caja de fuego es indirectamente transferida por la unidad térmica al suelo contaminado. El incremento correspondiente en la temperatura del suelo resulta en la volatilización de los hidrocarburos contaminantes.

#### Manejo de Sólidos Tratados

Los sólidos secos serán enfriados con agua para prevenir que se produzcan emisiones de polvo y se esparzan en la locación. Estos sólidos secos no podrán contener aceite ni niveles de grasa mayor que el 1% por peso seco; es por esto que se realizará un análisis de estos ripios que han sido procesados para determinar si cumplen con lo señalado anteriormente.

Esta cámara se mantiene a baja presión para capturar cualquier vapor generado dentro de este dispositivo durante el proceso de desecado.

### Tratamiento del Gas

El vapor que es originado en la unidad térmica va a contener hidrocarburos y agua, y es este hidrocarburo el que va a ser capturado, condensado y rehusado en el sistema de lodo.

El vapor de gas y los hidrocarburos gaseoso originado en la cámara de extracción son sujetos a tres pasos:

- La corriente de gas caliente es enfriado a la temperatura de saturación adiabática rociando agua directamente al gas en la cámara de enfriamiento (Quench).
- La corriente de gas es dirigido a través de una series de paletas de choque (Knock out) para remover cualquier partícula y/o gotas largas de agua.
- La corriente de gas, relativamente seca y compuestos de gases no condensables, es sujeto a limpieza.

El movimiento de gas desde la unidad térmica hasta el sistema de condensación es realizada por un desplazamiento positivo inducido por un ventilador auxiliar.

### Tratamiento de Agua / Condensada

El volumen de agua recirculada junto con productos condensados a partir de la fase gas son encaminadas a través un cámara de asentamiento (settling chamber) y un separador trifásico gas/oil/agua. La parafina linear es capturada para su respectivo análisis, almacenados y reciclados de vuelta al sistema de lodo activo.

La temperatura de agua remanente es disminuida en un enfriador (fin fan cooler) antes de reciclarlo de retorno al “Quench”.

Se llevaron a cabo varios análisis (característica física y química de la base sintética, BOD entre otros,) para determinar y tener la certeza de que la unidad de desorción térmica está en capacidad de proporcionar un tratamiento óptimo a los rios de perforación.

Tres análisis de BOD y de niveles de grasa/aceite del agua tratada fueron realizados, obteniéndose:

- BOD: 11.7 mg/l promedio de la pruebas efectuadas, siendo lo permisible 300 mg/l.

- Análisis de aceite y grasa: 1.3 mg/l promedio de las pruebas efectuadas, siendo el valor permisible 100 mg/l.

**Por lo que a partir de estas pruebas se puede concluir que el contenido de oxígeno y de aceite y grasa en el agua tratada no presentará mayor inconveniente, debido a que cumplen con el criterio en que la base sintético retornará con un volumen de sólidos < 1% y un contenido de agua de < 0.5 %.**

Las características física y químicas de una muestra de suelo contaminado son mostrados en la Tabla 3.39

TABLA 3.39 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE MUESTRA DE UN SUELO CONTAMINADO

<b>Características Físicas y Químicas de muestra de suelo contaminado</b>	
Temperatura de Degradación Petróleo	> 240 °C
Peso del fluido	15.7 lb/gal
Contenido de sólido	82.4%
Contenido petróleo	29.0 % (48% por volumen)
Contenido de agua	2%
Distribución del tamaño de las partículas:	
Contenido de arena gruesa	10%
Contenido de arena fina	45 %
Contenido de arcilla y silice	45%

Así mismo se efectuó un análisis al material tratado y petróleo recuperado cuyos resultados son mostrados en la tabla 3.40

TABLA 3.40 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA BASE SINTÉTICO

<b>Resultado de la Evaluación del Sistema Base Sintético Parafina Linear</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Permisible</b>	<b>Registrado</b>
Sólido inicial (Total de hidrocarburo de petróleo)		271000 mg/Kg
Sólido Inicial (contenido agua)		6.9 %
Sólidos tratados (Total de hidrocarburo de petróleo)	<10000 mg/kg	302.2 mg/kg
Eficiencia de remoción petróleo	> 96%	99.8%
Contenido de agua en petróleo recuperado	< 10%	< 5%
Contenido Sólido en Petróleo recuperado	< 3%	< 1%

Los volúmenes de rípios que van a ser tratados en cada intervalo son expuestos en la tabla 3.41.

Se utilizarán dos cámaras de extracción con una capacidad de manejo cada una de 160 tons. por día como carga máxima y 20-25 Tons por día normalmente. La máxima capacidad fue determinada en 160 Tons/día Esta máxima capacidad puede ser también determinada por la rata máxima de perforación. La máxima capacidad de perforación será de 2500 pies en un período de 24 horas.

En el hoyo de 12 ¼” trabajaran las dos unidades debido al alto volumen de sólidos a tratar, pero para los demás intervalos puede trabajar uno solo. Así mismo cuando la piscina de compensación (surge pit) alcanza un llenado del 75% de su capacidad uno de las unidades debe de operar para vaciar la piscina.

El proceso incluye, como se mencionó anteriormente, carga de material húmedo dentro de la unidad, calentamiento indirecto de material, capturas de vapores, vapores condensados, separación de agua y de hidrocarburo, retornos de fluidos a los tanques, etc. En la tabla 3.41 se presentan las características de la unidad.

TABLA 3.41 CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE DESORCIÓN  
TÉRMICA

Capacidad @ 10% humedad y 5% hidrocarburo	180 Tons/día
Condición inicial base sintético	30%
Condición inicial Agua	20% (15% de seguridad)
Temperatura de tratamiento	250 °C
Requerimientos energéticos	10.27 MMBTU/hora
Combustible	Diesel
Temperatura Vapor de Condensación	Ambiente
Espacio Físico de la Unidad	4 Camiones
Nivel de ruido	menos 65 db
Tiempo de Asentamiento	14-21 días

TABLA 3.42 PARÁMETROS DE TRATAMIENTO

Tiempo de residencia	25 - 30 minutos
Temperatura de descarga	250 °C

TABLA 3.43 LINEAS DE VAPOR SOBRECABEZA, SISTEMA QUENCH Y SISTEMA DE CONDENSACIÓN

<b>Líneas de Vapor sobrecabeza</b>	
Temperatura del Gas Línea#1	200°C
Temperatura del Gas Línea#2	200°C
Temperatura del Gas Línea#3	240°C
Presión en cámara de extracción	(- 254) - (-762 ) mmH <sub>2</sub> O
<b>Sistema Quench</b>	
Temperatura @ entrada de agua enfriante	35 -50°C
Temperatura @ salida de agua enfriante	25 - 40°C
Temperatura de Gas @ salida Quench	35 - 60°C
<b>Sistema de Condensación</b>	
Temperatura de Gas saliente	20 - 40°C

TABLA 3.44 PROPIEDADES DE CHIMENEA DE GAS Y  
REQUERIMIENTOS DE UTILERÍA

<b>Propiedades de Chimenea de Gas</b>		
Tasa de Flujo Volumétrico	2500 - 3000 Nm <sup>3</sup> /hr	
Velocidad Chimenea de gas	8 - 15 m/s	
Humedad de Chimenea de gas	7 - 10 %	
Presión Chimenea de gas	(-1.5) - (3.0) mm H <sub>2</sub> O	
Oxígeno seco	11 - 14 %	
CO <sub>2</sub> seco	2 - 4 %	
Nitrógeno seco	80 - 85 %	
<b>Requerimientos Utilería</b>		
Requerimientos Eléctricos:	Un módulo	Dos módulo
Amperaje	125 amp	200 amp
Voltaje	480 volts.	480 volts.
Fase	3	3
Consumo Diesel	35 Gal/horas	70 Gal/Horas
Consumo Agua	2.75 gal/min	5.50 gal/min

### 3.12 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

La selva ecuatoriana es una área extremadamente sensitiva. Recientes operaciones de otras compañías petroleras han conllevado a cuestionamientos

por parte de varios grupos ambientalistas. Por ésta es imperativo que todas las operaciones de ARCO Oriente sean conducidas de un modo ambientalmente efectiva.

A continuación nombraremos varios puntos que deben ser tomados muy en cuentas con el personal que labora en el área de operación:

1. Las descargas de cualquier fluido serán dirigidas directamente a las piscinas de lodo.
2. Ningún movimiento de tierra o limpieza adicional de tierra será permitido sin la autorización del Superintendente de Perforación.
3. A todo el personal se le está prohibido aventurar más allá de la locación, solamente las personas que sean requeridas para la operación de bombeo de agua en el río Villano podrán trasladarse a dicho sitio.
4. A todo el personal se le está prohibido fraternizar con la población indígena nativa en el área de operación.
5. A todo el personal se le está prohibido comprar, vender, cambiar y/o negociar cualquier especie (incluido animales vivos o muertos y/o piel de animal), con la población indígena.

6. A todo el personal se le está prohibido matar, cazar, colocar trampas ó pescar en la locación.
7. A todo el personal se le está prohibido cortar, mover ó destruir cualquier tipo de flora en el área de operación.
8. Los desperdicios generados por todo el personal en o fuera de la locación serán dispuestos una vez aprobados por ARCO.



El plan de manejo de desperdicios tendrá como objetivo hacer un seguimiento al caudal de desperdicio y mantendrá un inventario del mismo.

Flujo típicos de desperdicios a partir de las actividades de exploración y explotación pueden incluir: desperdicios de perforación tales como lodo, ripios, sales cáusticas o glicol; fluidos utilizados en la estimulación de pozos tales como ácidos o cloruro de amonio, desperdicios para almacenaje y transporte como la base de tanques y desechos debido a limpiezas de tuberías.

El inventario de desperdicios será cuantificados y ayudará a enfocar las áreas donde se debe minimizar los desechos. ARCO revisará y modificará este inventario anualmente.

### **Prevención de contaminantes y minimización de desperdicios.**

La prevención de contaminantes es la practica de reducir o eliminar las descargas de contaminantes a la atmósfera, agua o suelo. Estos incluyen:

- Uso de productos ecológicamente permitidos.
- Cambios en procesos y prácticas.
- Reducción en la fuente.
- Re-utilización provechosa.
- Reciclaje
- Minimización de desperdicios
- Practicas apropiadas para manejo, tratamiento y almacenamiento final.

Existen varias técnicas para minimizar los desperdicios, entre éstas:

***Mas Adecuadas:*** Reducción en la fuente.

Reciclaje / Re-utilización.

Tratamiento

***Menos Adecuadas:*** Eliminación ambientalmente admisible

- a) ***Reducción en la fuente.***- Representa un componente crítico de la prevención de contaminantes, siendo los principales objetivos: reducir el volumen y cantidad total de desechos generados y reduciendo su toxicidad. Por ejemplo, se construirá techos sobre las maquinarias para

impedir que el agua de lluvias entre en contacto con el material aceitoso que proviene por el liqueo de las maquinarias, que entre otros métodos como:

- Eliminación del material.
- Manejo y control de inventarios.
- Sustitución de material.
- Tecnología Adicional.
- Modificación del proceso.
- Mejoramiento en las tareas de limpieza.
- Entrenamiento para el personal en el manejo de desechos.

Ayudaran de manera directa a la prevención de contaminantes.

**b) *Reciclo / Re-utilización*:** se continuará con los mismos objetivos señalados arriba, y en la medida de lo posible, con aquellos desperdicios o desechos donde sea factible, serán retornados al proceso de facilidades o al fabricante, en cambio material como, cilindros o recipientes no serán retornados al proveedor en lo posible. A continuación se exponen varios puntos:

- Aceite proveniente de maquinaria será reciclada en el sistema de procesamiento, cuando sea posible.
- Así mismo, pintura y desechos líquidos será completamente agotados, los recipientes serán vaciados antes que sean descartados. Los

cilindros serán limpiados por métodos permitidos. Cuando sean posible serán re-usados en las facilidades de operación y si esto no es posible serán retornados al fabricante o reciclados.

- Si existiese un mercado para un desperdicio específico, tal como aluminio o vidrio, localizaremos un comprador potencial para la venta de este desecho.
  
  - Se desplegará todo el esfuerzo para reciclar los desperdicios de oficinas, teniendo un mercado potencial el cual incluye papeles, latas de aluminio, cartón, revistas, periódicos, etc. Recipientes donde se recogerá los desperdicios reciclables serán suministrados y etiquetadas en lugares de fácil acceso.
- c) Tratamiento de desechos.-* Se procederá a destruir, desintoxicar o neutralizar los desechos hasta que puedan volverse sustancias menos dañinas. Se incluirán los metales factibles, pero no serán un limite, luego se procederá a la incorporación de tierra agrícola, distribución en el suelo y tratamientos biológicos.
- d) Almacenamiento Final.-* Este paso será visto como el último medio en el manejo de desechos. La eliminación final incluirá inyección, incineración o rehabilitación de la tierra.

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTIMACIÓN DE COSTOS**

#### **4.1 COSTO TOTAL DEL POZO**

El programa de perforación y completación ha sido optimizado al perforarse todos los pozos direccionalmente a partir de una misma locación y apoyando la operación vía aérea. El costo individual de cada pozo de desarrollo variará dependiendo en la distancia de separación en pies a partir de la plataforma en superficie.

#### **4.2 BASE Y METODOLOGÍA**

El estimado preliminar de costos fué preparado usando cotizaciones de equipos y materiales. Los costos están basados en la obtención libre, abierta, competitiva, internacional, y la filosofía de la contratación. Ninguna concesión fué hecha para un mercado único o licitación restrictiva aunque ciertos componentes han sido evaluados asumiendo la manufactura o fabricación

regional. La contingencia está incluida en el estimado para cubrir incertidumbres, lo que es normal para un estimado preliminar de costos. El incremento de precios no fué incluido en este estimado.

### **4.3 PRECIO**

Los costos unitarios fueron basados en discusiones con contratistas y operadores, en el Ecuador y otros países, o datos de la contratista de ingeniería preliminar o de ARCO.

### **4.4 EQUIPO**

El precio estimado para los equipos principales está basado en cotizaciones de corte presupuestario.

### **4.5 TRABAJO DIRECTO**

Las horas/hombre de construcción fueron basados en las prácticas de trabajos en un área remota típica en el Ecuador e incluye un factor apropiado para el tiempo de paralización relacionado con condiciones climáticas.

### **4.6 MATERIALES AL GRANEL**

Los costos de materiales al granel fueron estimados aplicando costos unitarios sobre las cantidades estimadas.

#### **4.7 COSTOS DE LOGÍSTICA**

Se asume que el personal y equipo de construcción para esta instalación serán contratadas en el Ecuador. Todo será transportado por avión y se estima un período de aproximadamente once meses para la construcción de la FCP.

#### **4.8 CONTINGENCIA**

Una recomendación para contingencia está incluida para cubrir las incertidumbres de proyecto, fluctuación de precio y la preparación del estimado que es normal para un estimado preliminar. La contingencia para este estimado fue desarrollada usando una técnica de análisis de riesgo formal. En la determinación de factores adecuados de análisis de riesgo, se consideran la fase del proyecto, el nivel de definición de la facilidad, las técnicas de estimados usados para preparar el estimado de control base, la complejidad y sitio del proyecto, y el período de tiempo durante el cual las facilidades serán construídas e instaladas. La cantidad de contingencia adicionada al estimado base es tal que cada componente importante de costo se supone tener una posibilidad similar de déficit o superávit.

La contingencia cubre la cantidad potencial y variaciones en costos unitarios dentro del actual plan de desarrollo y deberá considerarse como probablemente utilizado durante el proyecto. La contingencia no tiene la intención de cubrir ítems tales como cambios apreciables en el plan o diseño, huelgas, importantes cambios en el plan, nuevos reglamentos del Gobierno, o la adición de facilidades importantes o equipo.

TABLA 4.1 ESTIMACIÓN TOTAL DE COSTOS

<b>Costos Estimados de Perforación Villano 4H</b>	
<b><u>1) Costos Perforación Tangibles</u></b>	<b>Dólares</b>
Tubería corta de revestimiento (Liner) 7"	\$121,805.00
Tubería de revestimiento 9 5/8"	\$279,558.00
Tubería de revestimiento 13 3/8"	\$73,625.00
Tubería de revestimiento 20"	\$4,856.00
Equipo de Cabezal	\$30,000.00
Colgador Liner 7"	\$75,000.00
<b>Total de Costos Tangibles</b>	<b>\$584,844.00</b>
<b><u>2) Costos Perforación Intangibles</u></b>	
Intangibles no clasificado	\$20,000.00
Evaluación & Inspección de Tangibles	\$34,290.00
Transportación mar/tierra de tangibles	\$32,310.00
Acesorios 20"	\$3,000.00
Acesorios 13 3/8"	\$7,500.00
Acesorios 9 5/8"	\$10,000.00

<b>2) Costos Perforación Intangibles (continuación)</b>	<b>Dólares</b>
Acesorios 7"	\$20,000.00
Estudios/limpieza/mantenimiento/preparación locación	\$12,600.00
Impuestos/Daños/Permisos	\$81,878.00
Gastos Movimiento	\$52,900.00
Campamento & servicios de banquetes	\$144,000.00
Facilidades al campamento caminos/pista de aterrizaje	\$36,000.00
Avión de carga/transportación	\$21,000.00
Trabajo diario de Perforación	\$1,050,000.00
Herramientas de Perforación	\$116,500.00
Equipo de Control del pozo	\$33,600.00
Brocas	\$200,000.00
Agua fresca/traslado	\$10,500.00
Materiales/Químicos Fluido de Perforación	\$663,165.00
Equipos de Control de Sólidos/Fluido de Perforación	\$260,400.00
Medición hueco abierto/registros&LWD 12 1/4"	\$271,000.00
Medición hueco abierto/registros&LWD 8 1/2"	\$113,000.00
Medición hueco abierto/registros&LWD 6"	\$164,000.00
Medición hueco abierto/registros&LWD /tasa diaria	\$189,000.00
Monitoreo Formación/ Registro litológico	\$92,400.00
Servicios Ambientales/Seguridad/Manejo desechos/Unidad térmica	\$240,000.00
Cementación tubería corta revestimiento (Liner) 7"	\$20,016.00
Cementación tubería revestimiento 9 5/8"	\$82,214.00
Cementación tubería revestimiento 13 3/8"	\$34,910.00
Cementación otras clasificaciones& tasa diaria	\$84,000.00
Cementación forzada/taponos	\$5,000.00
Arrendamiento Herramientas Pesca/traslado	\$25,200.00
Arrendamiento Herramientas Perf.	\$768,000.00
Direccional/MWD/Medidores	
Arrendamiento herramientas no clasificada/traslado	\$12,600.00
Suministros no clasificados	\$12,600.00
Transporte por camión/ de intangibles	\$21,000.00
Varios	\$70,400.00
Ayuda Telecomunicaciones/navegación	\$12,600.00
Perdidas de Material no clasificado	\$8,400.00
Contrato de Supervisión	\$29,400.00
Supervisión ARCO	\$104,000.00
<b>Total de Costos de Perforación Intangible</b>	<b>\$4,970,903.00</b>

<b><u>Cotinuación</u></b>	<b>Dólares</b>
Contingencia 6%	\$298,254.00
Mobilización/desmobilización	\$402,700.00
Servicios aereos	\$1,139,658.00
Contigencia incluyendo combustible	\$160,272.00
<b>Total de Costo Incluyendo Mobilización/Aviación</b>	<b>\$6,971,787.18</b>

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- 1.- Previo al planeamiento de un pozo de desarrollo se debe considerar: localización del pozo, consideraciones ambientales y de acceso al lugar, información de pozos cercanos o en la locación (litología, parámetros petrofísicos, profundidad de la zona de interés, profundidad del contacto agua – petróleo, definición de la estructura del yacimiento, espesor del estrato productivo y el reporte diario de perforación de los pozos del bloque).
- 2.- Se revestirán los intervalos de 6" y 8 ½" de diámetro del pozo con tubería al 13% de Cromo, para evitar problemas de corrosión provocados por presencia de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en los fluidos del yacimiento.

- 3.- La tasa de tratamiento para los sólidos húmedos en la unidad de desorción térmica estará comprendida entre 20 –25 toneladas métricas por día.
- 4.- Para el control de sólidos se utilizará una zaranda tipo Cascada LCM – 2D/CM – 2, porque proporciona una mayor área de mallas, menor espacio requerido, altas fuerzas G, y un mejor tratamiento en presencia de formaciones gelatinosas, comparado con el equipo facilitado por la torre de Perforación.
- 5.- La construcción de un ángulo de 90° mediante dos puntos de desvío nos permitirá minimizar la fricción cuando se proceda a colocar la tubería de revestimiento.
- 6.- El cabezal utilizado para un pozo horizontal podrá ser igual al utilizado para un pozo vertical, con el mismo tipo de completación.
- 7.- El uso del tipo de rosca NK3SB es aplicado exclusivamente por evitar la corrosión galvánica y por el tipo de sello que nos permite.
- 8.- El uso de una unidad de desorción térmica, minimizará los costos de tratamiento de sólidos aproximadamente en un 50%.

- 9.- La optimización del peso del fluido de perforación esta justificada por los resultados de estudio de estabilidad de las formaciones e información de pozos aleatorios.
- 10.- La temperatura de tratamiento de una unidad de desorción térmica deberá ser superior a la temperatura del punto de ebullición del contaminante para asegurar su recuperación.
- 11.- La construcción de los ángulos de hará en formaciones medianas a suaves y con broca tricónica.
- 12.- El método más eficaz para perforar varios pozos en un solo lote es mediante el uso de un sistema de rodamiento.
- 13.- El sistema de propulsión superior minimizará costos y tiempos de perforación.
- 14.- El uso de un personal capacitado y experimentado es fundamental para alcanzar el objetivo del pozo en el menor tiempo posible.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Asentar tubería de revestimiento después de terminar la construcción de un ángulo para que éste sea mantenido mediante la estabilización de las paredes de la formación.
- 2.- En presencia de cantidades considerables de Dioxido de Carbono en el yacimiento, usar una tubería de revestimiento con un contenido de Cromo.
- 3.- Cuando el objetivo, en un pozo horizontal, está en una formación de arenisca, colocar en éste, una tubería de revestimiento corta ranurada para mantener la producción.
- 4.- Se recomienda la utilización de un gas inerte en la cámara de extracción de la Unidad de Desorción Térmica, para no permitir que los condensados se volatizen y se pueda facilitar su transporte.
- 5.- Monitorear constantemente la desviación y la dirección sobre todo en la construcción de un ángulo mediante una herramienta lo mas cercana a la broca.
- 6.- En las operaciones de perforación emplear zarandas en cascadas con mallas de mayor a menor diámetro para poder retener de una mejor manera mejor manera los sólidos de baja gravedad.

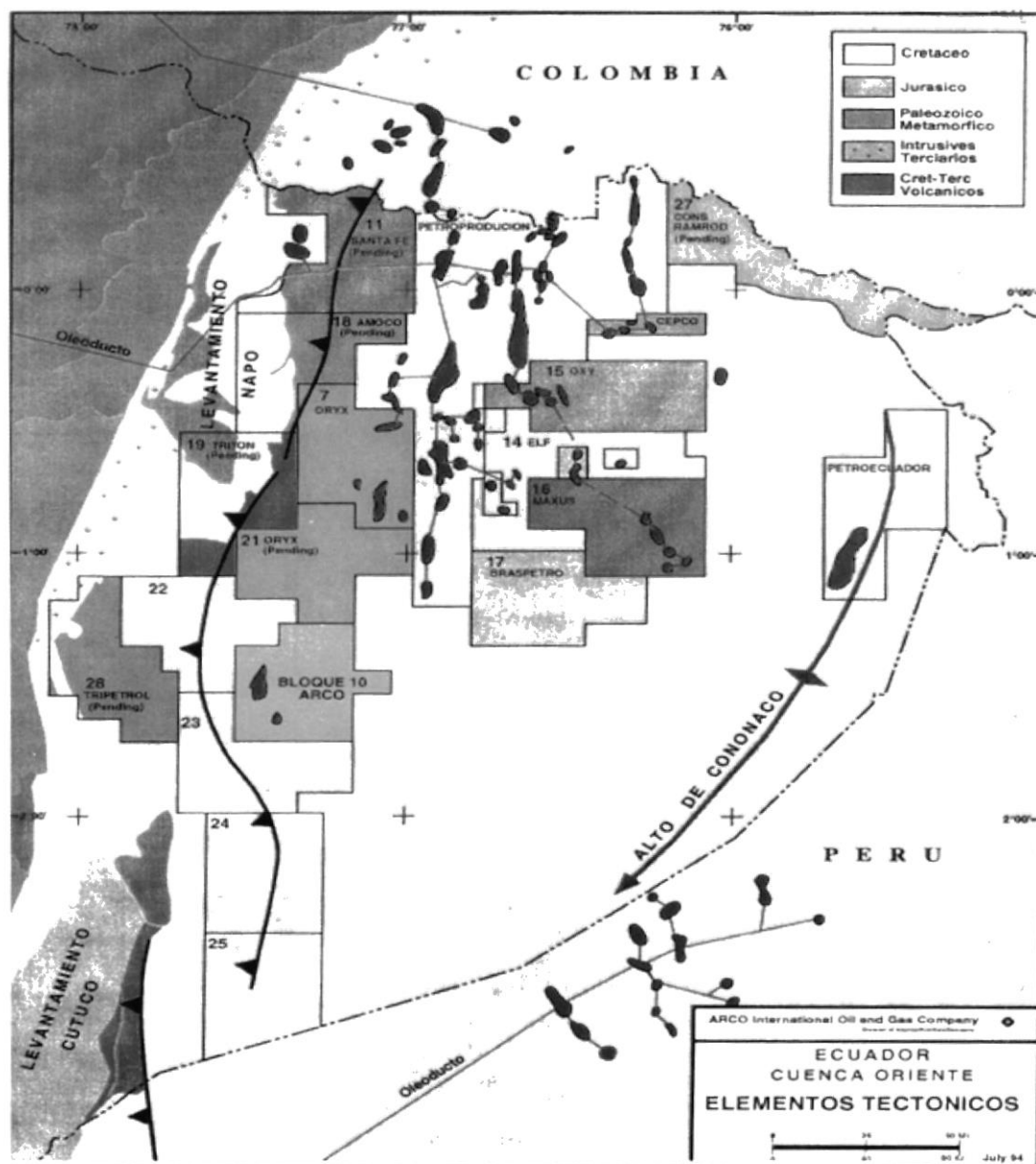
- 7.- Toda perforación deberá ser sistematizada con reglas de seguridad, aplicable en todo momento y en cualquier lugar, tratando de llevar un registro de ellos para que las operaciones sean eficientes y seguras.
- 8.- Precautelando la posible adherencia de la tubería con formaciones, principalmente en partes desviadas y horizontales, disponer siempre en el ensamblaje de fondo un martillo de perforación.
- 9.- Monitorear las propiedades del fluido de perforación y sus volúmenes de descargas.
- 10.- Previo a la perforación considerar el programa de diseño del pozo con el fin de obtener su mejor optimización.

# APENDICES

# APÉNDICE A

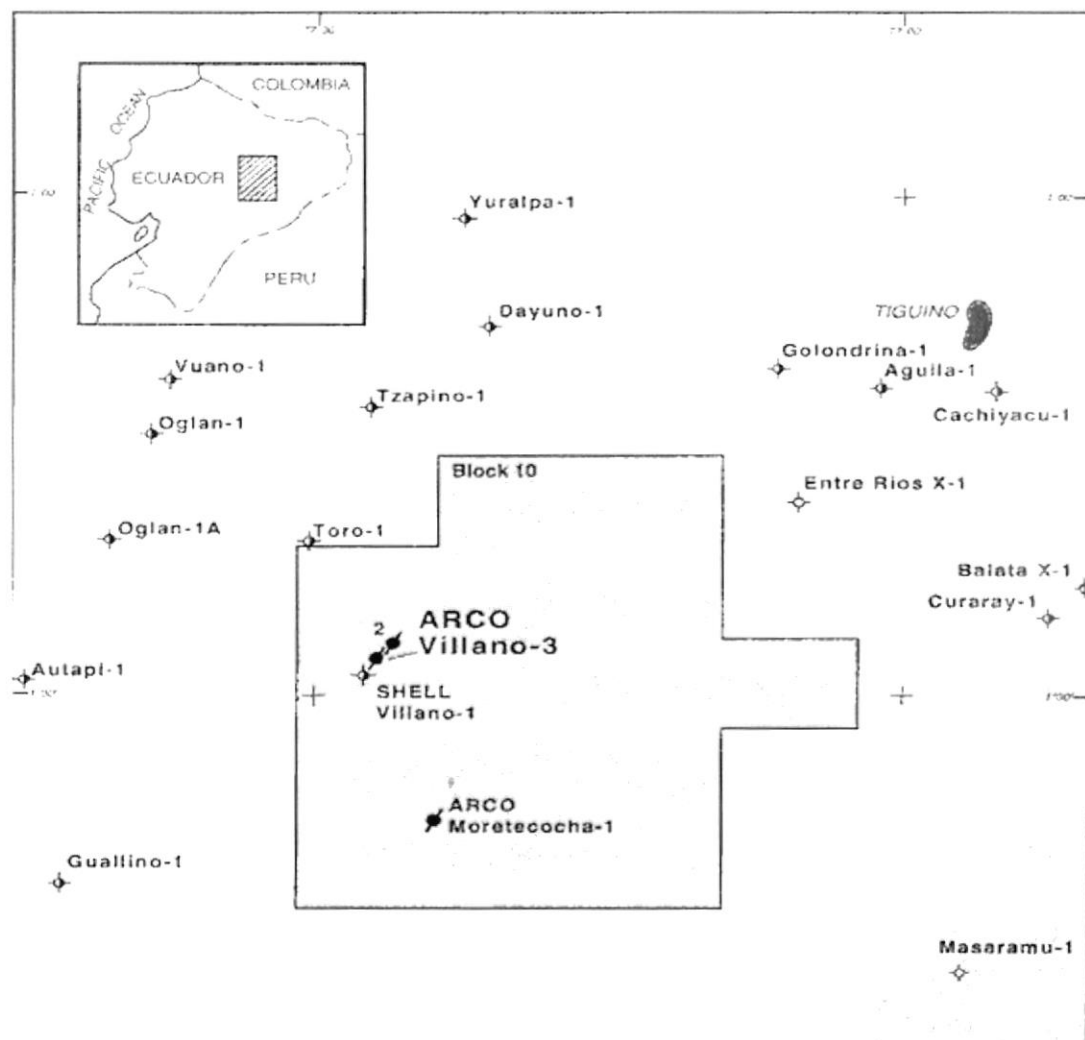
## UBICACIÓN DEL BLOQUE 10

FIGURA A1



MAPA DE BLOQUES PETROLEROS DEL ORIENTE ECUATORIANO INCLUIDOS LOS ELEMENTOS TECTONICOS

FIGURA A2



POZOS DEL BLOQUE 10 HASTA AHORA PERFORADOS

## APÉNDICE B

### SISTEMA DE PROPULSIÓN SUPERIOR

FIGURA B1

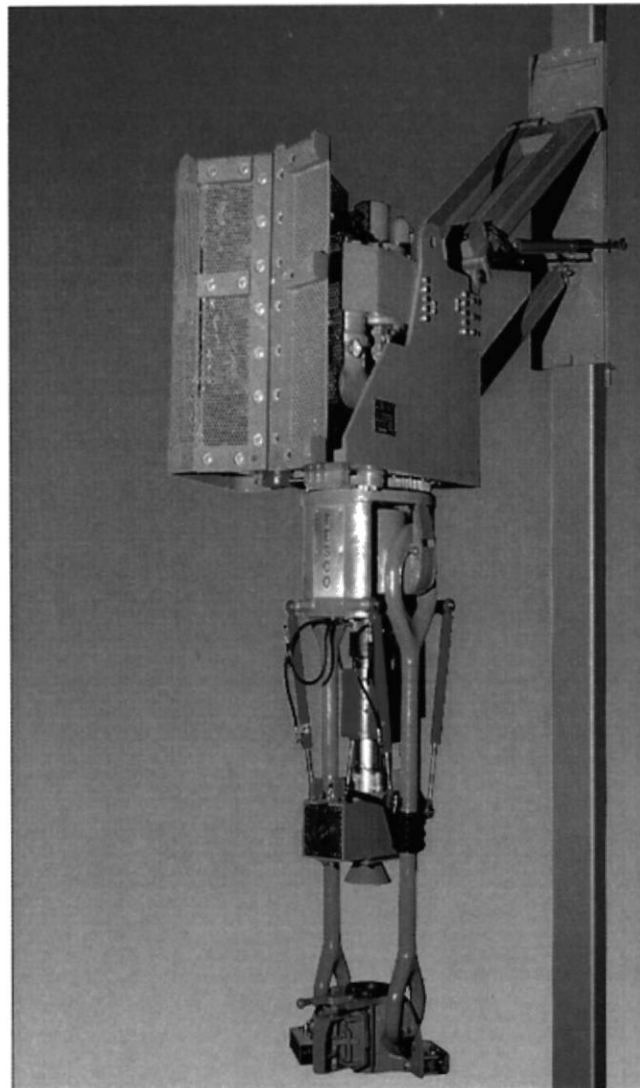
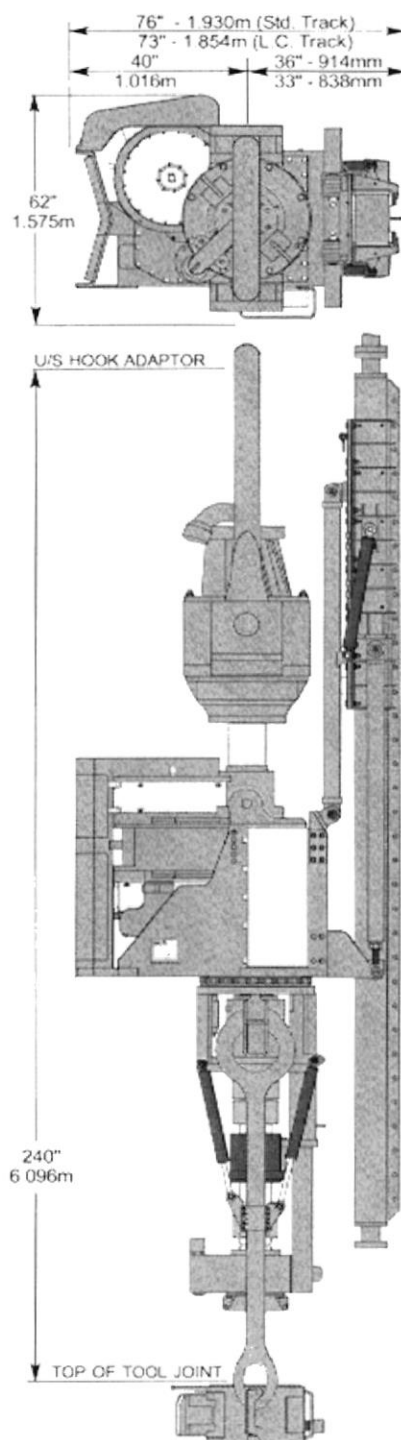


FIGURA B2



VISTA LATERAL Y SUPERIOR

## APÉNDICE C

### SISTEMA DE RODAMIENTO

FIGURA C1



RIELES SOBRE LOS CUALES VA MONTADO EL TALADRO

FIGURA C2

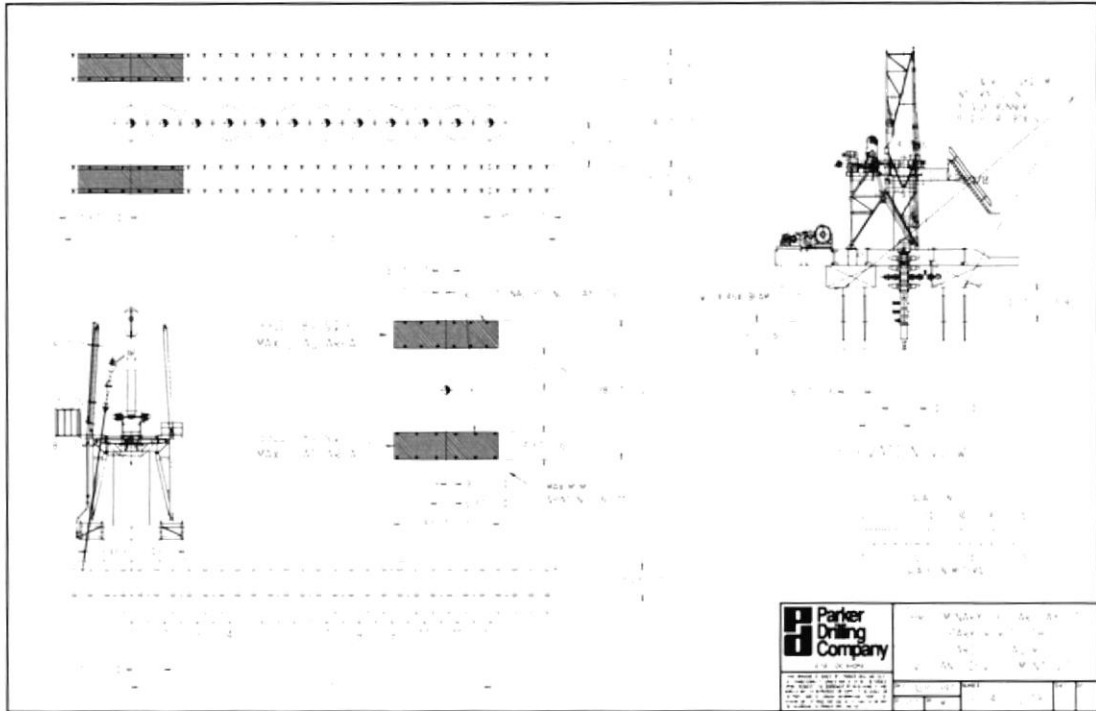


DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SISTEMA DE RODAMIENTO

## APÉNDICE D

### SISTEMA DE PREVENCIÓN DE REVENTONES

FIGURA D1



FIGURA D2

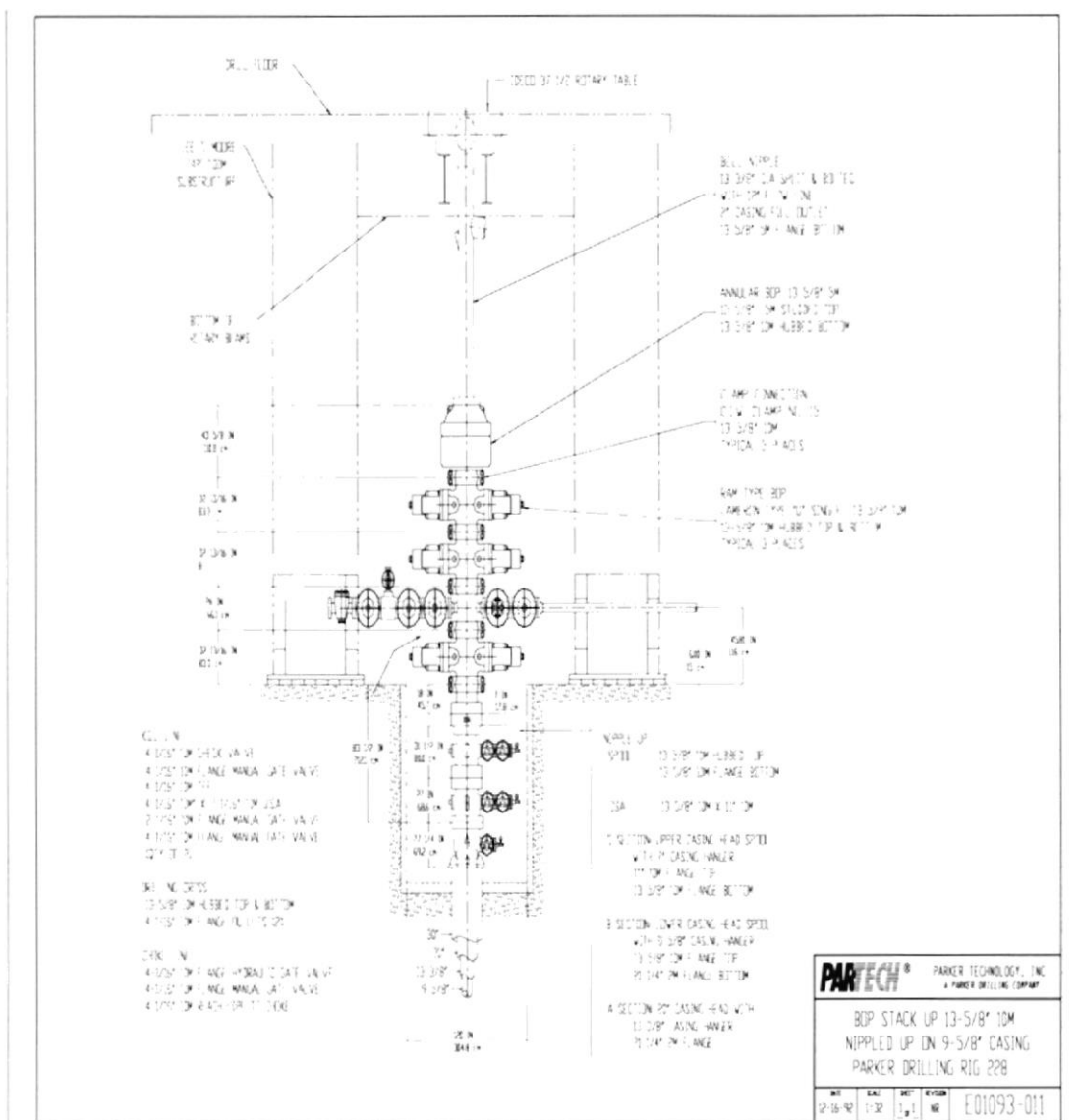


DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PREVENTOR DE REVENTONES

## APÉNDICE E

### UNIDAD DE DESORCIÓN TÉRMICA

FIGURA E1



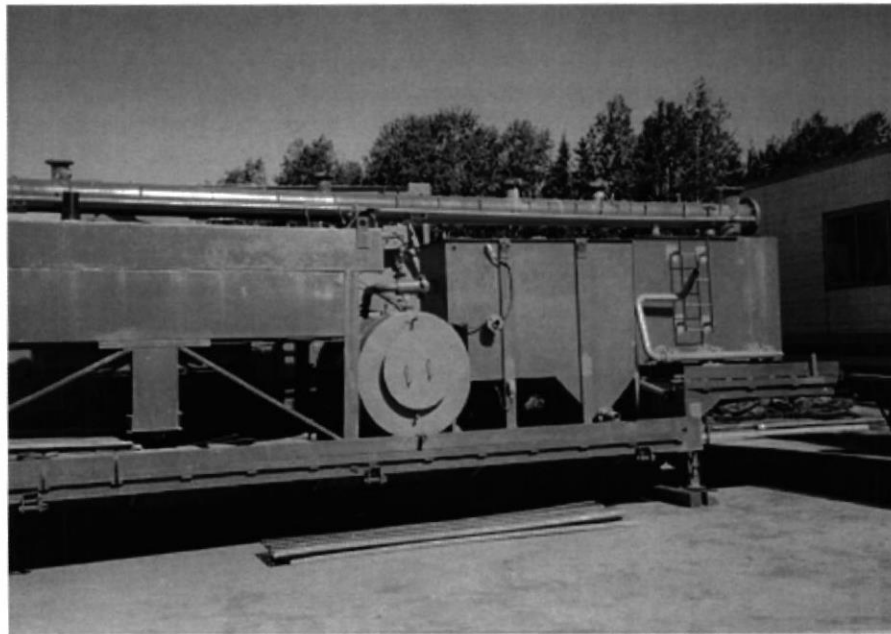
VISTA SUPERIOR

FIGURA E2



CÁMARA DE ENFRIAMIENTO

FIGURA E3



VISTA LATERAL

FIGURA E4



ENTRADA DE SÓLIDOS A LA UNIDAD

# APÉNDICE F

## TABLAS ADICIONALES

TABLA F 3.1 - BROCAS IADC DE CORTADORES DIAMANTE Y PDC  
CARTA DE CLASIFICACION DE CUATRO FABRICANTES

FABRICANTE  
AMERICAN COLDSET

(a)

CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA BROCA											
FORMACION	L.A.D.C. SERIES NUMERO	TIPO DIENTE 1	COJINETE LARGO 2	COJINETE CORTO 3	SIN COJINETE 4	MOTOR DE FONDO 5	VENTANA 6	BASE ACEITE 7	EXPULSOR NUCLEOS 8	OTROS 9	
SUAVE	D1	0		STRATACUT				STRATACUT			
		1	SHARKTOOTH			SHARKTOOTH T	ANGLE BUILDER				
		2	TRIGG	EAGLE ARMADILLO					SHARKTOOTH	CORE CRUSHER	UD
		3									
		4									
MEDIA SUAVE	D2	0		STRATACUT				STRATACUT			
		1	SHARKTOOTH TRIGG	ARMADILLO		SHARKTOOTH T	ANGLE BUILDER	SHARKTOOTH	CORE CRUSHER	UD	
		2									
		3									
		4									
MEDIA	D3	0		STRATACUT				STRATACUT			
		1	TRIGG	ARMADILLO		TBYV	ANGLE BUILDER		CORE CRUSHER	UD	
		2									
		3		SHREW							
		4									
MEDIA DURA	D4	0									
		1	TRIGG	SHREW	WOLF	TBYV	ANGLE BUILDER		CORE CRUSHER	UD	
		2									
		3									
		4									
DURA	D5	0									
		1					TBYV	ANGLE BUILDER		CORE CRUSHER	UD
		2				WOLF RIBSET					MILL & DRILL
		3									
		4									

FABRICANTE  
CHRISTENSEN

(b)

CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA BROCA											
FORMACION	L.A.D.C. SERIES NUMERO	TIPO DIENTE 1	COJINETE LARGO 2	COJINETE CORTO 3	SIN COJINETE 4	MOTOR DE FONDO 5	VENTANA 6	BASE ACEITE 7	EXPULSOR NUCLEOS 8	OTROS 9	
SUAVE	D1	0		Rockut I	Rockut 27			Rockut II	Rockut 27		
		1	MD-18			MT128P					
		2		MD-38	MD-34		MT18P	MD-43ST	MD-38		
		3	MD-503	MD-341	MD-315						
		4	MD-197		MD-262						
MEDIA SUAVE	D2	0		Rockut I	Rockut 26			Rockut I	ROCKUT 26		
		1									
		2	MD-196	MD-261	MD-262		MT-51P	MD-43ST			
		3		MD-311	MD-34		MD-262		MD-38		
		4									
MEDIA	D3	0		Rockut III	Rockut 26			Rockut 26	Rockut 26		
		1									
		2		MD-261	MD-331		MT-51p	MD-411ST	MD-262		
		3		MD-311			MD-262			MD-28	
		4					MD-331				
MEDIA DURA	D4	0									
		1							MD-331		
		2			MD-331		MT-54P	MD-411ST		MD-28	
		3					MD-331				
		4			MD-262	MD-41	MD-262				
DURA	D5	0									
		1									
		2				MD-41	MT54P	MD-411ST		MD-37	
		3				MD-24				MD-23	
		4			MD-210	MD-240					

FABRICANTE: DOWDCO

(c)

## CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA BROCA

FORMACION	L.A.D.C. SERIES NUMERO	TIPO DIENTE 1	COJINETE LARGO 2	COJINETE CORTO 3	SIN COJINETE 4	MOTOR DE FONDO 5	VENTANA 6	BASE ACEITE 7	EXPULSOR NUCLEOS 8	OTROS 9	
SUAVE	D1	0									
		1	RFV-20	CHV-20	CHB-20	CH-20	RFT-20	ST-20	RFV-20		
		2	*	RFV-21	RFV-21	RF-21	RFT-21	*	RFV-21		
		3	*	*	*	*	*	*	*		
		4	*	*	*	*	*	*	*		
MEDIA SUAVE	D2	0									
		1	RFV-30	CHV-20	CHV-20	CH-20	RFT-20	ST-30	RFV-20		
		2	*	RFV-21	RFV-21	RF-21	RFT-21	*	RFV-21		
		3	*	CHV-30	CHV-30	CH-30	RFT-30	*	RFV-30		
		4	*	RFV-31	RFV-31	RF-31	RFT-31	*	RFV-31		
MEDIA	D3	0									
		1	RFV-30	CHV-30	CHV-30	CH-30	RFT-30	ST-30	RFV-30		
		2	RFV-40	RFV-31	RFV-31	RF-31	RFT-31	*	RFV-31		
		3	*	*	*	*	*	*	*		
		4	*	*	*	*	*	*	*		
MEDIA DURA	D4	0									
		1	RFV-40	RFV-40	RFV-40	RF-30	RFT-40	ST-40	RFV-40		
		2	*	RFV-41	RFV-41	RF-41	RFT-41	*	RFV-41		
		3	*	*	*	*	*	*	*		
		4	*	*	*	*	*	*	*		
DURA	D5	0									
		1		RFV-50	RFV-50	RF-50	RFT-50	ST-50	RFV-50	RF-50	
		2		RFV-51	RFV-51	RF-51	RFT-51	RST-50	RFV-51	RS-50	
		3		*	*	RS-50	*	*	*	*	
		4		*	*	CF-50	*	*	*	*	

FABRICANTE: NL HYCALOG

(d)

## CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA BROCA

FORMACION	L.A.D.C. SERIES NUMERO	TIPO DIENTE 1	COJINETE LARGO 2	COJINETE CORTO 3	SIN COJINETE 4	MOTOR DE FONDO 5	VENTANA 6	BASE ACEITE 7	EXPULSOR NUCLEOS 8	OTROS 9	
SUAVE	D1	0		SAT III,SATIV	JETPAX						
		1					TURBOPAX				
		2		901			MSIT				
		3		901			MSIT 901T	ST	901S	901CE	204 BI CNTR
		4		901			MSIT 901T	ST WM	901S	901CE	204 *
MEDIA SUAVE	D2	0		SAT III,SATIV	JETPAX						
		1		901 MS1 730			MSIT 901 730T	ST	901S	901CE	204 *
		2		901 MS1 730			MSIT 901 730T	ST	901S	901CE	204 *
		3		901 MS1 730			MSIT 901 730T	ST	901S	901CE	204 *
		4		901 MS1 730			MSIT 901 730T	ST WM	901S	901CE	204 *
MEDIA	D3	0									
		1		901 730			MIT 901T 730T	ST	901S	901CE 730CE	204 *
		2		901 730			MIT 901T 730T	ST	901S	901CE 730CE	204 *
		3		901 730			MIT 901T 730T	ST	901S	901CE 730CE	204 *
		4		901 730			MIT 901T 730T	ST WM	901S	901CE 730CE	204 *
MEDIA DURA	D4	0									
		1		901 730		525 501	MIT 901T 730T	ST	901S	730CE	204 *
		2		901		525 501	MIT 901T 730T	ST	901S	730CE	204 *
		3		901 730		525 501	MIT 901T 730T	ST	901S	730CE	204 *
		4		901 730		525 501	MIT 901T 730T	ST WM	901S	730CE	204 *
DURA	D5	0									
		1		901 730		525 501	MIT 901T 730T	ST	901S	730CE	
		2		901 730		525 501	MIT 901T 730T	ST	901S	730CE	
		3		901 730		525 501	MIT 901T 730T	ST	901S	730CE	
		4				525 501	MIT	WM			

TABLA F 3.2 - TAMAÑO DE BROCA COMÚNMENTE USADOS PARA  
CORRER TUBERÍA DE REVESTIMIENTO API

Casing Size (OD in.)	Coupling Size (OD in.)	Common Bit Sizes Used (in.)
4½	5.0	6, 6⅛, 6¼
5	5.563	6½, 6¾
5½	6.050	7⅞, 8⅜
6	6.625	7⅞, 8⅜, 8½
6⅝	7.390	8½, 8⅝, 8¾
7	7.656	8⅝, 8¾, 9½
7⅝	8.500	9⅞, 10⅝, 11
8⅝	9.625	11, 12¼
9⅝	10.625	12¼, 14¾
10¾	11.750	15
13¾	14.375	17½
16.0	17.0	20
20.0	21.0	24, 26

TABLA F 3.3 - TAMAÑOS DE BROCAS COMUNMENTE USADOS QUE PUEDEN PASAR A TRAVÉS DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO API

Casing Size (O.D., in.)	Weight Per Foot (lbm/ft)	Internal Diameter (in.)	Drift Diameter (in.)	Commonly Used Bit Sizes (in.)
4½	9.5	4.09	3.965	3¾
	10.5	4.052	3.927	
	11.6	4.000	3.875	
	13.5	3.920	3.795	3¾
5	11.5	4.560	4.435	4¼
	13.0	4.494	4.369	
	15.0	4.408	4.283	
	18.0	4.276	4.151	3¾
5½	13.0	5.044	4.919	4¾
	14.0	5.012	4.887	
	15.5	4.950	4.825	
	17.0	4.892	4.764	4¾
	20.0	4.778	4.653	
	23.0	4.670	4.545	
6¾	17.0	6.135	6.010	6
	20.0	6.049	5.924	5¾
	24.0	5.921	5.796	
	28.0	5.791	5.666	
	32.0	5.675	5.550	4¾
7	17.00	6.538	6.413	6¼
	20.00	6.456	6.331	
	23.00	6.366	6.241	
	26.00	6.276	6.151	6¼
	29.00	6.184	6.059	
	32.00	6.094	5.969	
	35.00	6.006	5.879	5¾
	38.00	5.920	5.795	
7¾	20.00	7.125	7.000	6¾
	24.00	7.025	6.900	
	26.40	6.969	6.844	
	29.70	6.875	6.750	6½
	33.70	6.765	6.640	
	39.00	6.625	6.500	
8¾	24.00	8.097	7.972	7¾
	28.00	8.017	7.892	
	32.00	7.921	7.796	6¾
	36.00	7.825	7.700	
	40.00	7.725	7.600	
	44.00	7.625	7.500	
	49.00	7.511	7.386	
9¾	29.30	9.063	8.907	8¾, 8½
	32.30	9.001	8.845	
	36.00	8.921	8.765	8¾, 8½
	40.00	8.835	8.679	
	43.50	8.755	8.599	
	47.00	8.681	8.525	8½
	53.50	8.535	8.379	7¾
10¾	32.75	10.192	10.036	9¾
	40.50	10.050	9.894	
	45.50	9.950	9.794	9¾
	51.00	9.850	9.694	
	55.00	9.760	9.604	
	60.70	9.660	9.504	8¾, 8½
	65.37	9.560	9.404	
11¾	38.00	11.154	10.994	11
	42.00	11.084	10.928	10¾
	47.00	11.000	10.844	
	54.00	10.880	10.724	
	60.00	10.772	10.616	
13¾	48.00	12.715	12.559	12¾
	54.50	12.615	12.459	
	61.00	12.515	12.359	
	68.00	12.415	12.259	
	72.00	12.347	12.191	11
16	55.00	15.375	15.188	15
	65.00	15.250	15.062	
	75.00	15.125	14.939	14¾
	84.00	15.010	14.822	
	109.00	14.688	14.500	
18¾	87.50	17.755	17.567	17½
20	94.00	19.124	18.936	17½

TABLA F 3.4 CARACTERISTICAS DE LAS TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO MAS USADAS EN LA INDUSTRIA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Size Outside Diameter (in.)	Nominal Weight Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	Inside Diameter (in.)	Drift Diameter (in.)	Threaded and Coupled		Extreme Line			Pipe Body Yield Strength (1,000 bfy)	
						Outside Diameter of Coupling (in.)	Outside Diameter Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Box Power-tight (in.)	Collapse Resistance (psi)		
4 1/2	9.50	H-40	0.205	4.090	3.955	5.000	—	—	—	—	2,750	111
	9.50	J-55	0.205	4.090	3.955	5.000	—	—	—	—	3,310	152
	10.50	J-55	0.224	4.052	3.927	5.000	4.875	—	—	—	4,010	165
	11.60	J-55	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	4,960	184
	9.50	K-55	0.205	4.090	3.955	5.000	—	—	—	—	3,310	152
	10.50	K-55	0.224	4.052	3.927	5.000	4.875	—	—	—	4,010	165
	11.60	K-55	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	4,900	184
	11.60	C-75	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	6,100	250
	13.50	C-75	0.290	3.920	3.795	5.000	4.875	—	—	—	8,140	288
	11.60	L-80	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	6,350	267
	13.50	L-80	0.290	3.920	3.795	5.000	4.875	—	—	—	8,540	307
	11.60	N-80	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	6,350	267
	13.50	N-80	0.290	3.920	3.795	5.000	4.875	—	—	—	8,540	307
	11.60	C-90	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	6,820	300
	13.50	C-90	0.290	3.920	3.795	5.000	4.875	—	—	—	9,300	345
	11.60	C-95	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	7,030	317
	13.50	C-95	0.290	3.920	3.795	5.000	4.875	—	—	—	9,660	364
	11.60	P-110	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	—	7,580	367
	13.50	P-110	0.290	3.920	3.795	5.000	4.875	—	—	—	10,680	422
	15.10	P-110	0.337	3.826	3.701	5.000	4.875	—	—	—	14,350	485
5	11.50	J-55	0.220	4.560	4.405	5.563	—	—	—	—	3,060	182
	13.00	J-55	0.253	4.494	4.369	5.563	5.375	—	—	—	4,140	208
	15.00	J-55	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	5,560	241
	11.50	K-55	0.220	4.560	4.435	5.563	—	—	—	—	3,060	182
	13.00	K-55	0.253	4.494	4.369	5.563	5.375	—	—	—	4,140	208
	15.00	K-55	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	5,560	241
	15.00	C-75	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	6,940	328
	18.00	C-75	0.362	4.276	4.151	5.563	5.375	4.151	5.360	—	9,960	396
	21.40	C-75	0.437	4.126	4.001	5.563	5.375	—	—	—	11,970	470
	23.20	C-75	0.478	4.044	3.919	5.563	5.375	—	—	—	12,970	509
	24.10	C-75	0.500	4.000	3.875	5.563	5.375	—	—	—	13,500	530
	15.00	L-80	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	7,250	350
	18.00	L-80	0.362	4.276	4.151	5.563	5.375	4.151	5.360	—	10,500	422
	21.40	L-80	0.437	4.126	4.001	5.563	5.375	—	—	—	12,760	501
	23.20	L-80	0.478	4.044	3.919	5.563	5.375	—	—	—	15,630	543
	24.10	L-80	0.500	4.000	3.875	5.563	5.375	—	—	—	14,400	566
	15.00	N-80	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	7,250	350
	18.00	N-80	0.362	4.276	4.151	5.563	5.375	4.151	5.360	—	10,500	422
	21.40	N-80	0.437	4.126	4.001	5.563	5.375	—	—	—	12,760	501
	23.20	N-80	0.478	4.044	3.919	5.563	5.375	—	—	—	13,800	543
	24.10	N-80	0.500	4.000	3.875	5.563	5.375	—	—	—	14,400	566
	15.00	C-90	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	7,840	394
	18.00	C-90	0.362	4.276	4.151	5.563	5.375	4.151	5.360	—	11,530	475
	21.40	C-90	0.437	4.126	4.001	5.563	5.375	—	—	—	14,560	564
	23.20	C-90	0.478	4.044	3.919	5.563	5.375	—	—	—	15,560	611
	24.10	C-90	0.500	4.000	3.875	5.563	5.375	—	—	—	16,200	636
	15.00	C-95	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	8,110	416
	18.00	C-95	0.362	4.276	4.151	5.563	5.375	4.151	5.360	—	12,030	501
	21.40	C-95	0.437	4.126	4.001	5.563	5.375	—	—	—	15,160	595
	23.20	C-95	0.478	4.044	3.919	5.563	5.375	—	—	—	16,430	645
	24.10	C-95	0.500	4.000	3.875	5.563	5.375	—	—	—	17,100	672
	15.00	P-110	0.296	4.408	4.283	5.563	5.375	4.151	5.360	—	8,850	481
18.00	P-110	0.362	4.276	4.151	5.563	5.375	4.151	5.360	—	13,470	560	
21.40	P-110	0.437	4.126	4.001	5.563	5.375	—	—	—	17,550	688	
23.20	P-110	0.478	4.044	3.919	5.563	5.375	—	—	—	19,020	747	
24.10	P-110	0.500	4.000	3.875	5.563	5.375	—	—	—	19,800	778	

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

Plain End or Extreme Line	13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27	
	*Internal Pressure Resistance, psi																*Joint Strength—1,000 lbf													
	Buttress Thread																Threaded and Coupled													
	Buttress Thread																Buttress Thread													
	Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Extreme Line																	
Short	Long	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Short	Long	Regular Coupling	Higher Grade <sup>1</sup>	Special Clearance Coupling	Higher Grade <sup>1</sup>	Standard Joint	Optional Joint																	
3,190	3,190	—	—	—	—	—	77	—	—	—	—	—	—																	
4,380	4,380	—	—	—	—	101	—	—	—	—	—	—	—																	
4,790	4,790	—	4,790	4,790	4,790	132	—	203	203	203	203	—	—																	
5,350	5,350	5,350	5,350	5,350	5,350	154	162	225	225	225	225	—	—																	
4,380	4,380	—	—	—	—	112	—	—	—	—	—	—	—																	
4,790	4,790	—	4,790	4,790	4,790	145	—	249	249	249	249	—	—																	
5,350	5,350	5,350	5,350	5,350	5,350	170	180	277	277	277	277	—	—																	
7,290	—	7,290	7,290	—	7,290	—	212	268	—	268	—	—	—																	
8,460	—	8,460	8,460	—	7,490	—	257	331	—	320	—	—	—																	
7,780	—	7,780	7,780	7,780	7,780	—	212	291	—	291	—	—	—																	
9,020	—	9,020	9,020	9,020	7,990	9,020	—	257	334	—	320	—	—																	
7,780	—	7,780	7,780	7,780	7,780	—	223	304	304	304	304	—	—																	
9,020	—	9,020	9,020	9,020	7,990	9,020	—	270	349	349	337	349	—																	
8,750	—	8,750	8,750	—	8,750	—	223	309	—	309	—	—	—																	
10,150	—	10,150	10,150	—	9,000	—	270	355	—	337	—	—	—																	
9,240	—	9,240	9,240	—	9,240	—	234	325	325	325	—	—	—																	
10,710	—	10,710	10,710	—	9,490	—	284	374	374	353	—	—	—																	
10,690	—	10,690	10,690	10,690	10,690	—	279	385	385	385	385	—	—																	
12,410	—	12,410	12,410	12,410	10,990	12,410	—	338	443	443	421	443	—																	
14,420	—	14,420	13,480	14,420	10,990	13,910	—	406	509	509	421	509	—	—																
4,240	4,240	—	—	—	—	133	—	—	—	—	—	—	—																	
4,870	4,870	4,870	4,870	4,870	4,870	169	182	252	252	252	252	—	—																	
5,700	5,700	5,700	5,700	5,700	5,130	5,700	207	223	293	293	287	293	328																	
4,240	4,240	—	—	—	—	147	—	—	—	—	—	—	—																	
4,870	4,870	4,870	4,870	4,870	4,870	186	201	309	309	309	309	—	—																	
5,700	5,700	5,700	5,700	5,700	5,130	5,700	228	246	359	359	359	359	416																	
7,770	—	7,770	7,770	—	6,990	—	295	375	—	364	—	416	—																	
9,500	—	9,500	9,290	—	6,990	—	376	452	—	364	—	446	—																	
11,470	—	10,140	9,290	—	6,990	—	466	510	—	364	—	—	—																	
12,550	—	10,140	9,290	—	7,000	—	513	510	—	364	—	—	—																	
13,130	—	10,140	9,290	—	6,990	—	538	510	—	364	—	—	—																	
8,290	—	8,290	8,290	8,290	7,460	8,290	—	295	379	—	364	—	416																	
10,140	—	10,140	9,910	10,140	7,460	10,140	—	376	457	—	364	—	446																	
12,240	—	10,810	9,910	—	7,460	—	466	510	—	364	—	—	—																	
13,380	—	10,820	9,910	—	7,460	—	513	510	—	364	—	—	—																	
14,000	—	10,810	9,910	—	7,460	—	538	510	—	364	—	—	—																	
8,290	—	8,290	8,290	8,290	7,460	8,290	—	311	396	396	383	396	437																	
10,140	—	10,140	9,910	10,140	7,460	10,140	—	396	477	477	383	477	469																	
12,240	—	10,810	9,910	12,240	7,460	10,250	—	490	537	566	383	479	—																	
13,380	—	10,820	9,910	13,380	7,460	10,250	—	540	537	614	383	479	—																	
14,000	—	10,810	9,910	13,620	7,460	10,250	—	567	537	639	383	479	—																	
9,320	—	9,320	9,320	—	8,400	—	311	404	—	363	—	430	—																	
11,400	—	11,400	11,150	—	8,400	—	356	487	—	383	—	469	—																	
13,770	—	12,170	11,150	—	8,400	—	490	537	—	383	—	—	—																	
15,060	—	12,170	11,150	—	8,400	—	540	537	—	383	—	—	—																	
15,750	—	12,170	11,150	—	8,400	—	567	537	—	383	—	—	—																	
9,840	—	9,840	9,840	—	8,850	—	326	424	—	402	—	450	—																	
12,040	—	12,040	11,770	—	8,850	—	416	512	—	402	—	493	—																	
14,530	—	12,840	11,770	—	8,850	—	515	563	—	402	—	—	—																	
15,990	—	12,850	11,770	—	8,850	—	567	563	—	402	—	—	—																	
16,630	—	12,830	11,770	—	8,850	—	595	563	—	402	—	—	—																	
11,400	—	11,400	11,400	10,250	11,400	—	388	503	503	479	503	547	—																	
13,940	—	13,940	13,620	13,940	10,250	13,940	—	495	606	606	479	606	587																	
16,820	—	14,670	13,620	16,820	10,250	13,980	—	613	671	720	479	613	—																	
18,400	—	14,890	13,630	18,400	10,260	13,990	—	675	671	760	479	613	—																	
19,250	—	14,670	13,620	18,580	10,250	13,980	—	708	671	812	479	613	—																	

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Size Outside Diameter (in.)	Nominal Weight Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	Inside Diameter (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe Body Yield Strength (1,000 lbf)	
					Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Coupling (in.)	Outside Diameter Special Clearance (in.)	Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)		
5 1/2	14.00	H-40	0.244	5.012	4.887	6.050	—	—	—	—	2,820	161
	14.00	J-55	0.244	5.012	4.887	6.050	—	—	—	—	3,120	222
	15.50	J-55	0.275	4.950	4.825	6.050	5.875	4.653	5.860	4.040	248	248
	17.00	J-55	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	4.910	273	273
	14.00	K-55	0.244	5.012	4.887	6.050	—	—	—	—	3,120	222
	15.50	K-55	0.275	4.950	4.825	6.050	5.875	4.653	5.860	4.040	248	248
	17.00	K-55	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	4.910	273	273
	17.00	C-75	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	6.040	372	372
	20.00	C-75	0.361	4.778	4.653	6.050	5.875	4.653	5.860	8.410	437	437
	23.00	C-75	0.415	4.670	4.545	6.050	5.875	4.545	5.860	10.470	497	497
	17.00	L-80	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	6.280	397	397
	20.00	L-80	0.361	4.778	4.653	6.050	5.875	4.653	5.860	8.830	466	466
	23.00	L-80	0.415	4.670	4.545	6.050	5.875	4.545	5.860	11.160	530	530
	17.00	N-80	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	6.280	397	397
	20.00	N-80	0.361	4.778	4.653	6.050	5.875	4.653	5.860	8.830	466	466
	23.00	N-80	0.415	4.670	4.545	6.050	5.875	4.545	5.860	11.100	530	530
	17.00	C-90	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	6.740	447	447
	20.00	C-90	0.361	4.778	4.653	6.050	5.875	4.653	5.860	8.830	525	525
	23.00	C-90	0.415	4.670	4.545	6.050	5.875	4.545	5.860	12.380	597	597
	26.00	C-90	0.478	4.548	4.423	6.050	5.875	—	—	14.240	876	876
	35.00	C-90	0.850	4.200	4.075	6.050	5.875	—	—	18.760	991	991
	17.00	C-95	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	6.940	471	471
	20.00	C-95	0.361	4.778	4.653	6.050	5.875	4.653	5.860	10.010	554	554
23.00	C-95	0.415	4.670	4.545	6.050	5.875	4.545	5.860	12.940	630	630	
17.00	P-110	0.304	4.892	4.767	6.050	5.875	4.653	5.860	7.430	546	546	
20.00	P-110	0.361	4.778	4.653	6.050	5.875	4.653	5.860	11.100	641	641	
23.00	P-110	0.415	4.670	4.545	6.050	5.875	4.545	5.860	14.540	720	720	
6 5/8	20.00	H-40	0.288	6.049	5.924	7.390	—	—	—	—	2,520	229
	20.00	J-55	0.288	6.049	5.924	7.390	7.000	—	—	—	2,970	315
	24.00	J-55	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	4.560	382	382
	20.00	K-55	0.288	6.049	5.924	7.390	7.000	—	—	—	2,970	315
	24.00	K-55	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	4.560	382	382
	24.00	C-75	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	5.580	520	520
	28.00	C-75	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	7.790	610	610
	32.00	C-75	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	9.800	688	688
	24.00	L-80	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	5.760	555	555
	28.00	L-80	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	8.170	651	651
	32.00	L-80	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	10.320	734	734
	24.00	N-80	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	5.760	555	555
	28.00	N-80	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	8.170	651	651
	32.00	N-80	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	10.320	734	734
	24.00	C-90	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	6.140	624	624
	28.00	C-90	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	8.890	732	732
	32.00	C-90	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	11.390	826	826
	24.00	C-95	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	8.310	659	659
	28.00	C-95	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	9.220	773	773
	32.00	C-95	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	11.810	872	872
	24.00	P-110	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	6.730	763	763
	28.00	P-110	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	10.160	895	895
	32.00	P-110	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	13.220	1009	1009

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
*Joint Strength—1,000 lbf														
**Internal Pressure Resistance, psi														
Plain End or Extreme Line	Buttress Thread						Threaded and Coupled						Extremo Line	
	Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Standard Joint	Optional Joint
	Short	Long	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Short	Long	Regular Coupling	Higher Grade†	Special Clearance Coupling	Special Clearance Higher Grade†		
3,110	3,110	—	—	—	—	—	130	—	—	—	—	—	—	—
4,270	4,270	—	—	—	—	—	172	—	—	—	—	—	—	—
4,810	4,810	4,810	4,810	4,810	4,730	4,810	202	217	300	300	300	300	339	339
5,320	5,320	5,320	5,320	5,320	4,730	5,320	229	247	329	329	318	320	372	372
4,270	4,270	—	—	—	—	—	189	—	—	—	—	—	—	—
4,810	4,810	4,810	4,810	4,810	4,730	4,810	222	239	366	366	366	366	429	429
5,320	5,320	5,320	5,320	5,320	4,730	5,320	252	272	402	402	402	402	471	471
7,250	—	7,250	7,250	—	6,450	—	—	327	423	—	403	—	471	471
8,610	—	8,610	8,490	—	6,450	—	—	403	497	—	403	—	497	479
9,900	—	9,260	8,490	—	6,450	—	—	473	550	—	403	—	549	479
7,740	—	7,740	7,740	7,740	6,880	7,740	—	338	428	—	403	—	471	471
9,190	—	9,190	8,990	9,190	6,880	9,190	—	416	503	—	403	—	497	479
10,560	—	9,880	8,990	10,560	6,880	9,460	—	489	550	—	403	—	549	479
7,740	—	7,740	7,740	7,740	6,880	7,740	—	348	446	446	424	448	496	496
9,190	—	9,190	8,990	9,190	6,880	9,190	—	428	524	524	424	524	523	504
10,560	—	9,880	8,990	10,560	6,880	9,460	—	502	579	596	424	530	577	504
8,710	—	8,710	8,710	—	7,740	—	—	366	456	—	424	—	496	496
10,340	—	10,340	10,120	—	7,740	—	—	438	536	—	424	—	523	504
11,880	—	11,110	10,120	—	7,740	—	—	514	590	—	424	—	577	504
13,630	—	11,110	10,120	—	7,740	—	—	598	580	—	424	—	—	—
18,610	—	11,110	10,120	—	7,740	—	—	614	580	—	424	—	—	—
9,190	—	9,910	9,190	—	8,170	—	—	374	480	—	445	—	521	521
10,910	—	10,910	10,690	—	8,170	—	—	460	563	—	445	—	549	530
12,540	—	11,730	10,690	—	8,170	—	—	540	608	—	445	—	606	530
10,640	—	10,640	10,640	10,640	9,460	10,640	—	445	568	568	530	568	620	620
12,640	—	12,640	12,360	12,640	9,460	11,880	—	548	667	667	530	667	654	630
14,520	—	13,160	12,360	14,520	9,460	11,880	—	643	724	759	530	668	772	630
3,040	3,040	—	—	—	—	—	184	—	—	—	—	—	—	—
4,180	4,180	4,180	4,180	4,180	4,060	4,180	245	266	374	374	374	374	—	—
5,110	5,110	5,110	5,110	5,110	4,060	5,110	314	340	453	453	390	453	477	477
4,180	4,180	4,180	4,180	4,180	4,060	4,180	267	290	453	453	453	453	—	—
5,110	5,110	5,110	5,110	5,110	4,060	5,110	342	372	548	548	494	620	605	605
6,970	—	6,970	6,970	—	5,540	—	—	453	583	—	494	—	605	605
8,260	—	8,260	8,260	—	5,540	—	—	552	683	—	494	—	648	644
9,410	—	9,410	9,200	—	5,540	—	—	638	771	—	494	—	717	644
7,440	—	7,440	7,440	—	5,910	—	—	473	592	—	494	—	605	605
8,610	—	8,610	8,610	—	5,910	—	—	578	693	—	494	—	648	644
10,040	—	10,040	9,820	—	5,910	—	—	666	783	—	494	—	717	644
7,440	—	7,440	7,440	7,440	5,910	7,440	—	481	615	615	520	615	637	637
8,610	—	8,610	8,610	8,610	5,910	8,120	—	586	721	721	520	650	682	678
10,040	—	10,040	9,820	10,040	5,910	8,120	—	677	814	814	520	690	755	678
8,370	—	8,370	8,370	—	6,650	—	—	520	633	—	520	—	637	637
9,910	—	9,910	9,910	—	6,650	—	—	633	742	—	520	—	682	678
11,290	—	11,290	11,050	—	6,650	—	—	732	837	—	520	—	755	678
8,830	—	8,830	8,830	—	7,020	—	—	548	665	—	546	—	608	668
10,460	—	10,460	10,460	—	7,020	—	—	665	780	—	546	—	716	712
11,920	—	11,830	11,660	—	7,020	—	—	789	890	—	546	—	793	712
10,230	—	10,230	10,230	10,230	8,120	8,310	—	841	786	786	65	796	796	796
12,120	—	11,830	12,120	12,120	8,120	8,310	—	781	922	922	650	832	852	848
13,600	—	11,830	13,500	13,600	8,120	8,310	—	904	1,040	1,040	650	832	944	848

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Size Outside Diameter (in.)	Nominal Weight Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	Inside Diameter (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe Body Yield Strength (1,000 lbf)
					Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Coupling (in.)	Outside Diameter Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)	
7	17.00	H-40	0.231	6.538	6.413	7.656	—	—	—	1,420	196
	20.00	H-40	0.272	6.456	6.331	7.656	—	—	—	1,970	230
	20.00	J-55	0.272	6.456	6.331	7.656	—	—	—	2,270	316
	23.00	J-55	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	6.151	7.390	3,270	366
	26.00	J-55	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	4,320	415
	20.00	K-55	0.272	6.456	6.331	7.656	—	—	—	2,270	316
	23.00	K-55	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	6.151	7.390	3,270	366
	26.00	K-55	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	4,320	415
	23.00	C-75	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	6.151	7.390	3,750	499
	25.00	C-75	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	5,220	568
	29.00	C-75	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	6.059	7.390	6,730	634
	32.00	C-75	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	5.969	7.390	8,200	699
	35.00	C-75	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	5.879	7.530	9,670	763
	38.00	C-75	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	5.795	7.530	10,680	822
	23.00	L-80	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	6.151	7.390	3,830	532
	26.00	L-80	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	5,410	604
	29.00	L-80	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	6.059	7.390	7,020	676
	32.00	L-80	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	5.969	7.390	8,610	745
	35.00	L-80	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	5.879	7.530	10,180	814
	38.00	L-80	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	5.795	7.530	11,390	877
	23.00	N-80	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	6.151	7.390	3,830	532
	26.00	N-80	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	5,410	604
	29.00	N-80	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	6.059	7.390	7,020	676
	32.00	N-80	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	5.969	7.390	8,610	745
	35.00	N-80	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	5.879	7.530	10,180	814
	38.00	N-80	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	5.795	7.530	11,390	877
	23.00	C-90	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	6.151	7.390	4,030	599
	26.00	C-90	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	5,740	679
	29.00	C-90	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	6.059	7.390	7,580	760
	32.00	C-90	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	5.969	7.390	9,380	839
	35.00	C-90	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	5.879	7.530	11,170	915
	38.00	C-90	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	5.795	7.530	12,820	966
	23.00	C-95	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	6.151	7.390	4,140	632
	26.00	C-95	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	5,880	717
	29.00	C-95	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	6.059	7.390	7,830	803
	32.00	C-95	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	5.969	7.390	9,790	885
	35.00	C-95	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	5.879	7.530	11,650	966
	38.00	C-95	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	5.795	7.530	13,440	1,041
26.00	P-110	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	6,230	830	
29.00	P-110	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	6.059	7.390	8,530	929	
32.00	P-110	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	5.969	7.390	10,780	1,025	
35.00	P-110	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	5.879	7.530	13,020	1,119	
38.00	P-110	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	5.795	7.530	15,140	1,205	
7 1/2	24.00	H-40	0.300	7.025	6.900	8.500	—	—	—	2,030	276
	26.40	J-55	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	2,890	414
	26.40	K-55	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	2,890	414
	28.40	C-75	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	3,290	564
	29.70	C-75	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	6.750	8.010	4,650	641
	33.70	C-75	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	6.640	8.010	6,300	729
	39.00	C-75	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	6.500	8.010	8,400	939
	42.80	C-75	0.562	6.501	6.376	8.500	8.125	—	—	10,240	935
	45.30	C-75	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	10,790	966
	47.10	C-75	0.625	6.375	6.250	8.500	8.125	—	—	11,290	1,031

TABLA 3.4 (CONTINUACIÓN)

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
**Internal Pressure Resistance, psi													*Joint Strength—1,000 lbf			
Plain End or Extreme Line	Buttress Thread												Extremes Line			
	Round Thread		Regular Coupling				Special Clearance Coupling		Round Thread		Regular Coupling				Special Clearance Coupling	
	Short	Long	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Short	Long	Regular Coupling	Higher Grade <sup>†</sup>	Special Clearance Coupling	Higher Grade <sup>†</sup>	Standard Joint	Optional Joint		
2,310	2,310	—	—	—	—	—	122	—	—	—	—	—	—	—		
2,720	2,720	—	—	—	—	—	176	—	—	—	—	—	—	—		
3,740	3,740	—	—	—	—	—	234	—	—	—	—	—	—	—		
4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	3,950	4,360	284	313	432	432	421	432	499	499		
4,980	4,980	4,980	4,980	4,980	3,950	4,980	334	367	490	490	421	490	506	506		
3,740	3,740	—	—	—	—	—	254	—	—	—	—	—	—	—		
4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	3,950	4,360	309	341	522	522	522	522	632	632		
4,980	4,980	4,980	4,980	4,980	3,950	4,980	364	401	592	592	533	561	641	641		
5,940	—	5,940	5,940	—	5,380	—	—	416	557	—	533	—	632	632		
6,790	—	6,790	6,790	—	5,380	—	—	489	631	—	533	—	641	641		
7,650	—	7,650	7,650	—	5,380	—	—	562	707	—	533	—	685	674		
8,490	—	8,490	7,930	—	5,380	—	—	633	779	—	533	—	761	674		
9,340	—	8,800	7,930	—	5,380	—	—	703	833	—	533	—	850	761		
10,120	—	8,660	7,930	—	5,380	—	—	767	833	—	533	—	917	761		
6,340	—	6,340	6,340	6,340	5,740	6,340	—	435	565	—	533	—	632	632		
7,240	—	7,240	7,240	7,240	5,740	7,240	—	511	641	—	533	—	641	641		
8,160	—	8,160	8,160	8,160	5,740	7,890	—	587	718	—	533	—	685	674		
9,060	—	9,060	8,460	9,060	5,740	7,890	—	661	791	—	533	—	761	674		
9,960	—	9,240	8,460	9,960	5,740	7,890	—	734	833	—	533	—	850	761		
10,800	—	9,240	8,460	10,800	5,740	7,890	—	801	833	—	533	—	917	761		
6,340	—	6,340	6,340	6,340	5,740	6,340	—	442	588	588	561	588	666	666		
7,240	—	7,240	7,240	7,240	5,740	7,240	—	519	667	667	561	667	675	675		
8,160	—	8,160	8,160	8,160	5,740	7,890	—	597	746	746	561	702	721	709		
9,060	—	9,060	8,460	9,060	5,740	7,890	—	672	823	823	561	702	801	709		
9,960	—	9,240	8,460	9,960	5,740	7,890	—	746	876	893	561	702	895	801		
10,800	—	9,240	8,460	10,800	5,740	7,890	—	814	876	968	561	702	965	801		
7,130	—	7,130	7,130	—	6,450	—	—	447	605	—	561	—	666	666		
8,150	—	8,150	8,150	—	6,450	—	—	563	687	—	561	—	675	675		
9,180	—	9,180	9,180	—	6,450	—	—	648	768	—	561	—	721	709		
10,190	—	9,520	9,520	—	6,450	—	—	729	847	—	561	—	801	709		
11,210	—	9,520	9,520	—	6,450	—	—	809	876	—	561	—	895	801		
12,150	—	9,520	9,520	—	6,450	—	—	883	876	—	561	—	965	801		
7,530	—	7,530	7,530	—	6,810	—	—	505	636	—	589	—	699	699		
8,600	—	8,600	8,600	—	6,810	—	—	593	722	—	589	—	709	709		
9,690	—	9,520	9,690	—	6,810	—	—	683	808	—	589	—	757	744		
10,760	—	9,520	10,050	—	6,810	—	—	768	891	—	589	—	841	744		
11,830	—	9,520	10,050	—	6,810	—	—	853	920	—	589	—	940	841		
12,820	—	9,520	10,050	—	6,810	—	—	931	920	—	589	—	1,013	841		
9,960	—	9,520	9,960	9,960	7,480	7,480	—	693	853	853	702	853	844	844		
11,220	—	9,520	11,220	11,220	7,480	7,480	—	797	955	955	702	898	902	886		
12,460	—	9,520	11,640	11,790	7,480	7,480	—	897	1,054	1,053	702	898	1,002	886		
13,700	—	9,520	11,640	11,790	7,480	7,480	—	995	1,096	1,150	702	898	1,118	1,002		
14,850	—	9,520	11,640	11,790	7,480	7,480	—	1,087	1,096	1,239	702	898	1,207	1,002		
2,750	2,750	—	—	—	—	—	212	—	—	—	—	—	—	—		
4,140	4,140	4,140	4,140	4,140	4,140	4,140	315	346	483	483	483	483	553	553		
4,140	4,140	4,140	4,140	4,140	4,140	4,140	342	377	581	581	581	581	700	700		
5,650	—	5,650	5,650	—	5,650	—	—	461	624	—	624	—	700	700		
6,450	—	6,450	6,450	—	6,450	—	—	542	709	—	709	—	700	700		
7,400	—	7,400	7,400	—	6,140	—	—	635	806	—	735	—	766	744		
8,610	—	8,610	8,610	—	6,140	—	—	751	929	—	735	—	851	744		
9,670	—	9,670	9,190	—	6,140	—	—	852	1,035	—	735	—	—	—		
10,240	—	9,840	9,180	—	6,140	—	—	905	1,090	—	764	—	—	—		
10,760	—	9,840	9,190	—	6,140	—	—	953	1,140	—	735	—	—	—		

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Size Outside Diameter (in.)	Nominal Weight Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	Inside Diameter (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Collapse Resistance (psi)	Pipe Body Yield Strength (1,000 lbf)
					Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Coupling (in.)	Outside Diameter Special Clearance (in.)	Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Box Powertight (in.)			
7%	25.40	L-80	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	3,400	602	
	29.70	L-80	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	6.750	8.010	4,790	683	
	33.70	L-80	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	6.640	8.010	6,560	778	
	39.00	L-80	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	6.500	8.010	8,820	895	
	42.80	L-80	0.562	6.501	6.376	8.500	8.125	—	—	10,810	998	
	45.30	L-80	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	11,510	1,051	
	47.10	L-80	0.625	6.375	6.250	8.500	8.125	—	—	12,040	1,100	
	26.40	N-80	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	3,400	602	
	29.70	N-80	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	6.750	8.010	4,790	683	
	33.70	N-80	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	6.640	8.010	6,560	778	
	39.00	N-80	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	6.500	8.010	8,820	895	
	42.80	N-80	0.562	6.501	6.376	8.500	8.125	—	—	10,810	998	
	45.30	N-80	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	11,510	1,051	
	47.10	N-80	0.625	6.375	6.250	8.500	8.125	—	—	12,040	1,100	
	26.40	C-90	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	3,610	677	
	29.70	C-90	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	6.750	8.010	5,040	760	
	33.70	C-90	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	6.640	8.010	7,050	875	
	39.00	C-90	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	6.500	8.010	9,620	1,007	
	42.80	C-90	0.562	6.501	6.376	8.500	8.125	—	—	11,890	1,122	
	45.30	C-90	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	12,950	1,183	
	47.10	C-90	0.625	6.375	6.250	8.500	8.125	—	—	13,540	1,237	
	26.40	C-95	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	3,710	714	
	29.70	C-95	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	6.750	8.010	5,140	811	
	33.70	C-95	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	6.640	8.010	7,280	923	
	39.00	C-95	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	6.500	8.010	10,000	1,063	
	42.80	C-95	0.562	6.501	6.376	8.500	8.125	—	—	12,410	1,185	
	45.30	C-95	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	13,660	1,248	
	47.10	C-95	0.625	6.375	6.250	8.500	8.125	—	—	14,300	1,306	
	29.70	P-110	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	6.750	8.010	5,350	940	
	33.70	P-110	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	6.640	8.010	7,870	1,069	
	39.00	P-110	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	6.500	8.010	11,080	1,231	
	42.80	P-110	0.562	6.501	6.376	8.500	8.125	—	—	13,920	1,372	
	45.30	P-110	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	15,430	1,446	
	47.10	P-110	0.625	6.375	6.250	8.500	8.125	—	—	16,550	1,512	
	8%	28.00	H-40	0.304	8.017	7.892	9.625	—	—	—	1,610	318
		32.00	H-40	0.352	7.921	7.796	9.625	—	—	—	2,200	366
24.00		J-55	0.264	8.097	7.972	9.625	—	—	—	1,370	381	
32.00		J-55	0.352	7.921	7.796	9.625	9.125	7.700	9.120	2,530	503	
36.00		J-55	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	3,450	568	
24.00		K-55	0.264	8.097	7.972	9.625	—	—	—	1,370	381	
32.00		K-55	0.352	7.921	7.796	9.625	9.125	7.700	9.120	2,530	503	
36.00		K-55	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	3,450	568	
36.00		C-75	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,000	775	
40.00		C-75	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	5,330	857	
44.00		C-75	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	6,660	957	
49.00		C-75	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	8,180	1,059	
36.00		L-80	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,100	827	
40.00		L-80	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	5,520	925	
44.00		L-80	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	6,950	1,021	
49.00		L-80	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	8,580	1,129	
36.00		N-80	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,100	827	
40.00		N-80	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	5,520	925	
44.00		N-80	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	6,950	1,021	
49.00		N-80	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	8,580	1,129	
36.00		C-90	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,250	930	
40.00		C-90	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	5,870	1,040	
44.00		C-90	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	7,490	1,149	
49.00		C-90	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	9,340	1,271	

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		*Joint Strength—1,000 lbf														
		**Internal Pressure Resistance, psi														
		Threaded and Coupled														
		Buttress Thread						Buttress Thread								
Main End or Extrema Line	Round Thread	Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Round Thread	Regular Coupling		Special Clearance Coupling	Regular Coupling Higher Grade <sup>1</sup>	Special Clearance Coupling Higher Grade <sup>2</sup>	Extreme Line				
		Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade		Same Grade	Higher Grade				Standard Joint	Optional Joint			
6.020	—	6.020	6.020	6.020	6.020	—	482	635	—	635	—	700	700			
6.890	—	6.890	6.890	6.890	6.550	6.890	—	566	721	—	721	—	700	700		
7.900	—	7.900	7.900	7.900	6.550	7.900	—	654	820	—	735	—	766	744		
9.180	—	9.180	9.180	9.180	6.550	9.000	—	788	945	—	735	—	851	744		
10.320	—	10.320	9.790	—	6.550	—	—	892	1,053	—	735	—	—	—		
10.320	—	10.500	9.790	—	6.550	—	—	947	1,109	—	751	—	—	—		
11.480	—	10.490	9.790	—	6.550	—	—	997	1,160	—	735	—	—	—		
6.020	—	6.020	6.020	6.020	6.020	6.020	—	490	659	659	659	659	737	737		
6.890	—	6.890	6.890	6.890	6.550	6.890	—	575	749	749	749	749	737	737		
7.900	—	7.900	7.900	7.900	6.550	7.900	—	674	852	852	773	852	806	784		
9.180	—	9.180	9.180	9.180	6.550	9.000	—	798	981	981	773	967	896	764		
10.320	—	10.320	9.790	10.320	6.550	9.000	—	905	1,093	1,093	773	967	—	—		
10.320	—	10.500	9.790	10.320	6.550	8.030	—	962	1,152	1,152	804	1,005	—	—		
11.480	—	10.490	9.790	11.480	6.550	9.000	—	1,013	1,205	1,204	773	967	—	—		
6.780	—	6.780	6.780	—	6.780	—	—	532	661	—	681	—	737	737		
7.750	—	7.750	7.750	—	7.370	—	—	625	773	—	773	—	737	737		
8.880	—	8.880	8.880	—	7.370	—	—	733	880	—	804	—	806	784		
10.330	—	10.330	10.330	—	7.370	—	—	867	1,013	—	804	—	896	784		
11.610	—	11.610	11.020	—	7.370	—	—	984	1,179	—	804	—	—	—		
12.290	—	11.800	11.020	—	7.370	—	—	1,045	1,239	—	804	—	—	—		
12.910	—	11.800	11.020	—	7.370	—	—	1,100	1,239	—	804	—	—	—		
7.150	—	7.150	7.150	—	7.150	—	—	580	716	—	716	—	774	774		
8.180	—	8.180	8.180	—	7.780	—	—	659	813	—	812	—	774	774		
9.380	—	9.380	9.380	—	7.780	—	—	772	926	—	812	—	848	823		
10.900	—	10.900	10.900	—	7.780	—	—	914	1,065	—	812	—	941	823		
12.250	—	11.800	11.620	—	7.780	—	—	1,037	1,187	—	812	—	—	—		
12.970	—	11.800	11.620	—	7.780	—	—	1,101	1,251	—	854	—	—	—		
13.630	—	11.800	11.620	—	7.780	—	—	1,159	1,300	—	812	—	—	—		
9.470	—	9.470	9.470	8.030	8.030	—	—	769	960	960	960	960	922	922		
10.860	—	10.860	10.860	8.030	8.030	—	—	901	1,093	1,093	967	1,093	1,008	979		
12.620	—	11.800	12.620	8.030	8.030	—	—	1,066	1,258	1,258	967	1,237	1,120	979		
14.190	—	11.800	12.680	8.030	8.030	—	—	1,210	1,402	1,402	967	1,237	—	—		
15.020	—	11.800	12.680	8.030	8.030	—	—	1,285	1,477	1,477	1,005	1,287	—	—		
15.780	—	11.800	12.680	8.030	8.030	—	—	1,353	1,545	1,545	967	1,237	—	—		
2.470	2.470	—	—	—	—	—	233	—	—	—	—	—	—	—	—	
2.860	2.860	—	—	—	—	—	279	—	—	—	—	—	—	—	—	
2.950	2.950	—	—	—	—	—	244	—	—	—	—	—	—	—	—	
3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	372	417	579	579	579	579	566	566		
4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	4.060	4.460	434	486	654	654	654	654	688	688		
2.950	2.950	—	—	—	—	—	265	—	—	—	—	—	—	—	—	
3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	402	452	690	690	690	690	669	669		
4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	4.060	4.460	466	526	780	780	780	780	871	871		
6.090	—	6.090	6.090	—	5.530	—	—	648	847	—	839	—	871	871		
6.850	—	6.850	6.850	—	5.530	—	—	742	947	—	839	—	942	896		
7.610	—	7.610	7.610	—	5.530	—	—	834	1,048	—	839	—	1,007	880		
8.480	—	8.480	8.480	—	5.530	—	—	939	1,157	—	839	—	1,007	886		
6.490	—	6.490	6.490	6.430	5.900	6.490	—	678	864	—	839	—	871	871		
7.300	—	7.300	7.300	7.300	5.900	7.300	—	776	960	—	839	—	942	886		
8.120	—	8.120	8.120	8.120	5.900	8.110	—	874	1,066	—	839	—	1,007	886		
9.040	—	9.040	9.040	9.040	5.900	8.110	—	983	1,180	—	839	—	1,007	886		
6.490	—	6.490	6.490	6.490	5.900	6.340	—	688	895	895	863	895	917	917		
7.300	—	7.300	7.300	7.300	5.900	6.340	—	788	1,001	1,001	863	1,001	992	932		
8.120	—	8.120	8.120	8.120	5.900	6.340	—	887	1,105	1,105	863	1,103	1,060	932		
9.040	—	9.040	9.040	9.040	5.900	6.340	—	997	1,222	1,222	863	1,103	1,060	932		
7.300	—	7.300	7.300	—	6.340	—	—	749	928	—	863	—	917	917		
8.220	—	8.220	8.220	—	6.340	—	—	858	1,038	—	863	—	902	932		
9.140	—	9.140	9.140	—	6.340	—	—	965	1,146	—	863	—	1,060	932		
10.170	—	10.170	10.170	—	6.340	—	—	1,085	1,268	—	863	—	1,060	932		

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Size Outside Diameter (in.)	Nominal Weight Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	Inside Diameter (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Collapse Resistance (psi)	Pipe Body Yield Strength (1,000 lbf)
					Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Coupling (in.)	Outside Diameter Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Box Powerlight (in.)			
8 1/2	36.00	C-95	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,350	982	
	40.00	C-95	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	6,020	1,098	
	44.00	C-95	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	7,740	1,212	
	49.00	C-95	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	9,710	1,341	
	40.00	P-110	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	6,390	1,271	
	44.00	P-110	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	8,420	1,404	
	49.00	P-110	0.567	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	10,740	1,553	
	9 5/8	32.90	H-40	0.312	9.091	8.845	10.625	—	—	—	1,370	365
		36.00	H-40	0.362	8.921	8.765	10.625	—	—	—	1,720	410
36.00		J-55	0.352	8.921	8.765	10.625	10.125	—	—	2,020	564	
40.00		J-55	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	2,570	630	
36.00		K-55	0.362	8.921	8.765	10.625	10.125	—	—	2,020	564	
40.00		K-55	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	2,570	630	
40.00		C-75	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	2,990	859	
43.50		C-75	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	3,730	942	
47.00		C-75	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	4,610	1,018	
53.50		C-75	0.545	8.536	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	6,350	1,166	
40.00		L-80	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,090	918	
43.50		L-80	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	3,810	1,005	
47.00		L-80	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	4,760	1,086	
53.50		L-80	0.545	8.536	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	6,620	1,244	
40.00		N-80	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,090	916	
43.50		N-80	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	3,810	1,005	
47.00		N-80	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	4,760	1,088	
53.50		N-80	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	6,620	1,244	
40.00		C-90	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,250	1,031	
43.50		C-90	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	4,010	1,130	
47.00		C-90	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	5,000	1,221	
53.50		C-90	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	7,120	1,399	
40.00		C-95	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,320	1,088	
43.50		C-95	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	4,120	1,193	
47.00		C-95	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	5,090	1,289	
53.50		C-95	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	7,340	1,477	
43.50		P-110	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	4,420	1,381	
47.00	P-110	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	5,300	1,493		
53.50	P-110	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	7,950	1,710		
10 3/4	32.75	H-40	0.279	10.192	10.036	11.750	—	—	—	840	367	
	40.50	H-40	0.360	10.060	9.894	11.750	—	—	—	1,390	457	
	40.50	J-55	0.350	10.060	9.894	11.750	11.250	—	—	1,580	629	
	45.50	J-55	0.400	9.950	9.794	11.750	11.250	9.794	11.460	2,000	715	
	51.00	J-55	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	2,700	801	
	40.50	K-55	0.350	10.060	9.894	11.750	11.250	—	—	1,580	629	
	45.50	K-55	0.400	9.950	9.794	11.750	11.250	9.794	11.460	2,090	715	
	51.00	K-55	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	2,700	801	
	51.00	C-75	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	3,110	1,092	
	55.50	C-75	0.495	9.760	9.604	11.750	11.250	9.604	11.460	3,820	1,196	
	51.00	L-80	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	3,220	1,165	
	55.50	L-80	0.495	9.760	9.604	11.750	11.250	9.604	11.460	4,020	1,276	
	51.00	N-80	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	3,220	1,165	
	55.50	N-80	0.495	9.760	9.604	11.750	11.250	9.604	11.460	4,020	1,276	

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
* Internal Pressure Resistance, psi										* Joint Strength—1,000 lbf						
Plain End or Extreme Line	Buttress Thread						Threaded and Coupled									
	Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Buttress Thread				Regular and Coupled				Extreme Line	
	Short	Long	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Short	Long	Regular Coupling	Higher Grade <sup>1</sup>	Special Clearance Coupling	Higher Grade <sup>1</sup>	Standard Joint	Optional Joint		
7 710	—	7 710	7 710	—	6 340	—	—	789	975	—	—	927	—	963	936	
8 670	—	8 670	8 670	—	6 340	—	—	904	1 092	—	—	927	—	1 042	979	
9 640	—	9 640	9 640	—	6 340	—	—	1 017	1 206	—	—	927	—	1 113	979	
10 740	—	10 380	10 740	—	6 340	—	—	1 144	1 334	—	—	927	—	1 113	979	
10 040	—	10 040	10 040	10 040	6 340	6 310	—	1 055	1 208	1 288	1 103	1 288	1 240	1 165	1 165	
11 160	—	10 380	11 160	11 160	6 340	6 340	—	1 186	1 423	1 420	1 103	1 412	1 328	1 165	1 165	
12 430	—	10 380	11 230	11 230	6 340	6 340	—	1 335	1 574	1 574	1 103	1 512	1 326	1 165	1 165	
2 270	2 270	—	—	—	—	—	—	254	—	—	—	—	—	—	—	
2 560	2 560	—	—	—	—	—	—	294	—	—	—	—	—	—	—	
3 520	3 520	3 520	3 520	3 520	3 520	3 520	304	453	639	639	639	639	—	—	—	
3 950	3 950	3 950	3 950	3 950	3 950	3 950	452	520	714	714	714	714	770	770	770	
3 520	3 520	3 520	3 520	3 520	3 520	3 520	423	489	755	755	755	755	—	—	—	
3 950	3 950	3 950	3 950	3 950	3 950	3 950	486	561	843	843	843	843	975	975	975	
5 390	—	5 390	5 390	—	4 990	—	—	694	926	—	—	926	—	975	975	
5 930	—	5 930	5 930	—	4 990	—	—	776	1 016	—	—	934	—	975	975	
6 440	—	6 440	6 440	—	4 990	—	—	852	1 098	—	—	934	—	1 032	1 032	
7 430	—	7 430	7 430	—	4 990	—	—	999	1 257	—	—	934	—	1 173	1 053	
5 750	—	5 750	5 750	—	5 140	—	—	727	947	—	—	934	—	975	975	
6 330	—	6 330	6 330	—	5 140	—	—	813	1 038	—	—	934	—	975	975	
6 870	—	6 870	6 870	—	5 140	—	—	893	1 122	—	—	934	—	1 032	1 032	
7 930	—	7 930	7 930	—	5 140	—	—	1 047	1 286	—	—	934	—	1 173	1 053	
5 750	—	5 750	5 750	5 750	5 140	5 140	—	737	979	979	979	979	1 027	1 027	1 027	
6 330	—	6 330	6 330	6 330	5 140	5 140	—	825	1 074	1 074	983	1 074	1 027	1 027	1 027	
6 870	—	6 870	6 870	6 870	5 140	5 140	—	905	1 161	1 161	983	1 161	1 086	1 086	1 086	
7 930	—	7 930	7 930	7 930	5 140	5 140	—	1 052	1 329	1 329	983	1 229	1 205	1 109	1 109	
6 460	—	6 460	6 460	—	5 140	—	—	804	1 021	—	—	983	—	1 027	1 027	
7 120	—	7 120	7 120	—	5 140	—	—	899	1 119	—	—	983	—	1 027	1 027	
7 720	—	7 720	7 720	—	5 140	—	—	987	1 210	—	—	983	—	1 086	1 086	
8 920	—	8 460	8 920	—	5 140	—	—	1 157	1 366	—	—	983	—	1 236	1 109	
6 820	—	6 820	6 820	—	5 140	—	—	847	1 074	—	1 032	—	—	1 078	1 078	
7 510	—	7 510	7 510	—	5 140	—	—	948	1 178	—	1 032	—	—	1 078	1 078	
8 150	—	8 150	8 150	—	5 140	—	—	1 040	1 273	—	1 032	—	—	1 141	1 141	
9 410	—	8 460	8 460	—	5 140	—	—	1 220	1 458	—	1 032	—	—	1 297	1 164	
8 700	—	8 700	8 700	8 700	5 140	5 140	—	1 106	1 388	1 388	1 229	1 388	1 283	1 283	1 283	
9 440	—	9 440	9 160	9 160	5 140	5 140	—	1 213	1 500	1 500	1 229	1 500	1 358	1 358	1 358	
10 900	—	9 670	9 160	9 160	5 140	5 140	—	1 422	1 718	1 718	1 229	1 573	1 544	1 386	1 386	
1 820	1 820	—	—	—	—	—	—	205	—	—	—	—	—	—	—	
2 280	2 280	—	—	—	—	—	—	314	—	—	—	—	—	—	—	
3 130	3 130	—	3 130	3 130	3 130	3 130	420	—	700	700	700	700	—	—	—	
3 580	3 580	—	3 580	3 580	3 290	3 580	493	—	796	796	796	796	975	—	—	
4 030	4 030	—	4 030	4 030	3 290	4 030	565	—	891	891	822	891	1 092	—	—	
3 130	3 130	—	3 130	3 130	3 130	3 130	450	—	819	819	819	819	—	—	—	
3 580	3 580	—	3 580	3 580	3 290	3 580	528	—	931	931	931	931	1 236	—	—	
4 030	4 030	—	4 030	4 030	3 290	4 030	606	—	1 043	1 043	1 041	1 043	1 383	—	—	
5 490	5 490	—	5 490	—	4 150	—	756	—	1 160	—	1 041	—	1 383	—	—	
6 040	6 040	—	6 040	—	4 150	—	843	—	1 271	—	1 041	—	1 515	—	—	
5 860	5 860	—	5 860	—	4 150	—	791	—	1 190	—	1 041	—	1 383	—	—	
6 450	6 450	—	6 450	—	4 150	—	884	—	1 303	—	1 041	—	1 515	—	—	
5 860	5 850	—	5 860	5 860	4 150	4 150	804	—	1 228	1 228	1 096	1 228	1 456	—	—	
6 450	6 450	—	6 450	6 450	4 150	4 150	895	—	1 345	1 345	1 096	1 345	1 595	—	—	

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Size Outside Diameter (in.)	Nominal Weight Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	Inside Diameter (in.)	Threaded and Coupled				Extreme Line		Pipe Body Yield Strength (1,000 lbf)
					Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Coupling (in.)	Outside Diameter Special Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	Outside Diameter of Box Poweright (in.)	Collapse Resistance (psi)	
10 3/4	51 00	C-90	0.450	9.850	9.894	11.750	11.250	9.604	11.460	3.400	1,310
	55 50	C-90	0.495	9.780	9.604	11.750	11.250	9.604	11.460	4.160	1,435
	51 00	C-95	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.604	11.460	3.480	1,383
	55 50	C-95	0.495	9.760	9.604	11.750	11.250	9.604	11.460	4.290	1,515
	51 00	P-110	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	3.080	1,602
	55 50	P-110	0.495	9.760	9.604	11.750	11.250	9.604	11.460	4.610	1,754
	60 70	P-110	0.545	9.660	9.504	11.750	11.250	9.504	11.460	5.880	1,922
	65 70	P-110	0.595	9.560	9.404	11.750	11.250	—	—	7.500	2,088
	11 3/4	42 00	H-40	0.333	11.084	10.928	12.750	—	—	—	1,040
47 00		J-55	0.375	11.000	10.844	12.750	—	—	—	1,510	737
54 00		J-55	0.435	10.680	10.724	12.750	—	—	—	2,070	850
60 00		J-55	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	2,660	952
47 00		K-55	0.375	11.000	10.844	12.750	—	—	—	1,510	737
54 00		K-55	0.435	10.680	10.724	12.750	—	—	—	2,070	850
60 00		K-55	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	2,660	952
60 00		C-75	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,070	1,298
60 00		L-80	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,180	1,384
60 00		N-80	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,180	1,384
60 00		C-90	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,360	1,557
60 00		C-95	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,440	1,644
60 00		P-110	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,610	1,900
13 3/4		48 00	H-40	0.330	12.715	12.559	14.375	—	—	—	740
	54 50	J-55	0.380	12.615	12.459	14.375	—	—	—	1,130	850
	61 00	J-55	0.430	12.515	12.359	14.375	—	—	—	1,540	962
	68 00	J-55	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	1,950	1,069
	54 50	K-55	0.380	12.615	12.459	14.375	—	—	—	1,130	850
	61 00	K-55	0.430	12.515	12.359	14.375	—	—	—	1,540	962
	68 00	K-55	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	1,950	1,069
	68 00	C-75	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	2,220	1,458
	72 00	C-75	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	2,600	1,558
	68 00	L-80	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	2,260	1,556
	72 00	L-80	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	2,670	1,661
	68 00	N-80	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	2,260	1,556
	72 00	N-80	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	2,670	1,661
	68 00	G-90	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	2,320	1,750
	72 00	G-90	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	2,780	1,869
	68 00	C-95	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	2,330	1,847
	72 00	C-95	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	2,820	1,973
	68 00	P-110	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	2,330	2,139
	72 00	P-110	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	2,890	2,284

TABLA F 3.4 (CONTINUACIÓN)

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
	*Internal Pressure Resistance, psi														*Joint Strength - 1,000 lb <sup>f</sup>			
	Buttress Thread								Threaded and Coupled									
Plain End or Extreme Line	Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Special Clearance Coupling		Extreme Line			
	Short	Long	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Short	Long	Regular Coupling	Higher Grade <sup>†</sup>	Special Clearance Coupling	Higher Grade <sup>†</sup>	Standard Joint	Optional Joint				
6.590	6.590	--	6.590	--	4.150	--	692	--	1.287	--	1.112	--	1.465	--				
7.250	6.880	--	7.250	--	4.150	--	771	--	1.409	--	1.112	--	1.595	--				
6.860	6.880	--	6.860	--	4.150	--	927	--	1.354	--	1.151	--	1.529	--				
7.660	6.880	--	7.450	--	4.150	--	1.032	--	1.483	--	1.151	--	1.675	--				
8.060	7.860	--	7.450	7.450	4.150	4.150	1.080	--	1.594	1.594	1.370	1.594	1.620	--				
8.860	7.860	--	7.450	7.450	4.150	4.150	1.203	--	1.745	1.745	1.370	1.745	1.993	--				
9.760	7.860	--	7.450	7.450	4.150	4.150	1.338	--	1.912	1.912	1.370	1.754	2.000	--				
10.650	7.860	--	7.450	7.450	4.150	4.150	1.472	--	2.077	2.077	1.370	1.754	--	--				
1.980	1.980	--	--	--	--	--	307	--	--	--	--	--	--	--				
3.070	3.070	--	3.070	3.070	--	--	477	--	807	807	--	--	--	--				
3.560	3.560	--	3.560	3.560	--	--	568	--	931	931	--	--	--	--				
4.010	4.010	--	4.010	4.010	--	--	649	--	1.042	1.042	--	--	--	--				
3.070	3.070	--	3.070	3.070	--	--	509	--	935	935	--	--	--	--				
3.560	3.560	--	3.560	3.560	--	--	606	--	1.079	1.079	--	--	--	--				
4.010	4.010	--	4.010	4.010	--	--	693	--	1.208	1.208	--	--	--	--				
5.460	5.460	--	5.460	--	--	--	889	--	1.361	--	--	--	--	--				
5.830	5.820	--	5.830	--	--	--	913	--	1.399	--	--	--	--	--				
5.830	5.820	--	5.830	--	--	--	924	--	1.440	1.440	--	--	--	--				
6.550	5.820	--	6.300	--	--	--	1.011	--	1.517	--	--	--	--	--				
6.920	5.820	--	6.300	--	--	--	1.066	--	1.596	--	--	--	--	--				
8.010	5.820	--	6.300	6.300	--	--	1.242	--	1.877	1.877	--	--	--	--				
1.730	1.730	--	--	--	--	--	322	--	--	--	--	--	--	--				
2.730	2.730	--	2.730	2.730	--	--	514	--	909	909	--	--	--	--				
3.090	3.090	--	3.090	3.090	--	--	595	--	1.025	1.025	--	--	--	--				
3.450	3.450	--	3.450	3.450	--	--	675	--	1.140	1.140	--	--	--	--				
2.730	2.730	--	2.730	2.730	--	--	547	--	1.038	1.038	--	--	--	--				
3.090	3.090	--	3.090	3.090	--	--	633	--	1.169	1.169	--	--	--	--				
3.450	3.450	--	3.450	3.450	--	--	718	--	1.300	1.300	--	--	--	--				
4.710	4.550	--	4.710	--	--	--	905	--	1.496	--	--	--	--	--				
5.040	4.550	--	4.930	--	--	--	978	--	1.598	--	--	--	--	--				
5.020	4.550	--	4.930	--	--	--	952	--	1.545	--	--	--	--	--				
5.380	4.550	--	4.930	--	--	--	1.029	--	1.650	--	--	--	--	--				
5.020	4.550	--	4.930	4.930	--	--	963	--	1.585	1.585	--	--	--	--				
5.380	4.550	--	4.930	4.930	--	--	1.040	--	1.693	1.693	--	--	--	--				
5.650	4.550	--	4.930	--	--	--	1.057	--	1.683	--	--	--	--	--				
6.050	4.550	--	4.930	--	--	--	1.142	--	1.797	--	--	--	--	--				
5.970	4.550	--	4.930	--	--	--	1.114	--	1.772	--	--	--	--	--				
6.390	4.550	--	4.930	--	--	--	1.204	--	1.893	--	--	--	--	--				
6.910	4.550	--	4.930	4.930	--	--	1.297	--	2.079	2.079	--	--	--	--				
7.400	4.550	--	4.930	4.930	--	--	1.402	--	2.221	2.221	--	--	--	--				



# APÉNDICE G

## CÁLCULOS

### G 1 FLUIDO DE PERFORACIÓN

#### 1.- Cálculos de Volúmenes de Lodos

##### a) Hueco 16" Tubería de revestimiento Superficial 13 3/8" @ 2500' PM

Presión de Fractura:  $14 \text{ lb/gal} * 0.0519 \text{ lppc/pie} * 2500 \text{ pie} = 1817 \text{ lppc}$

Presión de poros:  $0.433 \text{ lppc/pie} * 2500 \text{ pie} = 1083 \text{ lppc}$

Peso de lodo: 8.8- 9.4 lb/gal

Presión Hidrostática: mínima  $0.052 * 8.8 * 2500' = 1144 \text{ lppc}$

máxima  $0.052 * 9.4 * 2500' = 1222 \text{ lppc}$

Volumen de Lodo (sin sarta):

$V_H: 16^2 / 1029.4 * 2500' * 2 = \underline{1243 \text{ BBls}}$

$V_{ar}: 1243 * 1.35 = \underline{1679 \text{ BBls}}$

**Volumen Total: 1679 BBls**

Desplazamiento de Volumen:

Desplazamiento Drill Pipe:  $0.00750 \text{ BBl/pie} * (2500 - 260.8) \text{ pie} = 17 \text{ BBls}$

Desplazamiento Drill Collar:  $0.055 \text{ BBl/pie} * 260.8 \text{ pie} = 14 \text{ BBls}$

Volumen Desplazado: 31 BBls

**Volumen en el hoyo con sarta: 1679 BBls -31 BBls = 1648 BBls**

Capacidad Drill Pipe:  $0.0178 * (2500-260.8) \text{ pie} = 40 \text{ BBls}$

Capacidad Drill Collar:  $0.00766 \text{ BBL/pie} * 260.8 \text{ pie} = 2 \text{ BBLS}$

**b) Hueco 12 1/4" Tuberia de revestimiento 9 5/8" @ 10822' PM**

Gradiente de Fractura:  $15 \text{ lb/gal} * 0.0519 \text{ lppc/pe} * 10585 \text{ pie} = 8240 \text{ lppc}$

Presión de poros:  $0.433 \text{ lppc/pe} * 10585 \text{ pie} = 4583 \text{ lppc}$

Peso de lodo:  $9.7 - 10.7 \text{ lb/gal}$

Presión Hidrostática:  $\text{mínima } 0.052 * 9.7 * 10585' = 5229 \text{ lppc}$

$\text{máxima } 0.052 * 10.7 * 10585' = 6880 \text{ lppc}$

Volumen de Lodo (sin sarta):

$V_H: 12.25^2 / 1029.4 * (10822' - 2500') * 1.5 = 1820 \text{ BBLS}$

$V_{ar}: 1820 \text{ BBLS} * 1.35 = 2457 \text{ BBLS}$

$V_{tr}^{13 \ 3/8"}: 0.1521 \text{ BBL/pe} * 2500 \text{ pie} = 380 \text{ BBLS}$

**Volumen Total: 2837 BBLS**

Desplazamiento de Volumen:

Desplazamiento Drill Pipe:  $0.00750 \text{ BBL/pe} * (10822 - 239.63) \text{ pie} = 79 \text{ BBLS}$

Desplazamiento Drill Collar:  $0.055 \text{ BBL/pe} * 239.63 \text{ pie} = 13 \text{ BBLS}$

Volumen Desplazado: 92 BBLS

**Volumen en el hoyo con sarta: 2837 BBLS - 92 BBLS = 2745 BBLS**

Capacidad Drill Pipe:  $0.0178 \text{ BBL/pe} * (10822' - 239.63) \text{ pie} = 189 \text{ BBLS}$

Capacidad Drill Collar:  $0.00766 \text{ BBL/pe} * 239.63 \text{ pie} = 2 \text{ BBLS}$



**c) Hueco 8 1/2" Tubería corta de revestimiento 7" @ 12315' PM**

Presión de Fractura:  $15 \text{ lb/gal} * 0.0519 \text{ lppc/pie} * 11216 \text{ pie} = 8732 \text{ lppc}$

Presión de poros:  $0.433 \text{ lppc/pie} * 11216 \text{ pie} = 5332 \text{ lppc}$

Peso de lodo: 10.4 - 12.0 lb/gal

Presión Hidrostática: mínima  $0.052 * 10.4 * 11216' = 6066 \text{ lppc}$

máxima  $0.052 * 12.0 * 11216' = 6999 \text{ lppc}$

Volumen de Lodo (sin sarta):

$V_H: 8.5^2 / 1029.4 * (12315' - 10822') * 1.5 = 157 \text{ BBls}$

$V_{ar}: 157 \text{ BBls} * 1.35 = \underline{212 \text{ BBls}}$

$V_{tr 9 5/8"}: 0.0732 \text{ BBl/pie} * 10822 \text{ pie} = \underline{792 \text{ BBls}}$

**Volumen Total: 1004 BBls**

Desplazamiento de Volumen:

Desplazamiento Drill Pipe:  $0.00750 \text{ BBl/pie} * (12315 - 84.39) \text{ pie} = 92 \text{ BBls}$

Desplazamiento Drill Collar:  $0.03657 \text{ BBl/pie} * 84.39 \text{ pie} = 3 \text{ BBls}$

Volumen Desplazado = 95 BBls

**Volumen en el hoyo con sarta: 1004 BBls - 95 BBls = 909 BBls**

Capacidad Drill Pipe:  $0.0178 \text{ BBl/pie} * (12315 - 84.39) \text{ pie} = 218 \text{ BBls}$

Capacidad Drill Collar:  $0.00768 \text{ BBl/pie} * 84.39 \text{ pie} = 0.6 \text{ BBls}$

**d) Hueco 6" Tubería corta producción 5" @ 13365' PM**

Presión de Fractura:  $15 \text{ lb/gal} * 0.0519 \text{ lppc/pie} = 0.7785 \text{ lppc/pie} * 11216 \text{ pie}$

$= 8732 \text{ lppc}$

Presión de poros:  $0.433 \text{ lppc/pie} * 11216 \text{ pie} = 5332 \text{ lppc}$

Peso de lodo: 10.3 – 12.0 lb/gal

Presión Hidrostática: mínima  $0.052 * 10.3 * 11216' = 6007 \text{ lppc}$

máxima  $0.052 * 12.0 * 11216' = 7290 \text{ lppc}$

Volumen de Lodo (sin sarta):

$V_{H}: 6^2/1029.4 * (13635' - 12315') * 1.5 = 69 \text{ BBls}$

$V_{ar}: 69 \text{ Bbls} * 1.35 = \underline{94 \text{ BBls}}$

$V_{\text{tubería corta de revestimiento } 7''}: 0.0372 \text{ BBl/pie} * (12315 - 10622) \text{ pie} = \underline{63 \text{ BBls}}$

$V_{\text{tr } 9 \text{ 5/8''}}: 0.0732 \text{ BBl/pie} * 10622 \text{ pie} = \underline{778 \text{ BBls}}$

**Volumen Total: 935 BBls**

Desplazamiento de Volumen:

Desplazamiento Drill Pipe:  $0.00587 \text{ BBl/pie} * (13635 - 118.05) \text{ pie} = 79 \text{ BBls}$

Desplazamiento Drill Collar:  $0.0170 \text{ BBl/pie} * 118.05 \text{ pie} = 2 \text{ BBls}$

Volumen Desplazado: 81 BBls

**Volumen en el hoyo con sarta: 935 BBls - 81 BBls = 854 BBls**

Capacidad Drill Pipe:  $0.00658 \text{ BBl/pie} * (13635 - 118.05) \text{ pies} = 89 \text{ BBls}$

Capacidad Drill Collar:  $0.00491 \text{ BBl/pie} * 118.05 \text{ pies} = 0.6 \text{ BBls}$

## **2.- Calculo de aditivos**

### **a.- Lodo Base Agua**

Volumen de bentonita requerida:

$$V_{ben} = 1679 * (35-8.9)/(35-8.6) = 1660 \text{ BBls.}$$

$$V_a = 1660 * (21.66 - 8.66)/(21.66-8.33) = 1627 \text{ BBls. volumen de agua requerida}$$

$$\text{Arcilla requerida: } 1627 * \frac{910 * (8.6 - 8.33)}{21.66 - 8.9} = 30602 \text{ lbs}$$

$$\text{Barita requerida: } 1660 * \frac{1470 * (8.9 - 8.6)}{35 - 8.9} = 27526 \text{ Lbs}$$

Barita necesitada para incrementar peso de lodo de 8.9 a 9.5 lb/gal

$$V_{adc.} = \frac{1679 * 26 - 9.5}{26 - 8.9} = 1620 \text{ BBls volumen inicial de lodo}$$

$$\text{Barita requerida: } 1620 * \frac{1092 * (9.5 - 8.9)}{26 - 9.5} = 64332 \text{ Lbs}$$

$$\text{Volumen de agua} = 1679 - \frac{64332}{1470} - 1620 = 15 \text{ BBls}$$

Concentraciones y cantidad de aditivo :

$$\text{MI-Gel: } 30602 \text{ Lbs} * 1 \text{ sx}/100 \text{ lbs} = 306 \text{ sacos}$$

$$\text{MI-Bar: } (27526 + 64332) * 1 \text{ sx}/4400 \text{ lbs} = 21 \text{ sacos}$$

$$\text{Gelex : } 0.07 \text{ lbs/bbl} * 1679 \text{ BBls} = 118 \text{ lbs} * 1 \text{ sx}/2 \text{ lbs} = 59 \text{ sacos}$$

$$\text{Soda Cáustica: } 0.55 \text{ lbs/bbl} * 1679 = 923 \text{ lbs} * 1 \text{ sx}/55 \text{ lbs} = 17 \text{ sacos}$$

$$\text{Tananathin: } 4 \text{ lbs/bbl} * 1679 \text{ BBls} = 6716 \text{ Lbs} * 1 \text{ sx}/50 \text{ lbs} = 134 \text{ sacos}$$

$$\text{Soda Ash} = 2 \text{ lb/bbls} * 1679 \text{ BBls} = 3358 \text{ lbs} * 1 \text{ sx}/66 \text{ lbs} = 61 \text{ sacos}$$

$$\text{Descos CF} = 3.5 \text{ lb/BBL} * 1679 \text{ BBls} = 5877 \text{ Lbs} * 1 \text{ sx}/25 \text{ lbs} = 235 \text{ sacos}$$

**b.- Lodo Base Sintético**Concentraciones y cantidad de aditivo :

Novamul: 3 Lb/bbl

Novawet: 2 Lb/BBl

Claystone: 12 Lb/Bbl

Stabihole: 15 Lb/BBl

Versalig: 5 Lb/BBl

Cal: 1 Lb/BBl

Cantidades de aditivos.-

Novamul: 3 Lb/BBl \* 2837 BBls = 8511 lbs / (7.6 lbs/gal) = 1120 gal

Novawet: 2 Lb/BBl \* 2837 BBls = 5674 lbs / (7.9 lbs/gal) = 718 gal

Claystone: 12 Lb/Bbl \* 2837 BBls = 34044 lbs / (50 Lbs /sxs) = 681 sacos

Stabihole: 15 Lb/BBl \* 2837 BBls = 4255 lbs / (50 Lbs /sxs) = 852 sacos

Versalig: 5 Lb/BBl \* 2837 BBls = 1485 lbs / (50 Lbs /sxs) = 284 sacos

Cal: 1 Lb/BBl \* 2837 BBls = 283 lbs / (50 Lbs /sxs) = 57 sacos

MI-Bar: 140 Lb/BBl \* 2837 BBls = 397180 Lbs / (4400 lbs/sxs) = 100 sacos

Versaplus : 2837 \* 0.74 = 2328 BBls

Volumen de Barita requerida:

a) Formación Chalcana 9.7 lb/gal a 10.4 Lb/gal:

Barita requerida:  $1470 * (10.4 - 9.7)/(35 - 10.4) = 42 \text{ lb/bbls}$  $= 42 \text{ lb/bbls} * 2837 \text{ BBls} = \mathbf{119154 \text{ lbs}}$

b) Formación Orteguzza 10.4 lb/gal a 10.7 Lb/gal:

Barita requerida:  $1470 * (10.7 - 10.4)/(35 - 10.7) = 18 \text{ lb/bbls}$

$$= 18 \text{ lb/bbls} * 2837 \text{ BBls} = \mathbf{51066 \text{ lbs}}$$

c) Formación Napo 10.7 Lb/gal a 11.8:

Barita requerida:  $1470 * (11.8 - 10.7)/(35 - 11.8) = 70 \text{ lb/bbls}$

$$= 70 \text{ lb/bbls} * 2837 \text{ BBls} = \mathbf{198590 \text{ lbs}}$$

## G2 CÁLCULOS DE DISEÑO DE LA TUBERÍA DE REVESTIMIENTO

### Tubería de Revestimiento Superficial

	<i>ESTALLIDO</i>	<i>COLAPSO</i>	<i>TENSION</i>
<b>Tubería de Revestimiento disponible</b>	Tabla C	Tabla C	Tabla C
<b>Costo</b>	Mínimo	Mínimo	Mínimo
<b>Densidad del Lodo (psi / ft)</b>	9.4	9.4	9.4
<b>Gradiente de Fractura (psi / ft)</b>	0.614	0.614	0.614
<b>Gradiente de Fractura en Equivalente de peso del Lodo (lbm / gal)</b>	11.81	11.81	11.81
<b>Factor de Seguridad Gas</b>	1.1	1.1	1.6
<b>Gradiente de Presión normal del Poro (psi / ft)</b>	Metano	Metano	Metano
<b>Gradiente de Temperatura (°F / ft)</b>	0.433	0.433	0.433
<b>Zona de perdida de Circulación (ft)</b>	1.5/100	1.5/100	1.5/100
<b>Zona permeable arriba de la zona de perdida de circulación</b>	—	10,585	—
<b>Fuerza para extraer la tubería (lbf)</b>	No	No	No
<b>Profundidad de asentamiento (ft)</b>	100,000	100,000	100,000
	2,500	2,500	2,500

### CÁLCULOS DE PRESIÓN

El OD de la tubería de revestimiento seleccionado es de 13.375 (13 3/8) in. y va a ser asentado a 2500 pies. Primero eliminamos el tubo de revestimiento que no es adecuado para la carga del diseño por estallido.

El equivalente del peso del lodo del gradiente de fractura a 2500 pies es de 11, 81 lbm/gal. Para una presión de inyección el gradiente es 0.3 lbm/gal mayor que la presión de fractura.

$$p_i = 0.052 (11.81 + 0.3) (2500) = 1574.3 \text{ psi} \approx 1575 \text{ psi.}$$

El gradiente del gas metano lo calculamos con la Ecuación para unidades de campo:

$$\rho = (p * M) / (80.3 * z * T)$$

para un gas ideal  $z = 1$  y  $T = 80 + (1.5 * 25) = 117.5 + 460 = 578^\circ\text{R}$ , por lo tanto

$$\begin{aligned} 0.52 \rho &= 0.052 \frac{(1575 + 15) (16)}{80.3 * 1 * 578} \\ &= 0.029 \text{ psi / ft.} \end{aligned}$$

Entonces las condiciones de carga para el diseño de la tubería de revestimiento superficial:

$$1575 - 0.029(2500) = 1502.5 \text{ psi}; \approx 1510 \text{ psi.}$$

La presión externa en superficie es cero. Para un gradiente de presión normal de los poros de la formación de 0.433 psi/ft, la presión externa en el punto de asentamiento de la tubería de revestimiento es:

$$0.433 * 2500 = 1082.5 \text{ psi} \approx 1085 \text{ psi.}$$

El diferencial de presión que tiende a estallar el tubería de revestimiento es de 1510 psi en superficie y (1510 - 1085) 425 psi en la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento. Multiplicando esta presión por el factor de seguridad de cedencia de 1.1, se obtiene una carga para el diseño por estallido de 1660 psi en superficie y 428 psi en la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento. Ver la representación gráfica.

En base a lo anterior y refiriéndonos a la Tabla 3.4, observamos que todas las tasas de estallido listados en la tabla están dentro de los requerimientos de diseño.

La presión externa para el diseño por colapso esta basada en la densidad del lodo cuando el tubería de revestimiento esta corrido: de acuerdo a lo planeado la densidad del lodo es de 9.4 lbm/gal y la presión externa a 2500 ft es:

$$0.052 * 9.4 * 2500 = 1222 \text{ psi}$$

La presión interna para el diseño por colapso esta controlada por la máxima perdida en el nivel del fluido que podría ocurrir si un severo problema de perdida de circulación es encontrado. La profundidad máxima del nivel del lodo es calculado por la Ecuación:

$$D_m = \frac{(\rho_{\max} - g_p)}{\rho_{\max}} D_{lc} ; \text{ donde}$$

$D_m$  : Profundidad máxima del nivel del lodo.

$D_{lc}$  : Profundidad vertical verdadera

$g_p$  : Gradiente de presión

$\rho_{max}$ : Máxima densidad del lodo.

Asumiendo para el siguiente tubería de revestimiento un gradiente de presión normal, una pérdida de circulación no esperada cerca de la profundidad de asentamiento de 10585 pies y la densidad del lodo planeado con 10.7 lbm/gal y si no esta expuesto a zonas permeables arriba de esta profundidad, entonces:

$$D_m = (10.7 - 0.433/0.052)(10585) / 10.7 = 2348 \text{ ft.}$$

Para esas condiciones el nivel del lodo puede caer unos 152 ft., entonces la presión interna se asume como cero hasta los 2348 ft y

$$(0.052) (10.7) (152) = 85 \text{ psi}$$

en el fondo de la tubería de revestimiento.

Notar que cuando se esta corriendo el tubería de revestimiento este diseño permitiría que nivel de fluido interno descienda con seguridad hasta una profundidad de 2348 ft.. Entonces, si se desea, el tubería de revestimiento podría estar parcialmente “flotando” sin exceder el diseño por colapso.

La presión diferencial que tiende a colapsar el tubería de revestimiento en superficie es cero;

$$(0.052) (9.4) (2348) = 1148 \text{ psi}$$

a los 2348 ft., y

$$(1222 - 85) = 1137 \text{ psi}$$

en la profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento a los 2500 ft..

Multiplicando esta presión por el factor de seguridad de 1.1 para la cedencia en el diseño por colapso obtenemos:

<b>PRESION (psi)</b>	<b>PROFUNDIDAD (ft)</b>	<b>DESCRIPCION</b>
0	0	Superficie
1263	2348	Nivel de caída del Lodo
1251	2500	Profundidad de Asentamiento

Ver representación gráfica.

Basados en el gráfico y en la tabla C, podemos decir con seguridad que los mas indicados para este caso serian **J-55 de 61 lb/ft o el K-55 de 61 lb/ft.**

### CALCULOS DE TENSION

El tercer paso es el diseño del cuerpo de la tubería de revestimiento y la rosca de la misma basados sobre los requerimientos de tensión en base a los diseños preliminares de estallido y colapso.

Este requisito fue especificado mientras se esta corriendo el tubería de revestimiento cuando el pozo contiene un lodo de 9.4 lbm/gal.

Observando el diagrama de cuerpo libre, decimos que la tensión axial en el tope de la sección esta dada por:

$$F_a = w * L - p * A_s$$

L: longitud de la sección de la tubería de revestimiento

p: presión hidrostática al fondo

A<sub>s</sub>: Area de la sección transversal

Tanto para el J-55 como para el K-55

ya que ambos pesan lo mismo por pie:

$$F_a = 61(2500) - (0.052 * 9.3 * 2500) 17.487$$

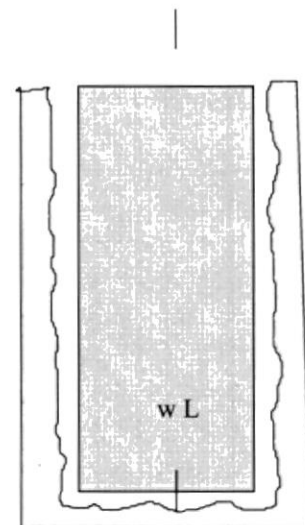
$$F_a = 131358 * 1.1$$

$$F_a = 144,494 \text{ Lbs}$$

Ver la representación gráfica.



F<sub>a</sub>



p | A<sub>s</sub>

Basados en las especificaciones técnicas, recomendamos usar la tubería de revestimiento **K-55 de 61 lb/ft o J-55 de 61 lb/ft**. Ya que ambas cumplen con todas las especificaciones requeridas

En resumen la tubería que se va a usar será:

Diámetro externo	Peso	Grad	Conn	Espesor de pared	Diámetro interno	Calibr.	OD de la Unión	Pres. Colap	Pres. Estall	Esfue. Tens Cuerp 1000	Esfue. Tens Unión 1000
(in)	Lb/Ft			(in)	(in)	(in)	(in)	(psi)	(psi)	(Lbs)	(Lbs)
13.375	61.00	J-55	BTC	0.430	12.515	12.359	14.375	1540	3090	962	1025
13.375	61.00	K-55	BTC	0.430	12.515	12.359	14.375	1540	3090	962	1169

## Tubería de Revestimiento Intermedio

<b>DATOS</b>	<b>ESTALLIDO</b>	<b>COLAPSO</b>	<b>TENSION</b>
<b>Tubería de Revestimiento disponible</b>	Tabla C	Tabla C	Tabla C
<b>Peso del Lodo del intervalo (lbm / gal)</b>	10.7	10.7	10.7
<b>Peso del Lodo del siguiente intervalo (lbm / gal)</b>	12	12	12
<b>Gradiente de Fractura en la zapata (psi / ft)</b>	0.90	0.90	0.90
<b>Factor de Seguridad Gas</b>	1.1	1.1	1.5
<b>Gradiente de Presión normal del Poro (psi / ft)</b>	Metano	Metano	Metano
<b>Gradiente de Temperatura (°F / ft)</b>	0.433	0.433	0.433
<b>Profundidad de asentamiento del siguiente intervalo (ft)</b>	1.5/100	1.5/100	1.5/100
<b>Profundidad de asentamiento TVD / MD (ft)</b>	11,216	11,216	11,216
<b>Profundidad del punto de desvío TVD (ft)</b>	10,585 / 10,822	10,585 / 10,822	10,585 / 10,822
	8,800	8,800	8,800

CÁLCULOS DE PRESIÓN**COLAPSO**

Gradiente externo del lodo, de

$$de = 10.7 * 0.052$$

$$de = 0.556 \text{ psi/ft}$$

Gradiente interno del lodo, dimax

$$dimax = 12 * 0.052$$

$$dimax = 0.624 \text{ psi / ft}$$

Presión del poro mínima debajo de la zapata, dimin

$$dimin = 0.433 \text{ psi / ft}$$

Profundidad de asentamiento de la tubería de revestimiento, Zp

$$Zp = 10585 \text{ ft.}$$

Profundidad del nivel del lodo, Zo

$$Zo = Zp (1 - dimin/dimax)$$

$$= 10585 (1 - 0.433/0.624)$$

$$Zo = 3240 \text{ ft.}$$

Presión de Colapso desde 0 hasta 3240 ft.

$$\mathbf{Pc = 0.556 Z}$$

Presión de Colapso desde 3240 ft. hasta 10585 ft.

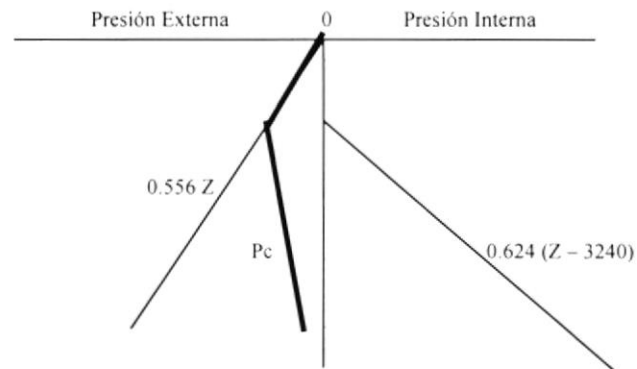
$$Pc = 0.556 Z - 0.624 (Z - 3240)$$

$$\mathbf{Pc = 2022 - 0.068 Z}$$



Entonces tenemos:

Profundidad (ft)	Presión de Colapso (psi) FS = 1.0	Presión de Colapso (psi) FS = 1.1
0	0	0
3240	1801	1981
10585	1302	1432



## ESTALLIDO

Presión de Fractura en la zapata, Pfz

$$Pfz = 0.90 * 10585$$

$$Pfz = 9527 \text{ psi}$$

Presión de Fractura en siguiente intervalo, Pfni

$$Pfni = 0.90 * 11216$$

$$Pfni = 10094 \text{ psi}$$

Presión del Poro del siguiente intervalo, Ppni

$$Ppni = 0.624 * 11216$$

$$Ppni = 6999 \text{ psi}$$

Ya que la profundidad de asentamiento excede los 4000 ft., nosotros asumimos que algún remanente de lodo esta en la tubería protectora después de un amago de

reventón (escape de fluidos desde el fondo hasta la superficie), y que la longitud de la columna de gas expresada como una fracción del total de la longitud del pozo es:

$$\sqrt{(4000 / 11216)} = 0.597$$

Recordando que estamos asumiendo una completa expulsión del gas y el lodo hasta la superficie, y que debemos descontar la longitud de la columna de gas para la evacuación completa del lodo a tal profundidad. Esto nos da un total de columna de gas de:

$$0.597 * 11216 = 6698 \text{ ft.}$$

La cual nos deja a nosotros con :

$$11216 - 6698 = 4518 \text{ ft de lodo de 12 ppg.}$$

Necesitamos considerar toda la columna de gas, puesto que, la presión de fractura en la zapata es mayor que la presión del poro en la profundidad total.

Si el pozo contiene 4518 ft de lodo arriba del gas, la presión del gas en la profundidad del siguiente intervalo es:

$$P_{fni} = 10094 \text{ psi}$$

Con el fin de obtener la presión de estallido, necesitamos conocer la presión del gas a los 4518 ft.

- i) Calculamos el promedio de la temperatura en el gas.

$$\text{Temp en el tope del Gas} = 80^{\circ}\text{F} + 1.5^{\circ}\text{F}/100 * 4518/100$$

$$= 148^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned}\text{Temp en el fondo del Gas} &= 80^{\circ}\text{F} + 1.5^{\circ}/100 * 11216/100 \\ &= 248^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Promedio de Temp} &= (148 + 248) / 2 \\ &= 198^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TAVG, }^{\circ}\text{R} &= 198 + 460 \\ &= 658^{\circ}\text{R}\end{aligned}$$

ii) Calculamos la presión del gas en el tope de la columna de Gas.

La presión del gas es calculada por ensayo y error, de donde obtenemos:  **$P_{\text{GAS}} = 8265 \text{ psi}$**

La presión en superficie( $P_s$ ) es igual a la presión en el tope de la columna de gas (8265 psi a 4518 ft.) menos la presión hidrostática de la columna de lodo arriba del gas.

$$P_s = 8265 - (0.052 * 12 * 4518)$$

$$\mathbf{P_s = 5446 \text{ psi}}$$

### Presión Interna

Presión en el Lodo,  $Z \leq 4518 \text{ ft.}$

$$\begin{aligned}P_i &= P_s + Z \text{ dimax} \\ &= 5446 + 0.624 Z\end{aligned}$$

Presión en el Gas,  $Z \geq 4518 \text{ ft}$

Presión en el Gas =  $P_s + (\text{Pres. Hidrost. Lodo}) + (\text{Pres. Hidrost. Gas})$

$$P_s = 5446 \text{ psi.}$$

$$\text{Pres. Hidrost. Lodo} = 0.624 * 4518 = 2819 \text{ psi}$$

$$\text{Gradiente Pres. Gas} = (\text{Pres. Gas Fondo} - \text{Pres. Gas Tope}) / \text{Long. Gas}$$

$$\text{Gradiente Pres. Gas} = (9534 - 8265) / (11216 - 4518)$$

$$= 0.189 \text{ psi / ft.}$$

$$\text{Presión en el Gas} = 5446 + 2819 + (0.189)(Z - 4518)$$

$$= 7411 + 0.189 Z$$

$$\text{Presión de Estallido} = \text{Presión Interna} - \text{Presión Externa}$$

$$\text{Presión Externa} = 0.433 Z$$

La interfase entre el lodo y en gas ocurre en los 4518 ft.

**Desde Superficie hasta 4518 ft.**

$$P_b = P_i - P_e$$

$$= (5446 + 0.624 Z) - 0.433 Z$$

$$P_b = 5446 + 0.191 Z$$

**Desde 4518 ft hasta 11216 ft.**

$$P_b = P_i - P_e$$

$$= (7411 + 0.189 Z) - 0.433 Z$$

$$P_b = 7411 - 0.244 Z$$

La presión de estallido requerida puede ser sumariada en 3 diferentes profundidades.

Profundidad (ft)	Pres. Estallido (psi) FS = 1.0	Pres. Estallido (psi) FS = 1.1
0	5446	5991
4518	6309	6940
11216	4674	5141

Basados en el gráfico y en la tabla C, podemos decir con seguridad que los mas indicados para este caso serian:

<b>Grado</b>	<b>Peso (lb/ft)</b>
<b>C-75</b>	53.5
<b>L-80</b>	53.5
<b>N-80</b>	53.5
<b>C-90</b>	43.5
<b>C-90</b>	47
<b>C-95</b>	43.5
<b>C-95</b>	47



### CÁLCULOS DE TENSIÓN

El requerimiento de tensión esta basado en los diseños preliminares de estallido y colapso.

Este requisito se especifica mientras se esta corriendo el tubería de revestimiento intermedia, cuando el pozo contiene un lodo de 10.7 lbm/gal.

En vista que no esta planificado realizar un diseño con cambio de diámetros internos, decimos que la tensión axial en el tope de la sección esta dada por:

$$F_a = ((w * L) - (p * A_s)) * F_S$$

L: Longitud de la tubería de revestimiento

w: Peso de la tubería de revestimiento

p: Presión hidrostática al fondo

A<sub>s</sub>: Area de la sección transversal

F<sub>S</sub>: Factor de Seguridad

Resolviendo este calculo para todos los grados de tubería anteriormente especificados:

$$L = 10,822 \text{ ft.}$$

$$p = 0.052 * 10.7 * 10585$$

$$p = 5889 \text{ psi.}$$

$$FS = 1.5$$

<b>Grado</b>	<b>Peso</b>	<b>ID</b>	<b>Area</b>	<b>Tensión</b>
C-75	53,5	8,535	15,55	731124
L-80	53,5	8,535	15,55	731124
N-80	53,5	8,535	15,55	731124
C-90	43,5	8,755	12,56	595186
C-90	47	8,681	13,57	643050
C-95	43,5	8,755	12,56	595186
C-95	47	8,681	13,57	643050

Como todos sabemos mientras una tubería es mas pesada , su valor aumenta , es por ese motivo que podemos omitir las mas pesada y quedarnos tan solo con dos grados.

En vista que ninguna excede los requerimientos de diseño, sugerimos usar cualesquiera de ellas o una que cumpla con todos estos requisitos aunque no este listada en la tabla C. La ultima decisión queda a cargo del departamento de adquisiciones, el cual tiene que realizarlo de la manera mas económica y rentable para la empresa.

En resumen la tubería que se podría usar es:

Diámetro externo	Peso	Grad	Conn	Espesor de pared	Diámetro interno	Calibr.	OD de la Unión	Pres. Colap	Pres. Estall	Esfue. Tens. Cuerp 1000	Esfue. Tens. Unión 1000
(in)	Lb/Ft			(in)	(in)	(in)	(in)	(psi)	(psi)	(Lbs)	(Lbs)
9.625	43.50	C-90	BTC	0.435	8.755	8.599	10.625	4010	7120	1130	1119
9.625	47.00	C-90	BTC	0.472	8.681	8.525	10.625	5000	7720	1221	1210
9.625	43.50	C-95	BTC	0.435	8.755	8.599	10.625	4120	7510	1193	1178
9.625	47.00	C-95	BTC	0.472	8.681	8.525	10.625	5090	8150	1289	1273

## Liner de Producción

Para el diseño de la tubería por estallido, se asume que el pozo original tiene una presión de cierre de la tubería de producción en el fondo igual a la presión del poro de la formación y a un fluido gaseoso producido por el pozo, por esta razón al gradiente de presión de formación le agregamos 0.5 lb/gal.

<b>DATOS</b>	<b>ESTALLIDO</b>	<b>COLAPSO</b>	<b>TENSION</b>
<b>Tubería de Revestimiento disponible</b>	Tabla C	Tabla C	Tabla C
<b>Peso del Lodo (lbm / gal)</b>	10.4	10.4	10.4
<b>Peso del Lodo del siguiente intervalo (lbm / gal)</b>	12	12	12
<b>Factor de Seguridad Gas</b>	1.1	1.1	1.5
<b>Gradiente de Presión del Poro en la profundidad de asentamiento (psi / ft)</b>	0.541	0.541	0.541
<b>Gradiente de Temperatura (°F / ft)</b>	1.5/100	1.5/100	1.5/100
<b>Profundidad de asentamiento del siguiente intervalo (ft)</b>	11,216	11,216	11,216
<b>Profundidad de asentamiento TVD / MD (ft)</b>	11,216 / 12,315	11,216 / 12,315	11,216 / 12,315
<b>Densidad del Fluido de Completación (lb/gal)</b>	12	12	12

### CÁLCULOS DE PRESIÓN

Presión de cierre de la tubería de producción, SITP

$$\text{SITP} = 11216 * (0.541 + (0.5 * 0.052))$$

$$\text{SITP} = \mathbf{6400 \text{ psi}}$$

### COLAPSO

Presión de colapso a 10585 ft.

$$P_c = 10585 * 12 * 0.052$$

$$P_c = \mathbf{6605 \text{ psi}}$$

Presión de colapso a 11216 ft.

$$P_c = 11216 * 12 * 0.052$$

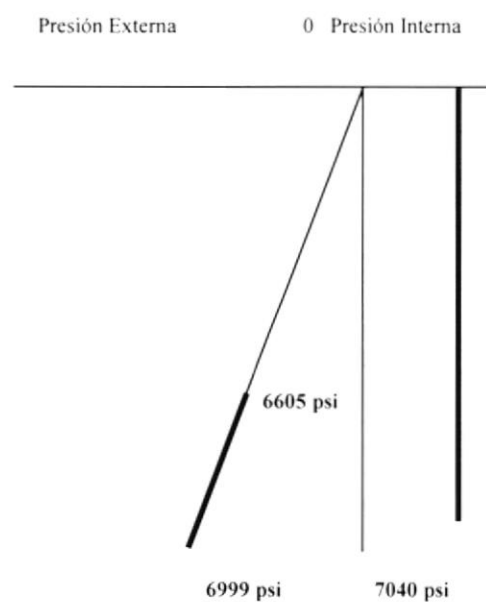
$$P_c = \mathbf{6999 \text{ psi}}$$

### ESTALLIDO

La presión de estallido con un FS = 1.1 es:

$$P_b = 6400 * 1.1$$

$$P_b = \mathbf{7040 \text{ psi}}$$



En consecuencia, de la tabla C la tubería mas indicada es **L-80 de 29 lb/ft** y **N-80 de 29 lb/ft**.

### CÁLCULOS DE TENSIÓN

El requerimiento de tensión esta basado en los diseños preliminares de estallido y colapso.

Este requisito se especifica mientras se esta corriendo el tubería de revestimiento intermedia, cuando el pozo contiene un lodo de 10.4 lbm/gal.

En vista que no esta planificado realizar un diseño con cambio de diámetros internos, observando el diagrama de cuerpo libre, decimos que la tensión axial en el tope de la sección esta dada por:

$$F_a = [ (P_t * A_s) + (w * L) - (P_f * A_s) ] * F_S$$

L: Longitud de la tubería de revestimiento

w: Peso de la tubería de revestimiento

P<sub>t</sub>: Presión hidrostática en el tope de la tubería

P<sub>f</sub>: Presión hidrostática al fondo de la tubería

A<sub>s</sub>: Area de la sección transversal de la tubería

F<sub>S</sub>: Factor de Seguridad

Resolviendo este calculo para todos los grados de tubería anteriormente especificados:

$$L = 12315 - 10,822$$

$$L = 1493 \text{ ft.}$$

$$P_t = 0.052 * 10.4 * 10822$$

$$P_t = 5853 \text{ psi.}$$

$$P_f = 0.052 * 10.4 * 11216$$

$$P_f = 6066 \text{ psi.}$$

$$FS = 1.0$$

Grado	Peso	Area	Tensión
L-80	29	8,45	41497
N-80	29	8,45	41497

La razón por la que la tensión sale negativa es que esa cantidad de liner tiende a flotar, es mas tiende a subir por el pozo, es por esta razón que al liner se lo baja rotando.

Por consiguiente, no se cambia la tubería escogida, cuyas características son:

Diámetro externo	Peso	Grad	Conn	Espesor de pared	Diámetro interno	Calibr.	OD de la Unión	Pres. Colap	Pres. Estall	Esfue. Tens Cuerp 1000	Esfue. Tens Unión 1000
(in)	Lb/Ft			(in)	(in)	(in)	(in)	(psi)	(psi)	(Lbs)	(Lbs)
7	29	L-80	BTC	0.408	6.184	6.059	7.656	7020	8160	676	718
7	29	N-80	BTC	0.408	6.184	6.059	7.656	7020	8160	676	746

### Liner de Producción (opcional)

Para el diseño de la tubería por estallido, se asume que el pozo original tiene una presión de cierre de la tubería de producción en el fondo igual a la presión del poro de la formación y a un fluido gaseoso producido por el pozo, por esta razón al gradiente de presión de formación le agregamos 0.5 lb/gal.

<b>DATOS</b>	<b>ESTALLIDO</b>	<b>COLAPSO</b>	<b>TENSION</b>
<b>Tubería de Revestimiento disponible</b>	Tabla C	Tabla C	Tabla C
<b>Peso del Lodo (lbm / gal)</b>	10.4	10.4	10.4
<b>Factor de Seguridad</b>	1.1	1.1	1.5
<b>Gradiente de Presión del Poro en la profundidad de asentamiento (psi / ft)</b>	0.541	0.541	0.541
<b>Gradiente de Temperatura (°F / ft)</b>	1.5/100	1.5/100	1.5/100
<b>Profundidad de asentamiento TVD / MD (ft)</b>	11,216 / 13,635	11,216 / 13,635	11,216 / 13,635
<b>Densidad del Fluido de Completación (lb/gal)</b>	12	12	12

### CÁLCULOS DE PRESIÓN

Presión de cierre de la tubería de producción, SITP

$$\text{SITP} = 11216 * (0.541 + (0.5 * 0.052))$$

$$\text{SITP} = 6400 \text{ psi}$$

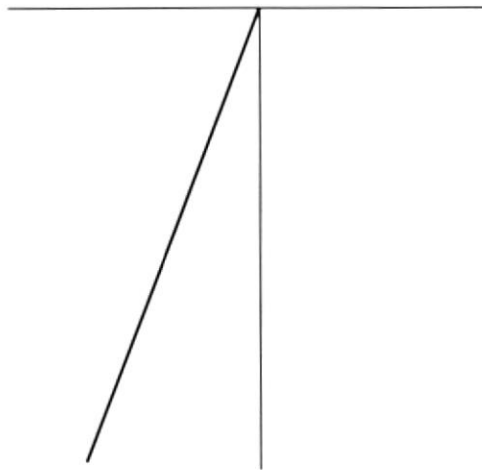
### COLAPSO

Presión de colapso a 11216 ft.

$$P_c = 11216 * 12 * 0.052$$

$$P_c = 6999 \text{ psi}$$

Presión Externa      0      Presión Interna



### ESTALLIDO

La presión de estallido con un FS = 1.1 es:

$$P_b = 6400 * 1.1$$

$$P_b = 7040 \text{ psi}$$

En consecuencia, de la tabla C la tubería mas indicada es **L-80 de 15 lb/ft** y **N-80 de**

**15 lb/ft.**

### CÁLCULOS DE TENSIÓN

El requerimiento de tensión esta basado en los diseños preliminares de estallido y colapso.

Este requisito se especifica mientras se esta corriendo el tubería de revestimiento intermedia, cuando el pozo contiene un lodo de 10.3 lbm/gal.

En vista que no esta planificado realizar un diseño con cambio de diámetros internos, observando el diagrama de cuerpo libre, decimos que la tensión axial en el tope de la sección esta dada por:

$$F_a = [ (P_t * A_s) + (w * L) - (P_f * A_s) ] * F_S$$

L: Longitud de la tubería de revestimiento

w: Peso de la tubería de revestimiento

P<sub>t</sub>: Presión hidrostática en el tope de la tubería

P<sub>f</sub>: Presión hidrostática al fondo de la tubería

A<sub>s</sub>: Area de la sección transversal de la tubería

F<sub>S</sub>: Factor de Seguridad

Resolviendo este calculo para todos los grados de tubería anteriormente especificados:

$$L = 13635 - 12315$$

$$L = 1320 \text{ ft.}$$

$$P_t = 0.052 * 10.3 * 11216$$

$$P_t = 6007 \text{ psi.}$$

$$Pf = 0.052 * 10.3 * 11217$$

$$Pf = 6008 \text{ psi.}$$

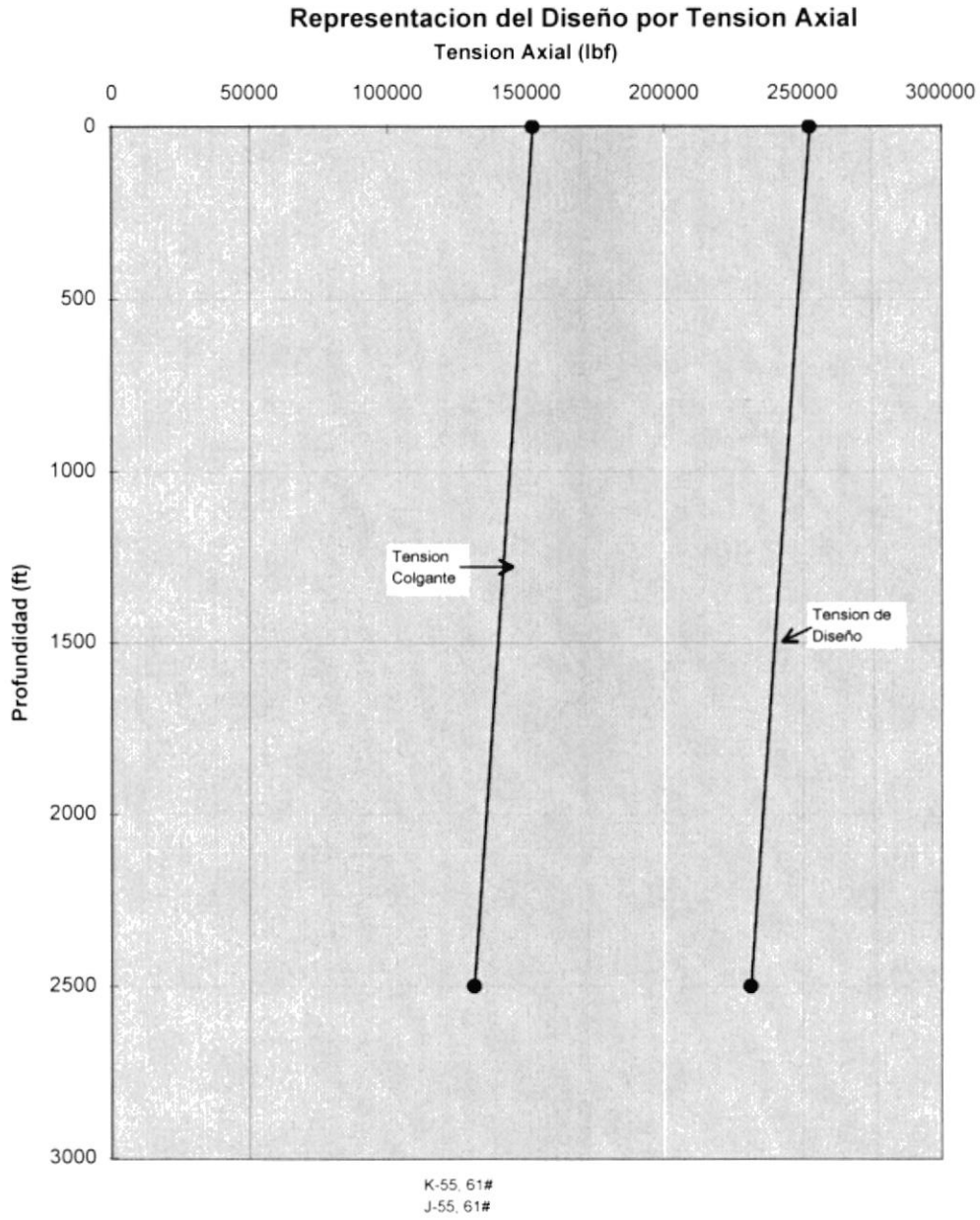
$$FS = 1.0$$

Grado	Peso	Area	Tensión
L-80	15	4,37	19798
N-80	15	4,37	19798

Por consiguiente, no se cambia la tubería escogida, cuyas características son:

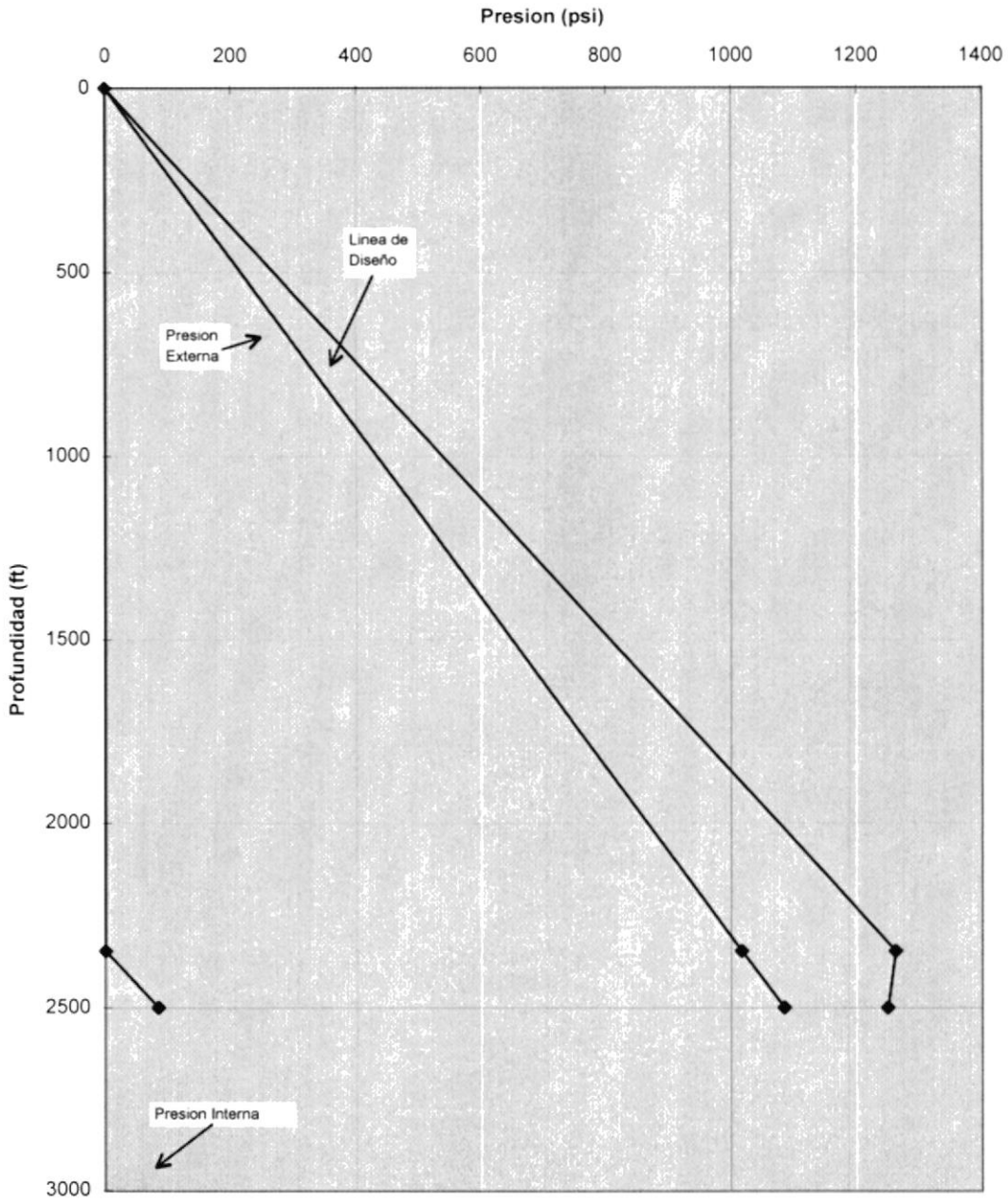
Diámetro externo	Peso	Grad	Conn	Espesor de pared	Diámetro interno	Calibr.	OD de la Unión	Pres. Colap	Pres. Estall	Esfue. Tens Cuerp 1000	Esfue. Tens Unión 1000
(in)	Lb/Ft			(in)	(in)	(in)	(in)	(psi)	(psi)	(Lbs)	(Lbs)
5	15	L-80	BTC	0.296	4.408	4.283	5.563	7250	8290	350	379
5	15	N-80	BTC	0.296	4.408	4.283	5.563	7250	8290	350	396

Profundidad ft	Tension Axial lbf	Tension de Diseño lbf
0	152500	252500
2500	131358	231358



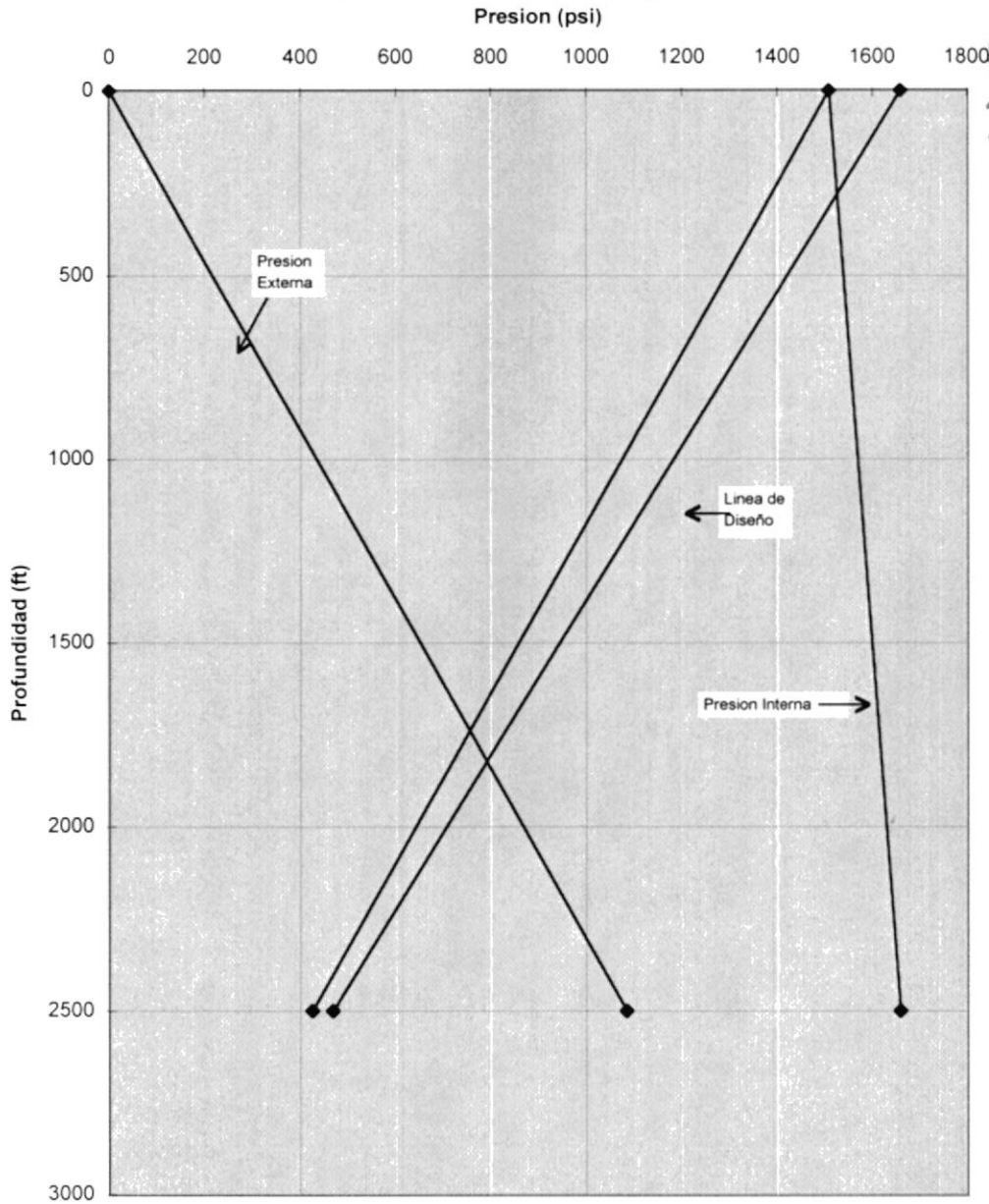
Profundidad	Presion Externa	Presion Interna	Presion de Diseño
ft	psi	psi	psi
0	0	0	0
2348	1017	0	1263
2500	1085	85	1251

Representacion del Diseño por Colapso



Profundidad	Presion Externa	Presion Interna	Carga por Estallido	Carga para Diseño
ft	psi	psi	psi	psi
0	0	1510	1510	1660
2500	1085	1660	425	468

**Representacion del Diseño por Estallido**



### G3 CÁLCULO DE VOLUMEN DE CEMENTO

#### a.- Tubería de Revestimiento de 13 3/8" asentada a 2500' PM

Factores calculo de Volumen:

Tubería de Revestimiento de 13 3/8" @ 2500'

Tope de cemento: 300' PM

$$\text{Volumen tubería x hoyo: } 0.4206 \times (2500' - 300') \times 1.5 = 1387.98 \text{ pie}^3$$

$$\text{Volumen tubería: } 0.8542 \times 80' = 68.34 \text{ pie}^3$$

$$\text{Volumen total de la lechada: } = 1456.32 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{260 \text{ Bbls}}}$$

$$\underline{\text{Volumen de Cola: }} 500' \times 0.4206 \times 1.5 = 315.45 \text{ pie}^3$$

$$\text{Volumen tubería} = 68.34 \text{ pie}^3$$

$$\text{Total} = 383.80 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{68.3 \text{ Bbls}}}$$

$$\underline{\text{Volumen de cabeza: }} 1456.32 - 383.80 = 1072.5 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{191 \text{ Bbls}}}$$

$$\text{Desplazamiento de Lodo: } 2420 \times 0.8542 = 2067.0 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{368 \text{ Bbls}}}$$

Sacos requeridos:

$$\text{Lechada de Cabeza: } 1072.5 \text{ pie}^3 / 1.78 \text{ pie}^3/\text{sacos} = \underline{\underline{603 \text{ sacos}}}$$

$$\text{Lechada de Cola: } 383.3 \text{ pie}^3 / 1.17 \text{ pie}^3/\text{sacos} = \underline{\underline{329 \text{ sacos}}}$$

#### b.- Tubería de revestimiento de 9 5/8" asentada a 10,822' PM

Factores calculo de Volumen:

Tubería de revestimiento 9 5/8" @ 10822'

Tope de cemento: 5800' MD

Volumen tubería x hoyo:  $0.3132 \times (10822' - 5800') \times 1.5 = 2359.34 \text{ pie}^3$

Volumen tubería:  $0.411 \times 80' = 32.88 \text{ pie}^3$

Volumen total de la lechada:  $= 2392.22 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{462.3 \text{ Bbls}}}$

Volumen de Cola:  $500' \times 0.3132 \times 1.5 = 234.90 \text{ pie}^3$

Volumen tubería:  $= 32.88 \text{ pie}^3$

Total  $= 267.78 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{47.7 \text{ Bbls}}}$

Volumen de cabeza:  $2392.22 - 267.78 = 2124.44 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{378.6 \text{ Bbls}}}$

Desplazamiento de Lodo:  $(10822' - 80') \times 0.411 = 4414.90 \text{ pie}^3 = \underline{\underline{786.7 \text{ Bbls}}}$

Sacos requeridos:

Lechada de Cabeza:  $2124.44 \text{ pie}^3 / 1.78 \text{ pie}^3/\text{sacos} = \mathbf{1194 \text{ sacos}}$

Lechada de Cola:  $267.78 \text{ pie}^3 / 1.17 \text{ pie}^3/\text{sacos} = \mathbf{229 \text{ sacos}}$

### c.- Tubería corta de revestimiento de 7" asentada a 12,315' PM

Factores calculo de Volumen:

Tubería corta de revestimiento 7" @ 12315'

Tope de cemento: 10622' PM

Volumen tubería x tubería:  $0.1625 \times 200' = 32.5 \text{ pie}^3$

Volumen tubería x hoyo:  $0.1268 \times (12315' - 10622') \times 1.5 = 283.96 \text{ pie}^3$

$$\text{Volumen tubería: } 0.2085 \times 160' = 33.36 \text{ pie}^3$$

$$\text{Volumen total de la lechada: } = 349.82 \text{ pie}^3 = \underline{\mathbf{62.3 \text{ Bbls}}}$$

$$\text{Desplazamiento de Lodo: } (12315' - 10622' - 160') \times 0.2085 = 319.63 \text{ pie}^3$$

$$\text{Tubería de Producción 5": } 0.1059 \times 10622' = 1124.87 \text{ pie}^3$$

$$\text{Total: } = 1444.5 \text{ pie}^3 = \underline{\mathbf{257.4 \text{ BBlS}}}$$

Sacos requeridos:

$$\text{Lechada de Cola: } 349.82 \text{ pie}^3 / 1.17 \text{ pie}^3/\text{sacos} = \mathbf{299 \text{ sacos}}$$

## G4 CÁLCULO DE CONTROL DE SOLIDOS

### Volumen de Area de Almacenamiento de Ripios.-

1.- Para determinar cual debe ser la capacidad de la piscina que almacenará los solidos secos, se considera lo siguiente:

- Se perforará desde superficie hasta 2500' PM (Hueco 26" y 16") con lodo base agua.
- Desde 2500' hasta 13365' PM se aplicará Lodo Base Sintetico.
- Un 35% de lodo se adherirá a los ripios de perforación
- Se contempla un factor de recuperación del 99% del lodo en la Unidad de Desorción Termica.
- La capacidad de la piscina estará sujeta a los ripios generados en los cinco pozos (Villano 4 - 8 H) que están planificados para el desarrollo del Campo Villano.
- Los cálculos serán basados en las características del pozo Villano 4H.

2.- Los dos primeros intervalos, se utilizará lodo base agua, por lo que no habrán perdidas de fluido debido a que este se lo recuperará totalmente, además un 35% vendrá con asociado con lodo

$$\text{Volumen de ripios Hueco 16"}: 0.2487 \text{ BBl/pie} * 2500 \text{ pie} * 2 = 1243 \text{ BBls}$$

$$\text{Volumen total} : 1243 \text{ BBls} * 1.35 = 1679 \text{ BBls}$$

Volumen total por cinco pozos perforados:

$$1679 \text{ BBls} * 5 = 8395 \text{ BBls} * 0.159 \text{ m}^3/\text{BBl} = \underline{\underline{1334 \text{ m}^3}}$$



3.- A partir de este intervalo lodo base sintético será aplicado como fluido de perforación, donde un volumen de éste vendrá adherido a los ripios debiéndose lo tratar en la Unidad de Desorción Térmica donde se recuperará un 99%.

El volumen generados de ripios por cada hoyo será:

Volumen de ripios Hueco 12 1/4":  $0.1458 \text{ BBl/pe} * 8322 \text{ pie} * 1.5 = 1820 \text{ BBls}$

Volumen de ripios Hueco 8 1/2":  $0.0702 \text{ BBl/pe} * 1493 \text{ pie} * 1.5 = 157 \text{ BBls}$

Volumen de ripios Hueco 6":  $0.0350 \text{ BBl/pe} * 1320 \text{ pie} * 1.5 = 69 \text{ BBls}$

El volumen total a tratarse en la Unidad, considerando un 35% de lodo asociado será de:

Volumen Total de Tratamiento Hueco 12 1/4":  $1820 \text{ BBls} * 1.35 = 2457 \text{ BBls}$

Volumen Total de Tratamiento Hueco 8 1/2":  $157 \text{ BBls} * 1.35 = 212 \text{ BBls}$

Volumen Total de Tratamiento Hueco 6":  $69 \text{ BBls} * 1.35 = 94 \text{ BBls}$

Volumen Total de Tratamiento:  $2457 \text{ BBls} + 212 \text{ BBls} + 94 \text{ BBls} = \underline{2763 \text{ BBls}}$

Volumen de lodo sintético será:

Volumen Lodo Sintetico Hueco 12 1/4":  $2457 \text{ BBls} * 0.35 = 860 \text{ BBls}$

Volumen Lodo Sintetico Hueco 8 1/2":  $212 \text{ BBls} * 0.35 = 74 \text{ BBls}$

Volumen Lodo Sintetico Hueco 6":  $94 \text{ BBls} * 0.35 = 33 \text{ BBls}$

Volumen total de lodo sintetico en Unidad:  $860 \text{ BBls} + 74 \text{ BBls} + 33 \text{ BBls} = \underline{967 \text{ BBls}}$

Volumen Recuperado de sintetico:  $967 \text{ BBls} * 0.99 = 957 \text{ BBls}$

Volumen de lodo no recuperado en la Unidad:  $968 \text{ BBls} - 957 \text{ BBls} = 11 \text{ BBls}$

Volumen destinado al Area de Almacenamiento:

Volumen de lodo destinado a piscinas =

$$\begin{aligned} & \text{Volumen Total de Tratamiento} - \text{Volumen de Lodo recuperado} \\ & = 2763 \text{ BBls} - 957 \text{ BBls} \\ & = 1806 \text{ BBls} \end{aligned}$$

Por cinco pozos a perforarse:  $1806 \text{ BBls} * 5 = 9030 \text{ BBls} * 0.159 \text{ m}^3/\text{BBl} = \underline{1436 \text{ m}^3}$

Volumen Total destinado a al Area de Almacenamiento de Ripios :

$$1334 \text{ m}^3 + 1436 \text{ m}^3 = 2770 \text{ m}^3$$

Donde,  $2770 \text{ m}^3 * 1.5$  (factor de seguridad) =  $4000 \text{ m}^3$

**Una capacidad de  $4000 \text{ m}^3$  deberá tener la piscina de almacenamiento de sólidos.**

**Por lo general se toma un 20-30% mas del volumen total por seguridad, pero se tomó un factor de seguridad de 1.5 (50%) debido que la piscina será utilizada para los cinco pozos a perforarse en campo Villano y las condiciones del programa de perforación varían entre Villano 4H y los otros pozos (por ejemplo: en unos pozos la profundidad es mayor) dando lugar a que este volumen se vea incrementado.**

**La piscina estará cubierta para mantener fuera el agua de lluvia.**

El volumen de la fosa de ripios y de la piscina de compensación serán:

- Volumen de la fosa de ripios (shale pit) :  $325 \text{ m}^3$
- Volumen piscina de compensación (surge pit):  $300 \text{ m}^3$

## **G5 CÁLCULOS DEL PLANEAMIENTO DIRECCIONAL**

Antes de comenzar a realizar los cálculos, debemos tomar en cuenta varias consideraciones que serán fundamentales en la decisión del desarrollo de la trayectoria y la tasa de ángulo adecuada para llegar al objetivo.

Una de estas consideraciones, es de carácter geológico, ya que no deseamos cambiar el ángulo en la formación Tiyuyacu, ni en Orteguaza, por que en ellas se encuentran conglomerados, de rocas muy duras, las cuales no permiten tomar correctamente el ángulo inicial, por lo tanto podemos entonces construir el ángulo antes o después de estas formaciones.

La razón por la que no se la toma antes es que, la bomba electro-sumergible que se utilizará para la completación del pozo, esta ubicada a 6,500 pies de profundidad, 800 pies arriba del tope de la formación Orteguaza, la cual deberá estar en una zona vertical para brindar una mayor seguridad al equipo de producción y a la completación.

Otro factor, que influye en la construcción de un ángulo es la experiencia que se haya adquirido con los procedimientos rutinarios de perforación, o aquella que se obtenga de los pozos aledaños al pozo que vamos a perforar, en nuestro caso, esta experiencia nos dice que lo mas factible para construir un ángulo de 90 grados es hacerlo por medio de dos tasas de construcción, una superior que este entre 3 y 5 grados por cada 100 pies, hasta construir un ángulo menor de 45 grados, mantenerlo, y volver a

construir un ángulo, a una tasa entre 3 y 5 grados por cada 100 pies hasta alcanzar los 90 grados requeridos.

Entonces considerando ha 8800 pies como una profundidad tentativa para comenzar a construir un ángulo, y conociendo de antemano que deseamos que obtener un ángulo menor a 45 grados, así como también que lo ideal, desde el punto de vista geológico, es que esta desviación se realice hasta un poco después de alcanzar la caliza A, la cual esta ha 10500 pies, podríamos entonces considerar 10 pies mas dentro de esta formación, como el termino de la construcción del ángulo, de todo esto tenemos que:

$$DLS = 100 * 45 / (10510 - 8800) = 2.63 \text{ grados} / 100 \text{ pies}$$

Considerando que es mas fácil para las herramientas tomar ángulos, cada 0.5 grados de incremento, y que el ángulo final debe se menor que 45 grados, podríamos tomar entonces, 2,5 grados / 100 pies, lo que nos da un ángulo final de 42.7 grados.

Manteniendo este ángulo hasta alcanzar el punto de asentamiento de la tubería de revestimiento intermedio. Luego, al iniciar la perforación del otro intervalo, se recomienda mantener el ángulo por lo menos unos 100 pies, para luego arrancar nuevamente con la segunda desviación hasta alcanzar el ángulo final de 90 grados, aplicando en método anterior tenemos:

$$DLS = 100 * 90 / (13635 - 10965) = 3.37 \text{ grados} / 100 \text{ pies}$$

Por lo tanto lo podemos construir tranquilamente con 3.5 grados cada 100 pies. Alcanzando de esta manera nuestro objetivo.

A continuación detallamos los resultados y el diagrama de la trayectoria planeada, proyectada en el plano X-Y realizados con el método del ángulo promedio.

TABLA DE INTERPOLACIÓN

9250	MD DE LA PROFUNDIDAD INTERPOLADA,(feet)
9247.01	TVD COORDENADA DE LA PROFUNDIDAD(feet)
31.35	N/S COORDENADA DE LA PROFUNDIDAD(feet)
-32.43	EW COORDENADA DE LA PROFUNDIDAD(feet)

DISTANCIA 3D ENTRE LA ESTACIÓN #1 Y LA ESTACIÓN #2

TABLA DE DISTANCIA

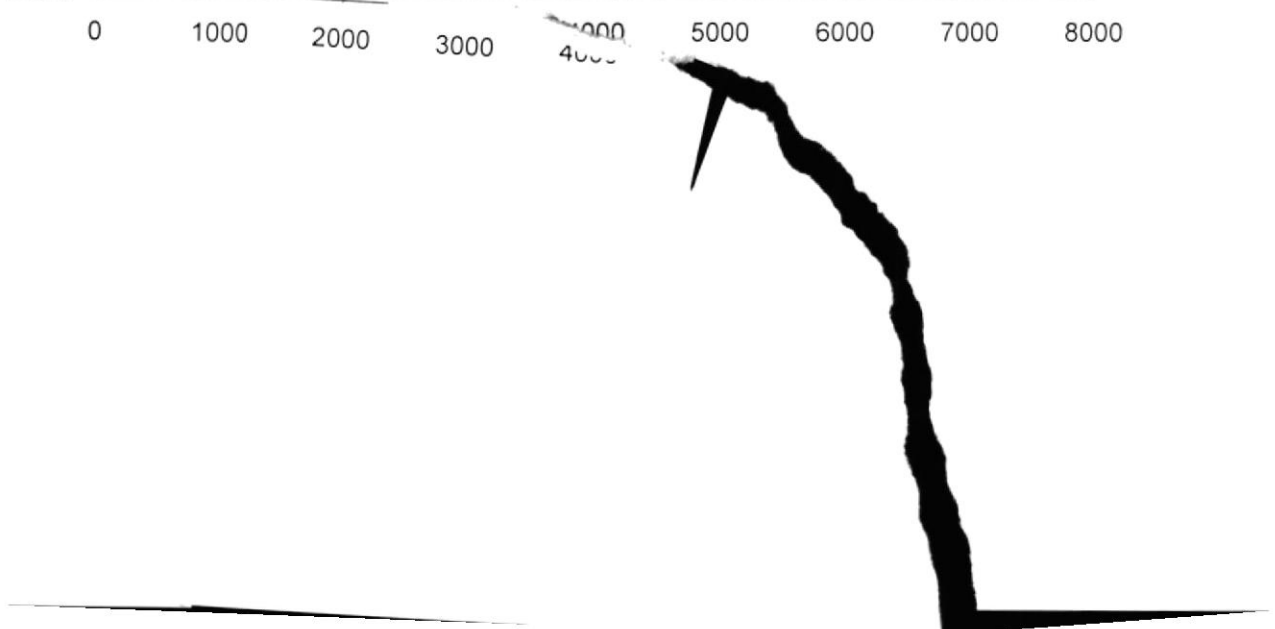
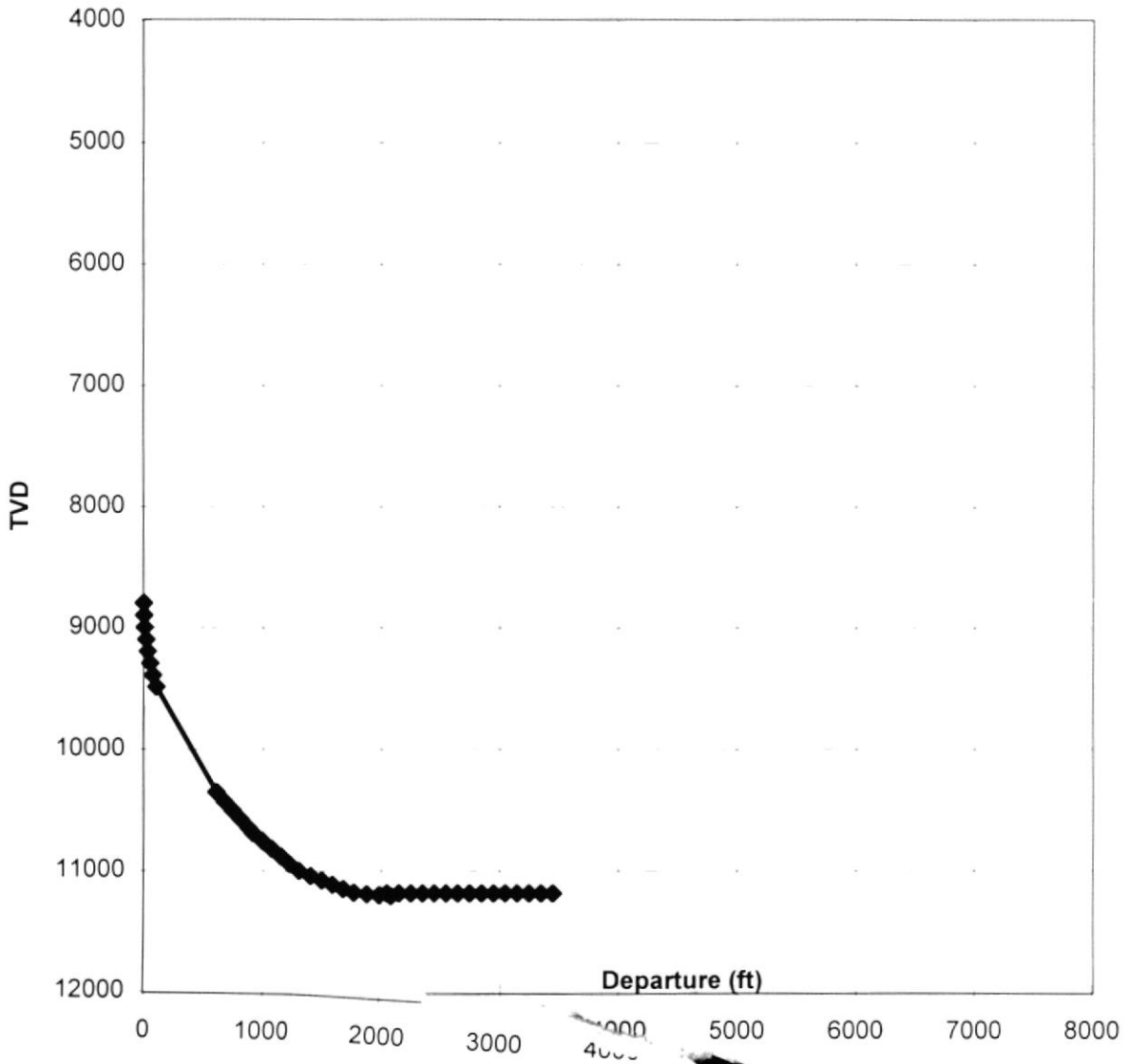
ESTACIÓN#1	ESTACIÓN#2
8800.00	12315.00
0.00	341.36
0.00	145.11
3534.52	ft

TABLA DE ESTUDIOS DE ESTACIONES

Pozo V-4

Acimut Planeado 314.00 Grados (0-360)

STA #	MD ft	INCL deg	AZIM deg	TVD ft	N+/S- ft	E+/W- ft	DLS deg/100FT	Sección Vertical
	8,800.00	<PUNTO DE ENLACE>		8800.00	0.00	0.00	-	-
1	8800	0.00	314.00	8800.00	0.00	0.00	-	0.00
2	8900	2.50	314.00	8899.97	1.52	-1.57	2.50	2.18
3	9000	5.00	314.00	8999.75	6.06	-6.27	2.50	8.72
4	9100	7.50	314.00	9099.14	13.62	-14.10	2.50	19.61
5	9200	10.00	314.00	9197.97	24.19	-25.05	2.50	34.82
6	9300	12.50	314.00	9296.04	37.74	-39.08	2.50	54.33
7	9400	15.00	314.00	9393.17	54.25	-56.17	2.50	78.09
8	9500	17.50	314.00	9489.17	73.68	-76.30	2.50	106.07
9	10,509	42.73	314.00	10354.96	422.50	-437.51	2.50	608.21
10	10,609	42.73	314.00	10428.42	469.63	-486.31	0.00	676.06
11	10,709	42.73	314.00	10501.89	516.76	-535.12	0.00	743.91
12	10,809	42.73	314.00	10575.35	563.89	-583.93	0.00	811.75
13	10,909	42.73	314.00	10648.81	611.02	-632.73	0.00	879.60
14	10,965	42.73	314.00	10689.95	637.42	-660.06	0.00	917.60
15	11,065	46.23	314.00	10755.77	692.90	-717.51	3.50	997.46
16	11,165	49.73	314.00	10818.82	746.54	-773.07	3.50	1074.69
17	11,265	53.23	314.00	10881.32	799.74	-828.16	3.50	1151.27
18	11,365	56.73	314.00	10943.30	852.46	-882.75	3.50	1227.16
19	11,465	60.23	314.00	11000.17	908.09	-940.35	3.50	1307.25
20	11,565	63.73	314.00	11041.63	976.22	-1010.90	3.50	1405.32
21	11,665	67.23	314.00	11079.24	1041.46	-1078.47	3.50	1499.24
22	11,765	70.73	314.00	11115.34	1105.15	-1144.42	3.50	1590.93
23	11,865	74.23	314.00	11150.04	1167.23	-1208.70	3.50	1680.29
24	11,965	77.73	314.00	11178.86	1231.04	-1274.78	3.50	1772.15
25	12,065	81.23	314.00	11191.60	1306.14	-1352.55	3.50	1880.26
26	12,165	84.73	314.00	11199.95	1377.13	-1426.06	3.50	1982.46
27	12,265	88.23	314.00	11206.31	1445.31	-1496.66	3.50	2080.61
28	12,315	90.00	314.00	11185.82	1424.45	-1475.06	0.00	2050.57
29	12,415	90.00	314.00	11185.82	1493.91	-1546.99	0.00	2150.57
30	12,515	90.00	314.00	11185.82	1563.38	-1618.92	0.00	2250.57
31	12,615	90.00	314.00	11185.82	1632.84	-1690.86	0.00	2350.57
32	12,715	90.00	314.00	11185.82	1702.31	-1762.79	0.00	2450.57
33	12,815	90.00	314.00	11185.82	1771.78	-1834.73	0.00	2550.57
34	12,915	90.00	314.00	11185.82	1841.24	-1906.66	0.00	2650.57
35	13,015	90.00	314.00	11185.82	1910.71	-1978.59	0.00	2750.57
36	13,115	90.00	314.00	11185.82	1980.17	-2050.53	0.00	2850.57
37	13,215	90.00	314.00	11185.82	2049.64	-2122.46	0.00	2950.57
38	13,315	90.00	314.00	11185.82	2119.10	-2194.40	0.00	3050.57
39	13,415	90.00	314.00	11185.82	2188.57	-2266.33	0.00	3150.57
40	13,515	90.00	314.00	11185.82	2258.04	-2338.26	0.00	3250.57
41	13,615	90.00	314.00	11185.82	2327.50	-2410.20	0.00	3350.57
42	13,715	90.00	314.00	11185.82	2396.97	-2482.13	0.00	3450.57



# APÉNDICE H

## RESUMEN

### H.1 UBICACIÓN DE LA PLATAFORMA

**Pais:** Ecuador

**Provincia:** Pastaza

**Canton:** Mera

**Lote:** Bloque 10

**Campo:** Villano

**Coordenadas Geograficas:** Latitud Sur: 01° 28' 07"

Latitud Oeste: 77° 27' 00"

**Elevacion:** 425 m. aproximadamente sobre el nivel del mar.

**Comentario:** El Bloque 10 de ARCO esta en el centro de la provincia de Pastaza.

La plataforma de perforación es localizada aproximadamente a 2 Km al noreste del aeropuerto, entre el rio Villano hacia el sur y el rio Lliquino hacia el norte.

## H.2 UBICACIÓN DEL POZO

**Nombre del pozo:** Villano 4H

**Clasificación del pozo:** Pozo de desarrollo

**Tipo de Pozo:** Horizontal

**Localización Superficial del Pozo:** Tabla H.1

**Localización del Fondo del Pozo:** a 3440 pies en dirección N 46° W desde la localización superficial del pozo.

**Profundidad Total Verdadera:** 11,216 pies.

**Profundidad Total Medida:** 13,635 pies.

**Elevación desde el nivel del mar:** 1387.64 pies.

**Elevación de la mesa rotaria:** 42.68 pies.

**Profundidad del Acuífero:** 10,450' SNM

### H.3 OBJETIVOS DEL POZO

1. Perforar pozo productor a un ángulo de  $90^\circ$  y un alcance horizontal de 1,500' en la formación de la arena Hollín a 11,216' TVD.
2. Producir a hueco abierto, pero si se llegase a presentar una extensión de lutitas de más de 100' se colocará un tubería corta de revestimiento ranurado de 5".

#### H.4 PROGRAMA DE PERFORACIÓN Y COMPLETACION

- a) Armar el sistema de rodamiento y montar la torre de perforación sobre los rieles.
- b) Rodar el taladro hasta el Villano 4H
- c) Perforar el hueco de 16" y correr el tubería de revestimiento de 13 3/8"
- d) Perforar el hueco de 12 1/4" y revestir el pozo con tubería de 9 5/8 pulgadas.
- e) Perforar el hueco de 8 1/2" y revestir el pozo con tubería de 7 pulgadas.
- f) Perforar el hueco de 6" y dejar el hueco abierto o revestir el pozo con tubería ranurada de 5 pulgadas si fuera necesario.
- g) Armar el cabezal del pozo.

## H.5 PROGRAMA DE COMPLETACION

- a) Tubería de producción de 5 pulgadas, 15 lb/pie, 13-Cr L-80, conexión NK3SB
- b) Levantamiento artificial mediante Bombeo ElectroSumergible

## H.6 ELEVACIONES

- a) Elevacion de la mesa rotaria (RKB) = 3,426.4' sobre el nivel del mar (ASL) o 42.68' sobre el nivel del suelo (AGL), usando el Taladro de perforación 228.
- b) Elevacion del nivel del suelo (GL) = 3,384' ASL

## H.7 DIRECCION / DATOS DE LOCALIZACION DE SUPERFICIE

Sitio Villano - Bloque 10 (Abierto) - Region Pastaza - Oriente - Ecuador - Sur America (Tabla H.1)

Tabla H.1 Coordenadas Geograficas

		Coordenadas UTM (PSAD 1956)		Coordenadas Geograficas	
Direccion	Pozo	Norte	Este	Latitud Norte	Longitud Oeste
N.46°W.	Villano 4H	9,837,494.66	227,365.64	1° 28' 07.953"	77° 27' 00.490"

Tabla H.2 Programas Direccionales

POZO		VILLANO 4H
TIPO	Unidades	Horizontal
Punto de Desviacion 1	FT TVD	8,800
Acimut	DEG.	314
Tasa de Angulo de Desviacion 1	DEG/100 FT	2.5
Fin de la Desviacion 1	FT TVD	10,355
	FT PM	10,509
	FT DEP	608
Angulo Tangente	DEG.	42.7
Punto de Desviacion 2	FT TVD	10,690
	FT PM	10,965
	FT DEP	918
Acimut	DEG.	314
Tasa de Angulo de Desviacion 2	DEG/100 FT	3.5
Fin de la Desviacion 2	FT TVD	11,216
	FT PM	12,315
	FT DEP	2,120
Angulo Horizontal	DEG.	90
Estrato de interes	FT TVD	11,200
	FT PM	12,300
	FT DEP	1,500
Profundidad total	FT TVD	11,216
	FT PM	13,635
	FT DEP	3,620

Tabla H.3 Topes de Formación

NOMBRE	VILLANO 4H	
	TVD RKB	PM RKB
ARAJUNO	2,131	2,131
CHALCANA	4,482	4,482
ORTEGUAZA	7,505	7,505
TIYUYACU	8,433	8,433
TENA	9,945	9,999
NAPO	10,345	10,496
CALIZA A	10,500	10,652
ARENA T	10,880	11,284
HOLLIN	11,170	13,239
PROFUNDIDAD TOTAL	11,216	13,635

Tabla H.4 Programa de la Tubería de Revestimiento

NOMBRE		VILLANO 4H	
DIA. HUECO (pulg)	TUBERÍA DE REVESTIMIENTO D.E., Peso, Grado, Conexión	TVD RKB (pies)	PM RKB (pies)
26"	20", 94#, J-55, PE	93	93
16"	13 3/8", 61#, K-55, BTC	2,500	2,500
12 1/4"	9 5/8", 47#, SD-95-HC, AMS	10,585	10,822
8 1/2"	7", 29#, 13-Cr L-80, NK3SB	11,216	12,315
6"	5", 15#, 13-Cr-L80, NK3SB	11,216	13,635

Tabla H.5 Propiedades de la Tubería de Revestimiento

TUB. REVEST D.E., Peso, Grado, Conex	D.I. (pulg)	CALIBRADOR (pulg)	UNION D.E. (pulg)	TENSION (KLBS)	COLAPSO (LPPC)	ESTALLIDO (LPPC)	TORQUE Recomendo (Pie-LBS)
20", 94#, J-55, PE	19.124	-	-	1,402	520	2,110	-
13 3/8", 61#, K-55, BTC	12.515	12.359	14.375	1,169	1,540	3,090	Hasta la Punta del Triangulo
9 5/8", 47#, SD-95-HC, AMS	8.681	8.525	10.626	1,289	7,270	8,150	11,840 min 12,800 opt 13,760 max
7", 29#, 13-Cr L-80, NK3SB	6.184	6.1 Especial	7.656	676	7,030	8,160	7,760 min 9,700 opt 11,640 max
5", 15#, 13-Cr L-80, NK3SB	4.408	4.283	5.563	350	7,250	8,290	2,310 min 3,080 opt 3,850 max

Tabla H.6 Programa de Cementacion

CASING	VILLANO 4H	
	LECHADA DELANTERA	LECHADA DE COLA
<b>20"</b>	-	-
<b>13 3/8"</b> Tope cemento	13.0 lb/gal Superficie G 2%gel	13.8 lb/gal 2130' G 1% CaCl <sub>2</sub>
<b>9 5/8"</b> Tope cemento	13.0 lb/gal 5800' G 2% Gel	13.8 lb/gal 10322' G 0.23 gal/sxs CLM
<b>7"</b> TOC	- -	13.8 lb/gal 10622' G 35% silica
<b>5"</b>	-	-

Tabla H.7 Equipo del Cabezal del Pozo

SECCION	DISTRIBUIDOR	DESCRIPCION
	Vetco Gray	Tope Soldado de 20" x 21 ¼", Brida de 2M
"A"	Vetco Gray	Tipo SOW de 13 3/8" x 13 5/8", Cabezal Inicial de 3M con 2 1/16", orificio de salida emperrado de 3M y placa base de 22"OD.
"B"	Vetco Gray	9 5/8" x 13 5/8", 3M x 11", Separador de tubería de producción de 5M con 2 1/16", orificio emperrado de 5M
Colgador	Vetco Gray	10 ¾" x 5", 410 SS., rosca de la Caja tope y de la Caja final "Premium", Alimentador del sistema de 5kv y 140 Amp.
"C"	Vetco Gray	"Arbol" con 1 Valvula Maestra y 1 Valvula Lateral de 6 3/8", y de 3000 lppc.

Tabla H. 8 Programa de Pruebas del BOP y Tubería de Revestimiento

INTERVALO	BOP	PRUEBA DE BAJA PRESION	PRUEBA DE ALTA PRESION	ALTA PRES. BOP ANULAR	TIEMPO (min)	PRES. DE PRUEBA Tub. Rev	LOT (max/min)
20" – 26"	21 ¼", 2M Desviador	NA	NA	NA	NA	Solamente Prueba Funcional	NA
13 5/8" – 16"	13 5/8", 10M	250 lppc	2,100 lppc	2,100 lppc	5/5	2,100 lppc	11 lb/gal 13.2 lb/gal
9 5/8" – 12 ¼"	13 5/8", 10M	250 lppc	3,500 lppc	3,500 lppc	5/5	3,500 lppc	13.5 lb/gal 15 lb/gal
7" – 8 ½"	13 5/8", 10M	250 lppc	2,100 lppc	2,100 lppc	5/5	2,100 lppc	13.5 lb/gal 15 lb/gal
5" (opc) – 6"	13 5/8", 10M	250 lppc	5,000 lppc	3,500 lppc	15/15	NA	NA

Tabla H.9 Programa de Fluidos de Perforación y Completación

DIAM.DE HUECO/ DIAM. DE CASING	TVD RKB (FT)	SISTEMA	PESO DEL LODO (LB/GAL)	PUNTO DE CEDENCIA (LBS/100pie <sup>2</sup> )	PERDIDA DE FLUIDO (CC'S/30MIN) HTHP
26" / 20"	93	Base Agua	8.8 - 9.4	25-30	-
16" / 13 3/8"	2500	Base agua	8.8 - 9.4	25 -30	-
12 1/4" / 9 5/8"	10822	Base sintético	9.7 - 10.7	20 - 25	< 6
8 1/2" / 7"	12315	Base sintético	10.4 - 12.0	20 - 25	< 6
6" / 5"	13635	Base sintético	10.3 - 12.0	20 - 25	< 6

Tabla H.10 Programa de Registro con Cable y Estudio de Desviación

DIAM.DE HUECO/ DIAM. DE CASING	TVD RKB (FT)	PROGRAMA DE REGISTROS CON CABLE / PROGRAMA DE ESTUDIOS DE DESVIACION
26" / 20"	0-93	Ninguno
16" / 13 3/8"	93- 2,500	Registros de Cable, Disparos Simples, EMS o MWD
12 1/4" / 9 5/8"	2,500 - 10,585	MWD Direccional, Rayos Gama(GR)
8 1/2" / 7"	10,585 - 11,216	MWD Geosteer, GR, Resistividad y CBL
6" / 5"	11,216 - TD	MWD Geosteer

Tabla H.11 Programa de Registros de Lodo

DIAM.DE HUECO/ DIAM. DE CASING	TVD RKB (FT)	PROGRAMA DE REGISTROS DE LODO
16" / 13 3/8"	0- 2,500	Registro litológico. Cada 50' toma de muestra (50)
12 1/4" / 9 5/8"	2,500 - 10,585	Registro litológico. Cada 20' toma de muestra (416)
8 1/2" / 7"	10,585 - 11,216	Registro litológico. Cada 10' toma de muestra (149)
6" / 5"	11,216 - TD	Registro litológico. Cada 10' toma de muestra (132)

## **H.8 PROGRAMA DE TOMA DE NUCLEOS**

- a) No esta Planeado.



**ARCO Oriente Inc. Villano 4H**  
**DESARROLLO PROGRAMA PERFORAC**  
**\*\*\*Sumario del Plan del Pozo\*\*\***

Ver 1.2, 4 Nov 97

Coordenadas Superficiales: 1° 28' 07.953"S y 77° 27' 00.490" O  
 Coordenadas Objetivo 1473' N y 1525' O de V2 a 11216' TVD  
 Acimut: N46W  
 Longitud del Tramo de Production: 1320'  
 Coor del B.H desde V2: 2390' Norte y 2474' Oeste  
 Nota: La proyeccion es PSAD 1956. Todas las coordenadas y rumbos estan en cuadrículas. True north is 0°03'46" east of grid

KOP1: 8800'  
 ROB1: 2.5°/100'  
 EOB1: 10509' MD, 10355' TVD, 608' Dep  
 Tangent: 42.7°  
 KOP2: 10965' MD, 10690' TVD, 918' Dep  
 ROB2: 3.5°/100'  
 EOB2: 12315' MD, 11216' TVD, 2120' Dep

Rig: Parker 228  
 Slot: XX  
 GE: 1387.64' ASL  
 KB: 42.68' AGL  
 RKB: 1430.32'

Diam Huec	Diam Casing	Casing Wt/Grado	Cementacion			Lodo		Registros & Estudios	Profundidad MD / TVD	Direccion		Casing y Completacion	Litologia
			Guia	Cola	Wt ppg	Tipo	Desvio			Rumbo			
26"	20" Present	WT: 94 GR: J-55 CONN: PE Rango: 3	Tipo Peso Aditivos TOC ExcesoVol.	Ninguna	"A" w/ F.W. 15.6 Ninguna GL NA		Presente	Ninguna	93' / 93'				
16"	13 3/8"	WT: 61 GR: K-55 CONN: BTC Rango: 3	Tipo Peso Aditivos TOC ExcesoVol.	"A" w/ F.W. 15.6 2% gel 300' brkb 75%	"A" w/ F.W. 15.6 1% CC 2,000' brkb 75%	8.8 Hasta 9.4	F.W./GEL BENEX	Single shots. Gyro as needed No electric Logs	2500' / 2500'	Vertical			
12 1/4"	9 5/8"	WT: 47 GR: SD&TAC95HC CONN: AMS Rango: 3	Tipo Peso Aditivos TOC ExcesoVol.	"G" w/ F.W. 13.3 2.2% gel 5,800' rkb 50%	"G" w/ F.W. 15.8 35% Silice min 500' llenado 50%	9.7 TO 10.7	SBM	Res/GR/Sonic Directional MWD	8800' / 8800'				
									10509' / 10355'	Construir 2.5°/100'			
									10822' / 10585'	Mantener 42.7°			
8 1/2"	7" liner	WT: 29 GR: 13-Cr L-80 CONN: NK3SB Rango: 3	Tipo Peso Aditivos TOC ExcesoVol.	"G" w/ F.W. 15.8 35% Silice Tamizado 200' arriba TOL base sobre el caliper		10.4 TO 12.0	SBM	Res/GR/Sonic Geosteer MWD	10965' / 10690'				
									12315' / 11216'	Construir 3.5°/100'			
6"	5" liner	WT: 15 GR: 13-Cr L-80 CONN: NK3SB Ranurado	Tipo Peso Aditivos TOC ExcesoVol.	Ninguno, liner ranurado		10.3 TO 12.0	SBM	Res/GR/Sonic FDC/CNL/MDT Geosteer MWD	13635' / 11216'	Mantener 90°			

NOTAS:  
 Cabezal: 13 3/8", SOW, x 13 5/8", 3M Cabeza de Fabr.  
 13 5/8", 3M x 11", 5M Tubing Spool

Perforacion AOI			Exploracion AOI	Operaciones e Ingenieria AOI			
Staff Drig Engr.	Staff Drig Engr. Project	Drilling Manager	AOI Ops Geologist	Prod Ops Supt.	Pet Engr	Operations & Engr Mgr	AOI Villano Development Manager



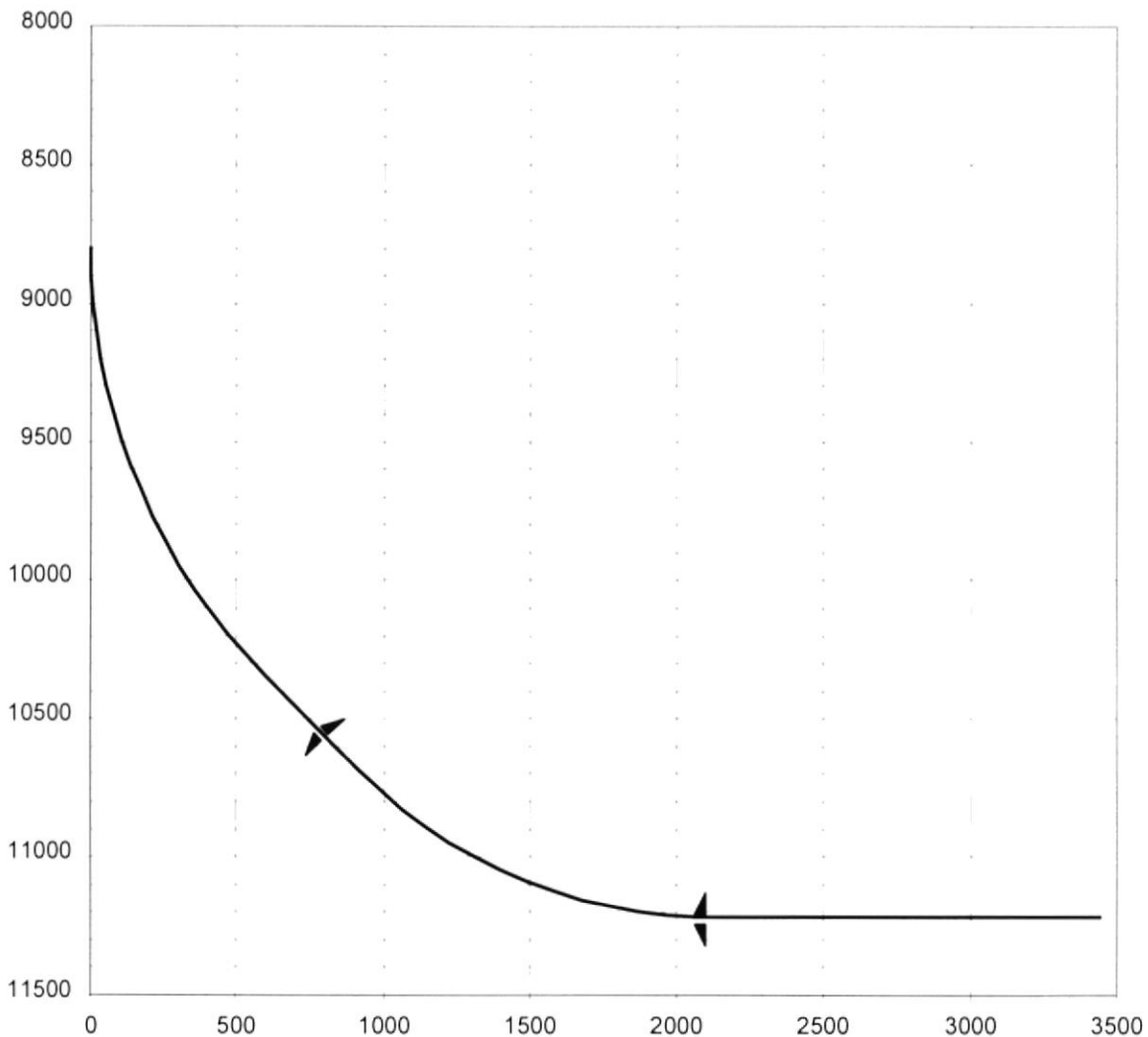
**ARCO Oriente Inc. Villano 4H**  
**DESARROLLO PROGRAMA PERFORAC**  
**\*\*\*Sumario del Plan del Pozo\*\*\***

Ver 1 2, 4 Nov 97

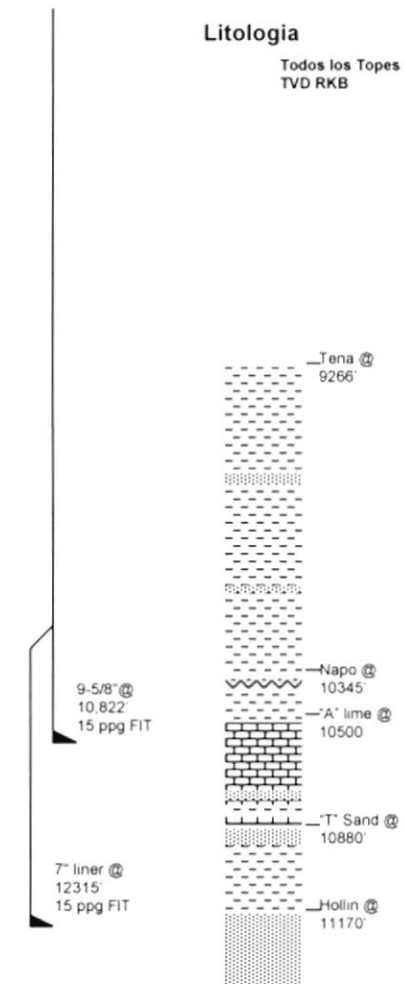
Coordenadas de Superficie:   
 Coordenadas del Objetivo: 1473' N and 1525' W of V2 at 11216' TVD   
 Acimut: N46W   
 Longitud del Tramo de Produccion : 1320'   
 Coord. del B.H. desde V2: 2390' Norte y 2474' Oeste   
 Nota: La proyeccion es PSAD 1956. Todos los rumbos y coordenadas estan en cuadrículas. True norte is 0°03'46" este of grid

KOP1: 8800'   
 ROB1: 2.5°/100'   
 EOB1: 10509' MD, 10355' TVD, 608' Dep   
 Tangent: 42.7°   
 KOP2: 10965' MD, 10690' TVD, 918' Dep   
 ROB2: 3.5°/100'   
 EOB2: 12315' MD, 11216' TVD, 2120' Dep

Rig: Parker 228   
 Slot: XX   
 GE: 1387.64' ASL   
 KB: 42.68' AGL   
 RKB: 1430.32'



Profundidad MD / TVD	Direccion	
	Desvio	Rumbo
8800' / 8800'		
10509' / 10355'	Build 2.5°/100'	N46W
10822' / 10585'	Hold 42.7°	
10965' / 10690'	Build 3.5°/100'	
12315' / 11216'	Hold 90°	
13635' / 11216'		



# APÉNDICE I

## ENSAMBLAJES DE FONDO PROPUESTOS

<b>Schlumberger</b>		Anadrill								
<b>Proposed BHA for 16" Section</b>										
Client:	ARCO	Well:	Villano 4H	Rig:	228	BHA N°:		1		
Depth In:	93' MD	Depth Out:	2500' MD	Date In:		Date Out:				
<b>Bit</b>	<b>Maker</b>	<b>Type</b>	<b>TFA</b>	<b>Size</b>	<b>Jets</b>	<b>In</b>	<b>Out</b>	<b>IADC</b>	<b>Model</b>	<b>Grade</b>
1	Reed	PDC		16		93'	2400'			
<b>Motor</b>	<b>Maker</b>	<b>Type</b>	<b>Lobes</b>	<b>Stab</b>	<b>Nozzle</b>	<b>Bend 1</b>	<b>Bend 2</b>	<b>RPM</b>	<b>Flow</b>	<b>Pressure</b>

N°	Qty	Description	Length	Accum	OD	ID	Down	Up	Serial N°
1	1	16" PDC BIT	1.50	1.50	16"	-	-	7 5/8 R P	
2	1	16" NEAR BIT FN=2.40	5.00	6.50	16"	-	7 5/8 R B	6 5/8 R B	
3	1	8" DC	30.00	36.50	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
4	1	STAB. 16" FN =2.60	5.15	41.65	16"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
5	1	8" NMDC	31.00	72.65	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
6	1	STAB. 16" FN =2.60	5.15	77.80	16"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
7	6	8" DC	180.00	257.80	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R P	
8	1	CROSS-OVER	3.00	260.80	8"	2 1/2"	6 5/8 R P	4 1/2 IF B	
9	3	5" HWDP	91.00	351.80	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
10	1	JAR UP & DOWN	35.43	387.23	6 5/16	2 11/16	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
11	24	5" HWDP	720.00	1107.23	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
12	TS	5" DP			5"	3 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	

<b>OBJECTIVE:</b>	To Drill Vertically until 2500' MD
<b>REMARKS:</b>	BHA (Three UG Stabs) Pendular Near Bit 16" will reduce vibrations at the bit NMDC to run EMS (Electronic Multishot) at the end of section a TOTCO ring must be used between second stabilizer and NMDC for EMS landing
<b>RESULTS</b>	

Schlumberger

Anadrill

## Proposed BHA for 12 1/4" Section

Client:	ARCO	Well: Villano 4H	Rig: 228	BHA N°: 3
---------	------	------------------	----------	-----------

Depth In:	8800' MD	Depth Out:	10822' MD	Date In:		Date Out:	
-----------	----------	------------	-----------	----------	--	-----------	--

Bit	Maker	Type	TFA	Size	Jets	In	Out	IADC	Model	Grade
3		PDC		12 1/4						

Motor	Maker	Type	Lobes	Stab	Nozzle	Bend 1	Bend 2	RPM	Flow	Pressure
Power Pak	Anadrill	A 800	4/5	12 1/8	BLANK					

N°	Qty	Description	Length	Accum	OD	ID	Down	Up	Serial N°
1	1	PDC BIT	1.00	1.00	12 1/4"	-	-	6 5/8 R P	
2	1	A 800 PPK MOTOR	23.60	24.60	8"	-	6 5/8 R B	6 5/8 R B	
3	1	STAB.	5.15	29.75	12 1/4"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
4	1	FLOAT SUB	3.00	32.75	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
5	1	STAB.	5.15	37.90	12 1/4"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
6	1	MWD	28.00	65.90	8"	-	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
7	1	STAB.	5.15	71.05	12 1/4"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
8	1	FLEX NMDC	31.03	102.08	8"	2 13/16	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
9	1	STAB.	5.15	107.23	12 1/4"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
10	5	DRILL COLLARS	150.00	257.23	8"	2 13/16	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
11	1	CROSS-OVER	3.00	260.23	8"	2 1/2"	6 5/8 R P	4 1/2 IF B	
12	3	HWDP	91.00	351.23	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
13	1	JAR UP & DOWN	35.43	386.66	6 5/16	2 11/16	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
14	24	HWDP	720.00	1106.66	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
15	324	DRILL PIPE	9715.00	10821.66	5"	3 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	

**OBJECTIVE:** Build angle until 42.7 degrees  
Build up rate 1: 2.5 degree per 100 ft until 10509' MD

**REMARKS:** Motor is 4/5 configuration  
A.B.H. on motor is set at 1.5  
12 1/8" stb. Sleeve  
rotor has a blank jet  
GPM 300 - 900

**RESULTS**

Schlumberger

Anadrill

## Proposed BHA for 12 1/4" Section

Client:	ARCO	Well: Villano 4H	Rig: 228	BHA N°: 2						
Depth In:	2500' MD	Depth Out: 8800'	Date In:	Date Out:						
Bit	Maker	Type	TFA	Size	Jets	In	Out	IADC	Model	Grade
2		PDC		12 1/4						
Motor	Maker	Type	Lobes	Stab	Nozzle	Bend 1	Bend 2	RPM	Flow	Pressure

N°	Qty	Description	Length	Accum	OD	ID	Down	Up	Serial N°
1	1	12 1/4" PDC BIT	1.00	1.00	12 1/4"	-	-	6 5/8 R P	
2	1	NEAR BIT 8" FN = 2'	5.00	6.00	8"	-	6 5/8 R B	6 5/8 R B	
3	1	8" SHORT DC	10.00	16.00	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
4	1	STAB. 8" FN = 2'	5.15	21.15	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
5	1	8" NMDC	31.00	52.15	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
6	1	STAB. 8" FN = 2'	5.15	57.30	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
7	6	8" DRILL COLLARS	180.00	237.30	8"	2 3/4"	6 5/8 R P	6 5/8 R B	
8	1	CROSS-OVER	3.00	240.30	8"	2 1/2"	6 5/8 R P	4 1/2 IF B	
9	3	5" HWDP	91.00	331.30	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
10	1	6 5/16 JAR UP & DOWN	35.43	366.73	6 5/16	2 11/16	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
11	24	5" HWDP	720.00	1086.73	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
12		5" DP			5"	3 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	

**OBJECTIVE:** Drill 12 1/4" Vertical Section until KOP at 8800'

**REMARKS:** Pendular BHA  
Near Bit 12", second and third stab 12 1/8"  
NMDC to run EMS at the end  
a TOTCO ring must be used between second stabilizer and NMDC  
for EMS landing.

**RESULTS**

Schlumberger

Anadrill

## Proposed BHA for 8 1/2" Section

Client:	ARCO	Well:	VILLANO 4H	Rig:	228	BHA N°:	4			
Depth In:	10822' MD	Depth Out:	12315' MD	Date In:		Date Out:				
Bit	Maker	Type	TFA	Size	Jets	In	Out	IADC	Model	Grade
4		PDC BIT		8 1/2"						
Motor	Maker	Type	Lobes	Stab	Nozzle	Bend 1	Bend 2	RPM	Flow	Pressure
PowerPak	Anadrill	A675	4/5	8 3/8	No	1.15		45-145	300-600	100-300

N°	Qty	Description	Length	Accum	OD	ID	Down	Up	Serial N°
1	1	PDC BIT	1.00	1.00	8 1/2"	-	-	4 1/2 R P	
2	1	A675M MOTOR	21.39	22.39	6 1/2"	-	4 1/2 R B	4 1/2 IF B	
3	1	STAB.	5.15	27.54	8 1/2"	2 3/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
4	1	FLOAT SUB	3.00	30.54	6 1/2"	2 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
5	1	STAB.	5.15	35.69	8 1/2"	2 3/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
6	1	MWD	28.00	63.69	6 3/4"	2 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
7	1	STAB.	5.15	68.84	8 1/2"	2 3/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
8	1	FLEX NMDC	31.00	99.84	6 3/4"	2 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
9	1	HW	30.00	129.84	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
10	1	STAB.	5.15	134.99	8 1/2"	2 3/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
11	50	DRILL PIPE	1550.00	1684.99	5"	3 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
12	3	HWDP	91.00	1775.99	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
13	1	JAR UP & DOWN	35.43	1811.42	6 5/16	2 11/16	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
14	24	HWDP	720.00	2531.42	5"	3"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
15	326	DP	9784.00	12315.42	5"	3 1/4"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	

**OBJECTIVE:** Maintain 42.7 degree inclination until 10965' MD  
Build angle until 90 degrees  
Build up rate 2: 3.5 degree per 100 ft until 12315 feet

**REMARKS:** Motor is 4/5 configuration  
A.B.H. on motor is set at 1.5  
8 3/8" stb. Sleeve  
rotor has a blank jet  
GPM 300-600

**RESULTS**

Schlumberger

Anadrill

## Proposed BHA for 6" Section

Client:	ARCO	Well:	VILLANO 4H	Rig:	228	BHA N°:	5			
Depth In:	12315' MD	Depth Out:	13635' MD	Date In:		Date Out:				
Bit	Maker	Type	TFA	Size	Jets	In	Out	IADC	Model	Grade
5		ROCK BIT		6"						
Motor	Maker	Type	Lobes	Stab	Nozzle	Bend 1	Bend 2	RPM	Flow	Pressure
PowerPak	Anadrill	A475	4/5	6"	No	1.15				

N°	Qty	Description	Length	Accum	OD	ID	Down	Up	Serial N°
1	1	ROCK BIT	1.00	1.00	6.125"	-	-	4 1/2 R P	
2	1	A475 PPK MOTOR	16.62	17.62	4.75"	-	4 1/2 R B	4 1/2 IF B	
3	1	STAB.	5.15	22.77	6"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
4	1	FLOAT SUB	3.00	25.77	4.75"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
5	1	STAB.	5.15	30.92	6"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
6	1	MWD	36.00	66.92	4.75"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
7	1	STAB.	5.15	72.07	6"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
8	1	FLEX NMDC	31.00	103.07	4.75"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
9	1	STAB.	5.15	108.22	6"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
10	100	DRILL PIPE	3100.00	3203.07	3.5"	2.6"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
11	3	HWDP	90.00	3293.07	3.5"	2"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
12	1	JAR UP & DOWN	30.43	3323.50	4.75"	2.25"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
13	30	HWDP	900.00	4223.50	3.5"	2"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	
14	314	DRILL PIPE	9412.00	13635.50	3.5"	2.6"	4 1/2 IF P	4 1/2 IF B	

**OBJECTIVE:** To drill lateral section  
maintain 90 degrees inclination

**REMARKS:** Motor is 4/5 configuration  
A.B.H. on motor is set at 1.5  
6" stb sleeve  
rotor has a blank jet  
GPM 100-250

**RESULTS**

## BIBLIOGRAFÍA

1. BRADLEY, Petroleum Engineering Handbook, Society of Petroleum Engineer, Richardson, 1992, 1445 p.
2. PENNWELL BOOKS, Glossary of Petroleum Industry, editor, Tulsa, 1996, 401 p.
3. MITCHEL ENGINEERING, Advanced Oil Well Drilling Engineering Handbook, editor, Colorado, 1995, 599 p.
4. DIRECCION NACIONAL DE HIDROCARBUROS, Glosario de Abreviaturas Inglesas empleados en Exploración Perforación y Producción Petrolera, Quito, 1988, 10 p.
5. ARCO OIL AND GAS COMPANY, Drilling Manual, editor, 341 p., Volumen 1.
6. SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEER, Horizontal Drilling, editor, Richardson, 1996, 230 p.
7. BOURGOYNE, MILLHEIN, CHENEVERT, YOUNG, Applied Drilling Engineering, Society of Petroleum Engineer, Richardson, 1992, 1445 p.
8. BAKER R., A Primer of Oilwell Drilling, Petroleum Extension Service, Houston, 1979, 94 p.
9. TH HILL ASSOCIATES INC., Drill Stem Design and Inspection, Houston, 1992, 172 p.
10. BAKER OIL TOOLS, Technical Information for Completions, Workovers and Fishing, 1995, 492 p.
11. SHORT J., Introduction to Directional and Horizontal Drilling, Pennwell Books, Tulsa, 1993, 227 p.
12. ARCO OIL AND GAS COMPANY, Drilling Manual, editor, 377 p., Volumen 2.
13. ARCO OIL AND GAS COMPANY, Drilling Manual, editor, 337 p., Volumen 3.
14. ARCO OIL AND GAS COMPANY, Arco Well Control Manual, editor, 1980, 452 p.

15. CHILINGARIAN Y VORABUTR, Drilling and Drilling Fluids, Elsevier, California, 1983, 801 p.
16. SCHLUMBERGER, Drilling Fluids Technical Manual, editor, 1994, 292 p.\