

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Parámetros de Diseño para Perforar y Revestir un Pozo Horizontal

**TESINA DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN PETROLEO**

Presentada por:

William Alexander Correa Reyes

Cesar Amable Jara Cepeda

Adrián Alexi Quicaliquin Meléndez

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO 2010**

## AGRADECIMIENTO

A nuestro padre Dios,  
por bendecirnos al finalizar  
esta etapa de estudios.

Al Ing. Klever Malave que  
pacientemente y dedicación  
nos guio con su experiencia  
y conocimiento para la  
culminación exitosa del  
presente trabajo.

Adrian Alexi Quicaliquin Melendez  
Cesar Amable Jara Cepeda  
Willian Alexander Correa Reyes

## **DEDICATORIA**

A DIOS todopoderoso  
por sus bendiciones para  
seguir adelante.

A mis padres Gloria y Manuel  
por su apoyo incondicional  
y desinteresado.

A mis hermanos por sus  
valiosos consejos.

Adrian Alexi Quicaliquin Menendez

## DEDICATORIA

A Dios por sobre todas la cosas  
A mi madre y a mis hermanos  
Por su apoyo en todo momento.  
A mis amigos y compañeros por  
Sus consejos y comprensión, siempre.  
Al Ing. Ricardo Gallegos por ser  
Además de un excelente profesor  
Un excelente ser humano y guía  
A lo largo de mi carrera.

César Jara Cepeda

## DEDICATORIA

A mi papi Dios, mi mami Virgencita  
y sobre todo a mi ñaño Jesús sin tu ayuda  
jamás lo hubiese podido hacer,  
tu eres grande (Efesios 3:20).

A mi papi Willians y mi mamá Luisa  
no existe palabras para Uds., son todo en mi vida  
JAMÁS LOS DEFRAUDARE  
(Proverbios 1:8-9).

A mi madrina Carmen Sánchez de Peña,  
mi estimación, cariño y respeto  
(Romanos 13:10).

A mis hermanos Paúl, Andrés y Martín,  
cuando uno quiere, se llega lejos  
(Proverbios 3:5).

Con cariño a mis Tías ñaña Irma, ñaña Rosi  
y mi abuelita Emilia Bárbara  
Uds., mis mamás (Romanos 13:10).

Sobre todo a los mejores amigos  
gracias a papi Dios por conocerlos  
Jonathan, Necker (Juan 15:13).

A mis prim@s, Ti@s y familiares.

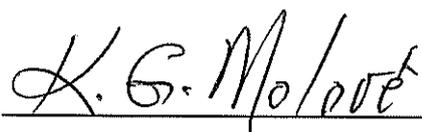
A ti primo Pato que estas en el cielo,  
siempre te recordaré.

A mis amigos que he hecho a lo  
largo de toda mi vida estudiantil.

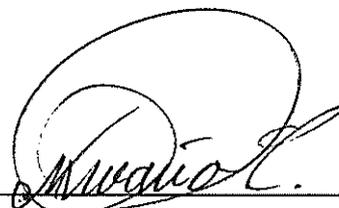
Todo lo que soy lo debo a Jesucristo, con el, todo, sin el nada.

Willian Alexander Correa Reyes (Mateo 5:3)

TRIBUNAL DE GRADUACION

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "K. G. Malave", positioned above a horizontal line.

Ing. Klever Malave  
Director de Tesis

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Gastón P.", positioned above a horizontal line.

Ing. Gastón Proaño  
Subdecano de la FICT

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la Espol)

---

Willian Correa Reyes

---

Cesar Jara Cepeda

---

Adrian Quicaliquin Meléndez

## RESUMEN

El presente trabajo recopila la información requerida para perforar y revestir un pozo tipo horizontal, incluyendo conceptos básicos, ventajas y desventajas de las técnicas, reconociendo los problemas que se pueden presentar durante las operaciones.

La trayectoria del pozo se planifica utilizando información geológica de pozos vecinos y disponiendo de un survey que muestra la orientación del mismo a través del subsuelo. Después se diseña la sarta de perforación en base a parámetros obtenidos del citado survey y a la inclinación deseada para lograr el objetivo propuesto, incluyendo herramientas de perforación direccional, como motores de fondo. Luego se selecciona la tubería de revestimiento necesaria según las Normas API.

A continuación se realiza el análisis económico donde se evalúa si la inversión se justifica en base a parámetros como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	IX
INDICE GENERAL.....	X
ABREVIATURAS .....	XV
INDICE DE FIGURAS.....	XVI
INDICE DE TABLAS .....	XVIII
CAPITULO 1	
1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES .....	2
1.1 Definición de Perforación Horizontal .....	2
1.2 Tipos de Pozos.....	2
1.2.1 Radio Corto .....	3
1.2.1.1 Ventajas .....	3
1.2.1.2 Desventajas.....	3
1.2.2 Radio Medio .....	3
1.2.2.1 Ventajas .....	4
1.2.2.2 Desventajas.....	4
1.2.3 Radio Largo.....	4
1.2.3.1 Ventajas .....	4
1.2.3.2 Desventajas.....	5
1.3 Problemas Comunes Durante la Perforación .....	5
1.3.1 Pérdidas de Circulación.....	6
1.3.2 Limpieza del Hueco .....	6
1.3.3 Pegamiento de Tubería .....	6

1.3.3.1 Empaquetamiento.....	7
1.3.3.2 Pega Diferencial .....	7
1.3.3.3 Geometría del Pozo .....	8
1.3.4 Vibraciones en la Sarta de Perforación .....	8
1.3.4.1 Torsional.....	9
1.3.4.2 Axial .....	10
1.3.4.3 Lateral.....	12
CAPITULO 2	
2 DISEÑO DE LA TRAYECTORIA DEL POZO.....	14
2.1 Datos Generales .....	14
2.2 Información Geológica .....	15
2.3 Criterios para el Diseño.....	16
2.4 Plan de Perforación.....	16
2.5 Diseño de la Trayectoria .....	17
CAPITULO 3	
3 DISEÑO DE LA SARTA DE PERFORACION .....	21
3.1 Definición de Sarta y Descripción del Proceso de Perforación .....	21
3.1.1 Sarta de Perforación.....	21
3.1.2 Descripción del Proceso .....	22
3.2 Componentes de la Sarta .....	24
3.2.1 Sistema “Top Drive” (TDS).....	24
3.2.2 Tubería de Perforación (DP).....	25
3.2.3 Tubería de Perforación Extrapesada (HWDP).....	26
3.2.4 Lastrabarreras (DC).....	27

3.2.5 Brocas .....	29
3.2.5.1 Tricónicas .....	29
3.2.5.2 De Cortadores Fijos .....	30
3.2.5.3 Factores para la Selección de Brocas .....	31
3.2.6 Otras Herramientas de perforación .....	32
3.2.6.1 Sustitutos, “Crossover” .....	32
3.2.6.2 Martillos .....	33
3.2.6.3 Motores de Fondo.....	33
3.2.6.4 Camisas Desviadoras (Bent Housing) .....	33
3.2.6.5 Estabilizadores .....	34
3.2.6.6 “Measurements While Drilling” (MWD).....	36
3.3 Variables para Diseñar la Sarta .....	38
3.3.1 Parámetros para Lastrabarrenas y Tubería Pesada.....	38
3.3.1.1 Factor de Flotación .....	38
3.3.1.2 Punto Neutro.....	39
3.3.1.3 Tipos de BHA y Consideraciones de Selección.....	39
3.3.1.3.1 Tipo 1 y 2 .....	41
3.3.1.3.2 Tipo 3 .....	44
3.3.2 Parámetros para la Tubería de Perforación.....	46
3.3.2.1 Tensión .....	45
3.3.2.1.1 Resistencia a la Tensión (Pt) .....	46
3.3.2.1.2 Factor de Seguridad por Tensión .....	48
3.3.2.1.3 Carga Permisible (Pa).....	48
3.3.2.1.4 Carga de Trabajo (Pw).....	48
3.3.2.1.5 Margen de Sobretensionamiento “Overpull” (MOP).....	49
3.3.2.2 Ecuación para Determinar la Máxima Longitud de	

Tubería de Perforación .....	49
3.4 Control Direccional .....	52
3.4.1 Criterios para Construir, Reducir ó Mantener Ángulo de Inclinación.....	52
3.5 Información Básica Requerida para Diseñar la Sarta.....	54
3.6 Procedimiento de Diseño .....	56

## CAPITULO 4

4. TUBERIA DE REVESTIMIENTO REQUERIDA .....	72
4.1 Funciones.....	72
4.2 Propiedades .....	73
4.3 Herramientas.....	74
4.3.1 Centralizadores .....	74
4.3.2 Raspadores .....	74
4.4 Tipos de Revestidor .....	75
4.4.1 Conductor .....	76
4.4.2 Superficial.....	77
4.4.3 Intermedio.....	78
4.4.4 Productor .....	78
4.4.5 Liner de Producción.....	79
4.5 Criterios de Diseño.....	80
4.5.1 Presión de colapso: Procedimiento de cálculo .....	80
4.5.2 Presión de estallido: Procedimiento de cálculo .....	82
4.5.3 Tensión: Procedimiento de cálculo.....	84
4.6 Cálculos para el Diseño .....	85
4.6.1 Sección Superficial .....	85
4.6.2 Sección Intermedia # 1 .....	89

4.6.3 Sección Intermedia # 2.....	93
4.6.4 Sección Horizontal (Liner de Producción) .....	97
4.7 Programa para Correr las Tuberías .....	102
4.8 Esquema Gráfico de las Tuberías en el Pozo Horizontal .....	103
CAPITULO 5.....	104
5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	104
5.1 Inversiones.....	104
5.2 Ingreso Total Mensual (ITM) .....	106
5.3 Costo Mensual de Producción (CMP) .....	106
5.4 Consideraciones .....	107
5.5 Tasa Esperada de Producción .....	107
5.6 Resultados del VAN y el TIR.....	109
5.6.1 VAN (Valor Actual Neto).....	109
5.6.2 TIR (Tasa Interna de Retorno) .....	110
CAPITULO 6.....	112
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	112
6.1 Conclusiones.....	112
6.2 Recomendaciones.....	113
APENDICES .....	115
BIBLIOGRAFIA.....	145

## ABREVIATURAS

API	Instituto Americano del Petróleo, “American Petroleum Institute”.
BHA	Ensamblaje de Fondo, “Bottom Hole Assembly”.
BUR	Tasa de Construcción y/o Tumbado de Angulo “Build up Rate”.
DC	Lastrabarrena, “Drill Collar”.
DP	Tubería de Perforación, “Drill Pipe”.
HWDP	Tubería Pesada de Perforación, “Heavy Weight Drill Pipe”.
KOP	Punto de Inicio de Desviación, “Kip of Point”.
LWD	Registro Durante la Perforación, “Loggig While Drilling”.
MD	Profundidad Medida, “Mesearument Depth”
MWD	Medidas Mientras se Perfora, “Measurements While Drilling”
PDC	Broca Policristalina que tiene cortadores de diamantes artificiales y de Carburo de Tungsteno.
ROP	Tasa de Penetración, “Rate of Penetration”
RPM	Revoluciones por Minuto
SURVEY	Simulación Matemática para Determinar la Trayectoria de Diseño de un Pozo a Perforar
TD	Profundidad Total, “Total Depth”
TVD	Profundidad Vertical Verdadera, “True Vertical Depth”
WELL PAD	Área de pozos
WOB	Peso sobre la broca, “Weight On Bite”

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Tipos de Pozos Horizontales .....	5
<b>Figura 1.2</b>	Pega Diferencial .....	8
<b>Figura 1.3</b>	Vibración Torsional.....	10
<b>Figura 1.4</b>	Vibración Axial.....	11
<b>Figura 1.5</b>	Vibración Lateral.....	13
<b>Figura 2.1</b>	Perfil Programado para el Pozo WIADCE .....	20
<b>Figura 3.1</b>	Descripción del Proceso de Perforación de un Pozo Horizontal .	24
<b>Figura 3.2</b>	Tubería de Perforación .....	25
<b>Figura 3.3</b>	Tipos de Tubería Extrapesada .....	27
<b>Figura 3.4</b>	Descripción del Lastrabarrena .....	27
<b>Figura 3.5</b>	Tipos de Lastrabarrena .....	28
<b>Figura 3.6</b>	Broca Tricónica y Tipo de Corte .....	30
<b>Figura 3.7</b>	Tipo de Corte para Cortadores Fijos .....	30
<b>Figura 3.8</b>	Tipos de Cortadores Fijos .....	31
<b>Figura 3.9</b>	Grafica para Selección de Brocas .....	32
<b>Figura 3.10</b>	Camisa Desviadora .....	34
<b>Figura 3.11</b>	Tipos de Estabilizadores .....	36
<b>Figura 3.12</b>	Herramienta MWD .....	37
<b>Figura 3.13</b>	Factor de Flotación .....	39
<b>Figura 3.14</b>	BHA tipo 1 .....	40
<b>Figura 3.15</b>	BHA tipo 2 .....	41
<b>Figura 3.16</b>	BHA tipo 3 .....	43
<b>Figura 3.17</b>	Criterios de Diseño Bajo Tensión .....	46
<b>Figura 3.18</b>	Resistencia a la Tensión .....	47

<b>Figura 3.19</b>	Ensamblajes para Construir Ángulo .....	53
<b>Figura 3.20</b>	Ensamblajes para Reducir Angulo .....	53
<b>Figura 3.21</b>	Ensamblajes para Mantener Angulo.....	54
<b>Figura 4.1</b>	Centralizadores .....	74
<b>Figura 4.2</b>	Raspadores .....	75
<b>Figura 4.3</b>	Tipos de Tuberías de Revestimiento .....	76
<b>Figura 4.4</b>	Liner Productor .....	79
<b>Figura 4.5</b>	Presión de Colapso .....	80
<b>Figura 4.6</b>	Presión de Estallido .....	82
<b>Figura 4.7</b>	Esfuerzo por Tensión .....	84
<b>Figura 4.8</b>	Diagrama de Tuberías de Revestimiento .....	103

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Información General .....	14
<b>Tabla 2</b>	Formaciones y Profundidades .....	15
<b>Tabla 3</b>	Diseño de la Trayectoria en “S” Inversa .....	18
<b>Tabla 4</b>	Diseño de la Trayectoria Direccional .....	19
<b>Tabla 5</b>	Características de Tuberías de Perforación .....	26
<b>Tabla 6</b>	Información Preliminar.....	55
<b>Tabla 7</b>	Herramientas de Control Direccional.....	56
<b>Tabla 8</b>	Especificaciones de Tuberías en la Primera Sección .....	58
<b>Tabla 9</b>	Especificaciones de las Tuberías en la Segunda Sección .....	61
<b>Tabla 10</b>	Especificaciones de Tuberías en la Tercera Sección .....	65
<b>Tabla 11</b>	Especificaciones de las Tuberías en la Cuarta Sección .....	69
<b>Tabla 12</b>	Rangos de Tubería de Revestimiento .....	73
<b>Tabla 13</b>	Características de Revestidor 13-3/8”, C-95, 72 Lbs/pies .....	87
<b>Tabla 14</b>	Características de Revestidor 9-5/8”, N-80, 53.5 Lbs/Pies.....	91
<b>Tabla 15</b>	Características del Revestidor 7”, N-80, 29 Lbs/Pies .....	95
<b>Tabla 16</b>	Características del Revestidor 5”, C-95, 15 Lbs/Pies .....	94
<b>Tabla 17</b>	Programa Final para la Tubería de Revestimiento .....	102
<b>Tabla 18</b>	Costos de Perforación y Completación .....	105
<b>Tabla 19</b>	Resultados de VAN y TIR .....	102

## INTRODUCCION

La aparición de nuevos métodos y técnicas para perforar pozos petroleros han puesto en segundo plano la tecnología convencional como es la perforación vertical. La construcción de pozos horizontales ha tomado un impresionante auge en los últimos años para la explotación de yacimientos hidrocarburíferos, debido a que se logra incrementar significativamente la tasa de producción.

Este trabajo presenta los parámetros y criterios fundamentales para la planeación de la perforación de un pozo horizontal, tiene como objetivo construir una sección de navegación a través de la arena productora obteniendo una mayor área de flujo y en consecuencia una alta tasa de producción con respecto a un pozo vertical.

La perforación de un pozo horizontal implica el uso de equipos sofisticados tanto en la sarta de perforación como en la locación, siendo en consecuencia alto el costo del mismo. La inversión se justifica porque se recupera en poco tiempo.

# CAPITULO 1

## 1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

### 1.1. Definición de Perforación Horizontal.

Consiste en direccionar un pozo a través de una trayectoria pre-establecida desde cierta profundidad vertical, incrementando el ángulo de desviación a medida que se va perforando hasta alcanzar un valor cercano a 90° grados (88°-92°), para luego navegar (perforar) una sección horizontal dentro del yacimiento.

### 1.2. Tipos de Pozos.

Se clasifican de acuerdo al Radio de Curvatura creado desde la vertical y que se forma producto de la desviación al seguir la trayectoria pre-establecida.

### **1.2.1. Radio corto.**

Utilizado para llegar al inicio de la sección horizontal en un tiempo relativamente corto, especialmente cuando existen problemas geológicos que dificultan la perforación.

#### **1.2.1.1. Ventajas.**

- ✓ Curva pequeña.
- ✓ Yacimientos poco profundos.

#### **1.2.1.2. Desventajas.**

- ✓ Herramientas especiales
- ✓ Diámetros limitados de hueco.
- ✓ Limite en control de Azimuth.

### **1.2.2. Radio Medio.**

Se aplica en yacimientos con propiedades especiales como fracturas naturales, capas adyacentes de gas y subyacentes de agua, que requieren horizontalidad dentro de límites verticales estrechos.

### **1.2.2.1. Ventajas.**

- ✓ Menor Torque en la sarta.
- ✓ Bajo costo.
- ✓ Uso de herramientas convencionales.

### **1.2.2.2. Desventajas.**

- ✓ No permite rotación durante la construcción de la curva.
- ✓ Altos esfuerzos sobre la sarta de perforación.
- ✓ Limitaciones en la selección del tipo de broca.

### **1.2.3. Radio Largo.**

Se utiliza cuando el yacimiento está ubicado en zonas verticalmente inaccesibles, permitiendo construir una sección horizontal de más de 800 pies.

#### **1.2.3.1. Ventajas.**

- ✓ Uso de herramientas convencionales.
- ✓ Mínimas severidades en patas de perro.
- ✓ Mayores profundidades verticales.

### 1.2.3.2. Desventajas.

- ✓ Problemas con altas presiones

La Figura 1.1 presenta los tipos de pozos horizontales en función del radio.

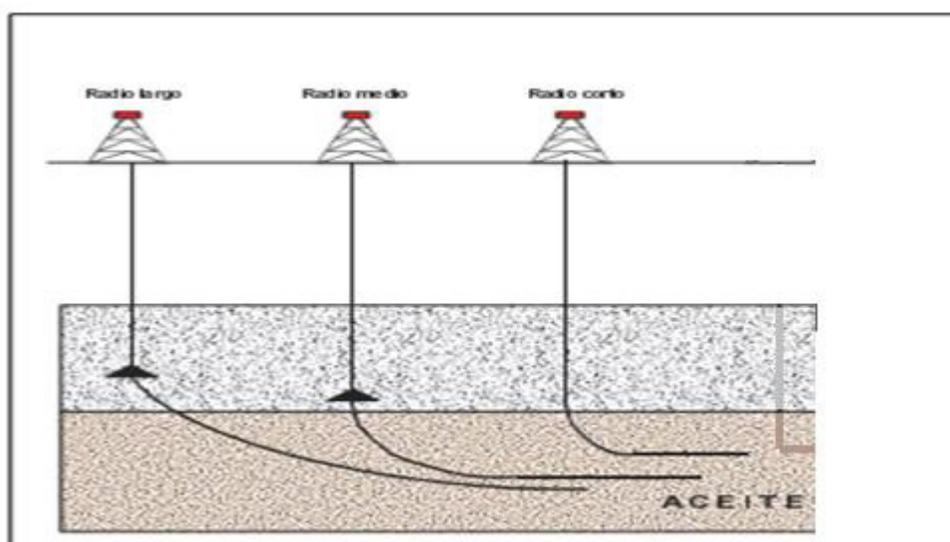


FIGURA 1.1 TIPOS DE POZOS HORIZONTALES

### 1.3. Problemas Comunes Durante la Perforación.

Los principales son:

#### 1.3.1. Pérdidas de Circulación.

Es uno de los más críticos durante la perforación y se presenta cuando existen cavernas o fracturas, debido en ocasiones a la presencia de formaciones no consolidadas.

### **1.3.2. Limpieza del Hueco.**

En las secciones horizontales los cortes de perforación tienden a caer a la cara inferior del yacimiento dificultando el arrastre de los mismos y formando acumulaciones de sólidos que restringen el movimiento de la sarta, ocasionando una pega de tubería.

### **1.3.3. Pegamiento de tubería.**

Cuando la tubería no se puede mover se dice que está pegada, problema que impide rotarla y circular fluido por el pozo.

Las principales causas de pegamiento pueden ser clasificadas en tres categorías:

- a. Empaquetamiento (Pack-off) o puenteo (Bridge).
- b. Pega diferencial.
- c. Geometría del pozo.

#### **1.3.3.1. Empaquetamiento.**

Ocurre generalmente cuando pequeñas partículas de la formación caen dentro del hueco a la altura de los lastra-barrenas o de las herramientas con diámetro cercano al del pozo, llenando el espacio anular alrededor de la sarta de perforación.

#### **1.3.3.2. Pega Diferencial.**

Cuando se perfora formaciones permeables se crea una costra o revoque de lodo debido a que la presión hidrostática es mayor a la de la formación, siendo en consecuencia menor el diámetro del hueco en esas zonas. Entonces la presión diferencial existente origina que la tubería se adhiera a la pared del hueco causando el pegamiento de la misma y dificultando tanto el movimiento como la rotación de la sarta. El problema es mayor cuando son pozos desviados o en una sarta mal diseñada o sin estabilizadores.

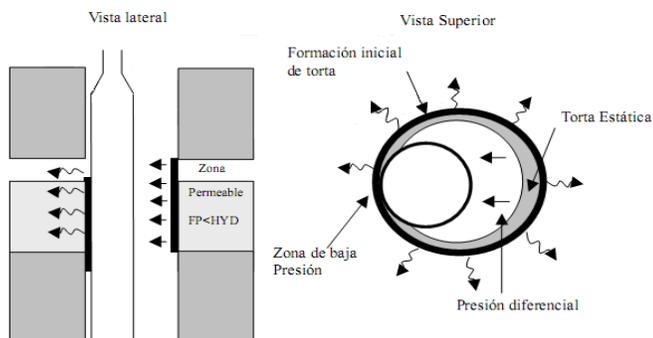


FIGURA 1.2 PEGA DIFERENCIAL

### 1.3.3.3. Geometría del Pozo.

La pega de tubería se puede dar tanto al bajar como al recuperar la sarta de perforación debido a que el ensamble de fondo es demasiado rígido para aceptar los cambios de dirección en la geometría del pozo.

### 1.3.4. Vibraciones en la Sarta de Perforación.

Se ha demostrado que la vibración en la sarta produce desgaste y fallas en la tubería y en la broca. Se reconoce tres tipos de vibración:

#### 1.3.4.1. Torsional:

Ocurre cuando se disminuye o se detiene la rotación de la sarta en el fondo a causa de la resistencia al movimiento debido a:

- ✓ Litologías duras y abrasivas.
- ✓ Pozos con ángulos altos o desviados.

Entre los factores que contribuyen a la vibración torsional están:

- ✓ Tipo de broca.
- ✓ Angulo del hueco, debido a que en pozos de alto ángulo las vibraciones son mayores.
- ✓ Peso y estabilidad del BHA.
- ✓ Lubricidad del lodo: Mayor lubricidad reducirá la fricción.

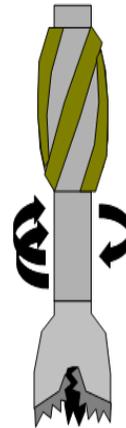


FIGURA 1.3 VIBRACIÓN TORSIONAL

#### 1.3.4.2. Axial.

Ocurre cuando la broca está en contacto con la formación o cuando rebota contra el fondo del hueco. Los incrementos de vibración están acompañados de cambios repentinos en el WOB y en las RPM. Mientras más dura sea la formación, mayor será la frecuencia de vibración axial de la broca. Entre los principales problemas tenemos:

- ✓ Brocas que fallan o se desgastan rápidamente.
- ✓ Reducción de ROP.

Las vibraciones axiales son más comunes en las siguientes condiciones:

- ✓ Zonas duras.
- ✓ Cuando se perfora con broca tricónica, porque tienen partes móviles y menor área de contacto.

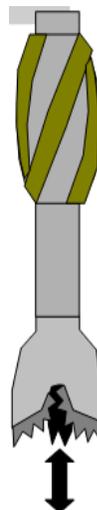


FIGURA 1.4 VIBRACIÓN AXIAL

#### 1.3.4.3. Lateral.

Se define como una rotación no central de la broca, causando impactos laterales contra la pared del pozo

y es originada por los otros tipos de vibraciones. Entre los problemas ocasionados están:

- ✓ Reducción del ROP.
- ✓ Desgaste prematuro de la broca.
- ✓ Desgaste desigual en la sarta y en los estabilizadores.
- ✓ Fisuras y fallas en los BHA.
- ✓ Aumento del diámetro del pozo.

Algunos factores que contribuyen a su presencia son:

- ✓ Tipo de broca. Las PDC se alejan más fácilmente de su centro de giro.
- ✓ Estabilidad y centralización del BHA.
- ✓ Asentamiento inicial de la broca.



FIGURA 1.5 VIBRACIÓN LATERAL

## CAPITULO 2

### 2. DISEÑO DE LA TRAYECTORIA DEL POZO.

#### 2.1 Datos Generales.

La información disponible se muestra en la Tabla 1.

**TABLA 1**  
**INFORMACIÓN GENERAL**

Campo	ESPOL – FICT
Pozo	WIADCE
Clasificación	Productor
<b>COORDENADAS EN SUPERFICIE</b>	
Norte	N 9946418.318 m
Este	E 288972.153 m
Elevación de la Mesa Rotaria	37 pies
<b>COORDENADAS EN SUBSUELO</b>	
Objetivo primario (Navegación)	Tope U inferior
Norte	N 9947068.076 m
Este	E 289174.636 m
Radio del objetivo	50 pies
<b>PROFUNDIDAD DEL OBJETIVO</b>	
TVD Objetivo (pies)	9734,2 pies

## 2.2 Información Geológica.

Las principales formaciones geológicas existentes en nuestro país con sus respectivas profundidades, aparece en la Tabla 2:

**TABLA 2**  
**FORMACIONES Y PROFUNDIDADES**

Formación	TVD (pies)	SSTVD (pies)
Orteguaza	5714.21	-4740.00
Tiyuyacu	6493.21	-5519.00
Conglomerado Tiyuyacu Inf.	7617.21	-6643.00
Tena	8147.21	-7173.00
Tope Arenisca Basal Tena	8950.21	-7976.00
Tope Napo	8975.21	-8001.00
Tope Caliza M-1	9162.21	-8188.00
Base Caliza M-1	9221.21	-8247.00
Tope Caliza M-2	9395.21	-8421.00
Base Caliza M-2	9439.21	-8465.00
Tope Caliza A	9508.21	-8534.00
Base Caliza A/Tope Aren U Superior	9634.21	-8660.00
Tope ST U inf	9679.21	-8705.00
TD	9714.62	-8740.41

### **2.3 Criterios para el Diseño.**

La trayectoria se diseña en base al análisis anticolidión y de interferencia magnética que debe realizarse antes de iniciar la perforación, debido a que en la misma locación (well pad) se encuentran 5 pozos ya perforados: 4 direccionales y uno vertical. Tendrá dos componentes direccionales: el primero en forma de "S" invertida entre 300 y 2522,43 pies (MD) y el segundo de radio largo a partir de 7402,43 hasta 11181,77 pies (MD) con una longitud adicional horizontal de aproximadamente 1000 pies.

### **2.4 Plan de Perforación.**

El proceso planificado es el siguiente:

Perforar verticalmente hasta llegar a 300 pies (MD) y comenzar a construir ángulo con una tasa de incremento de  $1,36^{\circ}/100\text{ft}$  en sección negativa (inversa) hasta alcanzar una inclinación de  $13^{\circ}$  a 1258,20 pies (MD) y continuar perforando una sección tangencial de 200 pies (MD).

Posteriormente tumbar ángulo a razón de  $1,22^{\circ}/100\text{ft}$  para lograr  $0^{\circ}$  a 2522,43 pies (MD); continuar verticalmente hasta 7402,43 pies (MD) desde donde comienza la curvatura del radio largo construyendo ángulo a una tasa de  $2,50^{\circ}/100\text{ft}$  para alcanzar una inclinación de  $78, 99^{\circ}$  a

10566,74 pies (MD); continuar la construcción del ángulo a razón de  $1,63^{\circ}/100\text{ft}$  hasta 11181,77 pies (MD). Desde este punto se navega horizontalmente con una inclinación de  $89.01^{\circ}$  para llegar al TD a 12187,61 pies (MD).

## **2.5 Diseño de la Trayectoria.**

Para el diseño de la trayectoria se considera dos secciones: en “S” inversa hasta una profundidad de 2500 pies (TVD) y una direccional hasta 9697,21 pies (TVD), donde inicia la perforación de la sección horizontal.

Los datos del survey requerido para la planificación se indican en el Apéndice A y las ecuaciones utilizadas para obtener los radios de curvatura que permiten construir el perfil del pozo se muestran en el Apéndice B.

Los datos que permiten diseñar las dos secciones indicadas se muestran en las Tablas 3 y 4. Con esta información se construye el perfil programado para el pozo, que se muestra en la Figura 2.1.

**TABLA 3**  
**DISEÑO DE LA SECCIÓN “S” INVERSA**

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>
Punto de inicio de desviación (pies)	300	KOP
Tasa de construcción (grados/100pies)	1,36	BUR
Sección Vertical inicial (pies)	0	Vsi
Sección Vertical final (pies)	-92,52	Vsf
Punto de finalizado la desviación (pies) TVD	1250 TVD / 1258,20 MD	EOC <sub>1</sub>
Radio de la circunferencia (pies)	4913,971	RC <sub>1</sub>
Inclinación inicial (grados)	0	$\Theta_{i1}$
Inclinación final (grados)	13	$\Theta_{f1}$
<b>SECCION TANGENCIAL</b>		
Línea CD (pies)	200	CD
Ángulo de inclinación (grados)	13	$\Theta$
<b>SECCION DE TUMBADO DE ANGULO</b>		
Punto de inicio de desviación (pies)	1444,87 TVD / 1458,20 MD	KOP
Tasa de Tumbado (grados/100pies)	1,22	BUR
Sección Vertical inicial (pies)	-130,97	Vsi
Sección Vertical final (pies)	-233,72	Vsf
Punto de finalizado la desviación (pies)	2500 TVD / 2522,43 MD	EOC
Radio de la circunferencia (pies)	5451,670304	RC <sub>2</sub>
Inclinación inicial (grados)	13	$\Theta_{i2}$
Inclinación final (grados)	0	$\Theta_{f2}$

**TABLA 4**  
**DISEÑO DE LA SECCIÓN DIRECCIONAL**

PARAMETROS	VALOR	SIMBOLOGIA
Punto de inicio de desviación (pies) TVD	7380 TVD / 7402,43 MD	KOP
Tasa de construcción (grados/100pies)	2,5	BUR <sub>1</sub>
Sección Vertical inicial (pies)	-233,72	V <sub>si</sub>
Sección Vertical final (pies)	1621,6	V <sub>sf</sub>
Punto de finalizado la desviación (pies) TVD	9633 TVD / 10566,74 MD	EOC
Radio de la circunferencia (pies)	2357,873162	RC <sub>1</sub>
Inclinación inicial (grados)	0	$\Theta_{i1}$
Inclinación final (grados)	78,99	$\Theta_{f1}$
Punto de inicio de desviación (pies)	9634,21 TVD / 10573,13 MD	KOP
Tasa de construcción (grados/100pies)	1,63	BUR <sub>2</sub>
Sección Vertical inicial (pies)	1627,87	V <sub>si2</sub>
Sección Vertical final (pies)	2231,97	V <sub>sf2</sub>
Punto de finalizado la desviación (pies)	9697,21 TVD / 11181,77 MD	EOC <sub>2</sub>
Radio de la circunferencia (pies)	3511,687268	RC <sub>1</sub>
Inclinación inicial (grados)	79,09	$\Theta$
Inclinación final (grados)	89,01	$\Theta$

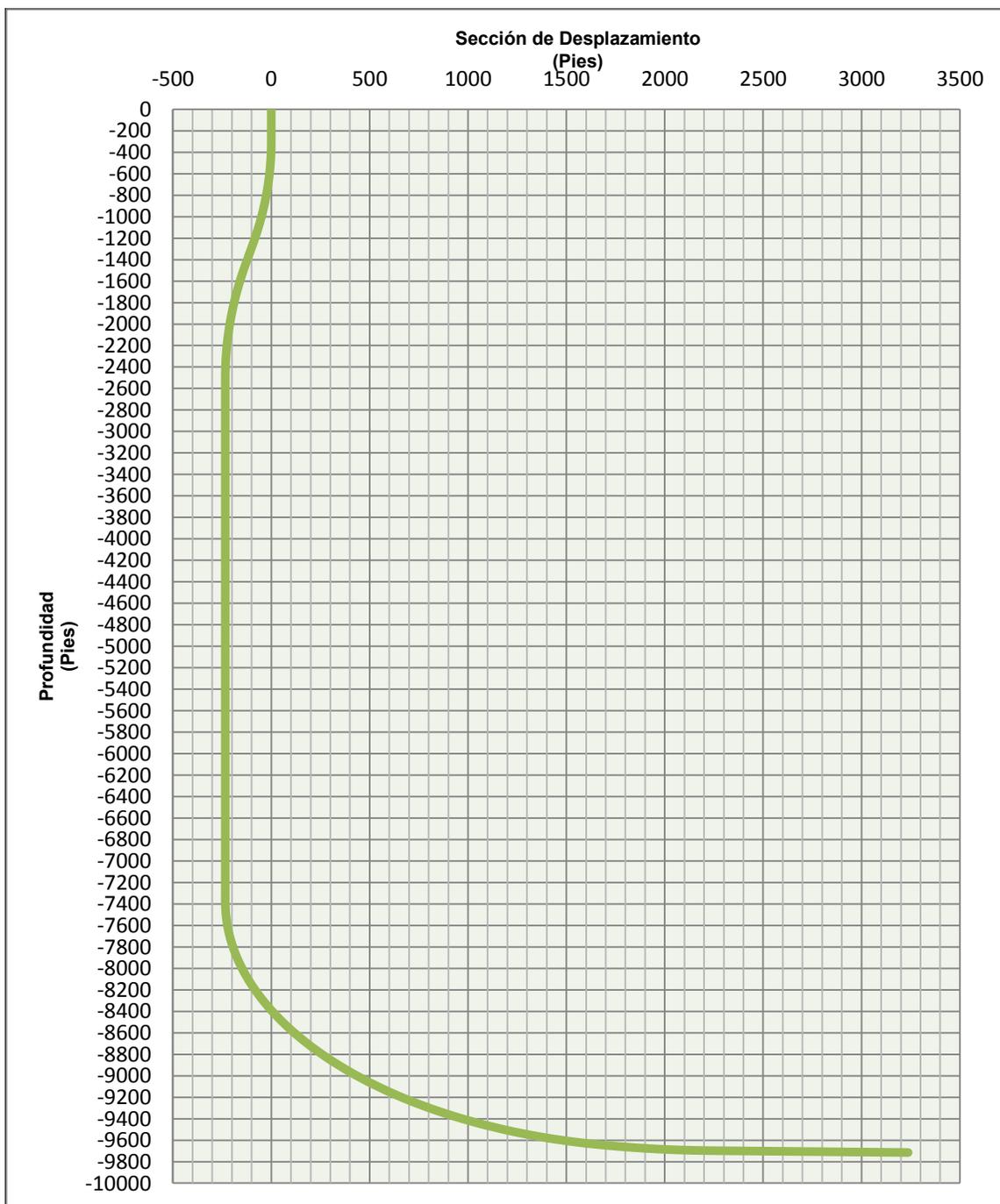


FIGURA 2.1 PERFIL PROGRAMADO PARA EL POZO WIADCE

# CAPITULO 3

## 3. DISEÑO DE LA SARTA DE PERFORACION.

### 3.1 Definición de Sarta y Descripción del Proceso de Perforación.

#### 3.1.1 Sarta de Perforación.

Es un acople mecánico entre la broca y el sistema rotario de superficie por medio de componentes metálicos ensamblados secuencialmente, tales como Lastrabarrenas, Tubería Pesada y de Perforación. Su función es transmitir fluido y la rotación generada por el “top-drive” hacia el BHA de fondo durante la perforación, siendo por tanto fundamental un adecuado diseño de dicha sarta.

#### **Funciones:**

- ✓ Transmitir rotación a la broca.

- ✓ Soportar y transmitir cargas axiales y torsionales.
- ✓ Colocar peso sobre la broca.
- ✓ Guiar y controlar la trayectoria del pozo.
- ✓ Permitir circulación de fluidos para limpiar el fondo del hueco.
- ✓ Enfriar y lubricar la broca.

### **3.1.2 Descripción del Proceso.**

Desde la superficie, la perforación del pozo se inicia con una sección vertical (primera) para lograr las mejores condiciones de salida hacia el objetivo (target). El procedimiento a seguir en la perforación direccional (segunda sección), que empieza desde el eje vertical hasta llegar al inicio del tramo horizontal (tercera sección), consiste en:

- ✓ A partir del KOP se construye una curva continua para alcanzar un determinado ángulo de inclinación.
- ✓ Manteniendo el ángulo, continúa la construcción de una sección tangencial hasta un punto dado de acuerdo a lo planificado.

- ✓ Una nueva sección de construcción de ángulo, que finaliza cuando se alcance la inclinación requerida ( $86^{\circ} - 90^{\circ}$ ) para iniciar la perforación del tramo horizontal.

Finalmente se perfora la sección horizontal navegando en una longitud pre-determinada (800 a 1200 pies) dentro del yacimiento productor. Se debe tener en cuenta los cambios en la trayectoria del pozo para minimizar los problemas que se presenten durante la perforación, como: limpieza e inestabilidad del hueco, arrastre de la tubería y torque sobre la sarta.

La descripción efectuada se presenta en la Figura 3.1.

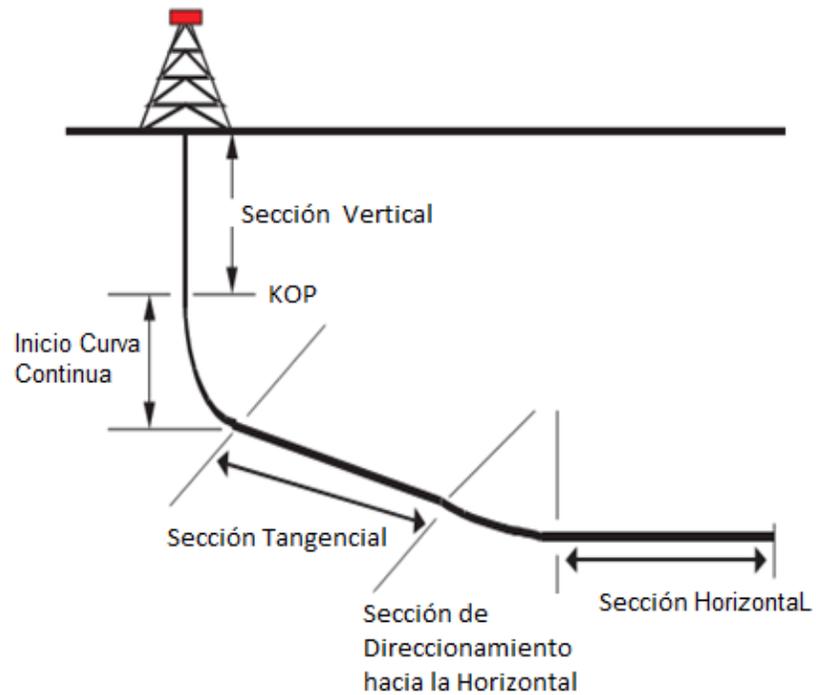


FIGURA 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PERFORACION DE UN POZO HORIZONTAL

**3.2 Componentes de la Sarta.-** Se describen desde superficie hasta el fondo del pozo y son los siguientes:

### 3.2.1 Sistema “Top Drive” (TDS).

Transmite rotación a la sarta por medio de un motor incorporado al sistema y durante la perforación crea un vínculo entre la mesa

rotaria y el equipo de fondo. Entre las ventajas de su utilización tenemos:

- ✓ Capacidad de rotar y circular, facilitando maniobras y mejorando la limpieza del hueco.
- ✓ Rimar en ambas direcciones.

### 3.2.2 Tubería de Perforación (DP).

Permite la circulación del fluido de perforación hasta la broca.

La Figura 3.2 representa la Tubería de Perforación y la Tabla 5 muestra las características de la misma.



FIG 3.2 TUBERIA DE PERFORACIÓN

**TABLA 5**  
**CARACTERÍSTICAS DE TUBERÍAS DE PERFORACIÓN**

<b>Tamaño</b>	2-3/8" a 6-5/8" (diámetro externo del tubo)
<b>Rangos de Longitud</b>	Existen 3 rangos de longitud: R1 = 18 a 22 ft R2 = 27 a 30 ft R3 = 38 a 45 ft
<b>Grado del Acero</b>	E-75, X-95, G-105, S-135
<b>Peso Nominal</b>	Depende de los diversos rangos de tamaño y peso

### 3.2.3 Tubería de Perforación Extrapesada (HWDP).

Da peso adicional sobre la broca y permite la transición de esfuerzos entre la Tubería de Perforación (DP) y los lastrabarrenas, teniendo el mismo diámetro externo que la tubería de perforación pero el interno es generalmente de 3 pulgadas.

Los HWDP representados en la Figura 3.3, pueden ser de dos tipos:

- a. Lisos, y
- b. Espirales.

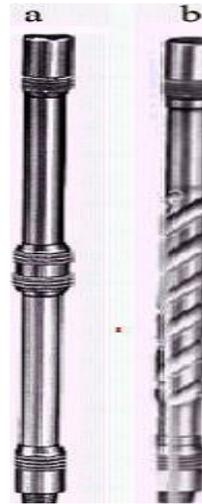


FIG 3.3 TIPOS DE TUBERÍA EXTRAPESADA

### 3.2.4 Lastrabarrenas (DC).

Son tubos de pared gruesa que proporcionan peso sobre la broca, representados en la Figura 3.4.

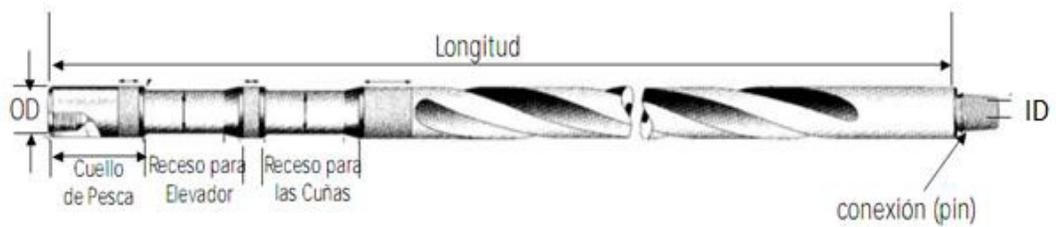


FIGURA 3.4 DESCRIPCION DEL LASTRABARRENA

**Funciones:**

- ✓ Protegen la sarta de perforación del pandeo y torsión
- ✓ Controlan dirección e inclinación.
- ✓ Por su rigidez, disminuyen patas de perro (dog leg),
- ✓ Mejoran el desempeño de la broca.
- ✓ Reducen la perforación irregular y el pegamiento de tubería.

Los Lastrabarrena pueden ser lisos y espirales y se representan en la Figura 3.5.



FIGURA 3.5 TIPOS DE LASTRABARRENA

### **3.2.5 Brocas.**

Parte fundamental del equipo de fondo, localizadas al extremo inferior del BHA. Cortan o trituran las formaciones del subsuelo garantizando el éxito de la perforación.

Los principales factores que se deben considerar para seleccionar brocas son: geología, fuerzas de compresión, elasticidad y abrasión de las rocas, presión de poros, permeabilidad y porosidad.

Las brocas se clasifican en:

#### **3.2.5.1 Tricónicas.**

Tienen 3 conos cortadores que giran sobre su eje. Por su estructura de corte se fabrican de dientes maquinados y de inserto de carburo de tungsteno. Trituran por impacto causando que la roca falle por compresión.

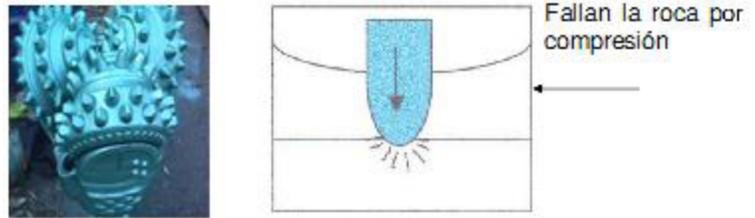


FIGURA 3.6 BROCA TRICÓNICA Y TIPO DE CORTE

### 3.2.5.2 De Cortadores Fijos.

Son cuerpos compactos sin partes móviles, fabricadas de diamantes naturales o sintéticos e incrustados parcialmente en su superficie inferior y lateral. Trituran la formación por fricción o arrastre (esfuerzos de corte).

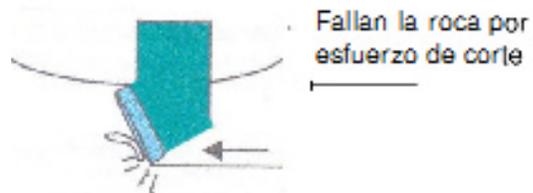


FIGURA 3.7 TIPO DE CORTE PARA CORTADORES FIJOS

Los tipos de cortadores fijos pueden ser: PDC y diamante, como se muestra en la Figura 3.8.



Tipos de Brocas PDC

Tipos de Brocas Diamante

FIGURA 3.8 TIPOS DE CORTADORES FIJOS

### 3.2.5.3 Factores para la Selección de Brocas.

Se debe tener en cuenta:

- ✓ Formaciones duras.
- ✓ Fluidos de perforación.
- ✓ Hidráulica.
- ✓ Limitaciones de peso sobre la broca.
- ✓ Geometría del pozo.
- ✓ Sistema de rotación (RPM).
- ✓ Formaciones nodulares.

La Figura 3.9 permite seleccionar el tipo de broca en función de Velocidad de Perforación y la Resistencia a la Compresión de la Formación.

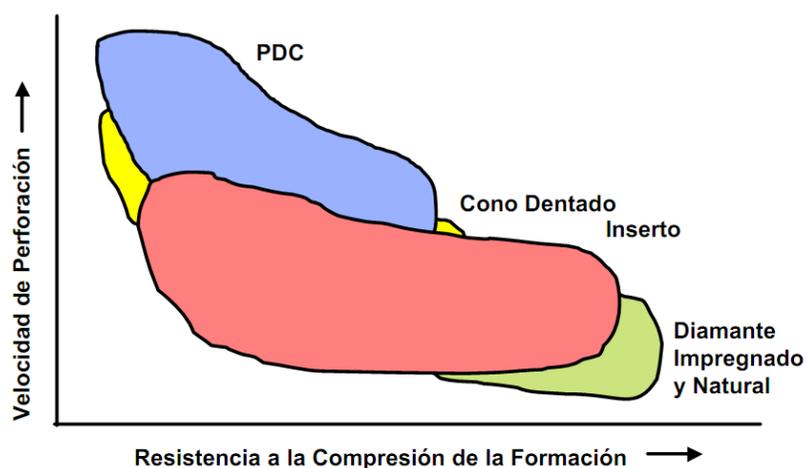


FIGURA 3.9 GRAFICA PARA SELECCIÓN DE BROCAS

### 3.2.6 Otras Herramientas de Perforación.

#### 3.2.6.1 Sustitutos, "Crossover".

Se utilizan para conectar herramientas y tuberías que por el tipo de conexión no son compatibles.

### **3.2.6.2 Martillos.**

Están ubicados entre los lastrabarrenas y la tubería de perforación. Se utilizan cuando existen pegas de tubería para golpear y liberar la sarta.

### **3.2.6.3 Motores de Fondo.**

Sirven para aumentar las RPM en la broca y direccionar la trayectoria planificada.

### **3.2.6.4 Camisas Desviadoras (Bent Housing).**

Controlan la inclinación y la dirección de un pozo sin necesidad de viajes de tubería; la combinación de esta herramienta con motores de fondo permite realizar construcción de ángulos, en base al principio de deslizar y rotar. Figura 3.10

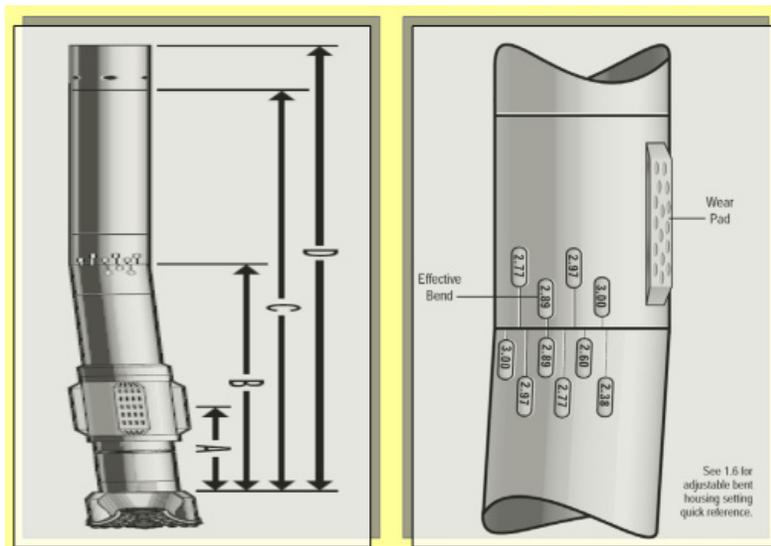


FIGURA 3.10 CAMISA DESVIADORA

### 3.2.6.5 Estabilizadores.

Dan estabilidad a la tubería dentro del hueco.

Funciones:

- ✓ Evitan pandeo en los componentes de la sarta.
- ✓ Reducen el desgaste de la broca.
- ✓ Mantienen la dirección programada del hueco.
- ✓ Ayudan a concentrar el peso de la herramienta de fondo sobre la broca.

- ✓ Reducen el arrastre durante la perforación evitando el contacto de los lastrabarrenas con las paredes del pozo.

Tipos de estabilizadores y su aplicación:

- ✓ Camisa reemplazable: Valioso cuando la logística es un problema.
- ✓ Aletas soldadas: Utilizadas en zonas suaves y pozos de gran diámetro.
- ✓ Aletas integrales: Generalmente son las más usadas porque tienen menor desgaste en litologías abrasivas.
- ✓ Camisa no Rotaria: Para formaciones muy duras o abrasivas.
- ✓ Escariador de rodillos: Para formaciones duras.

La Figura 3.11 presenta los diferentes tipos de Estabilizadores.



FIGURA 3.11 TIPOS DE ESTABILIZADORES

### 3.2.6.6 “Measurements While Drilling” (MWD).

Herramienta usada para controlar y monitorear la trayectoria del pozo durante la perforación mediante un sistema de medición, que registra y transmite a superficie parámetros como profundidad, inclinación y azimut.

Consideración técnica para la operación del MWD.

- ✓ En la sección horizontal se debe utilizar lastrabarrenas no magnéticas y evitar la corrida de herramientas de registros eléctricos con cable.

La Figura 3.12 muestra la ubicación de la herramienta MWD en el ensamblaje de fondo y el equipo requerido en superficie para el procesamiento de la respectiva información.

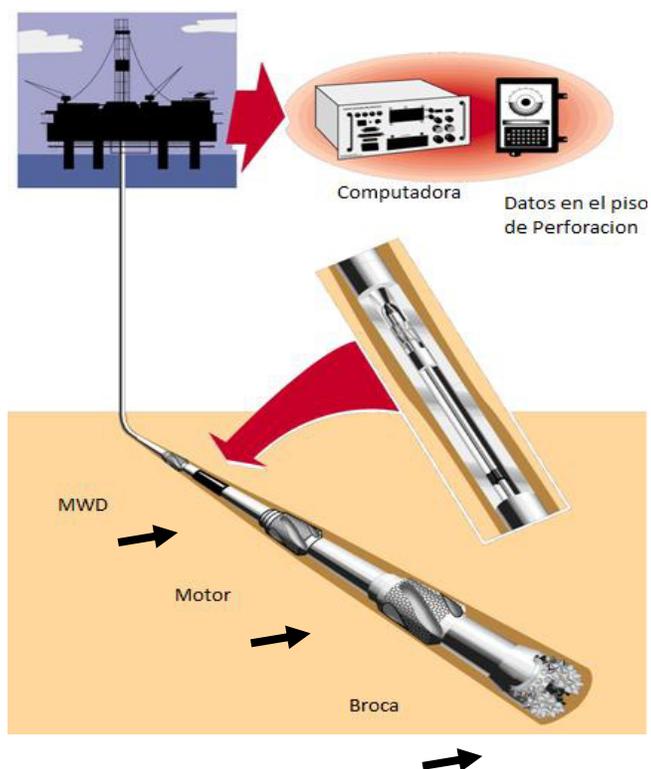


FIGURA 3.12 HERRAMIENTA MWD

### **3.3 Variables para Diseñar la Sarta.**

Un buen diseño de BHA, permite disminuir costos y tiempos de perforación en base a:

1. Óptimo funcionamiento de lastrabarrenas, tubería pesada y de perforación.
2. Reducir el riesgo de ruptura del BHA.
3. Minimizar pegamiento por presión diferencial.
4. Mantener el control sobre la verticalidad o inclinación del pozo, reduciendo el arrastre de tubería al sacarla del hueco.

#### **3.3.1 Parámetros para Lastrabarrenas y Tubería Pesada.**

##### **3.3.1.1 Factor de Flotación.**

Se origina por las propiedades físicas de los fluidos que ejercen fuerzas opuestas al peso de un objeto sumergido en ellos, llamada fuerza de empuje.

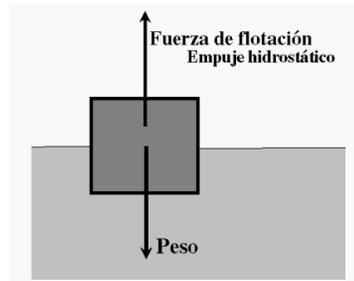


FIGURA 3.13 FACTOR DE FLOTACIÓN

Para calcular el factor de flotación ( $F_F$ ) (adimensional), utilizamos la siguiente ecuación:

$$F_F = 1 - \left( \frac{\rho_{LODO}}{65.5} \right) \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde,

$$\rho_{LODO} \left( \frac{lbs}{galon} \right); \quad \rho_{acero} = 65.5 \left( \frac{lbs}{galon} \right)$$

### 3.3.1.2 Punto Neutro.

Punto en la sarta de perforación donde se pasa del estado de compresión al de tensión; la ubicación del mismo depende del tipo de BHA seleccionado.

### 3.3.1.3 Tipos de BHA y Consideraciones de Selección.-

Existen tres tipos:

- ✓ **Tipo 1:** El peso sobre la broca esta dado principalmente por los lastrabarrenas y el punto neutro está localizado en los mismos.

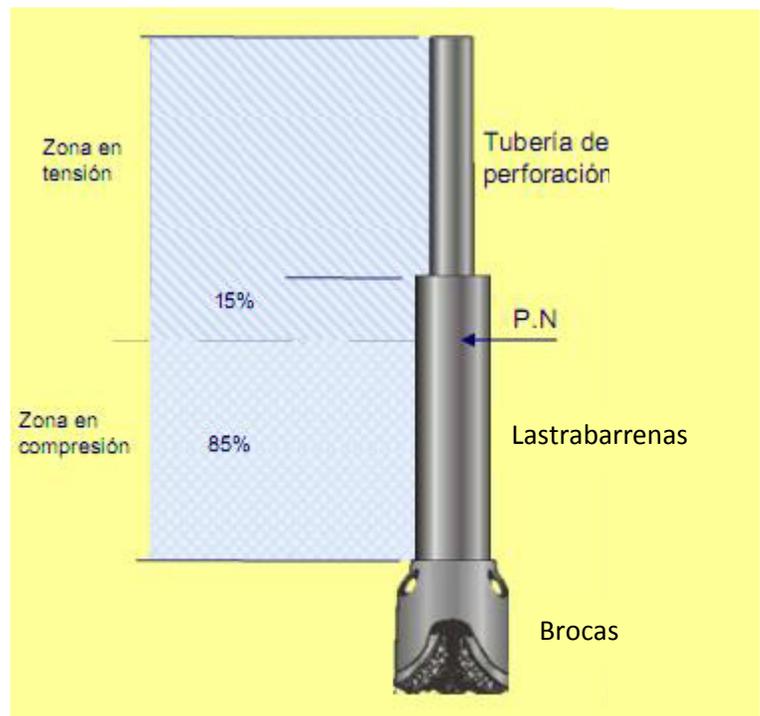


FIGURA 3.14 BHA TIPO 1

- ✓ **Tipo 2:** La tubería pesada sirve para transición de esfuerzos entre la de perforación y los lastrabarrenas; el punto neutro está localizado en estos últimos.

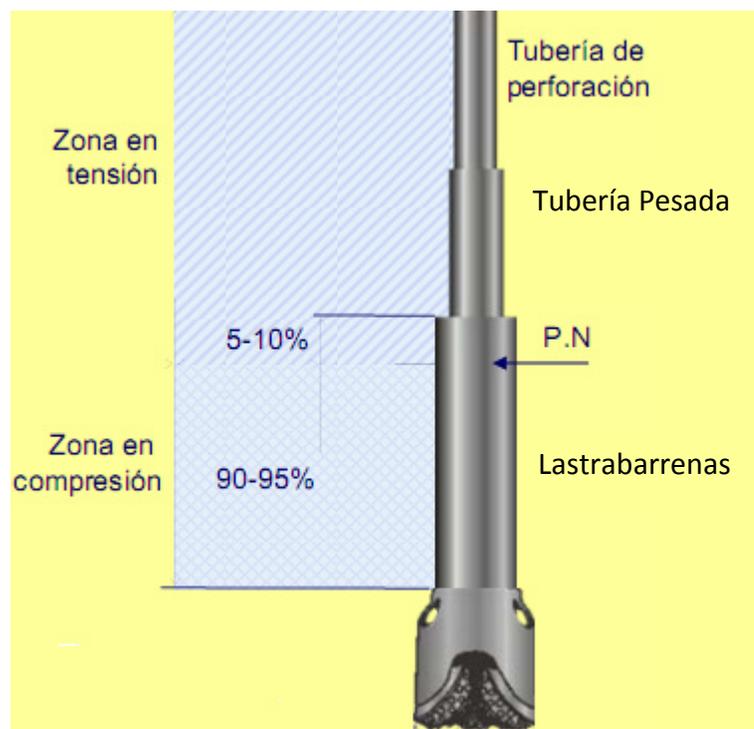


FIGURA 3.15 BHA TIPO 2

- ✓ **Tipo 3:** Utiliza los lastrabarrenas necesarios para control direccional, reduciendo la tendencia a atascarse por presión diferencial; el peso sobre la

broca es aplicado por los lastrabarrenas y la tubería pesada.

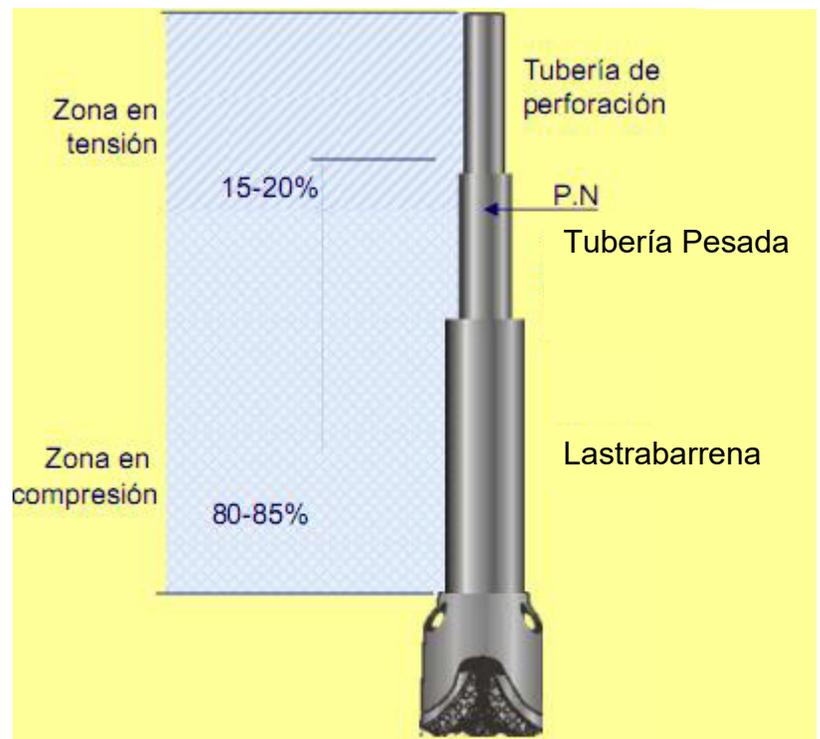


FIGURA 3.16 BHA TIPO 3

### 3.3.1.3.1 Consideraciones de Selección.

#### 3.3.1.3.1.1 Tipos 1 y 2

La longitud mínima de lastrabarrenas se calcula con la ecuación:

$$L_{DC} = \frac{WOB(DF_{BHA})}{W_{DC} * F_F * \cos\theta} \quad \text{Ec.3.2}$$

Donde:

**L<sub>DC</sub>** = Longitud mínima de Lastrabarrenas (pies).

**WOB** = Peso máximo sobre la broca (lbs).

**DF<sub>BHA</sub>** = Factor de Seguridad (15% Adicional de Longitud).

**F<sub>F</sub>** = Factor de flotación.

**θ** = Angulo máximo del hueco, (grados).

**W<sub>DC</sub>** = Peso en el aire de los lastrabarrenas, (Lbs/pies).

El factor de seguridad de 15% permite que el punto neutro permanezca dentro de los lastrabarrenas, cuando se presenten fuerzas imprevistas como fricción en el pozo y pequeñas desviaciones de la trayectoria.

La cantidad de Tubería Pesada para la transición, se determina en base a experiencias previas y estará en el orden de 9 a 30 tubos.

### 3.3.1.3.1.2 Tipo 3.

Debe seleccionarse la cantidad mínima de lastrabarreras para lograr mayor control direccional, manteniendo el punto neutral dentro de la tubería pesada, cuya longitud se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$L_{HWDP} = \frac{WOB * DF_{BHA} - (W_{DC1} - L_{DC1})}{F_F * COS\theta} \cdot W_{HWDP} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Dónde:

**L<sub>HWDP</sub>** = Longitud mínima de la Tubería pesada, (pies).

**WOB** = Peso máximo en la broca, (lbs).

**$DF_{BHA}$**  = Factor de diseño (15% adicional de longitud).

**$F_F$**  = Factor de flotación.

**$\theta$**  = Angulo máximo del BHA en el hueco, (grados).

**$W_{DC1}$**  = Peso en el aire de los Lastrabarrenas en la 1era sección, (lbs/pies).

**$L_{DC1}$**  = Longitud de la 1era sección de lastrabarrenas, (pies).

**$W_{HWDP}$**  = Peso en el aire de la Tubería Pesante, (lbs/pies).

Cuando el ángulo del hueco incrementa, alcanza un punto en donde un BHA pesado será perjudicial debido al aumento de arrastre por tensión y torsión.

En pozos de alto ángulo, se aplica peso a la broca con la tubería de perforación.

### 3.3.2 Parámetros para Diseñar la Tubería de Perforación.

#### 3.3.2.1 Tensión.

Para diseñar por tensión se debe considerar los criterios indicados en la figura 3.17.

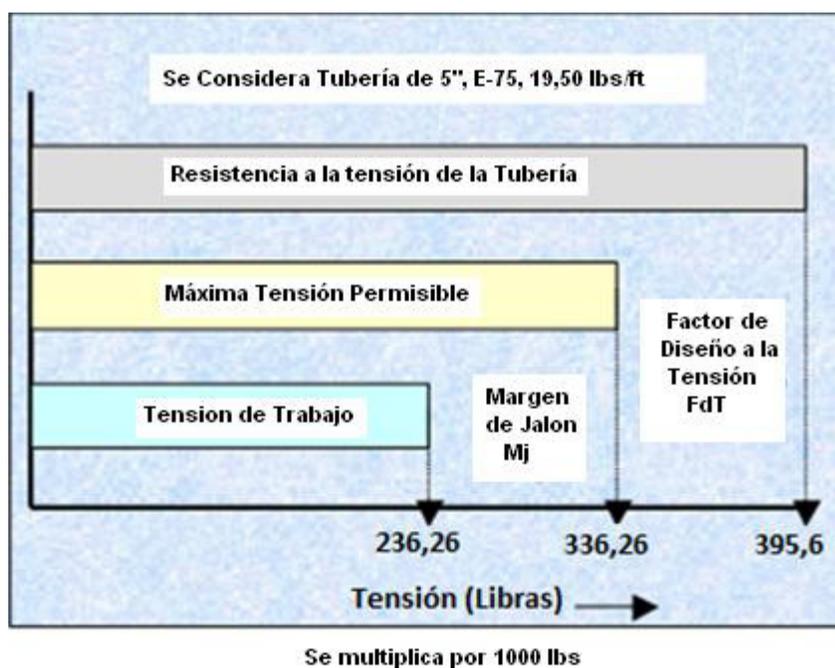


FIGURA 3.17 CRITERIOS DE DISEÑO BAJO TENSIÓN

#### 3.3.2.1.1 Resistencia a la Tensión (Pt).

Es el máximo valor para que ceda por tensión el cuerpo de la tubería y se obtiene por medio de tablas (Apéndice G).

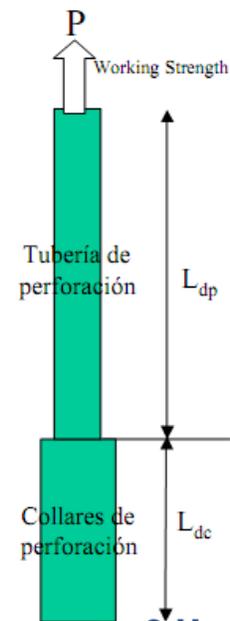


FIG 3.18 RESISTENCIA A LA TENSIÓN

Si al tensionar la tubería de perforación se alcanza su punto de cedencia, tendremos:

- ✓ Una deformación total, que es la suma de las deformaciones elástica y plástica.
- ✓ Estiramiento, que será permanente en la tubería.
- ✓ Dificultad para mantenerla recta.

### 3.3.2.1.2 Factor de Seguridad por Tensión.

Se aplica para disminuir la capacidad de la resistencia a la tensión de la tubería, de manera que se obtenga una carga permisible (máxima). El valor generalmente es 1,1.

### 3.3.2.1.3 Carga Permisible (Pa).

Carga máxima que puede colocarse en la tubería, incluyendo las contingencias. Es igual a:

$$P_a = \frac{P_t}{\text{Factor de diseño a la tensión}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

### 3.3.2.1.4 Carga de Trabajo (Pw).

Es la tensión máxima esperada que puede ocurrir durante operaciones normales. Se la obtiene:

$$P_w = P_a - MOP \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde,

MOP = Margen de Sobretensionamiento, lbs.

### **3.3.2.1.5 Margen de Sobretensionamiento “Overpull” (MOP).**

Es la capacidad adicional a la carga de trabajo ( $P_w$ ), y que se utiliza para superar problemas como el arrastre esperado, posible atrapamiento y aplastamiento por cuñas. Los valores típicos de “Overpull” están entre 50,000 y 150,000 lbs.

### **3.3.2.2 Ecuación para Determinar la Máxima Longitud de Tubería de Perforación.**

Para determinar este parámetro se recomienda aplicar un proceso de prueba y error siguiendo los siguientes pasos.

1. La longitud de la tubería del grado de acero más bajo aceptable, se determina utilizando la siguiente ecuación.

$$L_{DP1} = \frac{\frac{P_{W1}}{F_F} - (W_{DC1} * L_{DC1}) - (W_{HWDP} * L_{HWDP})}{W_1} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Dónde:

$L_{DP1}$  = Máxima Longitud de la Tubería de perforación (pies).

$P_{W1}$  = Carga de trabajo en tubería de perforación (lbs).

$L_{HWDP}$  = Longitud de la HWDP (pies).

$F_F$  = Factor de flotación.

$W_{DC1}$  = Peso en aire de las lastra barrenas (lbs/pies).

$L_{DC1}$  = Longitud de lastrabarrenas (pies).

$W_{HWDP}$  = Peso en aire de la HWDP (lbs/pies).

$W_1$  = Peso en aire de la tubería de perforación (lbs/pies).

2. Si la longitud de la sección calculada no es suficiente para alcanzar la profundidad del pozo, se determina

una nueva longitud, adicional a la primera, con la ecuación:

$$L_{DP2} = \frac{P_{W2} - P_{W1}}{W_2 * F_F} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

$L_{DP2}$  = Longitud de la tubería de perforación en sección 2, (pies).

$P_{W2}$  = Carga de trabajo en tubería de perforación en sección 2, (lbs).

$P_{W1}$  = Carga de trabajo en tubería de perforación en sección 1 (lbs).

$W_2$  = Peso en aire de la tubería de perforación en sección 2 (lbs/pies).

$F_F$  = Factor de flotación.

3. Si las dos longitudes anteriores no son suficientes, se calcula una tercera con la ecuación:

$$L_{DP3} = \frac{P_{W3} - P_{W2}}{W_3 * F_F} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Dónde:

$L_{DP3}$  = Longitud de la tubería de perforación en sección 3 (pies).

$P_{W3}$  = Carga de trabajo en tubería de perforación en sección 3 (lbs).

$P_{W2}$  = Carga de trabajo en tubería de perforación en sección 2 (lbs).

$W_3$  = Peso en aire de la tubería de perforación en sección 3 (lbs/pies).

$F_F$  = Factor de flotación.

### 3.4 Control Direccional.

Se realiza en base a tres principios:

- ✓ Fulcrum: Para construir ángulo.
- ✓ Estabilización: Para mantener ángulo y dirección.
- ✓ Péndulo: Para tumbar ángulo.

#### 3.4.1 Ensamblajes para Construir, Reducir ó Mantener Ángulo de Inclinación.

Se tienen las siguientes alternativas:

- ✓ Ensamblajes de fondo para construir ángulo, mostrados en la Figura 3.19:

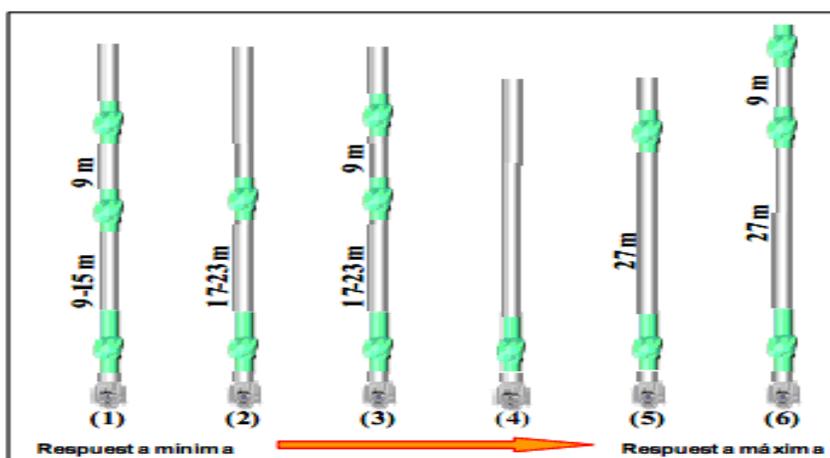


FIGURA 3.19 ENSAMBLAJES PARA CONSTRUIR ÁNGULO

- ✓ Ensamblajes de fondo para reducir ángulo, mostrados en la Figura 3.20:

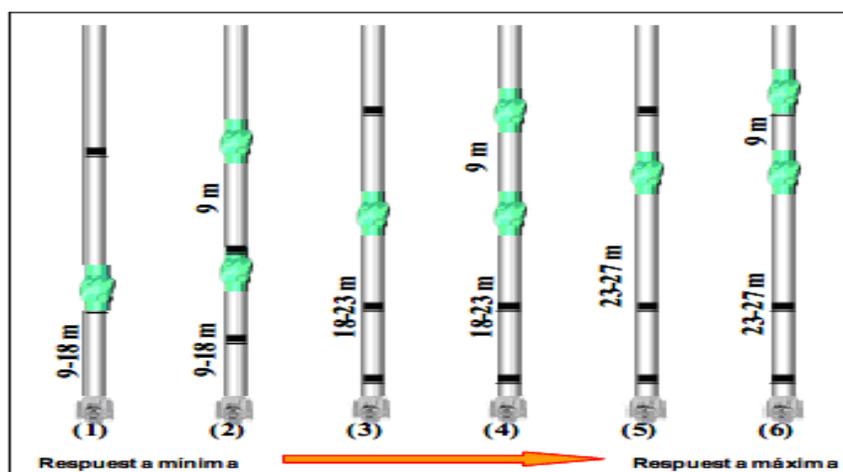


FIGURA 3.20 ESAMBLAJES PARA REDUCIR ÁNGULO

- ✓ Ensamblajes de fondo para mantener ángulo que se muestran en la Figura 3.21

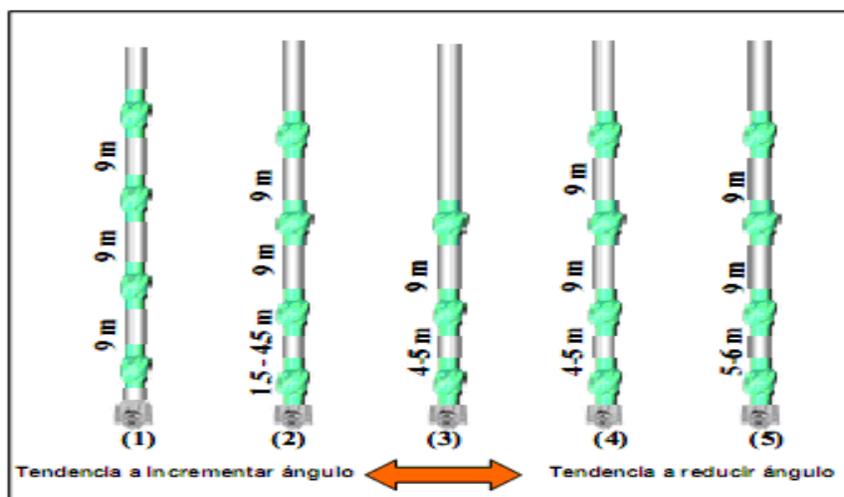


FIGURA 3.21 ESAMBLAJES PARA MANTENER ÁNGULO

### 3.5 Información Básica Requerida para Diseñar la Sarta.

Conociendo la geología de las formaciones, los datos preliminares requeridos para diseñar la sarta de perforación aparecen en la Tabla 6, que muestra para cada sección los tamaños de brocas, tuberías de revestimiento y sus profundidades de asentamiento.

**TABLA 6**  
**Información Preliminar**

<b>Primera Sección</b>	
Broca (pulgadas)	16"
Tubería de revestimiento (pulgadas)	13-3/8"
Profundidad (pies)	de 0 a 5936'
<b>Segunda Sección</b>	
Broca (pulgadas)	12-1/4"
Tubería de revestimiento (pulgadas)	9-5/8"
Profundidad (pies)	de 5945' a 9266'
<b>Tercera Sección</b>	
Broca (pulgadas)	8-1/2"
Liner (pulgadas)	7"
Profundidad (pies)	de 9266' a 10934'
<b>Cuarta Sección</b>	
Broca (pulgadas)	6-1/8"
Liner (pulgadas)	5"
Profundidad (pies)	de 10934' a 12187'

Para solucionar problemas de interferencia magnética y de colisión se utilizarán las herramientas indicadas en la Tabla 7 hasta las profundidades dadas en la misma:

**TABLA 7**  
**HERRAMIENTAS DE CONTROL DIRECCIONAL**

<b>INTERVALO (MD)</b>	<b>BROCA</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
0' -1600'	16"	GYRO	Ensamblaje de fondo
1600' – 5936'	16"	MWD	Ensamblaje de fondo
5936' – 9266'	12-1/4"	MWD	Ensamblaje de fondo
9266' -10934'	8-1/2"	MWD	Ensamblaje de fondo
10934' -12187'	6-1/8"	MWD	Ensamblaje de fondo + periscope

### **3.6 Procedimiento de Diseño.**

Para los cálculos correspondientes se utilizarán las ecuaciones (Ec. 1, 3, 4, 5 y 6) considerando que el punto neutro debe estar en la tubería pesada. La longitud de los Lastrabarrena se determina en base a la experiencia de operaciones previas, recomendándose dos lastrabarrenas para las dos primeras secciones, uno en la tercera y ninguno en la cuarta. En los cálculos el factor de tensión será 1,1.

El BHA para cada sección de perforación, incluirá: Lastrabarrenas, tubería pesada y tubería de perforación (tipo # 3).

A continuación se efectúa el procedimiento de cálculo para cada sección del pozo, disponiendo de los respectivos datos.

### **PRIMERA SECCION:**

#### **DATOS:**

Profundidad inicial	=	0 pies MD
Profundidad final	=	5936,65 pies MD
Diámetro del hoyo	=	16 pulgadas
Formación asentamiento, CSG	=	Orteguaza
Densidad del Lodo de perforación	=	$8,5 \frac{lbs}{gal}$
Angulo de inclinación	=	13 grados
Peso requerido sobre la broca	=	33526,244 <i>lbs</i>

Las especificaciones de las tuberías utilizadas en la respectiva sarta constan en la Tabla 8:

**TABLA 8**  
**ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS EN LA PRIMERA SECCIÓN**

	Diámetro (Pulgada)	Peso (Lbs/ft)	Tipo
<b>Lastrabarrenas</b>	8"	150	Espiral
<b>Tubería Pesada</b>	5"	49,3	NC 50
<b>Tubería De Trabajo</b>	5"	19,50	E – 75

**Cálculos:**

1.- Determinar el Factor de Flotación.

$$\rho_{acero} = 65.5 \frac{lbs}{gal}$$

$$F_F = 1 - \frac{\rho_{lodo}}{\rho_{acero}} = 1 - \frac{8,5}{65,5} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$F_F = 0,87$$

2.- En base a experiencias seleccionamos 60 pies de Lastrabarrenas.

3.- Calculamos la longitud mínima de Tubería Pesada para mantener el punto neutral dentro de la misma y aplicar el peso requerido sobre la broca, usando un Factor de seguridad del 15% adicional a la longitud de la tubería, por medio de la siguiente ecuación (Ec. 3.3):

$$L_{HWDP} = \frac{\frac{WOB * (\text{Factor de Seguridad})}{F_F * \cos \theta} - (W_{DC} * L_{DC})}{W_{HW}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$L_{HWDP} = \frac{\frac{33526,244 * (1,15)}{0,87 * \cos 13} - (150 * 60)}{49,3}$$

$$L_{HWDP} = 740 \text{ pies}$$

La longitud total de lastrabarras y Tubería Pesada es:

$$60 + 740 = 800 \text{ pies.}$$

4.- Calculamos la longitud de tubería de perforación por medio de la ecuación (Ec. 3.6):

$$L_{DP1} = \frac{\frac{P_{W1}}{F_F} - (W_{DC1} * L_{DC1}) - (W_{HWDP} * L_{HWDP})}{W_{DP1}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Previamente se determina la carga de trabajo con la ecuación (3.5) a la que estará sometida la tubería de perforación, ( $P_{w1}$ ).

$$P_a = \frac{P_T}{D_{FT}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$P_a = \frac{395595 \text{ lbs}}{1,1}$$

$$P_a = 359631,8182 \text{ lbs}$$

$$P_{w1} = P_a - MOP \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$P_{w1} = 359631,8182 \text{ lbs} - 100000 \text{ lbs}$$

$$P_{w1} = 259631,8182 \text{ lbs}$$

Entonces:

$$L_{DP1} = \frac{\frac{259631,8182}{0,87} - (150 \times 60) - (49,3 \times 740)}{19,50}$$

$$L_{DP1} = 12971,557 \text{ pies}$$

5.- La profundidad a perforar en la primera sección es 5946 pies MD, menos 800 pies de Lastrabarrena y Tubería Pesada; entonces necesitamos 5150 pies de tubería de perforación para llegar a la profundidad planificada, por tanto de la longitud de tubería de perforación calculada (12971,56 pies) solo se utilizarán 5150 pies.

### SEGUNDA SECCIÓN:

#### DATOS:

Profundidad inicial	=	5946 pies MD
Profundidad final	=	9266,17 pies MD
Diámetro del hoyo	=	12-1/4 pulgadas

Formación asentamiento de CSG	=	Caliza M1
Densidad del Lodo de perf.	=	9,6 $\frac{lbs}{gal}$
Angulo de inclinación	=	45,52 grados
Peso requerido sobre la broca	=	21613,8 lbs

Las especificaciones de las respectivas tuberías utilizadas constan en la Tabla 9:

**TABLA 9**  
**ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS EN LA SEGUNDA SECCIÓN**

	<b>Diámetro (Pulgada)</b>	<b>Peso (Lbs/ft)</b>	<b>Tipo</b>
<b>Lastrabarrenas</b>	8	150	Espiral
<b>Tubería Pesada</b>	5	49,3	NC 50
<b>Tubería De Trabajo</b>	5	19,50	E – 75

Se utiliza un diseño de BHA tipo 3 debido a que esta sección se tiene tanto zona vertical como parte direccional.

### **CÁLCULOS:**

1.- Determinar el Factor de Flotación.

$$\rho_{acero} = 65,5 \frac{lbs}{gal}$$

$$F_F = 1 - \frac{\rho_{lodo}}{\rho_{acero}} = 1 - \frac{9,6}{65,5} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$F_F = 0,85$$

2.- En base a experiencias seleccionamos 60 pies de Lastrabarrena.

3.- Calculamos la longitud mínima de Tubería Pesada para mantener el punto neutral dentro de la misma y aplicar el peso requerido sobre la broca, usando un Factor de seguridad del 15% adicional a la longitud de tubería, por medio de la siguiente ecuación (Ec. 3.3):

$$L_{HWDP} = \frac{\frac{WOB * (\text{Factor de Seguridad})}{F_F * \cos \theta} - (W_{DC} * L_{DC})}{W_{HW}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$L_{HWDP} = \frac{\frac{21613,8 * (1,15)}{0,85 * \cos 45,52} - (150 * 60)}{49,3} = 664 \text{ pies}$$

La longitud total de lastrabarrenas y Tubería Pesada es:

$$60 + 664 = 724 \text{ pies}$$

4.- Calculamos la longitud de tubería de perforación por medio de la ecuación (Ec. 3.6):

$$L_{DP1} = \frac{\frac{PW_1}{FF} - (W_{DC1} * L_{DC1}) - (W_{HWDP} * L_{HWDP})}{W_{DP1}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Previamente se determina la carga de trabajo con la ecuación (Ec. 3.5), a la que estará sometida la tubería de perforación, ( $P_w$ ).

$$P_a = \frac{P_T}{D_{FT}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$P_a = \frac{395595 \text{ lbs}}{1,1}$$

$$P_a = 359631,8182 \text{ lbs}$$

$$P_w = P_a - MOP \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$P_w = 359631,8182 \text{ lbs} - 100000 \text{ lbs}$$

$$P_w = 259631,8182 \text{ lbs}$$

Entonces:

$$L_{DP1} = \frac{\frac{259631,8182}{0,85} - (150 \times 60) - (49,3 \times 664)}{19,50}$$

$$L_{DP1} = 13523,79476 \text{ pies}$$

5.- La profundidad a perforar en la segunda sección es 9266,17 pies MD, menos 724 pies de Lastrabarrena y Tubería Pesada, entonces necesitamos 8542,17 pies de tubería de perforación para llegar a la profundidad planificada, por tanto de la longitud de tubería de perforación calculada (13523,79 pies) solo se utilizarán 8542,17 pies.

### TERCERA SECCION:

#### DATOS:

Profundidad inicial	=	9266 pies MD
Profundidad final	=	10934 pies MD
Diámetro del hoyo	=	8 1/2 pulgadas
Formación asentamiento de CSG	=	"U" Inferior
Densidad del Lodo de perforación	=	10,8 $\frac{lbs}{gal}$
Angulo de inclinación	=	85 grados
Peso sobre la broca	=	33526,244 lbs

Las especificaciones de las respectivas tuberías utilizadas constan en la Tabla 10:

### TABLA 10

### ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS EN LA TERCERA SECCIÓN

	Diámetro (Pulgada)	Peso (Lbs/ft)	Tipo
Lastrabarreras	6 ¾	140	Espiral
Tubería Pesada	5	49,3	NC 50
Tubería De Trabajo	5	19,50	G – 105

#### CÁLCULOS:

1.- Determinar el Factor de Flotación.

$$\rho_{acero} = 65,5 \frac{lbs}{gal}$$

$$F_F = 1 - \frac{\rho_{lodo}}{\rho_{acero}} = 1 - \frac{10,8}{65,5}$$

**Ec. 3.1**

$$F_F = 0,8351$$

2.- En base a experiencias seleccionamos 30 pies de Lastrabarreras.

3.- Calculamos la longitud mínima de Tubería Pesada para mantener el punto neutral dentro de la misma y aplicar el peso requerido sobre la broca, usando un Factor de seguridad del 15% adicional a la longitud de tubería, por medio de la siguiente ecuación (Ec. 3.3):

$$L_{HWDP} = \frac{\frac{WOB * (\text{Factor de Seguridad})}{F_F * \cos \theta} - (W_{DC} * L_{DC})}{W_{HW}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$L_{HWDP} = \frac{\frac{4836,34 * (1,15)}{0,84 * \cos 85} - (140 * 30)}{49,3}$$

$$L_{HWDP} = 1456 \text{ pies}$$

La longitud total de lastrabarreras y Tubería Pesada es:

$$30 + 1456 = 1486 \text{ pies}$$

4.- Calculamos la longitud de tubería de perforación por medio de la ecuación (Ec. 3.6):

$$L_{DP1} = \frac{\frac{P_{W1}}{F_F} - (W_{DC1} * L_{DC1}) - (W_{HWDP} * L_{HWDP})}{W_{DP1}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Previamente se determina la carga de trabajo con la ecuación (Ec. 3.5), a la que estará sometida la tubería de perforación, ( $P_{w1}$ ).

$$P_a = \frac{P_T}{D_{FT}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$P_a = \frac{395595 \text{ lbs}}{1,1}$$

$$P_a = 359632lbs$$

$$P_w = P_a - MOP \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$P_w = 359632lbs - 100000lbs$$

$$P_w = 259632 lbs$$

Entonces:

$$L_{DP1} = \frac{\frac{259632}{0,84} - (140 \times 30) - (49,3 \times 1456)}{19,50}$$

$$L_{DP1} = 11903 \text{ pies}$$

**5.-** La profundidad a perforar en la tercera sección es 11903 pies MD, menos 1486 pies de Lastrabarrena y Tubería Pesada, entonces necesitamos 10417 pies de tubería de perforación para llegar a la profundidad planificada, por tanto de la longitud de tubería de perforación calculada (11903 pies) solo se utilizarán 10417 pies.

#### **CUARTA SECCION:**

##### **DATOS:**

Profundidad inicial = 10934 pies MD

Profundidad final = 12187 pies MD

Diámetro del hoyo	=	6 1/8 pulgadas
Formación asentamiento de CSG	=	Arena U
Densidad del Lodo de perforación	=	9 $\frac{lbs}{gal}$
Angulo de inclinación	=	89 grados
Peso requerido sobre la broca	=	820 lbs

Debido a que estamos en la sección horizontal, no es factible el uso de lastrabarrenas en el BHA. Entonces el arrastre de la sarta de perforación se incrementará en la cara inferior de la zona productora.

Las especificaciones de las respectivas tuberías utilizadas constan en la Tabla 11:

**TABLA 11**  
**ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS EN LA CUARTA SECCIÓN**

	Diámetro	Peso	Tipo
<b>Tubería Pesada</b>	3 ½	25,3	NC 50
<b>Tubería De Trabajo</b>	5	19,50	G – 105

### CÁLCULOS:

1.- Determinar el Factor de Flotación.

$$\rho_{acero} = 65,5 \frac{lbs}{gal}$$

$$F_F = 1 - \frac{\rho_{lodo}}{\rho_{acero}} = 1 - \frac{9,6}{65,5} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$F_F = 0,853$$

2.- Calculamos la longitud mínima de Tubería Pesada para mantener el punto neutral dentro de la misma y aplicar el peso requerido sobre la broca, usando un Factor de seguridad del 15% adicional a la longitud de tubería, por medio de la siguiente ecuación (Ec. 3.3):

$$L_{HWDP} = \frac{\frac{WOB * (\text{Factor de Seguridad})}{F_F * \cos \theta} - (W_{DC} * L_{DC})}{W_{HW}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$L_{HWDP} = \frac{820 * (1,15)}{0,853 * \cos 89} \\ 25.3$$

$$L_{HWDP} = 2503 \text{ pies}$$

3.- Calculamos la longitud de tubería de perforación por medio de la ecuación (Ec. 3.6):

$$L_{DP1} = \frac{\frac{P_{W1}}{F_F} - (W_{DC1} * L_{DC1}) - (W_{HWDP} * L_{HWDP})}{W_{DP1}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Previamente se determina la carga de trabajo con la ecuación (3.5), a la que estará sometida la tubería de perforación, ( $P_{w1}$ ).

$$P_a = \frac{P_T}{D_{FT}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$P_a = \frac{395595 \text{ lbs}}{1,1}$$

$$P_a = 359631.82 \text{ lbs}$$

$$P_w = P_a - MOP \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$P_w = 359631.82 \text{ lbs} - 100000 \text{ lbs}$$

$$P_w = 259631.82 \text{ lbs}$$

Entonces:

$$L_{DP1} = \frac{\frac{259631.82}{0,853} - (25.3 * 2503)}{19,50}$$

$$L_{DP1} = 12361 \text{ pies}$$

4.- La profundidad a perforar en la cuarta sección es 12187 pies MD, menos 2503 pies de Tubería Pesada, entonces necesitamos 9684 pies de tubería de perforación para llegar a la profundidad planificada; por tanto de la longitud de tubería de perforación calculada (12361 pies) solo se utilizarán 9684 pies.

# CAPITULO 4

## 4.TUBERIA DE REVESTIMIENTO REQUERIDA.

### 4.1 Funciones.

En general un revestidor cumple las siguientes funciones:

- ✓ Consolidar el hueco perforado.
- ✓ Aislar fuentes de agua.
- ✓ Controlar presiones mientras se perfora.
- ✓ Proveer el medio para instalar conexiones de control superficial.
- ✓ Prevenir contaminación de zonas perforadas.
- ✓ Aislar el agua de formaciones productoras.
- ✓ Mantener confinada la producción dentro del pozo.
- ✓ Permitir la instalación de equipos para levantamiento artificial.

## 4.2 Propiedades.

Son las siguientes:

- ✓ Rango: Existen tres y las características de cada uno se muestran en la Tabla 12.

**TABLA 12**  
**RANGOS DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO**

Rango	Longitud (pies)	Longitud promedio (pies)
1	16-25	22
2	25-34	31
3	>34	42

- ✓ Tamaño : Es el diámetro externo del cuerpo del tubo.
- ✓ Peso : Representa el peso por unidad de longitud (lbs. /pie).
- ✓ Conexión : Significa el diseño geométrico de roscas y acople.
- ✓ Grado : Es la resistencia de la tubería a la tensión (punto de cedencia). Los más comunes son:

**H40 J55 K55 C75 L80 N80 C95 P110 Q125**

### 4.3 Herramientas.

Tenemos las siguientes:

#### 4.3.1 Centralizadores.

Centran el revestidor dentro del hueco para una adecuada distribución de cemento en el espacio anular tubería-formación, principalmente frente y alrededor de la formación productora, obteniendo un buen sello entre formación y revestidor.

La Figura 4.1 muestra varios tipos de centralizadores.



FIGURA 4.1 CENTRALIZADORES

#### 4.3.2 Raspadores.

Remueven el revoque o costra de lodo formado frente a zonas productoras.

La Figura 4.2 muestra varios tipos de raspadores.



FIGURA 4.2 RASPADORES

#### 4.4 Tipos de Revestidor.

Durante la perforación normalmente encontramos problemas como zonas de altas presiones, derrumbamientos por formaciones no consolidadas o fracturadas, volviéndose necesaria la utilización de varios revestidores asentados a diferentes profundidades, que pueden ser: conductor, superficial, intermedio, productor y/o liner. La Figura 4.3 muestra los diferentes tipos de revestidores.

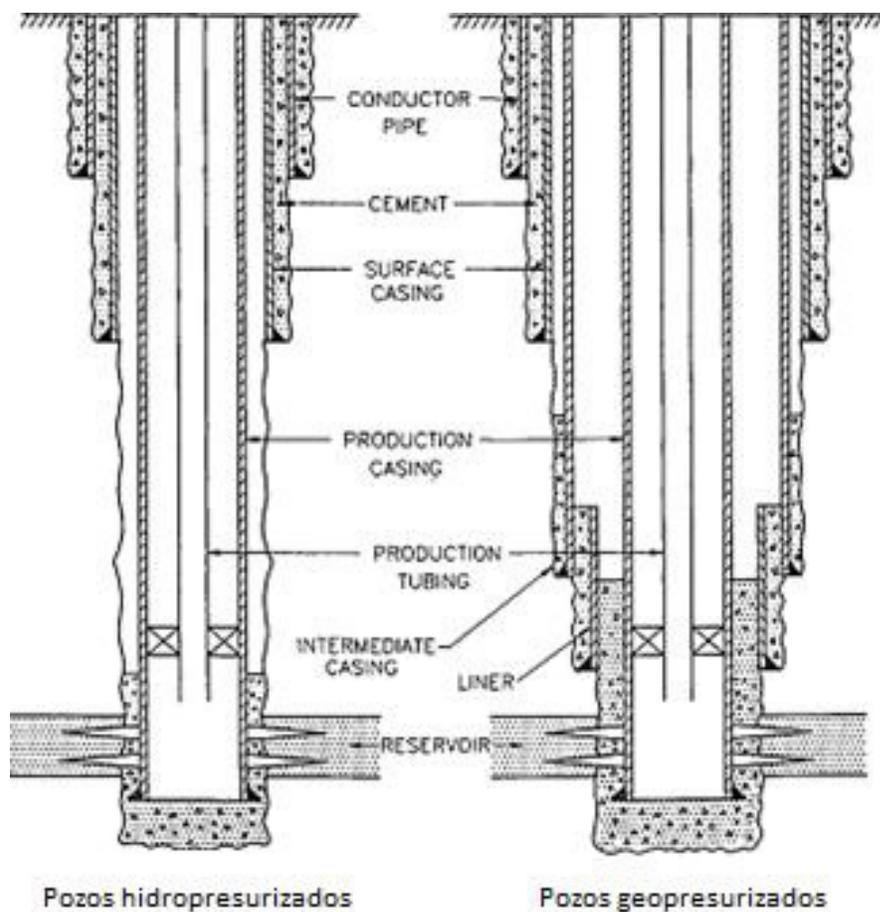


FIGURA 4.3 TIPOS DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

#### 4.4.1 Conductor.

Tubería que provee soporte en superficie para operaciones de perforación, pudiendo ser piloteada y/o cementada.

Tamaño y profundidades comunes: Diámetros; 30" a 20" pulgadas (soldada) ó 20" a 16" pulgadas (roscada); profundidades: 30' a 200' pies.

#### **4.4.2 Superficial.**

Permite la instalación de la sección A del cabezal y por tanto del preventor de reventones que es necesario para continuar la perforación hasta la profundidad total programada.

Cumple las siguientes funciones:

- ✓ Protege las formaciones de agua fresca.
- ✓ Permite el anclaje del BOP para continuar la perforación del pozo, controlando principalmente problemas en zonas de presiones anormales.
- ✓ Sella zonas no consolidadas.
- ✓ Tamaño y profundidades comunes: Diámetros; 20" a 9-5/8" pulgadas (roscado); profundidades: 100' a 3000' pies o mayor, dependiendo de la profundidad final del pozo y del diseño de la completación.

#### **4.4.3 Intermedio.**

Generalmente se asienta en zonas de transición por arriba o debajo de formaciones presurizadas. Necesita de una buena cementación para impedir la comunicación entre zonas. Para grandes longitudes, se pueden requerir dos etapas de cementación.

Las principales funciones son:

- ✓ Proteger el pozo contra pérdidas de circulación.
- ✓ Aislar secciones salinas.
- ✓ Aislar zonas con presiones anormales.
- ✓ Tamaño y profundidades comunes: Diámetro; 13-3/8", 10-3/4", 9-5/8" pulgadas; profundidades: 3000' a 10000' pies.

#### **4.4.4 Productor.**

Generalmente se asienta por debajo del yacimiento más inferior y en pozos verticales se cementa en doble etapa.

Sus funciones son:

- ✓ Aislar zonas y fluidos de interés de otras formaciones.

- ✓ Sirve de protección para equipos de producción.
- ✓ Instalación de mallas para control de arena.
- ✓ Dar estabilidad a las paredes del pozo.
- ✓ Tamaños comunes:
  - Diámetros: 4-1/2", 5", 7", 9-5/8" pulgadas.

#### 4.4.5 Liner de Producción.

Son suspendidos desde el revestimiento intermedio ó de producción y tiene aplicación principalmente en perforación direccional y horizontal. La figura 4.4 muestra un ejemplo de Liner.

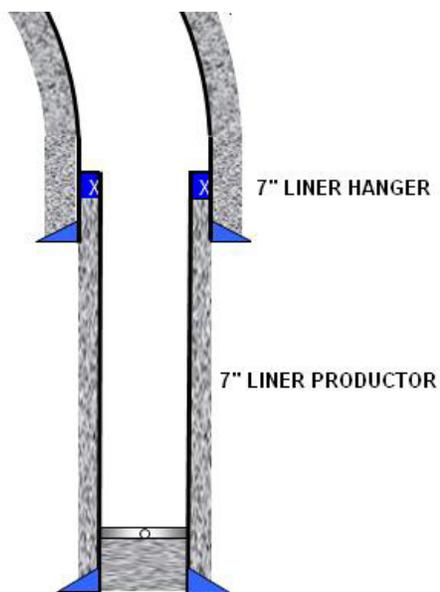


FIGURA 4.4 LINER PRODUCTOR

## 4.5 Criterios de Diseño.

Los criterios de diseño generalmente aceptados para revestir un pozo son:

### 4.5.1 Presión de Colapso.

Generada por la columna del lodo de perforación, que actúa sobre el exterior del revestidor; a medida que la profundidad aumenta la presión de colapso es mayor.

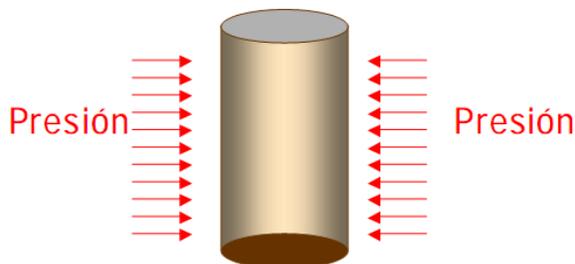


FIGURA 4.5 PRESION DE COLAPSO

Suposiciones:

- ✓ No existe fluido dentro del revestidor.
- ✓ Presión interna en el revestidor es cero.
- ✓ La presión externa del revestidor es ejercida por la columna de lodo.

#### 4.5.1.1 Determinación de la Presión al Colapso:

El procedimiento es:

1. Calcular la presión hidrostática en la zapata ( $P_{h\text{ zapata}}$ ), teniendo en cuenta la densidad del fluido con que se perforará y la profundidad donde se asentará la zapata guía:

$$P_{h(\text{Zapata})} = 0,052 \times D_f \times h_{\text{zapata}} = \text{Psi}$$

Ec. 4.1

Donde,

$h_{\text{zapata}}$  = Profundidad de la Zapata Guía, pies.

$D_f$  = Densidad del fluido de perforación,  
lbs / galón.

2. Calcular la presión de colapso a nivel de la zapata (en el fondo), multiplicando la presión hidrostática por el factor de seguridad al colapso, que varía entre 10 y 15%.

$$P_c(\text{zapata}) = P_h(\text{zapata}) \times FS_{\text{colapso}} = \text{Psi}$$

Ec. 4.2

Donde,

$P_{h_{zapata}}$  = Presión ejercida por la columna de fluido de perforación, psi.

$FS_{colapso}$  = Factor de Seguridad al Colapso.

#### 4.5.2 Presión de Estallido.

Se refiere a la máxima presión de formación que resulta al ocurrir un influjo del pozo.

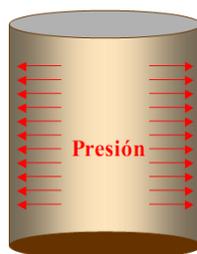


FIGURA 4.6 PRESION DE ESTALLIDO

Suposiciones:

- ✓ En el tope del hueco, la presión exterior ejercida por la columna de lodo es cero, consecuentemente la presión interna deberá ser soportada por la propia resistencia de la tubería.

- ✓ La presión de estallido será máxima en la zapata, y su efecto mayor en el tope del revestidor, debido a que la carga hidrostática es cero.
- ✓ El influjo de gas aligera el peso de la columna de fluido dentro del revestidor a medida que asciende dentro del pozo.

#### 4.5.2.1 Determinación de la Presión al Estallido:

El procedimiento es:

1. Calcular la presión de formación ( $P_f$ ) al punto de asentamiento de la tubería, mediante la ecuación:

$$P_f = G_f \times TVD_{asentamiento} \quad \text{Ec. 4.3}$$

Donde,

$G_f$  = Gradiente de formación.

$TVD_{asentamiento}$  = Profundidad vertical al punto de asentamiento, pies.

2. Determinar la presión de estallido ( $P_e$  en el fondo), multiplicando la presión de formación por el factor de

seguridad al estallido que se considera generalmente un 10% adicional a la misma.

$$P_e = P_f * FSE \quad \text{Ec. 4.4}$$

Donde,

FSE = Factor de seguridad al estallido.

#### 4.5.3 Tensión.

La mayor parte de la tensión axial proviene del mismo peso del revestidor. Para el diseño se considera un factor de seguridad por tensión de 1,8.

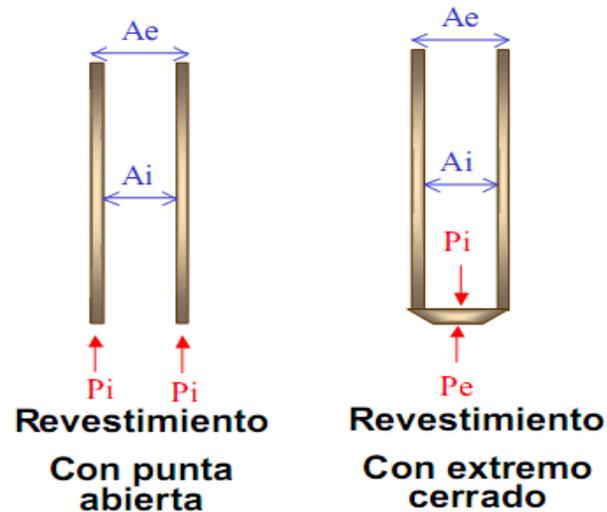


FIGURA 4.7 ESFUERZO POR TENSIÓN

#### 4.5.3.1 Determinación de la Resistencia Permisible a la Tensión.

El procedimiento es:

1. Determinar la Distancia del Punto Neutro a Superficie (DPN), pies. Por medio de la ecuación:

$$DPN = MD \times [1 - (0.015 \times \rho_{lodo})] \quad \text{Ec. 4.5}$$

Donde,

MD = Longitud de tubería a utilizarse.

$\rho_{lodo}$  = Densidad de fluido dentro del pozo.

2. Se determina el peso total del revestimiento por medio de la siguiente ecuación.

$$W_t = DPN \times \text{Peso nominal} \quad \text{Ec. 4.6}$$

Donde,

Peso nominal = Peso específico de la tubería.

3. Se calcula la resistencia permisible a la tensión,  $R_a$ , mediante la ecuación:

$$R_a = \frac{R_t}{FST} \quad \text{Ec. 4.7}$$

Si  $W_t$  es menor a  $R_a$  la tubería seleccionada resiste el análisis por tensión, de lo contrario no se podría utilizar.

#### 4.6 Procedimiento de Diseño para el Pozo Horizontal.

En el cálculo de todas las secciones del revestidor se considera un gradiente de formación de 0,48 psi/pie.

##### 4.6.1 Sección Superficial.

###### Datos:

Profundidad inicial	=	0' TVD / 0' MD
Profundidad asentamiento	=	5914,22' TVD / 5936,65' MD
Diámetro externo	=	13-3/8" pulgadas
Formación asentamiento	=	Orteguaza
Densidad del Lodo de perforación	=	$8,5 \frac{lbs}{gal}$

Factores de seguridad:

Estallido	1.10
Colapso	1.125
Tensión	1.8

### Cálculos:

#### 1. Parámetros que intervienen en el diseño:

a) Presión de formación,  $P_f$ :

$$P_f = G_f \times D(TVD) \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$P_f = 0,48 \text{ } \frac{\text{psi}}{\text{ft}} \times 5914,2 \text{ ft}$$

$$P_f = 2838,82 \text{ psi}$$

b) Presión hidrostática,  $P_h$ :

$$P_h = 0,052 \times \rho_{\text{lodo}} \times D(TVD) \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$P_h = 0,052 \times 8,5 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \times 5914,2 \text{ ft}$$

$$P_h = 2614,08 \text{ psi}$$

c) Presión de Colapso,  $P_c$ :

$$P_c = P_h * F_{\text{Scolapso}} \quad \text{E.c 4.2}$$

$$P_c = 2614,08 \text{ psi} * 1,125$$

$$P_c = 2940,83 \text{ psi}$$

d) Presión de Estallido,  $P_e$ :

$$P_e = P_f \times FSE \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$P_e = 2838,82 \text{ psi} \times 1,1$$

$$P_e = 3122,70 \text{ psi}$$

e) Distancia del punto neutro, DPN:

$$\begin{aligned}
 DPN &= MD \times [1 - (0.015 \times \rho_{\text{lodo}})] && \text{Ec. 4.5} \\
 DPN &= 5936 \text{ ft} \times [1 - 0,015 \times (8,5 \text{ lb/gal})] \\
 DPN &= 5179,16 \approx 5179 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

## 2. Selección del revestimiento.

Por ser superficial la tubería de revestimiento se selecciona considerando principalmente el factor de colapso.

De las opciones disponibles podemos elegir un revestidor de 13-3/8", C-95, 72 Lbs/pie, cuya resistencia al colapso es 2820 psi, valor inferior al obtenido en los cálculos (2941 psi). Sin embargo no se tendrá problemas debido a que la presión de colapso disminuye conforme nos acercamos a superficie, además la tubería quedará cementada.

La Tabla 13 muestra las especificaciones del revestimiento superficial seleccionado.

**TABLA 13**  
**CASING 13-3/8", C-95, 72 LBS/PIE**

OD (pulg.)	ID (pulg.)	Rc (psi)	Re (psi)	Rt (x1000 lbs.)
13.375	12.347	2820	6390	1893

**3. Cálculo y Análisis de la Resistencia Permisible a la Tensión.**

Se calcula el peso total del revestimiento superficial ( $W_t$ ) de 13-3/8":

$$W_t = \text{DPN} \times \text{Pesonominal} \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$W_t = 5179,16 \text{ ft} \times 72 \text{ lb/ft}$$

$$W_t = 372899,52 \text{ lbs}$$

Con el valor de  $R_t$  mostrado en la Tabla 13 se calcula la resistencia permisible a la tensión,  $R_a$ , de la tubería.

$$R_a = \frac{R_t}{FST} \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$R_a = \frac{1893000 \text{ lb}}{1,8}$$

$$R_a = 1051666,67 \text{ lbs}$$

Este valor se compara con  $W_t$ , resultando que la tubería seleccionada resiste el análisis por tensión y puede ser corrida hasta 5936,65 pies (MD).

#### 4. Análisis de la Resistencia al Estallido.

La resistencia al estallido del revestidor seleccionado es 6390 psi (Tabla 13) y la calculada es 3122,70 psi, por tanto la tubería resiste las condiciones de estallido.

#### 5. Cantidad de Tubos:

Se considera una longitud de 30 pies por unidad:

$$\# \text{ tubos} = \frac{5936 \text{ ft}}{30 \text{ ft}}$$

$$\# \text{ tubos} = 197,87 \approx 198 \text{ tubos}$$

En consecuencia para la sección superficial (5936,65 pies) se requiere 198 tubos de 13-3/8", C-95, 72 Lbs/pie.

#### 4.6.2 Sección Intermedia # 1.

##### Datos:

Profundidad inicial	=	0' TVD / 0' MD
Profundidad de asentamiento	=	9045,58' TVD / 9266,17' MD
Diámetro externo	=	9-5/8" pulgadas
Formación asentamiento	=	Caliza M-1
Densidad del Lodo de perforación	=	9,6 $\frac{lbs}{gal}$

Factores de seguridad:

Estallido	1.10
Colapso	1.125
Tensión	1.8

##### Cálculos:

#### 1. Parámetros que intervienen en el diseño:

##### a) Presión de formación, $P_f$ :

$$P_f = G_f \times D(TVD) \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$P_f = 0,48 \frac{psi}{ft} \times 9045,58 ft$$

$$P_f = 4341,9 psi$$

b) Presión hidrostática,  $P_h$ :

$$P_h = 0,052 \times \rho_{lodo} \times D(TVD) \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$P_h = 0,052 \times 9,6 \text{ lb/gal} \times 9045,58 \text{ ft}$$

$$P_h = 4515,55 \text{ psi}$$

c) Presión de Colapso,  $P_c$ :

$$P_c = P_h * FS_{colapso} \quad \text{E.c 4.2}$$

$$P_c = 4515,55 \text{ psi} \times 1.125$$

$$P_c = 5080 \text{ psi}$$

d) Presión de Estallido,  $P_e$ :

$$P_e = P_f \times FSE \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$P_e = 4341,9 \text{ psi} \times 1,10$$

$$P_e = 4776,09 \text{ psi}$$

e) Distancia del punto neutro, DPN:

$$DPN = MD \times [1 - (0.015 \times \rho_{lodo})] \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$DPN = 9266,17 \text{ ft} \times [1 - 0,015 \times (9,6 \text{ lb/gal})]$$

$$DPN = 7931,84 \text{ ft} \approx 7932 \text{ pies}$$

## 2. Selección del Revestimiento.

Considerando la presión de colapso calculada (5080 psi) se procede a seleccionar la tubería que resista este valor. De las opciones disponibles podemos elegir un revestidor de 9-5/8", N-80, 53.5 Lbs/pie, cuya resistencia al colapso es 6620 psi,

valor superior al obtenido en los cálculos, por tanto la tubería resiste las condiciones al colapso.

La Tabla 14 muestra las especificaciones del revestimiento Intermedio # 1 seleccionado.

**TABLA 14**

**CASING 9-5/8" N-80, 53.5 LBS/PIE**

OD (pulg.)	ID (pulg.)	Rc (psi)	Re (psi)	Rt (x1000 lbs.)
9.625	8.535	6620	7930	1329

**3. Cálculo y Análisis de la Resistencia Permisible a la Tensión.**

Se calcula el peso total del revestimiento intermedio # 1 de 9-5/8",  $W_t$ , por la ecuación:

$$W_t = DPN \times \text{Pesonominal} \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$W_t = 7932 \text{ ft} \times 53,5 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

$$W_t = 424362 \text{ lbs}$$

Con el valor de  $R_t$  mostrado en la Tabla 14 se calcula la resistencia permisible a la tensión,  $R_a$ :

$$R_a = \frac{R_t}{FST} \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$R_a = \frac{1329000 \text{ lbs}}{1,8}$$

$$R_a = 738333,33 \text{ lbs}$$

Este valor se compara con  $W_t$ . Como es mayor resulta que la tubería seleccionada resiste el análisis por tensión y puede ser corrida hasta 9266,17 pies (MD).

#### 4. Análisis de la Resistencia al Estallido

La resistencia al estallido del revestidor seleccionado es 7930 psi (Tabla 14) y la calculada es 4776,09 psi, por tanto la tubería resiste las condiciones al estallido.

#### 5. Cantidad de Tubos en la sección intermedia # 1:

Considerando una longitud de 30 pies por cada tubo:

$$\# \text{ tubos} = \frac{9266,17 \text{ ft}}{30 \text{ ft}}$$

$$\# \text{ tubos} = 309 \text{ tubos}$$

Por tanto, para la sección intermedia #1 (9266,17 pies) se requiere 309 tubos de 9-5/8", N-80, 53,5 lbs/pie.

### 4.6.3 Sección Intermedia # 2

#### Datos:

Profundidad inicial	=	8975' TVD / 9166' MD
Profundidad final	=	9684' TVD / 10934' MD
Diámetro externo	=	7" pulgadas
Formación asentamiento	=	"U" Inferior
Densidad del Lodo de Perforación	=	10,8 $\frac{lbs}{gal}$

Factores de seguridad:

Estallido	1.10
Colapso	1.125
Tensión	1.8

#### Cálculos:

1. Parámetros que intervienen en el diseño:

a) Presión de formación,  $P_f$ :

$$P_f = G_f \times D(TVD)$$

$$P_f = 0.48 \frac{psi}{ft} \times 9684.2 ft$$

$$P_f = 4648.42 psi$$

Ec. 4.3

b) Presión hidrostática,  $P_h$ :

$$P_h = 0.052 \times \rho_{\text{lodo}} \times D(\text{TVD}) \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$P_h = 0.052 \times 10.8 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \times 9684.2 \text{ ft}$$

$$P_h = 5438,65 \text{ psi}$$

c) Presión de Colapso,  $P_c$ :

$$P_c = P_h \times F_{\text{Scolapso}} \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$P_c = 5438.65 \text{ psi} \times 1.125$$

$$P_c = 6118.48 \text{ psi}$$

d) Presión de Estallido,  $P_e$ :

$$P_e = P_f \times F_{SE} \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$P_e = 4648.42 \text{ psi} \times 1.1$$

$$P_e = 5113.26 \text{ psi}$$

e) Distancia del punto neutro, DPN:

$$DPN = MD \times [1 - (0.015 \rho_{\text{lodo}})] \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$DPN = 1768 \text{ ft} \times [1 - 0.015 \times (10.8 \frac{\text{lb}}{\text{gal}})]$$

$$DPN = 1481.58 \text{ ft} \approx 1482 \text{ pies}$$

## 2. Selección del Revestimiento.

Considerando la presión de colapso calculada (6118,48 psi) se selecciona la tubería que resista este valor. De las opciones disponibles podemos elegir un revestidor de 7", N-80, 29 lbs/pie, cuya resistencia al colapso es 7020 psi, valor

superior al obtenido en los cálculos, por tanto la tubería resiste las condiciones de colapso.

La Tabla 15 muestra las especificaciones del revestimiento intermedio # 2 seleccionado.

**TABLA 15**

**CASING 7" N-80, 29 LBS/PIE**

OD (pulg.)	ID (pulg.)	Rc (psi)	Re (psi)	Rt (x1000 lbs.)
7	6.184	7020	8160	746

**3. Cálculo y Análisis de la Resistencia Permisible a la Tensión.**

Se calcula el peso total del revestimiento intermedio # 2 de 7",

$W_t$ , por la ecuación:

$$W_t = \text{DPN} \times \text{peso nominal} \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$W_t = 1482 \text{ ft} \times 29 \text{ lb/ft}$$

$$W_t = 42978 \text{ lbs}$$

Con el valor de  $R_t$  mostrado en la Tabla 15 se calcula la resistencia permisible a la tensión,  $R_a$ :

$$R_a = \frac{R_t}{FST} \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$R_a = \frac{746000lb}{1,8}$$

$$R_a = 414444,44 \text{ lbs}$$

Este valor se compara con  $W_t$ . Siendo mayor resulta que la tubería seleccionada resiste el análisis por tensión y puede ser corrida hasta 10934 pies (MD).

#### 4. Análisis de la Resistencia al Estallido.

La resistencia al estallido del revestidor seleccionado es 8160 psi (Tabla 15) y la calculada es 5113,26 psi, por tanto la tubería resiste las condiciones de estallido.

#### 5. Cantidad de Tubos en la Sección Intermedia # 2:

$$\#tubos = \frac{1768ft}{30ft}$$

$$\#tubos = 58,93 \approx 59 \text{ tubos}$$

Entonces para la sección intermedia # 2 (10934 pies) se requiere 59 tubos de 7", N-80, 29 Lbs/pie.

#### 4.6.4 Sección Horizontal de Liner (Productora)

##### Datos:

Profundidad inicial = 9681' TVD / 10900' MD

Profundidad final = 9714' TVD / 12187' MD

Diámetro externo = 5" pulgadas

Formación de asentamiento = "U" Inferior

Densidad del Lodo de perforación = 9,6  $\frac{lbs}{gal}$

Factores de seguridad:

Estallido	1.10
Colapso	1.125
Tensión	1.8

##### Cálculos:

#### 1. Parámetros que intervienen en el diseño:

##### a) Presión de formación, $P_f$ :

$$P_f = G_f \times D(TVD) \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$P_f = 0.48 \frac{psi}{ft} \times 9714.2 ft$$

$$P_f = 4662.8 \text{ psi}$$

b) Presión hidrostática,  $P_h$ :

$$P_h = 0.052 \times \rho_{lodo} \times D(TVD) \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$P_h = 0.052 \times 9.6 \text{ lb/gal} \times 9714.2 \text{ ft}$$

$$P_h = 4849,33 \text{ psi}$$

c) Presión de Colapso,  $P_c$ :

$$P_c = P_h \times F_{\text{colapso}} \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$P_c = 4849,33 \text{ psi} \times 1,125$$

$$P_c = 5455,5 \text{ psi}$$

d) Presión de Estallido,  $P_e$ :

$$P_e = P_f \times F_{SE} \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$P_e = 4662,8 \text{ psi} \times 1,1$$

$$P_e = 5129,08 \text{ psi}$$

e) Distancia del punto neutro, DPN:

$$DPN = MD \times [1 - (0.015 \rho_{lodo})] \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$DPN = 1287 \text{ ft} \times [1 - 0.015 \times (9.6 \text{ lb/gal})]$$

$$DPN = 1101,67 \text{ ft} \approx 1102 \text{ pies}$$

## 2. Selección del Revestimiento.

Teniendo en cuenta la presión de colapso calculada (5455,5 psi) se selecciona la tubería que resista este valor. De las opciones podemos elegir un revestidor de 5", C-95, 15 lbs/pie,

cuya resistencia al colapso es 8110 psi, valor superior al obtenido en los cálculos; por tanto la tubería resiste las condiciones de colapso.

**TABLA 16**  
**CASING 5" C-95, 15 LBS/PIE**

OD (pulg.)	ID (pulg.)	Rc (psi)	Re (psi)	Rt (x1000 lbs.)
5"	4.408	8110	9840	326

### 3. Cálculo y Análisis de la Resistencia Permisible a la Tensión.

Se calcula el peso total del revestimiento productor de 5",  $W_t$ , por medio de la ecuación:

$$W_t = \text{DPN} \times \text{peso nominal} \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$W_t = 1102 \text{ ft} \times 15 \text{ lb/ft}$$

$$W_t = 16530 \text{ lbs}$$

Con el valor de  $R_t$  mostrado en la Tabla 15 se calcula la resistencia permisible a la tensión,  $R_a$ :

$$R_a = \frac{R_t}{FST} \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$R_a = \frac{326000 \text{ lbs}}{1,8}$$

$$R_a = 181111,11 \text{ lbs}$$

Este valor se compara con  $W_t$ . Como es mayor la tubería seleccionada resiste el análisis por tensión y puede ser corrida hasta 12187 pies (MD).

#### 4. Análisis de la Resistencia al Estallido.

La resistencia al estallido del revestidor seleccionado es 9840 psi (Tabla 16) y la calculada es 5129,08 psi, por tanto la tubería resiste las condiciones de estallido.

#### 5. Cantidad de Tubos en la Sección Productora:

$$\#tubos = \frac{1287 \text{ ft}}{30 \text{ ft}}$$

$$\#tubos = 42,9 \approx 43 \text{ tubos}$$

En consecuencia para la última sección (Horizontal) se requiere 43 tubos de 5", C-95, 15 lbs/pie.

#### 4.7 Programa para Correr las Tuberías de Revestimiento.

El programa final para correr las tuberías de revestimiento seleccionadas previamente se muestra en la Tabla 17.

**TABLA 17**

#### **PROGRAMA FINAL PARA LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO**

	<b>Intervalo (pies)</b>	<b>Diámetro (pulg)</b>	<b>Grado</b>	<b>Peso (lb/pies)</b>	<b>Número de tubos</b>	<b>Longitud (pies)</b>
<b>Superficial</b>	0' – 5936'	13-3/8"	C-95	72	198	5936
<b>Intermedio</b>	0' – 9266'	9-5/8"	N-80	53.5	309	9266
<b>Liner Intermedio</b>	9166' – 10934'	7"	N-80	29	59	1768
<b>Liner Productor</b>	10900' – 12187'	5"	C-95	15	43	1287

#### 4.8 Esquema Gráfico de las Tuberías en el pozo horizontal.

El esquema general de asentamiento de los revestimientos para el pozo horizontal se presenta en la figura 4.8 mostrada a continuación:

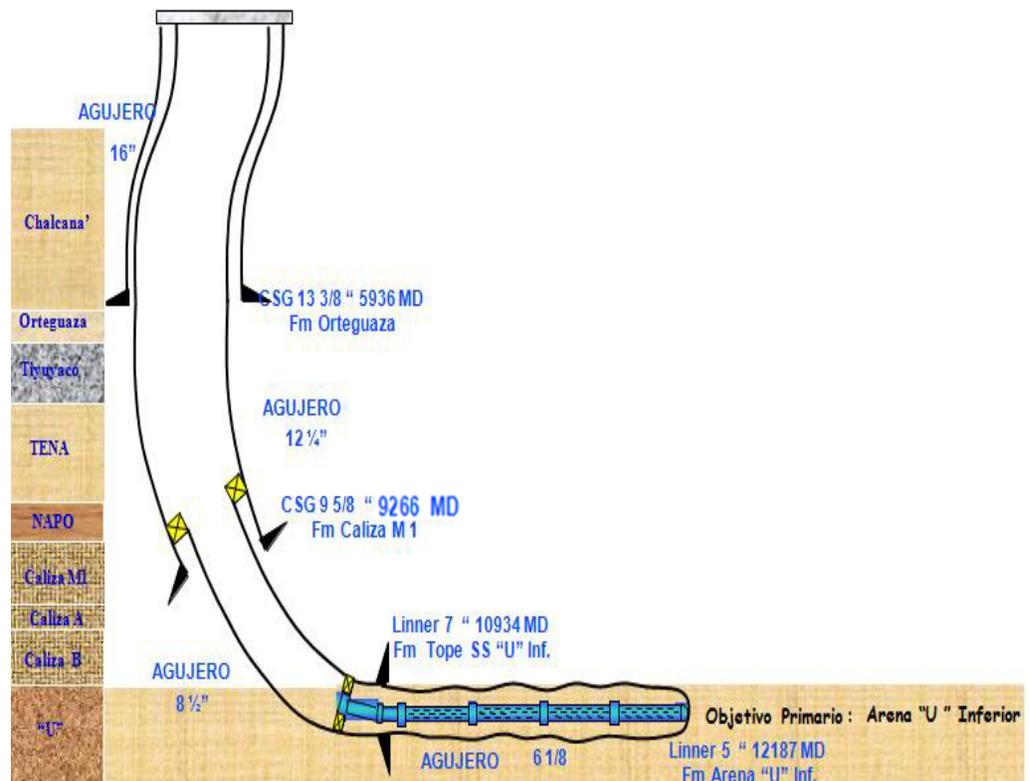


FIGURA 4.8 DIAGRAMA DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

## **CAPITULO 5**

### **5. ANÁLISIS ECONÓMICO.**

Con el propósito de conocer si el proyecto de perforación horizontal es rentable o no disponemos de la información necesaria para efectuar el análisis de: inversiones, ingresos, costos, valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), considerando también todos los gastos efectuados para completar el pozo.

#### **5.1 Consideraciones.**

El análisis económico se basa en los siguientes factores:

1. Tiempo del análisis: dos años.
2. Tasa de descuento anual de 12%, siendo la mensual de 1%.
3. Para el tiempo de análisis no se considera depreciación contable de

los equipos.

4. No se incluye costos de mantenimiento del pozo (reacondicionamientos).
5. Porcentaje de contingencia de 7,71% adicionales al costo total del proyecto.
6. El Precio por barril de petróleo es 79,86 Usd / Bbl fijado en el presupuesto general del estado del año 2010.

## **5.2 Inversiones.**

Los costos de perforación y completación (Inversiones) del Pozo Horizontal, WIADCE, alcanzan la suma de \$7'273.327 (Siete millones doscientos setenta y tres mil trescientos veintisiete dólares) y se indican en la Tabla 18.

**TABLA 18**  
**COSTOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETACIÓN**

<b>VALORES ESTIMADOS</b>	<b>DOLARES</b>	<b>%</b>
Movilización del taladro	45.000	0,6187
Costo por perforación	2.100.000	28,8726
Registros eléctricos	400.000	5,49955
Trabajo de cementación	245.000	3,36847
Estudio ambiental	15.000	0,20623
Lodos y químicos.	320.000	4,39964
Brocas	280.000	3,84968
Análisis de rípios	50.000	0,68744
Servicios de perforación direccional	650.000	8,93676
Pruebas y Completación	50.000	0,68744
Taladro de reacondicionamiento	120.000	1,64986
Punzonamientos (Disparos)	40.000	0,54995
Sistema BES	478.000	6,57196
Tubería de revestimiento (Casing)	1.188.332	16,3382
Árbol de navidad (Cabezal)	50.000	0,68744
Tubería de producción de 3-1/2"	161.003	2,21362
Línea de flujo de 4-1/2"	20.251	0,27843
Colgadores	100.000	1,37489
BHA de fondo	80.000	1,09991
Bomba e inyección de químicos	20.000	0,27498
Control de sólidos	300.000	4,12466
Contingencias	560.741	7,70955
<b>TOTAL</b>	<b>7.273.327</b>	<b>100</b>

### 5.3 Ingreso Total Mensual (ITM).

Se obtienen ingresos, desde el momento en que el pozo entre en producción, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$ITM = Producción Mensual * Precio fijado$$

Donde,

Ingreso Total Mensual (ITM) = Flujo mensual, Dólares.

Producción Mensual = Tasa estimada, bbls/mes

Precio fijado = Valor establecido en el presupuesto general del estado, Dólares/Barril

### 5.4 Costo Mensual de Producción (CMP).

Considerando que en el proyecto se estima que el costo de producir un barril de petróleo es 7,89 dólares americanos, podemos calcular el costo mensual de producción (CMP) con la ecuación:

$$CMP = 7,89 * Producción Mensual$$

### 5.5 Tasa Esperada de Producción.

La expresión matemática más utilizada para estimar la tasa de producción del pozo es la declinación exponencial, que se presenta en la ecuación:

$$Q = Q_i * e^{-kT}$$

Donde,

Q = Tasa estimada a un periodo T, bbl/periodo.

Q<sub>i</sub> = Tasa inicial a T=0, barriles.

K = Constante, adimensional.

T = Periodo de tiempo.

La información descrita en los puntos anteriores permite elaborar el Apéndice E (Tabla Estimación de Utilidad) donde se muestra la estimación de costos del proyecto y las utilidades esperadas a dos años. En las tres primeras columnas aparece el periodo del proyecto (días, meses y años); la cuarta y quinta muestran un estimado de la tasa esperada para cada periodo, con un valor inicial de 3200 Barriles/día y una declinación constante de 0,000325, obtenidas correlacionando datos de pozos vecinos.

La columna seis se obtiene multiplicando la tasa esperada mensual (5) con el Precio Fijado por barril (\$79,86). La siete se calcula multiplicando la tasa esperada mensual (5) por el Costo por Barril (\$ 7,89). La ocho se obtiene restando la (7) de la (6). Finalmente la Utilidad Acumulada (9) es la suma de la columna ocho para cada periodo.

Graficando los valores correspondientes a las columnas (2) y (9) del Apéndice E, se obtiene la curva mostrada en el F, la misma que permite estimar el tiempo de retorno de la inversión, dando como resultado un valor aproximado de 1,066 meses.

## **5.6 Resultados del VAN y el TIR.**

El análisis económico permite determinar los valores correspondientes al VAN y el TIR del proyecto, que se muestran en la Tabla 19.

### **5.6.1 VAN (Valor Actual Neto).**

Es la suma de los flujos netos de caja esperados del proyecto a un mismo tiempo ( $t=0$ ) menos la inversión

inicial. Se calcula con la siguiente ecuación y si el valor determinado es positivo, el proyecto es rentable.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{(V_F)_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde,

$V_F$  = Flujo de Caja (Ingresos – Egresos) en el periodo t

i = Tasa de Interés

t = Periodo

$I_0$  = Inversión Inicial

### 5.6.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es la tasa que permite que el valor actual neto (VAN) sea igual a cero y se determina con la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{(V_F)_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

La Tabla 19 muestra los resultados del VAN y la TIR para el proyecto.

**TABLA 19**  
**RESULTADOS DE VAN Y TIR**

<b>TIR</b>	<b>VAN</b>
93%	\$ 569.712,98

Dado que la tasa de recuperación de la inversión (TIR) es 93% y el Valor Actual Neto es \$ 569.712,98, se concluye que el proyecto de perforación horizontal es económicamente viable y rentable.

# CAPITULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1 CONCLUSIONES.

- ✓ La trayectoria del pozo se diseña en base a la información disponible tanto geológica como del yacimiento, decidiéndose perforar uno horizontal de radio largo para recuperar mayor cantidad de reservas.
- ✓ El riesgo de colisión debido a la proximidad con pozos vecinos en el mismo “Pad”, se reduce mediante el análisis anticolidión que se debe efectuar previo a la perforación, disponiendo de la información suministrada por el respectivo registro eléctrico.
- ✓ En la primera sección perforada se pueden presentar problemas de interferencia magnética causados por revestidores de pozos cercanos.

- ✓ De acuerdo a operaciones anteriores se deben utilizar 60 pies de Lastrabarreras para controlar la trayectoria planificada del hueco.
- ✓ El tipo de revestimiento se selecciona según la norma API 5CT.
- ✓ El objetivo del plan direccional es perforar una sección horizontal aproximada de 1005' dentro de la arena "U" Inferior.
- ✓ La utilización de la herramienta MWD requiere perforar 200' adicionales, con respecto a la profundidad de asentamiento de cada revestidor.
- ✓ El análisis económico indica una Tasa Interna de Retorno de 93%, un Valor Actual Neto de \$ 569.712,98 y un tiempo para recuperar la inversión de 32 días, por lo que el proyecto es rentable.

## **6.2 RECOMENDACIONES.**

- ✓ En formaciones poco profundas es común la presencia de piedras de río, "boulders" y para perforarlas se recomienda utilizar broca tricónica.
- ✓ En la primera sección del pozo se debe correr el registro GYRO para determinar parámetros como profundidad, inclinación y azimut de su trayectoria.

- ✓ Utilizar motor de fondo en todas las secciones del pozo, para obtener resultados similares a lo planificado.
- ✓ En la sección horizontal utilizar lastrabarrenas no magnéticas, para evitar que las herramientas MWD y LWD sufran interferencias que afecten sus lecturas.
- ✓ Utilizar como tubería de perforación (Drill Pipe) en la parte inferior de la sarta la de menor grado de acero, mientras que la de mayor grado se debe ubicar en las secciones superficiales.
- ✓ Para efectuar el análisis económico se debe conocer el Precio Fijado por barril de petróleo en el Presupuesto General del Estado y su respectivo costo de producción.

# APENDICES

## APENDICE A

Resultados del survey planeado tomado cada 100 pies MD.

OBSERVACIONES	MD (ft)	TVD (ft)	Vertical Section (ft)	Inclinación (grados)	Azimuth (grados)	BUR (°/100ft)
Tie-in	0	0	0	0	165	0
	100	-100	0	0	165	0
	200	-200	0	0	165	0
KOP	300	-300	0	0	165	0
	400	-399,99	-1,01	1,36	165	1,36
	500	-499,93	-4,05	2,71	165	1,36
	600	-599,75	-9,1	4,07	165	1,36
	700	-699,4	-16,18	5,43	165	1,36
	800	-798,83	-25,27	6,78	165	1,36
	900	-897,98	-36,37	8,14	165	1,36
	1000	-996,80	-49,47	9,50	165	1,36
	1100	-1095,22	-64,57	10,85	165	1,36
	1200	-1193,20	-81,66	12,21	165	1,36
EOC	1258,20	-1250,00	-92,52	13	165	1,36
	1300	-1290,73	-100,55	13	165	0
	1400	-1388,17	-119,78	13	165	0
KOP	1458,2	-1444,87	-130,97	13	165	0
	1500	-1485,64	-138,85	12,49	165	1,22
	1600	-1583,50	-156,44	11,27	165	1,22
	1700	-1681,77	-172,25	10,05	165	1,22
	1800	-1780,42	-186,26	8,82	165	1,22
	1900	-1879,39	-198,47	7,60	165	1,22
	2000	-1978,65	-208,88	6,38	165	1,22
	2100	-2078,14	-217,47	5,16	165	1,22
	2200	-2177,82	-224,25	3,94	165	1,22
	2300	-2277,65	-229,22	2,72	165	1,22
	2400	-2377,58	-232,36	1,5	165	1,22
	2500	-2477,57	-233,68	0,27	165	1,22
EOC	2522,43	-2500	-233,72	0	40	1,22
	2600	-2577,57	-233,72	0	13,91	0

	2700	-2677,57	-233,72	0	13,91	0
	2800	-2777,57	-233,72	0	13,91	0
	2900	-2877,57	-233,72	0	13,91	0
	3000	-2977,57	-233,72	0	13,91	0
	3100	-3077,57	-233,72	0	13,91	0
	3200	-3177,57	-233,72	0	13,91	0
	3300	-3277,57	-233,72	0	13,91	0
	3400	-3377,57	-233,72	0	13,91	0
	3500	-3477,57	-233,72	0	13,91	0
	3600	-3577,57	-233,72	0	13,91	0
	3700	-3677,57	-233,72	0	13,91	0
	3800	-3777,57	-233,72	0	13,91	0
	3900	-3877,57	-233,72	0	13,91	0
	4000	-3977,57	-233,72	0	13,91	0
	4100	-4077,57	-233,72	0	13,91	0
	4200	-4177,57	-233,72	0	13,91	0
	4300	-4277,57	-233,72	0	13,91	0
	4400	-4377,57	-233,72	0	13,91	0
	4500	-4477,57	-233,72	0	13,91	0
	4600	-4577,57	-233,72	0	13,91	0
	4700	-4677,57	-233,72	0	13,91	0
	4800	-4777,57	-233,72	0	13,91	0
	4900	-4877,57	-233,72	0	13,91	0
	5000	-4977,57	-233,72	0	13,91	0
	5100	-5077,57	-233,72	0	13,91	0
	5200	-5177,57	-233,72	0	13,91	0
	5300	-5277,57	-233,72	0	13,91	0
	5400	-5377,57	-233,72	0	13,91	0
	5500	-5477,57	-233,72	0	13,91	0
	5600	-5577,57	-233,72	0	13,91	0
	5700	-5677,57	-233,72	0	13,91	0
Orteguaza	5736,65	-5714,21	-233,72	0	13,91	0
	5800	-5777,57	-233,72	0	13,91	0
	5900	-5877,57	-233,72	0	13,91	0
13-3/8" Casing Point	5936,65	-5914,22	-233,72	0	13,91	0

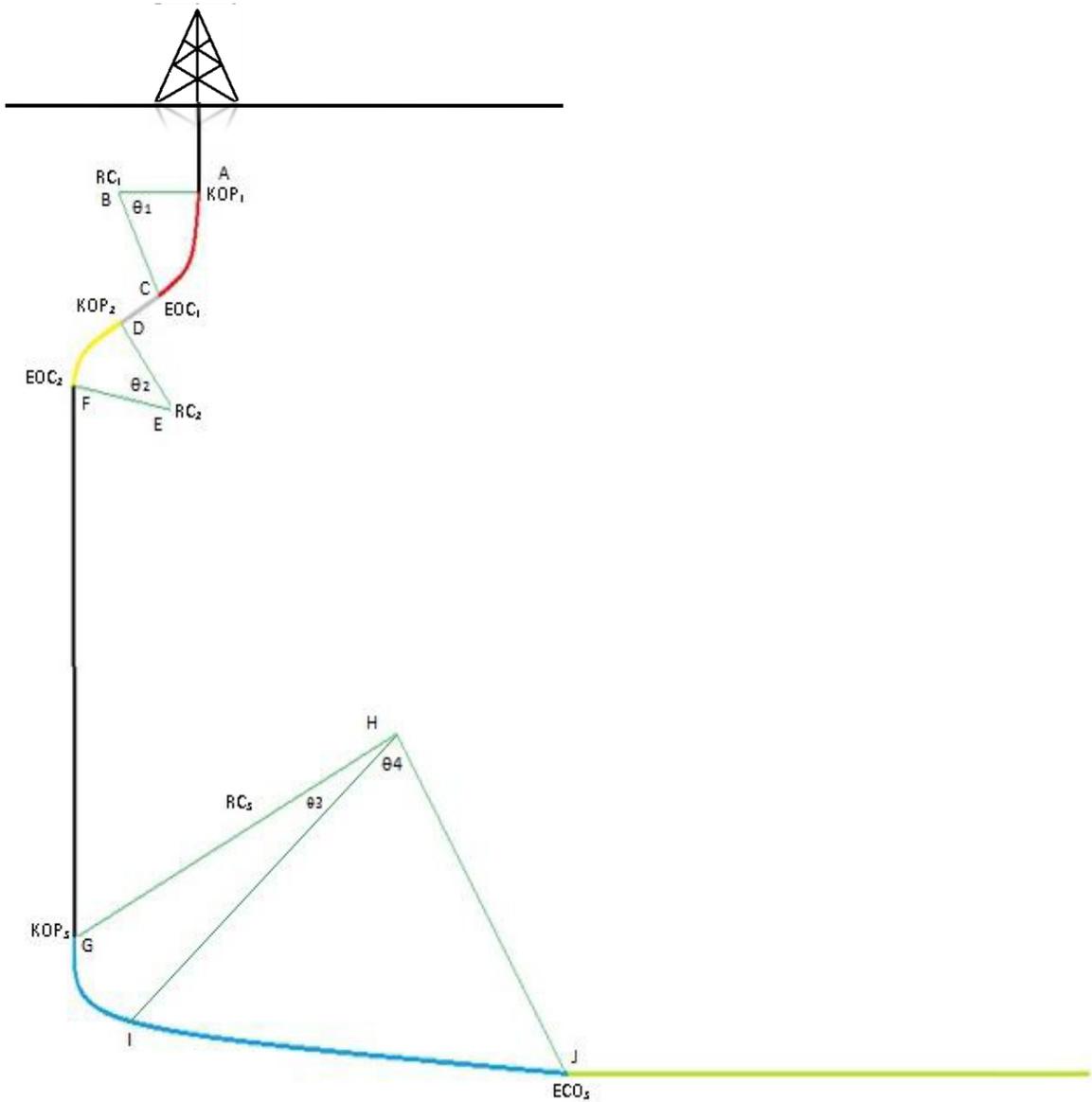
	6000	-5977,57	-233,72	0	13,91	0
	6100	-6077,57	-233,72	0	13,91	0
	6200	-6177,57	-233,72	0	13,91	0
	6300	-6277,57	-233,72	0	13,91	0
	6400	-6377,57	-233,72	0	13,91	0
	6500	-6477,57	-233,72	0	13,91	0
Tiyuyacu	6515,65	-6493,21	-233,72	0	13,91	0
	6600	-6577,57	-233,72	0	13,91	0
	6700	-6677,57	-233,72	0	13,91	0
	6800	-6777,57	-233,72	0	13,91	0
	6900	-6877,57	-233,72	0	13,91	0
	7000	-6977,57	-233,72	0	13,91	0
	7100	-7077,57	-233,72	0	13,91	0
	7200	-7177,57	-233,72	0	13,91	0
	7300	-7277,57	-233,72	0	13,91	0
	7400	-7377,57	-233,72	0	13,91	0
KOP	7402,43	-7380	-233,72	0	13,91	2,5
	7500	-7477,57	-231,65	2,44	13,91	2,5
	7600	-7577,57	-225,23	4,93	13,91	2,5
Conglomerado Tiyuyacu	7640,07	-7617,21	-221,44	5,93	13,91	2,5
	7700	-7676,73	-214,48	7,43	13,91	2,5
	7800	-7775,58	-199,41	9,92	13,91	2,5
	7900	-7873,68	-180,05	12,42	13,91	2,5
	8000	-7970,84	-156,44	14,92	13,91	2,5
	8100	-8066,88	-128,62	17,41	13,91	2,5
Tena	8184,71	-8147,21	-101,81	19,53	13,91	2,5
	8200	-8161,61	-96,66	19,91	13,91	2,5
	8300	-8254,86	-60,60	22,41	13,91	2,5
	8400	-8346,46	-20,51	24,90	13,91	2,5
	8500	-8436,21	23,52	27,40	13,91	2,5
	8600	-8523,96	71,42	29,89	13,91	2,5
	8700	-8609,55	123,08	32,39	13,91	2,5
	8800	-8692,79	178,43	34,89	13,91	2,5
	8900	-8773,55	237,34	37,38	13,91	2,5
	9000	-8851,66	299,72	39,88	13,91	2,5

	9100	-8926,98	365,43	42,38	13,91	2,5
Tope arenisca basal Tena	9131,65	-8950,21	386,91	43,17	13,91	2,5
Tope Napo	9166,17	-8975,21	410,69	44,03	13,91	2,5
	9200	-8999,36	434,36	44,87	13,91	2,5
9-5/8" Casing Point	9266,17	-9045,58	481,67	45,52	13,91	2,5
	9300	-9068,67	506,37	47,37	13,91	2,5
	9400	-9134,78	581,33	49,86	13,91	2,5
Tope Caliza M-1	9443,05	-9162,21	614,48	50,94	13,91	2,5
	9500	-9197,55	659,1	52,36	13,91	2,5
Base Caliza M-1	9539,19	-9221,21	690,31	53,34	13,91	2,5
	9600	-9256,87	739,52	54,86	13,91	2,5
	9700	-9312,64	822,45	57,35	13,91	2,5
	9800	-9364,73	907,73	59,85	13,91	2,5
Tope Caliza M-2	9862,15	-9395,21	961,84	61,4	13,91	2,5
	9900	-9413,06	995,19	62,35	13,91	2,5
Base Caliza M-2	9957,75	-9439,21	1046,64	63,79	13,91	2,5
	10000	-9457,53	1084,68	64,84	13,91	2,5
	10100	-9498,05	1176,01	67,34	13,91	2,5
Tope Caliza A	10126,75	-9508,21	1200,74	68,01	13,91	2,5
	10200	-9534,56	1269,02	69,84	13,91	2,5
	10300	-9566,97	1363,53	72,33	13,91	2,5
	10400	-9595,25	1459,37	74,83	13,91	2,5
	10500	-9619,30	1556,34	77,32	13,91	2,5
EOC	10566,74	-9633,00	1621,60	78,99	13,91	2,5
Base Caliza A/Tope Arena U superior	10573,13	-9634,21	1627,87	79,09	13,91	1,63
	10600	-9639,20	1654,25	79,53	13,91	1,63
	10700	-9655,97	1752,75	81,16	13,92	1,63
	10800	-9669,93	1851,68	82,79	13,92	1,63
Tope ST U inferior	10881,47	-9679,21	1932,55	84,12	13,93	1,63
	10900	-9681,07	1950,97	84,42	13,93	1,63
Tope SS U inferior	10912,03	-9682,21	1962,94	84,61	13,93	1,63
7" Liner	10934,07	-9684,21	1984,87	84,97	13,93	1,63

	11000	-9689,38	2050,54	86,05	13,94	1,63
	11100	-9694,85	2150,30	87,68	13,94	1,63
Entry Cul 13H New	11181,77	-9697,21	2231,97	89,01	13,95	1,63
	11200	-9697,53	2250,18	89,01	13,95	0
	11300	-9699,26	2350,09	89,01	13,95	0
	11400	-9700,99	2449,99	89,01	13,95	0
	11500	-9702,72	2549,89	89,01	13,95	0
	11600	-9704,45	2649,79	89,01	13,95	0
	11700	-9706,18	2749,7	89,01	13,95	0
	11800	-9707,91	2849,6	89,01	13,95	0
	11900	-9709,65	2949,5	89,01	13,95	0
	12000	-9711,38	3049,41	89,01	13,95	0
	12100	-9713,11	3149,31	89,01	13,95	0
TD	12187,61	-9714,62	3236,83	89,01	13,95	0

## APENDICE B

Ecuación para determinar el radio de curvatura.



Para calcular los radios en cada sección curva de pozo se aplica la ecuación indicada a continuación:

**ECUACIÓN ORDINARIA DE LA CIRCUNFERENCIA:**

$$(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$$

Al desarrollarla se obtiene:

$$x^2 + y^2 - 2hx - 2ky + h^2 + k^2 - r^2 = 0$$

$$x^2 + y^2 + Dx + Ey + F = 0$$

Dónde:

$$D = -2h, \quad E = -2k, \quad F = h^2 + k^2 - r^2$$

Hay tres casos posibles por considerar:

a. Si  $D^2 + E^2 - 4F > 0$ , entonces el centro de la circunferencia será

$$\left(-\frac{D}{2}, -\frac{E}{2}\right) \text{ y de radio igual a } \frac{1}{2}\sqrt{D^2 + E^2 - 4F}.$$

b. Si  $D^2 + E^2 - 4F = 0$ , entonces el centro de la circunferencia será

$$\left(-\frac{D}{2}, -\frac{E}{2}\right) \text{ y representa una circunferencia de radio cero, es decir es un}$$

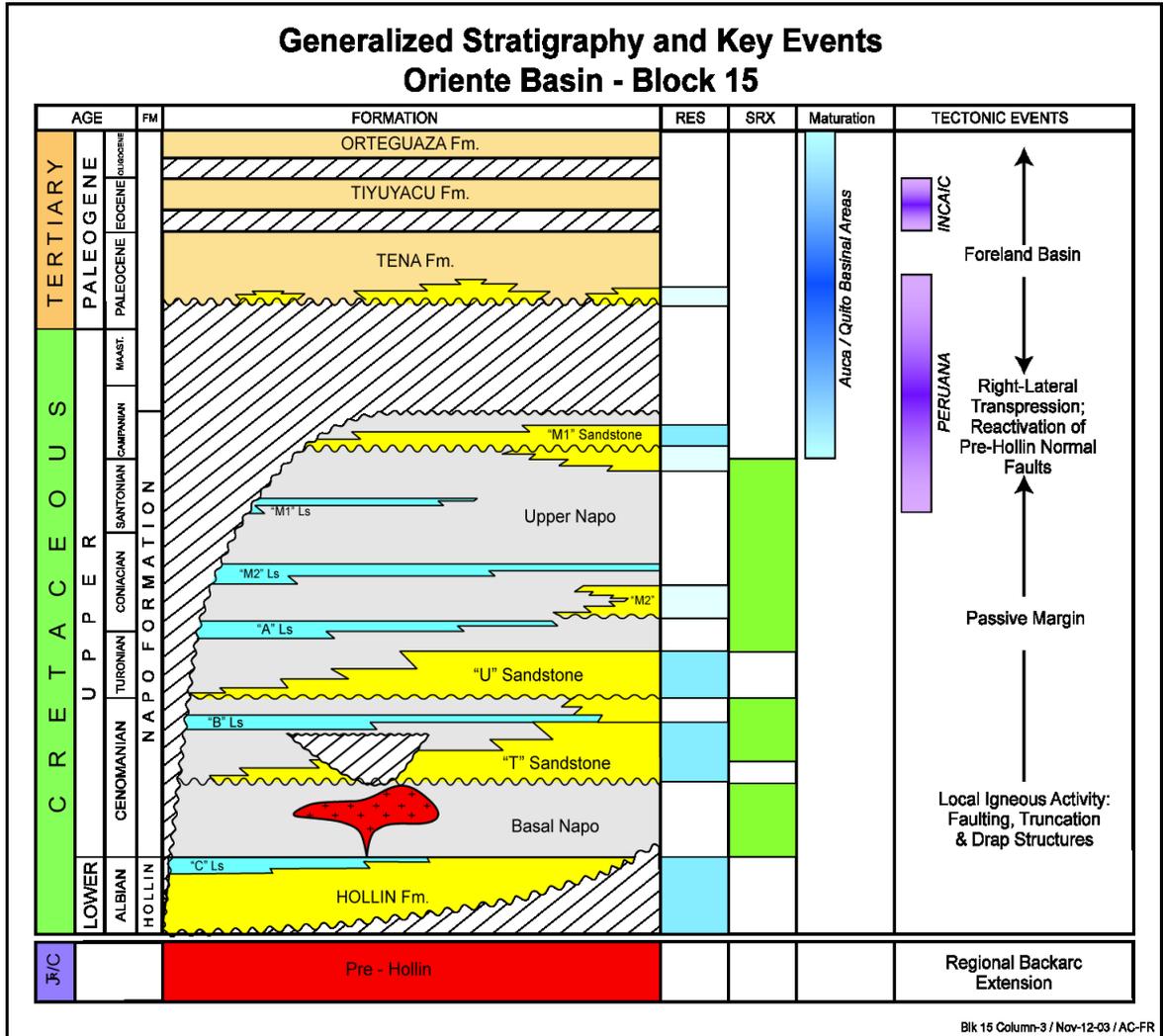
círculo punto o círculo nulo.

c. Si  $D^2 + E^2 - 4F < 0$ , entonces el centro de la circunferencia será un

círculo imaginario, por lo tanto podemos indicar que dicha ecuación no representa un lugar geométrico.

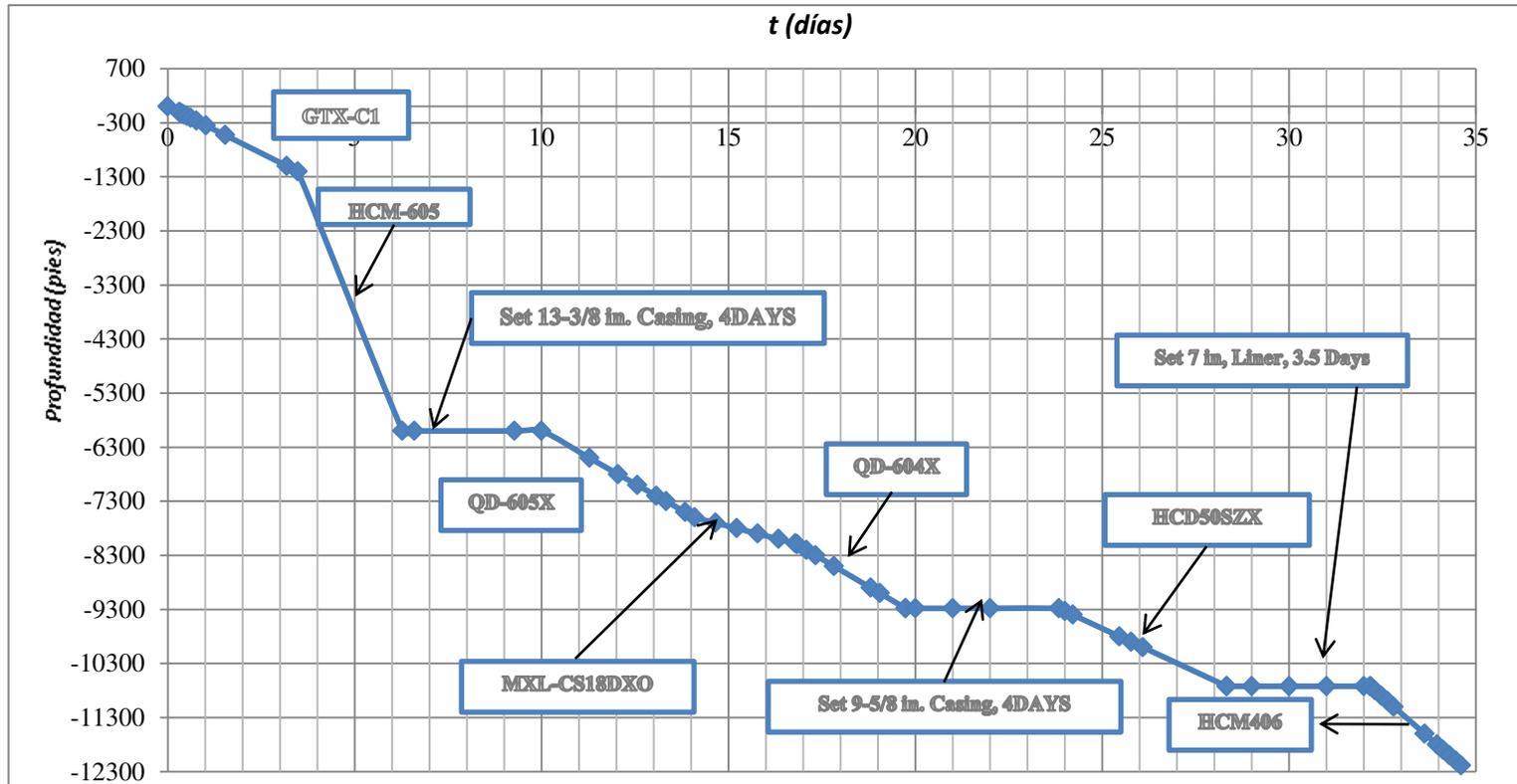
APENDICE C

Columna Estratigráfica Generalizada Cuenca Oriente.



APENDICE D

Tiempo de perforación estimado Profundidad VS Tiempo

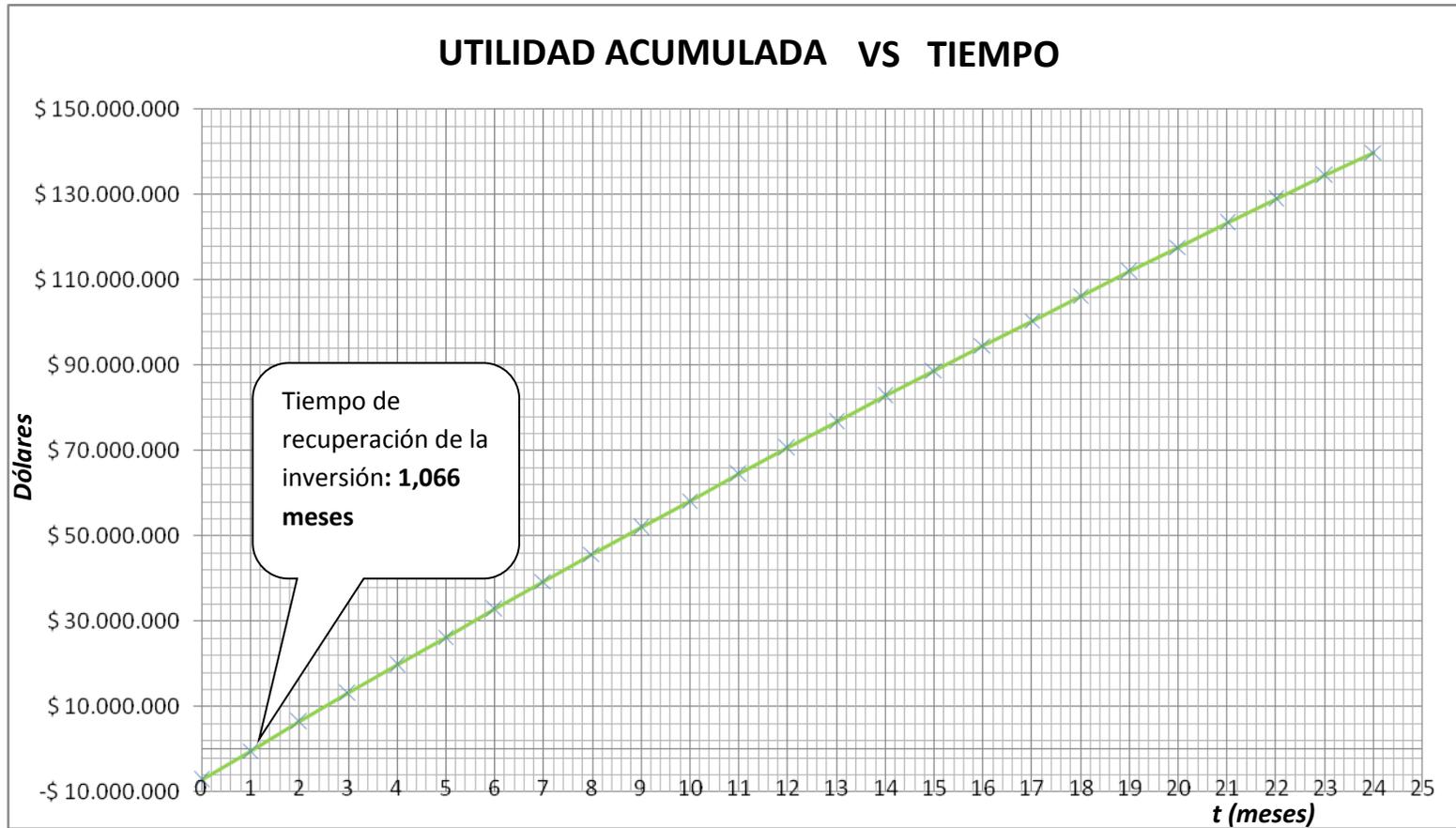


## APENDICE E

### Estimación de Utilidad

(1) t	(2) t	(3) t	(4) Q	(5) Q	(6) TOTAL	(7) Costo	(8) Flujo Mensual	(9) Utilidad Acumulada
Anos	Meses	días	Bppd	bppM				
	0	0			-\$ 7,273,327		-\$ 7,273,327	-\$ 7,273,327
0.08	1	30	3,168.95	95,068.55	\$ 7,592,174.26	\$ 750,090.85	\$ 6,842,083	-\$ 431,243
0.17	2	60	3,138.20	94,146.13	\$ 7,518,510.26	\$ 742,813.00	\$ 6,775,697	\$ 6,344,454
0.25	3	90	3,107.76	93,232.67	\$ 7,445,560.99	\$ 735,605.76	\$ 6,709,955	\$ 13,054,409
0.33	4	120	3,077.60	92,328.07	\$ 7,373,319.52	\$ 728,468.46	\$ 6,644,851	\$ 19,699,260
0.42	5	150	3,047.74	91,432.24	\$ 7,301,778.98	\$ 721,400.40	\$ 6,580,379	\$ 26,279,639
0.50	6	180	3,018.17	90,545.11	\$ 7,230,932.57	\$ 714,400.93	\$ 6,516,532	\$ 32,796,170
0.58	7	210	2,988.89	89,666.59	\$ 7,160,773.56	\$ 707,469.36	\$ 6,453,304	\$ 39,249,475
0.67	8	240	2,959.89	88,796.58	\$ 7,091,295.27	\$ 700,605.06	\$ 6,390,690	\$ 45,640,165
0.75	9	270	2,931.17	87,935.03	\$ 7,022,491.11	\$ 693,807.35	\$ 6,328,684	\$ 51,968,849
0.83	10	300	2,902.73	87,081.82	\$ 6,954,354.53	\$ 687,075.60	\$ 6,267,279	\$ 58,236,128
0.92	11	330	2,874.56	86,236.90	\$ 6,886,879.05	\$ 680,409.16	\$ 6,206,470	\$ 64,442,597
1.00	12	360	2,846.67	85,400.18	\$ 6,820,058.26	\$ 673,807.41	\$ 6,146,251	\$ 70,588,848
1.08	13	390	2,819.05	84,571.57	\$ 6,753,885.81	\$ 667,269.71	\$ 6,086,616	\$ 76,675,464
1.17	14	420	2,791.70	83,751.01	\$ 6,688,355.40	\$ 660,795.44	\$ 6,027,560	\$ 82,703,024
1.25	15	450	2,764.61	82,938.40	\$ 6,623,460.81	\$ 654,383.99	\$ 5,969,077	\$ 88,672,101
1.33	16	480	2,737.79	82,133.68	\$ 6,559,195.87	\$ 648,034.75	\$ 5,911,161	\$ 94,583,262
1.42	17	510	2,711.23	81,336.77	\$ 6,495,554.46	\$ 641,747.12	\$ 5,853,807	\$ 100,437,070
1.50	18	540	2,684.92	80,547.59	\$ 6,432,530.55	\$ 635,520.49	\$ 5,797,010	\$ 106,234,080
1.58	19	570	2,658.87	79,766.07	\$ 6,370,118.13	\$ 629,354.27	\$ 5,740,764	\$ 111,974,843
1.67	20	600	2,633.07	78,992.13	\$ 6,308,311.28	\$ 623,247.88	\$ 5,685,063	\$ 117,659,907
1.75	21	630	2,607.52	78,225.70	\$ 6,247,104.11	\$ 617,200.74	\$ 5,629,903	\$ 123,289,810
1.83	22	660	2,582.22	77,466.70	\$ 6,186,490.82	\$ 611,212.28	\$ 5,575,279	\$ 128,865,089
1.92	23	690	2,557.17	76,715.07	\$ 6,126,465.63	\$ 605,281.92	\$ 5,521,184	\$ 134,386,272
2.00	24	720	2,532.36	75,970.73	\$ 6,067,022.84	\$ 599,409.09	\$ 5,467,614	\$ 139,853,886

## APENDICE F



## APENDICE G

## Propiedades Mecánicas de Tuberías de Perforación

Grado E-75 y Conexiones													
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)		
Datos del Tubo			Datos de la Conexión				Propiedades Mecánicas						
Nominal Size in.	Nominal Weight lb/ft	Approx. Weight lb/ft	Type Upset	Conn.	OD in.	ID in.	Drift Diámetro in.	Tensión Máxima, lb Pipe	Tool Joint	Torsión Máxima, ft-lb Pipe	Tool Joint		
2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	4.85	5.26	EU	NC26(IF)	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.625	97817.	313681.	4763.	6875.b		
		4.95	EU	OH	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2	1.807	97817.	206416.	4763.	4526.p		
		5.05	EU	SLH90	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2	1.850	97817.	202670.	4763.	5075.p		
		5.15	EU	WO	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2	1.807	97817.	195677.	4763.	4235.p		
	6.65	6.99	EU	NC26(IF)	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.625	138214.	313681.	6250.	6875.b		
		6.89	EU	OH	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.625	138214.	294620.	6250.	6305.b		
		6.71	IU	PAC	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.250	138214.	238504.	6250.	4672.P		
		6.78	EU	SLH90	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2	1.670	138214.	202850.	6250.	5075.p		
		2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	6.85	7.50	EU	NC31(IF)	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2.000	135902.	447130.	8083.	11790.p
				6.93	EU	OH	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.253	135902.	223937.	8083.	5464.P
7.05	EU			SLH90	3 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.296	135902.	260783.	8083.	7513.p		
7.31	EU			WO	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.253	135902.	277553.	8083.	7015.p		
10.40	10.87		EU	NC31(IF)	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1.963	214344.	447130.	11554.	11790.p		
	10.59		EU	OH	3 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>5</sup> / <sub>32</sub>	1.963	214344.	345566.	11554.	8659.P		
	10.27	IU	PAC	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.375	214344.	272938.	11554.	5706.P			
	10.59	EU	SLH90	3 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>5</sup> / <sub>32</sub>	2.006	214344.	382765.	11554.	11227.p			
	11.19	IU	XH	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1.750	214344.	505054.	11554.	13088.p			
	10.35	IU	NC26(SH)	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.625	214344.	313681.	11554.	6875.B			
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9.50	10.58	EU	NC38(IF)	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	2.563	194264.	587308.	14146.	18071.p		
		9.84	EU	OH	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3	2.804	194264.	392071.	14146.	11803.p		
		9.99	EU	SLH90	4 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3	2.847	194264.	366705.	14146.	12458.p		
		10.14	EU	WO	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3	2.804	194264.	419797.	14146.	12723.p		
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	13.30	14.37	EU	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2.619	271569.	664050.	18551.	23443.p		
		13.93	EU	NC38(IF)	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	2.457	271569.	587308.	18551.	18071.p		
		13.75	EU	OH	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	2.414	271569.	559582.	18551.	17167.p		
		13.40	IU	NC31(SH)	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2.000	271569.	447130.	18551.	11790.P		
		13.91	EU	XH	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.313	271569.	570939.	18551.	16867.p		
	15.50	EU	NC38(IF)	5	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	2.414	322775.	649158.	21086.	20095.p			
4	11.85	13.00	IU	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	230755.	913708.	19474.	35308.p		
		13.52	EU	NC46(IF)	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	230755.	901164.	19474.	33228.p		
		12.10	EU	OH	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>15</sup> / <sub>32</sub>	3.287	230755.	621357.	19474.	21903.p		
		12.91	EU	WO	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	3.313	230755.	782987.	19474.	28643.p		
	14.00	15.04	IU	NC40(FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	285359.	711611.	23288.	23279.p		
		15.43	IU	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	285359.	913708.	23288.	35308.p		
		15.85	EU	NC46(IF)	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	285359.	901164.	23288.	33228.p		

**Propiedades Mecánicas de la Tubería de Perforación  
Grado E-75 y Conexiones**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Datos del Tubo								Propiedades Mecánicas			
								Tensión Máxima, lb		Torsión Máxima, ft-lb	
Nominal Size in.	Nominal Weight lb/ft	Approx. Weight <sup>†</sup> lb/ft	Type Upset	Conn.	OD in.	ID in.	Drift Diámetro in.	Pipe	Tool Joint	Pipe	Tool Joint
	14.00	15.02	EU	OH	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	285359.	759875.	23288.	27060.p
		14.35	IU	SH	4 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	2.438	285359.	512035.	23288.	15026.P
	15.70	16.80	IU	NC40(FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	2.563	324118.	776406.	25810.	25531.p
		17.09	IU	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	324118.	913708.	25810.	35308.p
		17.54	EU	NC46(IF)	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.095	324118.	901164.	25810.	33228.p
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	13.75	15.23	IU	H90	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	270034.	938403.	25907.	38544.p
		15.36	EU	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3.625	270034.	939096.	25907.	37269.p
		14.04	EU	OH	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>31</sup> / <sub>32</sub>	3.770	270034.	554844.	25907.	20678.p
		14.77	EU	WO	6 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	3.750	270034.	848619.	25907.	33492.p
16.60	18.14	18.14	IEU	FH	6	3	2.875	330558.	976156.	30807.	34367.p
		17.92	IEU	H90	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	330558.	938403.	30807.	38544.p
		17.95	EU	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3.625	330558.	939096.	30807.	37269.p
		17.07	EU	OH	5 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3.625	330558.	713979.	30807.	26936.p
		16.79	IEU	NC38(SH)	5	2 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	2.563	330558.	587308.	30807.	18071.P
		18.37	IEU	NC46(XH)	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	330558.	901164.	30807.	33228.p
20.00	21.64	21.64	IEU	FH	6	3	2.875	412358.	976156.	36901.	34367.p
		21.64	IEU	H90	6	3	2.875	412358.	1085665.	36901.	44948.p
		21.59	EU	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3.452	412358.	1025980.	36901.	40915.p
		22.09	IEU	NC46(XH)	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	2.875	412358.	1048426.	36901.	38998.p
22.82	24.11	24.11	EU	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3.452	471239.	1025980.	40912.	40915.p
		24.56	IEU	NC46(XH)	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	2.875	471239.	1048426.	40912.	38998.p
5	19.50	22.28	IEU	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> FH	7	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3.625	395595.	1448407.	41167.	62903.b
		20.85	IEU	NC50(XH)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3.625	395595.	939095.	41167.	37269.p
	25.60	28.27	IEU	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> FH	7	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3.375	530144.	1619231.	52257.	62903.b
		26.85	IEU	NC50(XH)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3.375	530144.	1109920.	52257.	44456.p
5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	21.90	23.78	IEU	FH	7	4	3.875	437116.	1265802.	50710.	55687.p
		24.70	IEU	FH	7	4	3.875	497222.	1265802.	56574.	55687.p
6 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	25.20	27.28	IEU	FH	8	5	4.875	489464.	1447697.	70580.	73224.p
6 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	27.70	29.06	IEU	FH	8	5	4.875	534198.	1447697.	76295.	73224.p

**Propiedades Mecánicas de la Tubería de Perforación, Grado X-95, G-105 Y S-135**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Datos del Tubo								Propiedades Mecánicas			
								Tensión Máxima, lb		Torsión Máxima, ft-lb	
Nominal Size in.	Nominal Weight lb/ft	Approx. Weight lb/ft	Type Upset	Conn.	OD in.	ID in.	Drift Diámetro in.	Pipe	Tool Joint	Pipe	Tool Joint
2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	6.65	7.11	EU-X95	NC26(IF)	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.625	175072.	313681.	7917.	6875.b
		6.99	EU-X95	SLH90	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1.670	175072.	270223.	7917.	6862.p
	6.65	7.11	EU-G105	NC26(IF)	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.625	193500.	313681.	8751.	6875.b
		6.99	EU-G105	SLH90	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1.670	193500.	270223.	8751.	6862.P
2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	10.40	11.09	EU-X95	NC31(IF)	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2	1.875	271503.	495726.	14635.	13158.p
		10.95	EU-X95	SLH90	4	2	1.875	271503.	443971.	14635.	13119.p
	10.40	11.09	EU-G105	NC31(IF)	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2	1.875	300082.	495726.	16176.	13158.p
		10.95	EU-G105	SLH90	4	2	1.875	300082.	443971.	16176.	13119.p
	10.40	11.55	EU-S135	NC31(IF)	4 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.500	385820.	623844.	20798.	16809.p
		11.26	EU-S135	SLH90	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.500	385820.	572089.	20798.	17130.p
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	13.30	14.60	EU-X95	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2.619	343988.	664050.	23498.	23443.p
		14.62	EU-X95	NC38(IF)	5	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	2.438	343988.	649158.	23498.	20095.p
		14.06	EU-X95	SLH90	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	2.438	343988.	596066.	23498.	20709.p
	13.30	14.71	EU-G105	NC38(IF)	5	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.313	380197.	708063.	25972.	22035.p
		14.06	EU-G105	SLH90	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	2.438	380197.	596066.	25972.	20709.p
	13.30	14.92	EU-S135	NC38(IF)	5	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2.000	488825.	842440.	33392.	26503.P
		14.65	EU-S135	SLH90	5	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2.000	488825.	789348.	33392.	27809.p
		15.13	EU-S135	NC40(4FH)	5 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.313	488825.	897161.	33392.	29764.p
	15.50	16.82	EU-X95	NC38(IF)	5	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.313	408848.	708063.	26708.	22035.p
		17.03	EU-G105	NC38(IF)	5	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2.000	451885.	842440.	29520.	26503.p
	15.50	16.97	EU-G105	NC40(4FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	2.438	451885.	838257.	29520.	27693.p
		17.57	EU-S135	NC40(4FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2.125	580995.	979996.	37954.	32693.p
4	14.00	15.34	IU-X95	NC40(FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	2.563	361454.	776406.	29498.	25531.p
		15.63	IU-X95	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	361454.	913708.	29498.	35308.p
		16.19	EU-X95	NC46(IF)	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	361454.	901164.	29498.	33228.p
	14.00	15.91	IU-G105	NC40(FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.313	399502.	897161.	32603.	29764.p
		15.63	IU-G105	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	399502.	913708.	32603.	35308.p
		16.19	EU-G105	NC46(IF)	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	399502.	901164.	32603.	33228.p
	14.00	16.19	IU-S135	NC40(FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	1.875	513646.	1080135.	41918.	36262.p
		15.63	IU-S135	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	513646.	913708.	41918.	35308.p
		16.42	EU-S135	NC46(IF)	6	3	2.875	513646.	1048426.	41918.	38998.p
	15.70	17.52	IU-X95	NC40(FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.313	410550.	897161.	32692.	29764.p
		17.23	IU-X95	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	410550.	913708.	32692.	35308.p
		17.80	EU-X95	NC46(IF)	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	410550.	901164.	32692.	33228.p
15.70	17.52	IU-G105	NC40(FH)	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	2.313	453765.	897161.	36134.	29764.p	
	17.23	IU-G105	H90	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	2.688	453765.	913708.	36134.	35308.p	
	17.80	EU-G105	NC46(IF)	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	453765.	901164.	36134.	33228.p	
15.70	18.02	EU-S135	NC46(IF)	6	3	2.875	583413.	1048426.	46458.	38998.p	
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	16.60	18.33	IEU-X95	FH	6	3	2.875	418707.	976156.	39022.	34367.p
		18.11	IEU-X95	H90	6	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3.125	418707.	938403.	39022.	38544.p
		18.36	EU-X95	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3.625	418707.	939095.	39022.	37269.p
		18.79	IEU-X95	NC46(XH)	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	2.875	418707.	1048426.	39022.	38998.p
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	16.60	18.33	IEU-G105	FH	6	3	2.625	462781.	976156.	43130.	34367.p
		18.33	IEU-G105	H90	6	3	3.125	462781.	1085665.	43130.	44948.p
		18.36	EU-G105	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3.625	462781.	939095.	43130.	37269.p
		18.79	IEU-G105	NC46(XH)	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	2.875	462781.	1048426.	43130.	38998.p
		16.60	19.19	IEU-S135	FH	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2.375	595004.	1235337.	55453.

**Propiedades Mecánicas de la Tubería de Perforación, Grado X-95,G-105 YS-135**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)		
Datos del Tubo							Propiedades Mecánicas						
Nominal Size in.	Nominal Weight lb/ft	Approx. Weight lb/ft	Type Upset	Datos de la Conexión			Drift Diámetro in.	Tensión Máxima, lb		Torsión Máxima, ft-lb			
				Conn.	OD in.	ID in.		Pipe	Tool Joint	Pipe	Tool Joint		
4½	16.60	18.33	IEU-S135	H90	6	3	2.875	595004.	1085665.	55453.	44948.p		
		18.62	EU-S135	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3½	3.375	595004.	1109920.	55453.	44456.p		
		19.00	IEU-S135	NC46(XH)	6¼	2¾	2.625	595004.	1183908.	55453.	44359.p		
	20.00	22.39	IEU-X95	FH	6	2½	2.375	522320.	1235337.	46741.	44214.p		
		21.78	IEU-X95	H90	6	3¼	3.125	522320.	938403.	46741.	38544.p		
		22.08	EU-X95	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3½	3.375	522320.	1109920.	46741.	44456.p		
		22.67	IEU-X95	NC46(XH)	6¼	2¾	2.625	522320.	1183908.	46741.	44359.p		
		22.39	IEU-G105	FH	6	2½	2.375	577301.	1235337.	51661.	44214.p		
		22.00	IEU-G105	H90	6	3	2.875	577301.	1085665.	51661.	44948.p		
	20.00	22.08	EU-G105	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3½	3.375	577301.	1109920.	51661.	44456.p		
		22.86	IEU-G105	NC46(XH)	6¼	2½	2.375	577301.	1307608.	51661.	49297.p		
		23.03	EU-S135	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3	2.875	742244.	1416225.	66421.	57534.p		
		23.03	IEU-S135	NC46(XH)	6¼	2¼	2.125	742244.	1419527.	66421.	53800.p		
		22.82	IEU-X95	FH	6¼	2¼	2.125	596903.	1347256.	51821.	48522.p		
		24.24	EU-X95	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3½	3.375	596903.	1109920.	51821.	44456.p		
	22.82	24.77	IEU-X95	NC46(XH)	6¼	2¾	2.625	596903.	1183908.	51821.	44359.p		
		24.72	EU-G105	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3¼	3.125	659735.	1268963.	57276.	51217.p		
		24.96	IEU-G105	NC46(XH)	6¼	2½	2.375	659735.	1307608.	57276.	49297.p		
		25.41	EU-S135	NC50(IF)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	2¾	2.625	848230.	1551706.	73641.	63393.p		
		5	19.50	22.62	IEU-X95	FH	7	3¾	3.625	501087.	1448407.	52144.	62903.b
				21.93	IEU-X95	H90	6½	3¼	3.125	501087.	1176265.	52144.	51220.p
	21.45			IEU-X95	NC50(XH)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3½	3.375	501087.	1109920.	52144.	44456.p	
	19.50		22.62	IEU-G105	FH	7	3¾	3.625	553833.	1448407.	57633.	62903.b	
			22.15	IEU-G105	H90	6½	3	2.875	553833.	1323527.	57633.	58008.p	
21.93			IEU-G105	NC50(XH)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3¼	3.125	553833.	1268963.	57633.	51217.p		
19.50	23.48		IEU-S135	FH	7¼	3½	3.375	712070.	1619231.	74100.	72213.p		
	22.61		IEU-S135	NC50(XH)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	2¾	2.625	712070.	1551706.	74100.	63393.p		
25.60	28.59		IEU-X95	FH	7	3½	3.375	671515.	1619231.	66192.	62903.b		
	27.87		IEU-X95	NC50(XH)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	3	2.875	671515.	1416225.	66192.	57534.b		
25.60	29.16		IEU-G105	FH	7¼	3½	3.375	742201.	1619231.	73159.	72213.p		
	28.32		IEU-G105	NC50(XH)	6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	2¾	2.625	742201.	1551706.	73159.	63393.b		
25.60	29.43		IEU-S135	FH	7¼	3¼	3.125	954259.	1778274.	94062.	78716.b		
5½	21.90		24.53	IEU-X95	FH	7	3¾	3.625	553681.	1448407.	64233.	62903.b	
			24.80	IEU-X95	H90	7	3½	3.125	553681.	1268877.	64233.	58033.p	
	21.90		25.38	IEU-G105	FH	7¼	3½	3.375	611963.	1619231.	70994.	72213.p	
	21.90		26.50	IEU-S135	FH	7½	3	2.875	786809.	1925536.	91278.	86765.p	
	24.70		27.85	IEU-X95	FH	7¼	3½	3.375	629814.	1619231.	71660.	72213.p	
	5½	24.70	27.85	IEU-G105	FH	7¼	3½	3.375	696111.	1619231.	79204.	72213.p	
24.70		27.77	IEU-S135	FH	7½	3	2.875	894999.	1925536.	101833.	86765.p		
6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	25.20	27.15	IEU-X95	FH	8	5	4.875	619988.	1448416.	89402.	73224.p		
		28.20	IEU-G105	FH	8¼	4¾	4.625	685250.	1678145.	98812.	85467.p		
		29.63	IEU-S135	FH	8½	4¼	4.125	881035.	2102260.	127044.	108353.p		
	27.70	30.11	IEU-X95	FH	8¼	4¾	4.625	676651.	1678145.	96640.	85467.p		
	27.70	30.11	IEU-G105	FH	8¼	4¾	4.625	747250.	1678145.	106813.	85467.p		
	27.70	31.54	IEU-S135	FH	8½	4¼	4.125	961556.	2102260.	137330.	108353.P		

## APENDICE H

Propiedades mecánicas de las tuberías de revestimiento, Grado *H-40, J-55, K-55, C-75, L-80, C-90, C-95, HC-95, P-110, Q-125*.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
OD (in.)	Nominal Weight, Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	ID (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe-Body Yield Strength (1,000 lbf)	
					Drift Diameter (in.)	OD of Coupling (in.)	OD Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)		
4½	9.50	H-40	0.205	4.090	3.965	5.000	—	—	—	2,760	111	
	9.50	J-55	0.205	4.090	3.965	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	3.965	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	—	—	4,960	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	HC-95	0.250	4.000	3.875	5.000	4.875	—	—	8,650	317
	*	13.50	HC-95	0.290	3.920	3.795	5.000	4.875	—	—	10,380	364
	*	15.10	HC-95	0.337	3.826	3.701	5.000	4.875	—	—	12,330	419
	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	
	15.10	Q-125	0.337	3.826	3.701	5.000	4.875	—	—	15,840	551	
*	16.60	Q-125	0.375	3.750	3.625	5.000	4.875	—	—	19,100	608	
*	19.10	Q-125	0.437	3.626	3.501	5.000	4.875	—	—	21,920	697	
*	15.10	V-150	0.337	3.826	3.701	5.000	4.875	—	—	18,110	661	
*	16.60	V-150	0.375	3.750	3.625	5.000	4.875	—	—	22,330	729	
*	19.10	V-150	0.437	3.626	3.501	5.000	4.875	—	—	26,300	837	
5	11.50	J-55	0.220	4.560	4.435	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	—	—	13,830	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	—	—	13,830	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	5.366	7,840	394	
	18.00	C-90	0.362	4.276	4.151	5.563	5.375	4.151	5.366	11,530	475	
	21.40	C-90	0.437	4.126	4.001	5.563	5.375	—	—	14,360	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		

\*Non-API weights and grades.

		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							
Plain End or Extreme Line	Round Thread	Regular Coupling				Special Clearance Coupling				Round Thread	Regular Coupling	Regular Higher Grade <sup>1</sup>	Special Clearance Coupling	Special Clearance Coupling Higher Grade <sup>1</sup>	Extreme Line		
		Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade						Standard Joint	Optional Joint	
3.190	3.190	—	—	—	—	—	—	—	77	—	—	—	—	—	—	—	
4.380	4.380	—	—	—	—	—	—	—	101	—	—	—	—	—	—	—	
4.790	4.790	—	—	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	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	4.790	4.790	146	—	249	249	249	249	—	—	
5.350	5.350	5.350	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	—	7.290	—	—	212	288	—	288	—	—	—	
8.460	—	8.460	8.460	—	7.490	—	7.490	—	—	257	331	—	320	—	—	—	
7.780	—	7.780	7.780	7.780	7.780	7.780	7.780	—	—	212	291	—	291	—	—	—	
9.020	—	9.020	9.020	9.020	9.020	9.020	9.020	—	—	257	334	—	320	—	—	—	
7.780	—	7.780	7.780	7.780	7.780	7.780	7.780	—	—	223	304	304	304	304	—	—	
9.020	—	9.020	9.020	9.020	9.020	9.020	9.020	—	—	270	349	349	337	349	—	—	
8.750	—	8.750	8.750	—	8.750	—	8.750	—	—	223	309	—	309	—	—	—	
10.150	—	10.150	10.150	—	9.000	—	9.000	—	—	270	355	—	337	—	—	—	
9.240	—	9.240	9.240	—	9.240	—	9.240	—	—	234	325	325	325	—	—	—	
10.710	—	10.710	10.710	—	9.490	—	9.490	—	—	284	374	374	353	—	—	—	
9.240	—	9.240	9.240	9.240	9.240	9.240	9.240	—	—	245	338	338	338	338	—	—	
10.710	—	10.710	10.710	10.710	9.500	10.710	10.710	—	—	297	388	388	370	388	—	—	
12.450	—	12.450	11.630	12.450	9.500	11.000	11.000	—	—	357	446	446	370	421	—	—	
10.690	—	10.690	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	12.410	—	—	338	443	443	421	443	—	—	
14.420	—	14.420	13.460	14.420	10.990	13.910	13.910	—	—	406	509	509	421	509	—	—	
16.380	—	16.380	15.300	—	12.490	—	12.490	—	—	438	554	—	—	—	—	—	
18.230	—	16.650	15.300	18.230	12.490	14.980	14.980	—	—	496	579	611	454	539	—	—	
21.240	—	16.650	15.300	18.370	12.490	14.980	14.980	—	—	588	579	686	454	539	—	—	
19.660	—	19.660	18.360	—	14.980	—	14.980	—	—	519	658	—	539	—	—	—	
21.880	—	19.980	18.360	—	14.980	—	14.980	—	—	588	686	—	539	—	—	—	
25.490	—	19.980	18.360	—	14.980	—	14.980	—	—	697	686	—	539	—	—	—	
4.240	4.240	—	—	—	—	—	—	—	133	—	—	—	—	—	—	—	
4.870	4.870	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	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	4.870	4.870	186	201	309	309	309	309	—	—	—	
5.700	5.700	5.700	5.700	5.700	5.130	5.700	5.700	228	246	359	359	359	359	416	—	—	
7.770	—	7.770	7.770	—	6.990	—	6.990	—	—	295	375	—	364	—	416	—	
9.500	—	9.500	9.290	—	6.990	—	6.990	—	—	376	452	—	364	—	446	—	
11.470	—	10.140	9.290	—	6.990	—	6.990	—	—	466	510	—	364	—	—	—	
12.550	—	10.140	9.290	—	7.000	—	7.000	—	—	513	510	—	364	—	—	—	
13.130	—	10.140	9.290	—	6.990	—	6.990	—	—	538	510	—	364	—	—	—	
8.290	—	8.290	8.290	8.290	7.460	8.290	8.290	—	—	295	379	—	364	—	416	—	
10.140	—	10.140	9.910	10.140	7.460	10.140	10.140	—	—	376	457	—	364	—	446	—	
12.240	—	10.810	9.910	—	7.460	—	7.460	—	—	466	510	—	364	—	—	—	
13.380	—	10.810	9.910	—	7.460	—	7.460	—	—	513	510	—	364	—	—	—	
14.000	—	10.810	9.910	—	7.460	—	7.460	—	—	538	510	—	364	—	—	—	
8.290	—	8.290	8.290	8.290	7.460	8.290	8.290	—	—	311	396	396	383	396	437	—	
10.140	—	10.140	9.910	10.140	7.460	10.140	10.140	—	—	396	477	477	383	477	469	—	
12.240	—	10.810	9.910	12.240	7.460	10.250	10.250	—	—	490	537	566	383	479	—	—	
13.380	—	10.810	9.910	13.380	7.460	10.250	10.250	—	—	540	537	614	383	479	—	—	
14.000	—	10.810	9.910	13.620	7.460	10.250	10.250	—	—	567	537	639	383	479	—	—	
9.320	—	9.320	9.320	—	8.400	—	8.400	—	—	311	404	—	383	—	430	—	
11.400	—	11.400	11.150	—	8.400	—	8.400	—	—	396	487	—	383	—	469	—	
13.770	—	12.170	11.150	—	8.400	—	8.400	—	—	490	537	—	383	—	—	—	
15.060	—	12.170	11.150	—	8.400	—	8.400	—	—	540	537	—	383	—	—	—	
15.750	—	12.170	11.150	—	8.400	—	8.400	—	—	567	537	—	383	—	—	—	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD (in.)	Nominal Weight, Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	ID (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe-Body Yield Strength (1,000 lbf)
					Drift Diameter (in.)	OD of Coupling (in.)	OD Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)	
6 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	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
	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
	24.00	C-75	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	5,550	520
	28.00	C-75	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	7,790	610
	32.00	C-75	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	9,800	688
	24.00	L-80	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	5,760	555
	28.00	L-80	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	8,170	651
	32.00	L-80	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	10,320	734
	24.00	N-80	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	5,760	555
	28.00	N-80	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	8,170	651
	32.00	N-80	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	10,320	734
	24.00	C-90	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	6,140	624
	28.00	C-90	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	8,880	732
	32.00	C-90	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	11,330	826
	24.00	C-95	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	6,310	659
	28.00	C-95	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	9,220	773
	32.00	C-95	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	11,810	872
	24.00	P-110	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	5.730	7.000	6,730	763
	28.00	P-110	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	5.666	7.000	10,160	895
	32.00	P-110	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	5.550	7.000	13,220	1,009
*	24.00	Q-125	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	—	—	7,020	867
*	28.00	Q-125	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	—	—	10,990	1,017
*	32.00	Q-125	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	—	—	14,530	1,147
*	24.00	V-150	0.352	5.921	5.796	7.390	7.000	—	—	7,340	1,041
*	28.00	V-150	0.417	5.791	5.666	7.390	7.000	—	—	12,120	1,220
*	32.00	V-150	0.475	5.675	5.550	7.390	7.000	—	—	16,500	1,317
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
	26.00	C-75	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	6.151	7.390	5,220	566
	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

\*Non-API weights or grades

Joint Strength** (1,000 lbf)														
Internal Pressure Resistance† (psi)								Threaded and Coupled						
Plain End or Extreme Line	Buttress Thread						Buttress Thread						Extreme Line	
	Round Thread		Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Round Thread		Regular Coupling	Regular Higher Grade†	Special Clearance Coupling	Special Clearance Coupling Higher Grade†	Standard Joint	Optional Joint
	Short	Long	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Short	Long						
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	520	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
8.810	—	8.810	8.810	—	5.910	—	—	576	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
8.810	—	8.810	8.810	8.810	5.910	8.120	—	586	721	721	520	650	682	678
10.040	—	10.040	9.820	10.040	9.910	8.120	—	677	814	814	520	650	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	—	—	546	665	—	546	—	668	668
10.460	—	10.460	10.460	—	7.020	—	—	665	780	—	546	—	716	712
11.920	—	11.830	11.660	—	7.020	—	—	769	880	—	546	—	793	880
10.230	—	10.230	10.230	10.230	8.120	8.310	—	641	786	786	650	786	796	796
12.120	—	11.830	12.120	12.120	8.120	8.310	—	781	992	922	650	832	852	848
13.800	—	11.830	13.500	13.800	8.120	8.310	—	904	1,040	1,040	650	832	944	848
11.620	—	11.620	11.620	—	8.310	—	—	702	860	—	702	—	—	—
13.770	—	11.830	13.770	—	8.310	—	—	855	1,008	—	702	—	—	—
15.680	—	11.830	14.780	—	8.310	—	—	989	1,138	—	—	—	—	—
13.950	—	11.830	13.950	—	8.310	—	—	831	1,023	—	832	—	—	—
16.520	—	11.830	14.780	—	8.310	—	—	1,013	1,199	—	832	—	—	—
18.820	—	11.830	14.780	—	8.310	—	—	1,172	1,353	—	832	—	—	—
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	—	8.660	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	898	561	702	895	801
10.800	—	9.240	8.460	10.800	5.740	7.890	—	814	876	968	561	702	965	801

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD (in.)	Nominal Weight, Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	Threaded and Coupled				Extreme Line			Pipe-Body Yield Strength (1,000 lbf)
				ID (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Coupling (in.)	OD Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)	
7	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	986
	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	9,750	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
*	23.00	HC-95	0.317	6.366	6.241	7.656	7.375	—	—	5,650	632
*	26.00	HC-95	0.362	6.276	6.151	7.656	7.375	—	—	7,800	717
*	29.00	HC-95	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	—	—	9,200	803
*	32.00	HC-95	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	—	—	10,400	885
*	35.00	HC-95	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	—	—	11,600	966
*	38.00	HC-95	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	—	—	12,700	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
*	29.00	Q-125	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	—	—	9,100	1,056
*	32.00	Q-125	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	—	—	11,720	1,165
	35.00	Q-125	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	—	—	14,310	1,272
	38.00	Q-125	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	—	—	16,750	1,370
	42.70	Q-125	0.625	5.750	5.625	7.656	7.375	—	—	20,330	1,565
*	29.00	V-150	0.408	6.184	6.059	7.656	7.375	—	—	9,790	1,267
*	32.00	V-150	0.453	6.094	5.969	7.656	7.375	—	—	13,020	1,388
*	35.00	V-150	0.498	6.004	5.879	7.656	7.375	—	—	16,220	1,526
*	38.00	V-150	0.540	5.920	5.795	7.656	7.375	—	—	19,240	1,644
*	42.70	V-150	0.625	5.750	5.625	7.656	7.375	—	—	24,390	1,878
7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	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
	26.40	C-75	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	6.750	8.010	3,280	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	839
	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	986
	47.10	C-75	0.625	6.375	6.250	8.500	8.125	—	—	11,290	1,031
	26.40	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

\*Non-API weights or grades

		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							
Plain End or Extreme Line	Round Thread	Regular Coupling		Special Clearance Coupling		Round Thread		Regular Coupling	Higher Grade <sup>1</sup>	Special Clearance Coupling	Higher Grade <sup>1</sup>	Extreme Line				
		Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade	Short	Long					Standard Joint	Optional Joint			
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	—	—	758	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		
7.530	—	7.530	7.530	7.530	6.810	7.480	—	512	659	659	617	659	—	—		
8.600	—	8.600	8.600	8.600	6.810	7.480	—	602	747	747	617	701	—	—		
9.690	—	9.520	9.690	9.690	6.810	7.480	—	692	836	836	617	701	—	—		
10.760	—	9.520	10.050	10.760	6.810	7.480	—	779	922	922	617	701	—	—		
11.830	—	9.520	10.050	11.630	6.810	7.480	—	865	964	1,007	617	701	—	—		
12.830	—	9.520	10.050	11.630	6.810	7.480	—	944	964	1,085	617	701	—	—		
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	1,053	1,053	702	898	1,002	886		
13.700	—	9.520	11.640	11.790	7.480	7.480	—	996	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		
12.750	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	885	1,045	—	757	—	—	—		
14.160	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	996	1,183	—	757	—	—	—		
15.560	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,106	1,183	—	757	—	—	—		
16.880	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,207	1,183	—	757	—	—	—		
19.530	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,277	1,183	—	757	—	—	—		
15.300	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,049	1,243	—	898	—	—	—		
16.990	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,180	1,402	—	898	—	—	—		
18.680	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,310	1,402	—	898	—	—	—		
20.250	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,430	1,402	—	898	—	—	—		
23.440	—	9.520	11.790	—	7.480	—	—	1,514	1,402	—	898	—	—	—		
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	—	6.140	—	—	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	—	—	—		
6.020	—	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	—	664	820	—	735	—	766	744		
9.180	—	9.180	9.180	9.180	6.550	9.000	—	786	945	—	735	—	851	744		
10.320	—	10.320	9.790	—	6.550	—	—	892	1,053	—	735	—	—	—		
10.920	—	10.500	9.790	—	6.550	—	—	947	1,109	—	764	—	—	—		
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	784		
10.320	—	10.320	9.790	10.320	6.550	9.000	—	905	1,093	1,093	773	967	—	—		
10.920	—	10.500	9.790	10.920	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	—	—		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
OD (in.)	Nominal Weight, Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	ID (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe-Body Yield Strength (1,000 lbf)	
					Drift Diameter (in.)	OD of Coupling (in.)	OD Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)		
7 $\frac{5}{8}$	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	769	
	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	
	*	26.40	HC-95	0.328	6.969	6.844	8.500	8.125	—	—	4,850	714
	*	29.70	HC-95	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	—	—	7,150	811
	*	33.70	HC-95	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	—	—	8,800	923
	*	39.00	HC-95	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	—	—	10,600	1,063
	*	45.30	HC-95	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	12,900	1,248
		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
	*	29.70	Q-125	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	—	—	5,670	1,068
	*	33.70	Q-125	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	—	—	8,350	1,215
		39.00	Q-125	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	—	—	12,060	1,399
	42.80	Q-125	0.562	6.501	6.376	8.500	8.125	—	—	15,350	1,559	
	45.30	Q-125	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	17,090	1,643	
	47.10	Q-125	0.625	6.375	6.250	8.500	—	—	—	18,700	1,718	
*	29.70	V-150	0.375	6.875	6.750	8.500	8.125	—	—	6,060	1,282	
*	33.70	V-150	0.430	6.765	6.640	8.500	8.125	—	—	8,850	1,458	
*	39.00	V-150	0.500	6.625	6.500	8.500	8.125	—	—	13,440	1,679	
*	45.30	V-150	0.595	6.435	6.310	8.500	8.125	—	—	19,660	1,971	
8 $\frac{5}{8}$	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	867	
	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	

\*Non-API weights or grades.

	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								
Plain End or Extreme Line	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†	Special Clearance Coupling	Higher Grade†	Standard Joint	Optional Joint		
6.780	—	6.780	6.780	—	6.780	—	—	532	681	—	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	1,129	—	804	—	—	—		
12.290	—	11.800	11,020	—	7.370	—	—	1,045	1,189	—	804	—	—	—		
12.910	—	11.800	11,020	—	7.370	—	—	1,100	1,239	—	804	—	—	—		
7.150	—	7.150	7.150	—	7.150	—	—	560	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	925	—	812	—	846	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	11,630	—	7.780	—	—	1,101	1,251	—	854	—	—	—		
13.630	—	11.800	11,620	—	7.780	—	—	1,159	1,300	—	812	—	—	—		
7.150	—	7.150	7.150	7.150	7.150	7.150	—	568	740	740	740	740	—	—		
8.180	—	8.180	8.180	8.180	7.780	8.030	—	668	841	841	841	841	—	—		
9.380	—	9.380	9.380	9.380	7.780	8.030	—	783	957	957	885	957	—	—		
10.900	—	10.900	10,900	10,900	7.780	8.030	—	926	1,101	1,101	885	1,005	—	—		
12.970	—	11.800	11,630	12,680	7.780	8.030	—	1,116	1,293	1,293	885	1,005	—	—		
9.470	—	9.470	9.470	9.470	9.000	9.470	—	769	960	960	960	960	922	922		
10.860	—	10.860	10,860	10,860	9.000	10,860	—	901	1,093	1,093	967	1,093	1,008	979		
12.620	—	11.800	12,620	12,620	8.030	8,030	—	1,066	1,258	1,258	967	1,237	1,120	979		
14.190	—	11.800	12,580	12,680	8.030	8,030	—	1,210	1,402	1,402	967	1,237	—	—		
15.020	—	11.800	12,680	12,680	8.030	8,030	—	1,285	1,477	1,477	1,005	1,287	—	—		
15.780	—	11.800	12,680	12,680	8.030	8,030	—	1,353	1,545	1,545	967	1,237	—	—		
10.760	—	10.760	10,760	—	8.030	—	—	861	1,052	—	1,052	—	—	—		
12.340	—	11.800	12,340	—	8.030	—	—	1,009	1,197	—	1,086	—	—	—		
14.340	—	11.800	12,680	—	8.030	—	—	1,194	1,379	—	1,086	—	—	—		
16.120	—	11.800	12,680	—	—	—	—	1,355	1,536	—	—	—	—	—		
17.070	—	11.800	12,680	—	8.030	—	—	1,439	1,619	—	1,086	—	—	—		
17.930	—	11.800	12,680	—	—	—	—	1,515	1,673	—	—	—	—	—		
12.910	—	11.800	12,680	—	8.030	—	—	1,030	1,252	—	1,252	—	—	—		
14.800	—	11.800	12,680	—	8.030	—	—	1,207	1,424	—	1,287	—	—	—		
17.210	—	11.800	12,680	—	8.030	—	—	1,428	1,640	—	1,287	—	—	—		
20.480	—	11.800	12,680	—	8.030	—	—	1,721	1,926	—	1,287	—	—	—		
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	3.930	372	417	579	579	579	579	686	686	
4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	4.060	4.460	4.460	434	486	654	654	654	654	688	688	
2.950	2.950	—	—	—	—	—	—	263	—	—	—	—	—	—	—	
3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	3.930	402	452	690	690	690	690	869	869	
4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	4.060	4.460	4.460	468	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	886		
7.610	—	7.610	7.610	—	5.530	—	—	834	1,046	—	839	—	1,007	886		
8.480	—	8.480	8.480	—	5.530	—	—	939	1,157	—	839	—	1,007	886		
6.490	—	6.490	6.490	6.490	5.900	6.490	—	678	864	—	839	—	871	871		
7.300	—	7.300	7.300	7.300	5.900	7.300	—	776	966	—	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	883	895	917	917		
7.300	—	7.300	7.300	7.300	5.900	6.340	—	788	1,001	1,001	883	1,001	992	932		
8.120	—	8.120	8.120	8.120	5.900	6.340	—	887	1,105	1,105	883	1,103	1,060	932		
9.040	—	9.040	9.040	9.040	5.900	6.340	—	997	1,222	1,222	883	1,103	1,060	932		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
OD (in.)	Nominal Weight, Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	ID (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe-Body Yield Strength (1,000 lbf)	
					Drift Diameter (in.)	OD of Coupling (in.)	OD Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)		
8 5/8	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	
	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	
	*	36.00	HC-95	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	—	—	6,060	982
	*	40.00	HC-95	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	—	—	7,900	1,098
	*	44.00	HC-95	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	—	—	9,100	1,212
	*	49.00	HC-95	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	—	—	10,400	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	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	10,740	1,553
	*	40.00	Q-125	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	—	—	6,630	1,445
	*	44.00	Q-125	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	—	—	8,980	1,595
		49.00	Q-125	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	—	—	11,660	1,765
	*	44.00	V-150	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	—	—	9,640	1,914
	*	49.00	V-150	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	—	—	12,950	2,118
	9 5/8	32.30	H-40	0.312	9.001	8.845	10.625	—	—	—	1,370	365
		36.00	H-40	0.352	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	0.352	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	8.535	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	916	
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	8.535	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	1,086	
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	
*		40.00	HC-95	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	—	—	4,230	1,088
*		43.50	HC-95	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	—	—	5,600	1,193
*		47.00	HC-95	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	—	—	7,100	1,289
*		53.50	HC-95	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	—	—	8,850	1,477
*		58.40	HC-95	0.595	8.435	8.279	10.625	10.125	—	—	9,950	1,604
*		61.10	HC-95	0.625	8.375	8.219	10.625	10.125	—	—	10,500	1,679
	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	

\*Non-API weights or grades

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							
Plain End or Extreme Line	Buttress Thread						Buttress Thread						Extreme 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†	Clearance Coupling	Higher Grade†	Standard Joint	Optional Joint
7.300	—	7.300	7.300	—	6.340	—	—	749	928	—	883	—	917	917
8.220	—	8.220	8.220	—	6.340	—	—	858	1,038	—	883	—	992	992
9.130	—	9.130	9.130	—	6.340	—	—	965	1,146	—	883	—	1,060	932
10.170	—	10.170	10.170	—	6.340	—	—	1,085	1,268	—	883	—	1,060	932
7.710	—	7.710	7.710	—	6.340	—	—	789	976	—	927	—	963	963
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	—	—	1,114	1,334	—	927	—	1,113	979
7.710	—	7.710	7.710	7.710	6.340	6.340	—	800	1,008	1,008	971	1,008	—	—
8.670	—	8.670	8.670	8.670	6.340	6.340	—	916	1,127	1,127	971	1,104	—	—
9.640	—	9.640	9.640	9.640	6.340	6.340	—	1,030	1,244	1,244	971	1,104	—	—
10.740	—	10.380	10.740	10.740	6.340	6.340	—	1,159	1,377	1,377	971	1,104	—	—
10.040	—	10.040	10.040	10.040	6.340	6.340	—	1,055	1,288	1,288	1,103	1,288	1,240	1,165
11.160	—	10.380	11.160	11.160	6.340	6.340	—	1,186	1,423	1,423	1,103	1,412	1,326	1,165
12.430	—	10.380	11.230	11.230	6.340	6.340	—	1,335	1,574	1,574	1,103	1,412	1,326	1,165
11.410	—	10.380	11.230	—	6.340	—	—	1,182	1,415	—	1,192	—	—	—
12.680	—	10.380	11.230	—	6.340	—	—	1,330	1,562	—	1,192	—	—	—
14.130	—	10.380	11,230	—	6.340	—	—	1,496	1,728	—	—	—	—	—
15.220	—	10.380	11,230	—	6.340	—	—	1,591	1,859	—	1,413	—	—	—
16.950	—	10.380	11,230	—	6.340	—	—	1,789	2,056	—	1,413	—	—	—
2.270	2.270	—	—	—	—	—	—	254	—	—	—	—	—	—
2.560	2.560	—	—	—	—	—	—	294	—	—	—	—	—	—
3.520	3.520	3.520	3.520	3.520	3.520	3.520	394	453	639	639	639	639	—	—
3.950	3.950	3.950	3.950	3.950	3.660	3.950	452	520	714	714	714	714	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	3.660	3.950	486	561	843	843	843	843	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
6.330	—	6.330	6.330	6.330	5.140	5.140	—	825	1,074	1,074	983	1,074	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
7.930	—	7.930	7.930	7.930	5.140	5.140	—	1,062	1,329	1,329	983	1,229	1,235	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	1,386	—	983	—	1,235	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
6.820	—	6.820	6.820	6.820	5.140	5.140	—	858	1,106	1,106	1,082	1,106	—	—
7.510	—	7.510	7.510	7.510	5.140	5.140	—	959	1,213	1,213	1,082	1,213	—	—
8.150	—	8.150	8.150	8.150	5.140	5.140	—	1,053	1,311	1,311	1,082	1,229	—	—
9.410	—	8.460	9.160	9.160	5.140	5.140	—	1,235	1,502	1,502	1,082	1,229	—	—
10.280	—	8.460	9.160	9.160	5.140	5.140	—	1,357	1,631	1,631	1,082	1,229	—	—
10.800	—	8.460	9.160	9.160	5.140	5.140	—	1,430	1,707	1,707	1,082	1,229	—	—
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
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
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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD (in.)	Nominal Weight, Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	ID (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe-Body Yield Strength (1,000 lbf)
					Drift Diameter (in.)	OD of Coupling (in.)	OD Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)	
9 5/8	47.00	Q-125	0.472	8.681	8.525	10.625	—	—	—	5,640	1,697
	53.50	Q-125	0.545	8.535	8.379	10.625	—	—	—	8,440	1,943
	* 58.40	Q-125	0.595	8.435	8.279	10.625	10.125	—	—	10,530	2,110
	* 61.10	Q-125	0.625	8.375	8.219	10.625	10.125	—	—	11,800	2,209
	* 53.50	V-150	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	—	—	8,960	2,332
	* 58.40	V-150	0.595	8.435	8.279	10.625	10.125	—	—	11,560	7,532
	* 61.10	V-150	0.625	8.375	8.219	10.625	10.125	—	—	13,120	2,651
	* 70.30	V-150	0.734	8.157	8.001	10.625	10.125	—	—	18,800	3,075
10 3/4	32.75	H-40	0.279	10.192	10.036	11.750	—	—	—	840	367
	40.50	H-40	0.350	10.050	9.894	11.750	—	—	—	1,390	457
	40.50	J-55	0.350	10.050	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	2,090	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	10.050	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	11.430	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	3,920	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
	51.00	C-90	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	3,400	1,310
	55.50	C-90	0.495	9.760	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	9.694	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	HC-95	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	—	—	4,460	1,383
	* 55.50	HC-95	0.495	9.760	9.604	11.750	11.250	—	—	5,950	1,515
	* 60.70	HC-95	0.545	9.660	9.504	11.750	11.250	—	—	7,550	1,660
	* 65.70	HC-95	0.595	9.560	9.404	11.750	11.250	—	—	8,640	1,803
	* 71.10	HC-95	0.650	9.450	9.294	11.750	11.250	—	—	9,600	1,959
	51.00	P-110	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.460	3,660	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
	* 55.50	Q-125	0.495	9.760	9.604	11.750	11.250	—	—	4,850	1,993
	60.70	Q-125	0.545	9.660	9.504	11.750	11.250	—	—	6,070	2,184
	65.70	Q-125	0.595	9.560	9.404	11.750	11.250	—	—	7,920	2,373
	* 71.10	Q-125	0.650	9.450	9.294	11.750	11.250	—	—	9,990	2,573
	* 73.20	Q-125	0.672	9.406	9.250	11.750	11.250	—	—	10,810	2,660
* 79.20	Q-125	0.734	9.282	9.126	11.750	11.250	—	—	13,150	2,887	
60.70	V-150	0.545	9.660	9.504	11.750	11.250	—	—	6,550	2,621	
* 65.70	V-150	0.595	9.560	9.404	11.750	11.250	—	—	8,320	2,847	
* 71.10	V-150	0.650	9.450	9.294	11.750	11.250	—	—	10,880	3,094	
* 73.20	V-150	0.672	9.406	9.250	11.750	11.250	—	—	11,900	3,191	
* 79.20	V-150	0.734	9.282	9.126	11.750	11.250	—	—	14,790	3,464	
11 3/4	42.00	H-40	0.333	11.084	10.928	12.750	—	—	—	1,070	478
	47.00	J-55	0.375	11.000	10.844	12.750	—	—	—	1,510	737
	54.00	J-55	0.435	10.880	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	10.880	10.724	12.750	—	—	—	2,070	850
	60.00	K-55	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	2,660	952

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		Round Thread	Buttress Thread		Regular Coupling	Special Clearance Coupling	Extreme Line					
	Short	Long	Same Grade	Higher Grade	Same Grade	Higher Grade		Regular Coupling	Higher Grade‡			Higher Grade‡	Standard Joint	Optional Joint			
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
10.730	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	1.361	1.650	—	—	—	—	—			
12.390	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	1.595	1.890	—	—	—	—	—			
13.520	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	1.754	2.052	—	1.328	—	—	—			
14.200	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	1.848	2.149	—	1.328	—	—	—			
12.390	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	1.595	2.251	—	1.574	—	—	—			
13.520	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	1.754	2.444	—	1.574	—	—	—			
14.200	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	1.848	2.559	—	1.574	—	—	—			
16.680	—	9.670	9.160	—	5.140	—	—	2.185	2.812	—	1.574	—	—	—			
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	—	794	—	1,190	—	1,041	—	1,383	—			
6.450	6.450	—	6.450	—	4.150	—	884	—	1,303	—	1,041	—	1,515	—			
5.860	5.860	—	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	—			
6.590	6.590	—	6.590	—	4.150	—	692	—	1,287	—	1,112	—	1,456	—			
7.250	6.880	—	7.250	—	4.150	—	771	—	1,409	—	1,112	—	1,595	—			
6.960	6.880	—	6.960	—	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	—			
6.960	6.880	—	6.960	6.960	4.150	4.150	737	—	1,392	1,392	1,223	1,389	—	—			
7.660	6.880	—	7.450	7.450	4.150	4.150	821	—	1,524	1,524	1,223	1,389	—	—			
8.430	6.880	—	7.450	7.450	4.150	4.150	914	—	1,670	1,670	1,223	1,389	—	—			
9.200	6.880	—	7.450	7.450	4.150	4.150	1,005	—	1,814	1,814	1,223	1,389	—	—			
10.050	6.880	—	7.450	7.450	4.150	4.150	1,105	—	1,971	1,971	1,223	1,389	—	—			
8.060	7.860	—	7.450	7.450	4.150	4.150	1,080	—	1,594	1,594	1,370	1,594	1,820	—			
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	—	—			
10.070	7.860	—	7.450	—	4.150	—	1,351	—	1,925	—	1,501	—	—	—			
11.090	7.860	—	7.450	—	—	—	1,503	—	2,109	—	1,501	—	—	—			
12.110	7.860	—	7.450	—	—	—	1,653	—	2,291	—	1,501	—	—	—			
13.230	7.860	—	7.450	—	4.150	—	1,817	—	2,489	—	1,501	—	—	—			
13.670	7.860	—	7.450	—	4.150	—	1,882	—	2,568	—	1,501	—	—	—			
14.940	7.860	—	7.450	—	4.150	—	2,063	—	2,639	—	1,501	—	—	—			
13.310	7.860	—	7.450	—	4.150	—	1,798	—	2,513	—	1,779	—	—	—			
14.530	7.860	—	7.450	—	4.150	—	1,918	—	2,730	—	1,779	—	—	—			
15.870	7.860	—	7.450	—	4.150	—	2,174	—	2,966	—	1,779	—	—	—			
16.410	7.860	—	7.450	—	4.150	—	2,252	—	3,060	—	1,779	—	—	—			
17.920	7.860	—	7.450	—	4.150	—	2,469	—	3,127	—	1,779	—	—	—			
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	—	—	—	—			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD (in.)	Nominal Weight, Threads and Coupling (lbm/ft)	Grade	Wall Thickness (in.)	ID (in.)	Threaded and Coupled			Extreme Line			Pipe-Body Yield Strength (1,000 lbf)
					Drift Diameter (in.)	OD of Coupling (in.)	OD Special Clearance Coupling (in.)	Drift Diameter (in.)	OD of Box Powertight (in.)	Collapse Resistance (psi)	
11 $\frac{3}{4}$	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	HC-95	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	4,410	1,644
	60.00	P-110	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,610	1,903
	60.00	Q-125	0.489	10.772	10.616	12.750	—	—	—	3,680	2,162
	66.70	Q-125	0.547	10.656	10.500	12.750	—	—	—	4,980	2,407
66.70	V-150	0.547	10.656	10.500	12.750	—	—	—	5,200	2,888	
13 $\frac{3}{8}$	48.00	H-40	0.330	12.715	12.559	14.375	—	—	—	740	541
	54.50	J-55	0.380	12.615	12.459	14.375	—	—	—	1,130	853
	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	853
	61.00	K-55	0.430	12.515	12.359	14.375	—	—	—	1,640	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	C-90	0.480	12.415	12.259	14.375	—	—	—	2,320	1,750
	72.00	C-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
	72.00	HC-95	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	3,470	1,973
	86.00	HC-95	0.625	12.125	11.969	14.375	—	—	—	6,240	2,378
	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	—	—	—	2,880	2,284
72.00	Q-125	0.514	12.347	12.191	14.375	—	—	—	2,800	2,596	
76.60	Q-125	0.547	12.281	12.125	14.375	—	—	—	3,490	2,756	
92.50	Q-125	0.672	12.031	11.875	14.375	—	—	—	5,950	3,352	
92.50	V-150	0.672	12.031	11.875	14.375	—	—	—	6,400	4,023	
100.30	V-150	0.734	11.907	11.751	14.375	—	—	—	8,090	4,373	
16	65.00	H-40	0.375	15.250	15.062	17.000	—	—	—	630	736
	75.00	J-55	0.438	15.124	14.936	17.000	—	—	—	1,020	1,178
	84.00	J-55	0.495	15.010	14.822	17.000	—	—	—	1,410	1,326
	75.00	K-55	0.438	15.124	14.936	17.000	—	—	—	1,020	1,178
	84.00	K-55	0.495	15.010	14.822	17.000	—	—	—	1,410	1,326
18 $\frac{5}{8}$	87.50	H-40	0.435	17.755	17.567	20.000	—	—	—	630*	994
	87.50	J-55	0.435	17.755	17.567	20.000	—	—	—	630*	1,367
	87.50	K-55	0.435	17.755	17.567	20.000	—	—	—	630*	1,367
20	94.00	H-40	0.438	19.124	18.936	21.000	—	—	—	520*	1,077
	94.00	J-55	0.438	19.124	18.936	21.000	—	—	—	520*	1,480
	106.50	J-55	0.500	19.000	18.812	21.000	—	—	—	770*	1,685
	133.00	J-55	0.635	18.730	18.542	21.000	—	—	—	1,500	2,125
	94.00	K-55	0.438	19.124	18.936	21.000	—	—	—	520*	1,480
	106.50	K-55	0.500	19.000	18.812	21.000	—	—	—	770*	1,685
133.00	K-55	0.635	18.730	18.542	21.000	—	—	—	1,500	2,125	

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									
Plain End or Extreme Line	Buttress Thread						Buttress Thread								Extreme 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	Higher Grade†				
5,460	5,460	—	5,460	—	—	—	869	—	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	—	—	—	—	—		
6,920	5,820	—	6,300	—	—	—	1,078	—	1,638	—	—	—	—	—		
8,010	5,820	—	6,300	6,300	—	—	1,242	—	1,877	1,877	—	—	—	—		
9,100	6,650	—	6,300	—	—	—	1,395	—	2,074	—	—	—	—	—		
10,180	6,650	—	6,300	—	—	—	1,582	—	2,308	—	—	—	—	—		
12,220	6,650	—	6,300	—	—	—	1,893	—	2,752	—	—	—	—	—		
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	—	—	—	—	—		
6,390	4,550	—	4,930	—	—	—	1,215	—	1,935	—	—	—	—	—		
7,770	4,550	—	4,930	—	—	—	1,507	—	2,333	—	—	—	—	—		
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	—	—	—	—		
8,400	4,550	—	4,930	—	—	—	1,576	—	2,463	—	—	—	—	—		
8,950	4,550	—	4,930	—	—	—	1,690	—	2,615	—	—	—	—	—		
10,990	4,550	—	4,930	—	—	—	2,113	—	3,181	—	—	—	—	—		
13,190	4,550	—	4,930	—	—	—	2,529	—	3,795	—	—	—	—	—		
14,410	4,550	—	4,930	—	—	—	2,776	—	3,863	—	—	—	—	—		
1,640	1,640	—	—	—	—	—	439	—	—	—	—	—	—	—		
2,630	2,630	—	2,630	2,630	—	—	710	—	1,200	1,200	—	—	—	—		
2,980	2,980	—	2,980	2,980	—	—	817	—	1,351	1,351	—	—	—	—		
2,630	2,630	—	2,630	2,630	—	—	752	—	1,331	1,331	—	—	—	—		
2,980	2,980	—	2,980	2,980	—	—	865	—	1,499	1,499	—	—	—	—		
1,630	1,630	—	—	—	—	—	559	—	—	—	—	—	—	—		
2,250	2,250	—	2,250	2,250	—	—	754	—	1,329	1,329	—	—	—	—		
2,250	2,250	—	2,250	2,250	—	—	794	—	1,427	1,427	—	—	—	—		
1,530	1,530	1,530	—	—	—	—	581	—	—	—	—	—	—	—		
2,110	2,110	2,110	2,110	2,110	—	—	784	907	1,402	1,402	—	—	—	—		
2,410	2,400	2,400	2,320	2,320	—	—	913	1,057	1,596	1,596	—	—	—	—		
3,060	2,400	2,400	2,320	2,320	—	—	1,192	1,380	2,012	2,012	—	—	—	—		
2,110	2,110	2,110	2,110	2,110	—	—	824	955	1,479	1,479	—	—	—	—		
2,410	2,400	2,400	2,320	2,320	—	—	960	1,113	1,683	1,683	—	—	—	—		
3,060	2,400	2,400	2,320	2,320	—	—	1,253	1,453	2,123	2,123	—	—	—	—		

## BIBLIOGRAFIA

RAMIREZ CASTAÑEDA CARLOS ING., Perforación de Pozos de Petróleo III, Universidad Nacional de Piura, Perú.

CARDEN RICHARD S. AND GRACE ROBERT D., Horizontal and Directional Drilling, By PetroSkills, LLC. An OGC Company, Tulsa-Oklahoma-U.S.A, Copyright 2007.

Manual para ayudante de perforador (Cabo), Perforador y Malacateo.

HAWKER DAVID, VOGT KAREN AND ROBINSON ALLAN, Procedimientos y Operaciones en el Pozo, Datalog, Calgary-Alberta-Canadá, Versión 3.0 Marzo 2001 Traducido al español V.1.0 Julio 2002.

DE VERTEUIL RAYMOND AND MCCOURT IAIN, Introduction to Directional Drilling, Schlumberger, Sugar Land Learning Center, 1998 revised 2001.

GROUP NOUS, Fundamentos de Exploración y Producción

RAHMAN S.S. AND CHILINGARIAN G.V., Casing Design Theory and Practice, Elsevier Science B. V., Amsterdam-The Netherlands, 1995.

SCHLUMBERGER DRILLING SCHOOL, Diseño de Tubería de Revestimiento Sección 7.

SCHLUMBERGER-PEMEX Programa de Entrenamiento Acelerado para Ingenieros Supervisores de Pozo, La Sarta de Perforación.

SCHLUMBERGER-PEMEX Programa de Entrenamiento Acelerado para Ingenieros Supervisores de Pozo, Sartas de Revestimiento: Bases de Diseño, Selección y Propiedades.

ESPECIFICACION API 5CT, Especificación para Revestimiento y Producción (Unidades en U.S), Instituto Americano del Petróleo Washington D.C, Sexta Edición, Octubre 1998 Fecha de Implantación Abril 15 de 1999.

Asentamiento y Diseño de Tuberías de Revestimiento capítulo 7.

SOTO PINEDA LUIS ING., Herramientas de Perforación.

SCHLUMBERGER DRILLING SCHOOL, Tecnología de Perforación, Sección 2: Diseño de pozo, Sección 4: Diseño de la Sarta de Perforación, Sección 7: Diseño de Tubería de Revestimiento, Sección 9: Perforación Direccional y Registro de Inclinación y Rumbo, Sección 11: Problemas de Perforación.

SCHLUMBERGER Programa de Entrenamiento Acelerado para Ingenieros Supervisores de Pozo, Conexiones API de Tubulares Empleados en el Campo Petrolero.

ROXO JAMES AND FERNANDES ASHLEY, Diseño de la Sarta de Perforación, Schlumberger Manuales.

SCHLUMBERGER Programa de Entrenamiento Acelerado para Ingenieros Supervisores de Pozo, Diseño de Sartas de Perforación y de Herramientas de Fondo.

SCHLUMBERGER Programa de Entrenamiento Acelerado para Ingenieros Supervisores de Pozo, Fundamentos de Diseño de R evestidores.

GORGONE IGNACIO, Introducción a la Perforación Direccional, Schlumberger, México y Centroamérica, 12/07/2005.

FARABAT M.S. DR., Drilling Problems and Their Remedy Chapter 1.

NAJERA ROMERO SALVADOR ING., Curso de Perforación, Quito-Ecuador 2003.

Diseño de la Perforación de Pozos, Tomo 8, Pemex.

Tuberías, Tomo 5, Pemex.

BRADLEY B. HOWARD., Petroleum Engineering Handbook, Society of Petroleum Engineers, United States of America, Copyright 1987.

MITCHELL BILL DR., Drilling Engineering Handbook & Computer Programs, The Society of Petroleum Engineers of AIME, West New Mexico Place, 10<sup>th</sup> Edition, 1<sup>st</sup> Revision, July 1995.

SACOTO S. CÉSAR, Control de la Calidad de la Tubería de Perforación, Revestimiento y Producción Utilizada en Pozos Petroleros, Tesis Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 1990.

BATRUNA MUHAMMAD & DAGGEZ ABDUSSALAM, Drilling and Completion of Horizontal Wells, 2010.

RODRIGUEZ RAFAEL U. ING., Taller Sobre Diseño de Tuberías de Revestimiento Superficial, Andes Petroleum Ecuador Ltc., Quito-ESPOL, Abril 2010.