

4
Lej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SERIES DE EJERCICIOS DE INGENIERIA
DE PERFORACION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A

JOSE ANTONIO BALDERAS VALERIO

DIRECTOR: M. EN C. DANIEL GARCIA GAVITO



MEXICO, D. F.

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-049

SR. JOSE ANTONIO BALDERAS VALERIO
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Daniel García Gavito, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero petrolero:

SERIES DE EJERCICIOS DE INGENIERIA DE PERFORACION

- I INTRODUCCION
- II INFORMACION UTIL PARA LA PLANEACION DE POZOS
- III PREDICCION DE LOS GRADIENTES DE PRESION DE FORMACION Y FRACTURA
- IV SELECCION DE LA GEOMETRIA Y TRAYECTORIA DEL POZO
- V SELECCION DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION
- VI SELECCION DE BARRENAS
- VII DISEÑO DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO Y CEMENTACIONES
- VIII DISEÑO DE SARTAS DE PERFORACION
- IX HIDRAULICA
- X DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO SUPERFICIAL
- XI PREDICCION DEL TIEMPO Y COSTO DE PERFORACION
- XII CONCLUSIONES Y REFERENCIAS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 3 de julio de 1992
EL DIRECTOR

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS'ECI M'gtg

200 AÑOS DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA EN MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS:

SERIES DE EJERCICIOS DE INGENIERÍA DE PERFORACIÓN

REALIZADA POR:

JOSÉ ANTONIO BALDERAS VALERIO

No. DE CTA.:

8 0 2 8 8 3 9 - 2

JURADO DE EXAMEN PROFESIONAL :


PRESIDENTE: ING. WALTER FRIEDEBERG MERZBACH



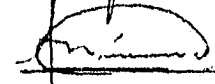
VOCAL: QUIM. ROSA DE JESÚS HERNÁNDEZ ALVAREZ



SECRETARIO: M. EN C. DANIEL GARCÍA GAVITO



1er SUPLENTE: ING. NÉSTOR MARTÍNEZ ROMERO



2do. SUPLENTE: ING. SALVADOR MACÍAS HERRERA



Cd. Universitaria a 12 de agosto de 1996.

A G R A D E C I M I E N T O S

A MIS PADRES

SR. REYES BALDERAS SALAS.
SRA. NIEVES VALERIO V.
Como un reflejo a sus esfuerzos
de apoyo y paciencia, por ver
concluido el trabajo de sacar
adelante a uno más de sus hijos.

A MI ESPOSA E HIJOS

ISABEL LIBREROS PALESTINA
FRANCISCO BALDERAS LIBREROS
GISELA BALDERAS LIBREROS
Por el apoyo y confianza
puestos en mi ante la
esperanza de alcanzar
una meta, en un intento
más por salir adelante.

AL DR. DANIEL GARCÍA GAVITO

Quien tuvo la gentileza de
dirigir este trabajo, así como
el apoyo y paciencia brindado
durante su desarrollo.

A MIS HERMANOS

SOCORRO BALDERAS V.
MIGUEL A. BALDERAS V.
MIRIAM BALDERAS V.
por creer siempre en mí.

AL DEPARTAMENTO DE PERFORACIÓN
DEL CAMPO GEOTÉRMICO "LOS AZUFRES"

SR. ANASTASIO CONTRERAS HERNÁNDEZ
SR. ROBERTO BLANCARTE RAMÍREZ
SR. PEDRO AGUILAR ROMERO
SRITA. KARINA ALVAREZ S.
Que de forma directa e indirecta por
medio de sus consejos, y experiencia
apoyaron a la realización de éste
sencillo trabajo.

PREFACIO

El propósito del presente trabajo es el de reunir y describir la aplicación de la gran cantidad de expresiones y procedimientos que se han desarrollado en los diferentes temas de Ingeniería de Perforación, mediante la resolución de una serie de ejercicios.

Este trabajo se ha desarrollado en doce capítulos, en los que se describen las técnicas y procedimientos que permiten realizar el diseño de programas de perforación y terminación de pozos y el planteamiento de soluciones ante una serie de problemas que se presentan durante la perforación e intervención de pozos.

Ademas este trabajo pretende servir de material de apoyo, para las personas involucradas en la Ingeniería Petrolera, estudiantes, profesores y personal de campo que requieran auxiliarse y/o apoyarse en la serie de ejercicios y ejemplos de aplicación en perforación, así como en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

SERIES DE EJERCICIOS DE INGENIERÍA DE PERFORACIÓN

CONTENIDO

CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN.	PAG.
1.1	Objetivo del diseño de la perforación	1
1.2	Aspectos Generales	1
1.3	Conceptos Principales	5
CAPÍTULO II INFORMACIÓN ÚTIL PARA LA PLANEACIÓN DE POZOS.		
2.1	Selección de la información necesaria	7
2.2	Selección de pozos	7
2.3	Problemas Resueltos	8
2.4	Problemas Propuestos	16
CAPÍTULO III PREDICCIÓN DE LOS GRADIENTES DE PRESIÓN DE FORMACIÓN Y DE FRACTURA.		
3.1	Problemas Resueltos	19
3.2	Problemas Propuestos	38
CAPÍTULO IV SELECCIÓN DE LA GEOMETRÍA Y TRAYECTORIA DEL POZO.		
4.1	Problemas Resueltos	43
4.2	Problemas Propuestos	57
CAPÍTULO V SELECCIÓN DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.		
5.1	Problemas Resueltos	61
5.2	Problemas Propuestos	68
CAPÍTULO VI SELECCIÓN DE BARRENAS.		
6.1	Problemas Resueltos	71
6.2	Problemas Propuestos	82

	PAG.
CAPÍTULO VII DISEÑO DE TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO Y CEMENTACIONES.	
7.1 Problemas Resueltos de diseño de T.R.	85
7.2 Problemas Resueltos de Cementaciones	100
7.3 Problemas Propuestos de diseño de T.R.	109
7.3 Problemas Propuestos de Cementaciones	110
CAPÍTULO VIII DISEÑO DE SARTAS DE PERFORACIÓN.	
8.1 Problemas Resueltos	113
8.2 Problemas Propuestos	122
CAPÍTULO IX HIDRÁULICA.	
9.1 Problemas Resueltos	125
9.2 Problemas Propuestos	137
CAPÍTULO X DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO SUPERFICIAL.	
10.1 Problemas Resueltos	143
10.2 Problemas Propuestos	152
CAPÍTULO XI PREDICCIÓN DEL TIEMPO Y COSTO DE PERFORACIÓN.	
11.1 Problemas Resueltos	155
11.2-Problemas Propuestos	173
CAPÍTULO XII APÉNDICE.	
12.1 Unidades utilizadas	175
12.2 Tablas	178
12.3 Referencias	197
12.4 Conclusiones	201

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO DE LA PERFORACIÓN

Es construir un conducto (Pozo) entre la superficie y el yacimiento, para extraer los fluidos (Gas, Aceite, Vapor, Agua) contenidos en la formación productora.

1.2 ASPECTOS GENERALES DE TECNOLOGÍA DE PERFORACIÓN (1)

Es el grupo de procedimientos, prácticas, herramientas, y materiales que nos permiten llevar a cabo la perforación.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO Y DE LAS OPERACIONES

NECESARIAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS

En el sistema rotatorio se perfora un agujero haciendo girar una barrena a la cual también se le aplica un empuje de compresión. La barrena está conectada, se empuja y se hace girar por medio de la sarta de perforación, compuesta por tubería de perforación de acero de alta calidad y de lastrabarreras, tubos de acero de paredes muy gruesas, cuya función es proporcionar la carga de compresión en la barrena, permitiendo que la tubería de perforación más ligera permanezca en tensión; a medida que se profundiza el pozo se van agregando nuevos tramos de tubería de perforación, los recortes o pedazos de formación que arranca la barrena son levantados por el fluido de perforación (lodo), que circula hacia abajo por el interior de la tubería de perforación, sale a través de los orificios o toberas de la barrena y regresa a la superficie por el espacio anular, comprendido entre las paredes del pozo y la tubería de perforación.

Periódicamente se saca del pozo la sarta de perforación, para cambiar la barrena por otra nueva. La tubería de perforación se saca en lingadas de tres tubos cada una.

La torre o mástil, proporciona el claro vertical para bajar o subir la sarta de perforación, al meterla o sacarla del pozo durante las operaciones de perforación, debé tener la resistencia y altura suficientes para efectuar estas operaciones en una forma segura y libre de obstaculos.

La subestructura es el soporte en el que descansa la torre; debé de resistir las cargas previstas con un factor de seguridad conveniente; ser de altura suficiente para permitir la colocación y acceso de cabezales de tuberías de revestimiento y los preventores (válvulas) empleados para cerrar el pozo en caso de emergencia.

El malacate es el centro de control desde donde el perforador opera el equipo, contiene los embragues, cadenas, engranes, aceleradores de las maquinas y otros mecanismos que permiten dirigir la potencia de los motores a la operación particular que se desarrolla; y contiene un tambor que recoge o alimenta el cable de perforación, para subir o bajar la polea viajera. La potencia necesaria para las maniobras la proporcionan los motores que pueden ser de combustión interna o eléctricos; Así mismo cuenta con dos tipos de frenos, el freno principal el cual se compone de tambor y balatas, que permiten detener totalmente la carga y movimiento del aparejo de izaje y el freno amortiguador el cual es un freno auxiliar que puede ser de tipo hidromático ó electromagnético cuya función es restringir el movimiento de la flecha del carrete.

Las bombas de lodo son otro componente del equipo de perforación y son el corazón del sistema de circulación, el cual nos permitirá desplazar los fluidos en base a los parámetros hidráulicos de gasto y presión; Existen bombas de doble acción (Duplex) que bombean hacia adelante y hacia atras en ambas carreras del pistón y bombas de acción sencilla (Triplex) que bombean sólo hacia adelante del piston.

Revestimiento del Pozo

Durante el curso de la perforación es necesario revestir o ademar el pozo a diferentes intervalos, empleando para ello tuberías de acero de la longitud y diámetros requeridos, las cuales se cementan dentro del agujero perforado. El número y el diámetro de las tuberías de revestimiento varían de acuerdo con las diferentes áreas perforadas, con las profundidades y con las características productoras del pozo. Generalmente se ademan los pozos con tres tuberías de diferentes diámetros, denominándose a la de mayor diámetro tubería superficial y de control, a la siguiente tubería de revestimiento intermedia y a la de menor diámetro y mayor profundidad tubería productora.

Para la planeación de un pozo hay que elaborar un programa de variables que intervendrán en la perforación, la cual nos conducirá a que el pozo tenga las siguientes características:

1. Seguridad durante la perforación { Personal
Equipo
2. Costo Mínimo
3. Pozo útil de acuerdo a los requerimientos de producción

La planeación de la perforación, depende del tipo de pozo a perforar

TIPOS DE POZOS

1) Pozos Exploratorios

Son aquellos que se perforan en posibles zonas productoras y la localización del pozo se determina a partir de información geofísica y geológica.

2) Pozos de Reconocimiento

Son pozos que se perforan para delinear la zona productora y también se localizan por medio de información geofísica y geológica.

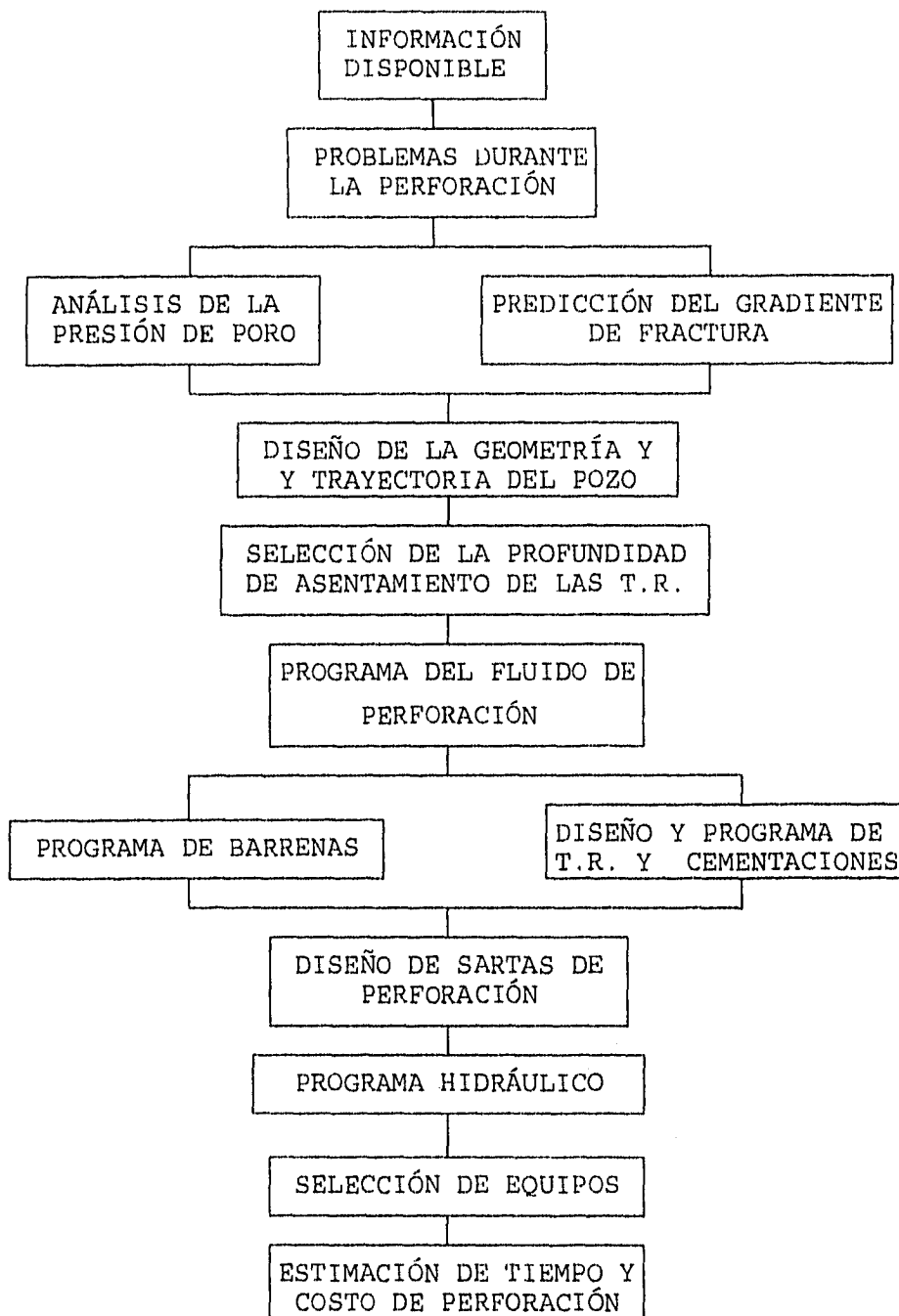
3) Pozos de Desarrollo

Se perforan en zonas productoras y su localización se determina a partir del estudio del yacimiento.

4) Pozo Especial

- Pozos de alivio
- Pozos inyectoros

ETAPAS DEL DISEÑO DE LA PERFORACIÓN



Como se podrá ver, este diagrama enumera en forma global los pasos a seguir para poder planear y diseñar la perforación de un pozo; en este trabajo también se han integrado cada uno de los capítulos por temas consecutivos de perforación.

1.3 CONCEPTOS PRINCIPALES (1)

PRESIÓN DE FORMACIÓN

La presión de formación o poro es aquella a la que se encuentra sometido, el yacimiento.

Esta presión, también debe de ser considerada en la planeación del pozo; las presiones localizadas en el yacimiento pueden ser:

- a) Presión Normal .- Es una presión estable la cual no genera problemas durante la perforación del pozo
- b) Presión Subnormal.- Es aquella que propicia zonas de baja presión como resultado de factores tectónicos
- c) Presión Anormal.- La sobrepresión de la formación es cuando la presión del fluido en el espacio poroso de la roca es mayor que la presión de la columna hidrostática conteniendo agua salada, a la profundidad de la formación.

Esta presión afecta la planeación del pozo en muchas áreas tales como:

- Diseño de Tuberías de Revestimiento y Perforación
- Selección del tipo y densidad del lodo
- Selección de la profundidad de asentamiento de T.R.
- Plan de Cementos

Los problemas asociados a la sobrepresión son:

- Brotos y Reventones
- Pegaduras de T.P. por presión diferencial
- Pérdidas de circulación por manejar altas densidades de lodo
- Lutitas Problemáticas

PRESIÓN DE FRACTURA

La presión de fractura es la presión necesaria para vencer la presión de la formación y la resistencia de la roca, el gradiente de fractura se incrementa con la profundidad ya que la resistencia de la roca aumenta también con la profundidad.

Es importante conocer la presión de fractura de la formación para no exceder la presión hidrostática y ocasionar con esto una ruptura de la formación y una pérdida de lodo.

PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Es la presión ejercida por una columna de fluido y depende de la altura y la densidad del fluido, el volumen del fluido no tiene efecto sobre la presión.

COSTOS DE PLANEACIÓN

Los costos requeridos para planear un pozo propiamente, son insignificantes en comparación con los costos reales de perforación; en muchos de los casos una perfecta planeación puede reducir los costos considerablemente.

CAPÍTULO II

INFORMACIÓN ÚTIL PARA LA PLANEACIÓN DE LA PERFORACIÓN

2.1 Objetivo de la Recopilación de Información (1) :

Determinar las características y problemas esperados durante la perforación del pozo prospecto; esto se obtiene de la información generada durante la perforación de pozos en el área.

2.2 Selección de pozos (1) :

El Ingeniero de perforación no es el responsable de seleccionar el sitio del pozo, sin embargo debe de trabajar con el Geólogo por las siguientes razones :

- Desarrollar un programa comprensible de la columna geológica esperada.
- Definir las estructuras que ayuden a seleccionar el pozo prospecto del pozo vecino
- Identificar anomalías geológicas encontradas.

FUENTES DE INFORMACIÓN

a) Reportes de Barrena.- Estos proveen la siguiente información.

- Número y tipo de barrenas
- Tamaño de toberas
- Condiciones de peso y velocidad de barrena
- Propiedades de lodo
- Profundidad en pies perforados
- Desviación del pozo

b) Reporte del Fluido de Perforación

- Características físicas y químicas del fluido de perforación.
- Problemas durante la perforación

2.3 PROBLEMAS RESUELTOS (1)

1. Calcule los costos de perforación para los siguientes datos

Costo barrena = \$ 3,750
Profundidad = 1800 pies
Costo Equipo = \$ 8,500/día
Tiempo Recorrido = 9.5 Hrs.
Tiempo rotación = 64 Hrs.

SOLUCIÓN

$$\$/pie = \frac{C_b + C_r (T_r + T_r)}{\Delta D}$$

$$C_r = 8500 \$/día \rightarrow 354.166 \$/hr$$

$$\$/pie = \frac{3,750 + 354.166(64 + 9.5)}{1800} = 16.54 \$/pie$$

2. Calcule los costos de perforación para los siguientes tiempos de rotación 20, 30, 40, y 50 Hrs y construya una gráfica de costos.

Datos
Costo de la Barrena = \$ 3750
Profundidad = 1800 pies
Costo del Equipo = \$ 354.166/Hr.
Tiempo de Recorrido = 9.5 hrs.

SOLUCIÓN

Para el primer tiempo de rotación

$$C_r = \frac{\$ 3750 + \$/hr 354.166*(20 hr + 9.5 hr)}{1800 \text{ pies}} = 7.89 \$/pie$$

Para el segundo tiempo de rotación

$$C_r = \frac{\$ 3750 + \$/hr 354.166*(30 hr + 9.5 hr)}{1800 \text{ pies}} = 9.86 \$/pie$$

Para el tercer tiempo de rotación

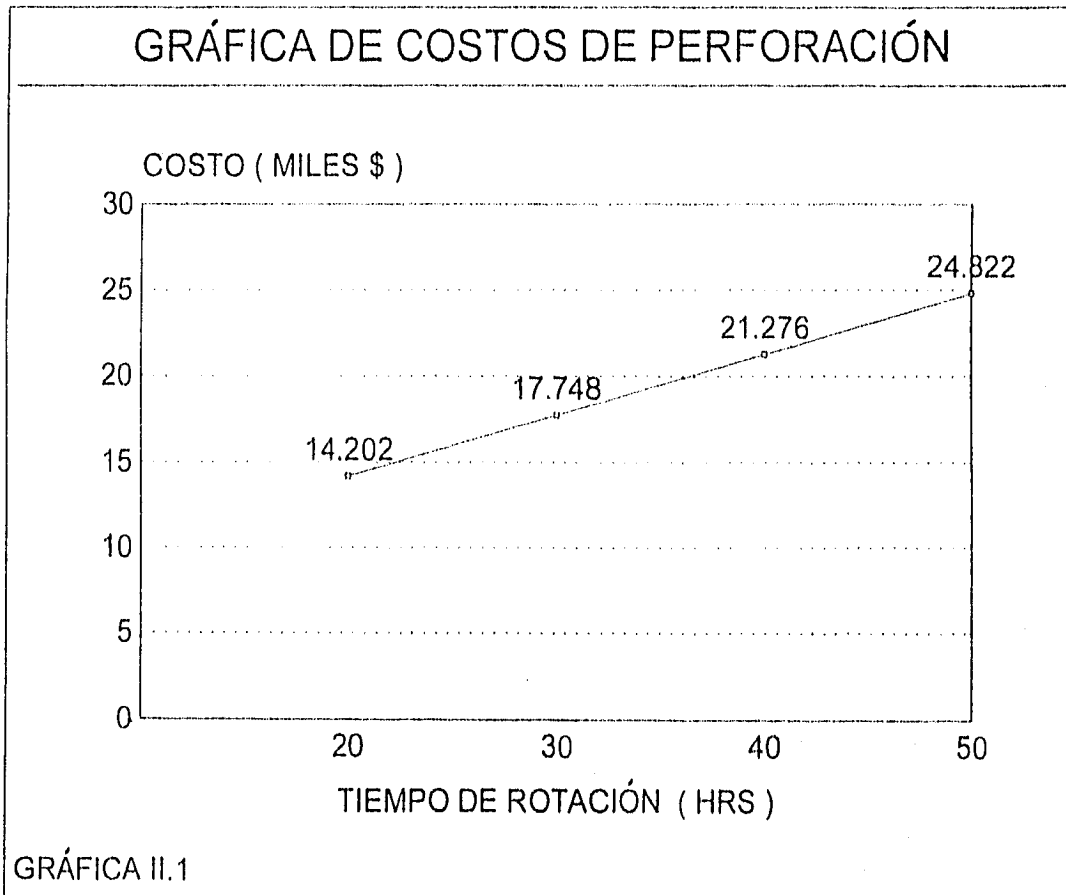
$$C_r = \frac{\$ 3750 + \$/hr 354.166*(40 hr + 9.5 hr)}{1800 \text{ pies}} = 11.82 \$/pie$$

Para el cuarto tiempo de rotación

$$C_f = \frac{\$ 3750 + \$/pie 354.166*(50 hr + 9.5 hr)}{1800 \text{ pies}} = 13.79 \$/pie$$

Gráfica :

Profundidad (pies)	\$/pie	Costo (\$)	T. Rotación (Hr)
1800	7.89	14,202	20
1800	9.86	17,748	30
1800	11.82	21,276	40
1800	13.79	24,822	50



Como se podrá ver en la gráfica, así como en los resultados, al incrementar el valor del tiempo de rotación se incrementará los costos de perforación.

3. Un pozo será perforado a 9,000 pies en un área donde se dispone de tres pozos de control. Calcule los costos por pie para determinar cuál pozo de control deberá de ser utilizado para analizar el comportamiento de perforación óptimo. Utilice la tabla 1 (anexo) para determinar los tiempos de recorrido. El costo del equipo es de \$15,000/día.

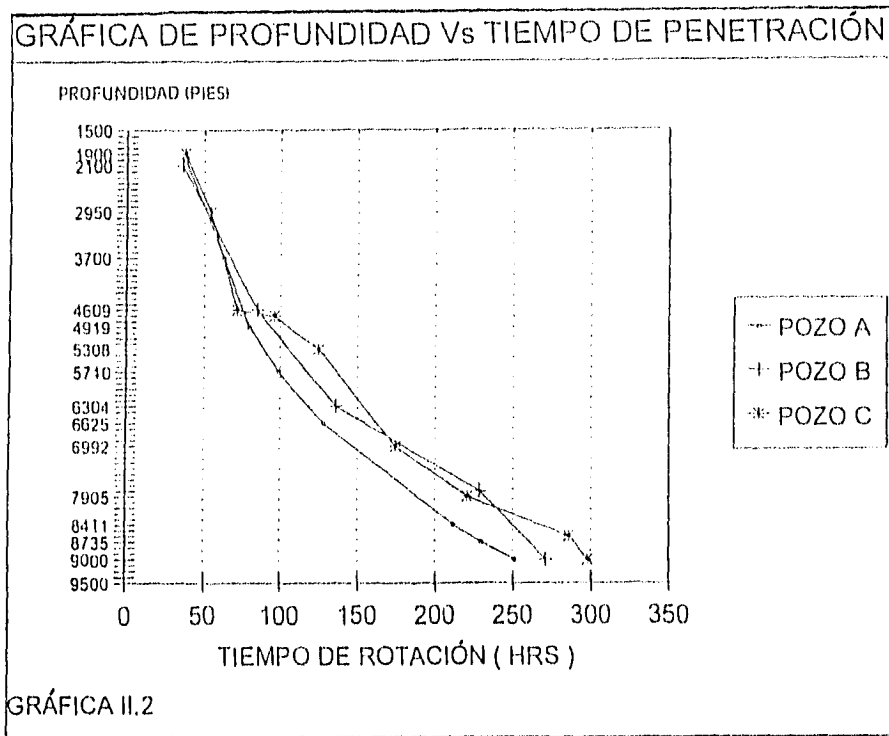
	Medida barrena (pg)	Profund. interior (pies)	Profund. exterior (pies)	tiempo de rot. (hrs.)	Costo barrena (\$)	Tipo barrena IADC
Pozo A	12.25	0	2,000	38	1,804	1,1,1
	8.5	2,000	3,700	25	1,468	1,1,4
	8.5	3,700	4,919	17	1,468	1,1,4
	8.5	4,919	5,710	19	1,468	1,1,4
	8.5	5,710	6,625	29	1,468	1,1,4
	8.5	6,625	8,411	84	4,376	5,1,7
	8.5	8,411	8,735	18	1,468	1,1,4
Pozo B	12.25	0	2,100	36	2,515	1,1,4
	8.5	2,100	4,609	49	4,376	5,1,7
	8.5	4,609	6,304	51	4,376	5,1,7
	8.5	6,304	7,800	93	4,376	5,3,7
	8.5	7,800	9,000	42	4,376	5,1,7
Pozo C	12.25	0	1,900	38	1,804	1,1,1
	8.5	1,900	2,950	16	1,468	1,1,1
	8.5	2,950	4,605	18	4,376	5,1,7
	8.5	4,605	4,710	24	1,468	1,2,4
	8.5	4,710	5,308	29	1,468	1,2,4
	8.5	5,308	6,992	49	4,376	5,1,7
	8.5	6,992	7,905	47	4,376	5,1,7
	8.5	7,905	8,614	65	4,376	5,3,7
	8.5	8,614	9,000	12	1,468	1,1,4

SOLUCIÓN

<u>POZO A</u>		<u>POZO B</u>		<u>POZO C</u>	
Tiempo de Recorrido (Hrs.)	Costos x Pie (\$/pie)	Tiempo de Recorrido (Hrs.)	Costos x Pie (\$/pie)	Tiempo de Recorrido (Hrs.)	Costo x Pie (\$/ft)
4.50	14.18	4.73	13.32	4.28	14.86
2.31	10.90	2.54	14.58	2.21	12.24
3.07	11.49	3.70	23.44	2.88	10.52
3.33	19.50	4.58	43.70	2.94	174.3
3.89	24.07	5.35	28.31	3.10	36.00
4.87	33.55			3.90	22.23
5.07	49.03			4.65	40.15
5.22	67.38			5.06	65.28
				5.22	31.69

4. Construya una gráfica de Profundidad Vs Días para los tres pozos del problema anterior.

SOLUCIÓN



GRÁFICA II.2

POZO A				POZO C			
Prof. (pies)	Tiempo Rotación (Hrs.)	(Días)	días Acum.	Prof. (pies)	Tiempo de Rotación (Hrs.)	(Días)	Días Acum.
2,000	38	1.583		1,900	38	1.583	
3,700	25	1.042	2.625	2,950	16	0.667	2.250
4,919	17	0.708	3.333	4,605	18	0.750	3.000
5,710	19	0.792	4.125	4,710	24	1.000	4.000
6,625	29	1.208	5.333	5,308	29	1.208	5.208
8,411	84	3.500	8.833	6,992	49	2.042	7.250
8,735	18	0.750	9.583	7,905	47	1.958	9.208
9,000	21	0.875	10.458	8,614	65	2.708	11.916
				9,000	12	0.500	12.416

POZO B			
Prof. (pies)	Tiempo de Rotación (Hrs.)	(Días)	Días Acum.
2,100	36	1.500	
4,609	49	2.042	3.542
6,304	51	2.125	5.667
7,800	93	3.875	9.542
9,000	42	1.750	11.292

5. El registro de barrenas para un pozo perforado en Texas es el siguiente:

<u>Barrena No.</u>	<u>Prof.Salida (pies)</u>	<u>Tiempo Rot. (Hrs.)</u>	<u>Ø Barrena (pg)</u>	<u>R (ft/Hr)</u>
1	500	2.0	17.5	250.00
2	1,925	15.0	17.5	95.00
3	2,526	14.9	17.5	40.34
4	2,895	20.2	17.5	18.27
5	3,177	26.3	17.5	10.72
6	3,452	23.2	17.5	11.85
7	3,937	29.7	17.5	16.33
8	4,286	27.3	17.5	12.78
9	4,621	28.2	17.5	11.88
10	4,973	31.3	17.5	11.25
11	5,171	19.4	17.5	10.21
12	5,298	15.9	17.5	7.99
13	5,424	15.9	17.5	7.93
14	5,549	15.7	17.5	7.96
15	5,625	13.8	17.5	5.51
16	5,743	15.8	17.5	7.47
17	5,863	18.9	17.5	6.35
18	6,006	16.2	17.5	8.83
19	6,158	18.4	17.5	8.26
20	6,340	27.3	17.5	6.67
21	6,602	29.8	17.5	8.79
22	6,783	23.2	17.5	7.80
23	6,978	26.4	17.5	7.39
24	7,165	27.3	17.5	6.85
25	7,292	21.5	17.5	5.91
26	7,386	20.5	17.5	4.52
27	7,528	26.5	17.5	5.36
28	7,637	22.8	17.5	4.78
29	7,741	23.8	17.5	4.37
30	7,795	17.2	12.0	3.14
31	7,855	26.4	12.0	2.27
32	7,917	26.9	12.0	2.30
33	7,988	26.8	12.0	2.65
34	8,060	25.8	12.0	2.79
35	8,494	270.0	12.0	1.61
36	8,614	35.1	12.0	3.42
37	8,669	19.0	12.0	2.90
38	8,737	29.7	8.5	2.29
39	8,788	8.5	8.5	4.24
40	9,661	179.3	8.5	4.92
41	9,874	65.0	8.5	3.28
42	9,973	30.0	8.5	3.30
43	10,016	11.8	8.5	3.64
44	10,219	64.7	8.5	3.14
45	10,408	57.2	8.5	3.30
46	10,575	61.2	8.5	2.73
47	10,661	36.1	8.5	2.38

- a) Grafique la Profundidad contra Tiempo de rotación para este pozo
- b) Determine el valor de las constantes K y 2.303az
- c) Calcule el tiempo de perforación para cada intervalo empleando ecuaciones y compárelo con los datos
- d) Compare el comportamiento de las barrenas 34 y 35; suponga un gasto diario de operación de \$ 24,000/día, costo de barrena \$ 3,000 para la barrena 34 y \$ 12,000 para la barrena 35.

SOLUCIÓN

a) La gráfica de profundidad Vs tiempo de rotación se realiza en papel semilogarítmico, la cual nos permitirá analizar el comportamiento del ritmo de perforación. (Gráfica II-3)

b) El valor de las constantes k y 2.303az, se determinan con el ajuste de la curva del gráfico anterior, donde:

$$k = 420 \text{ pies/hr}$$

$$-2.303az = \frac{2.303}{\Delta D \text{ (1 ciclo)}} = \frac{2.303}{8450} = 2.72549 \cdot 10^{-4}$$

c) Para calcular el tiempo de perforación para cada intervalo por medio de ecuaciones, utilizo la siguiente expresión:

$$t_D = \frac{1}{2.303azk} (e^{2.303azD} - 1)$$

Como el pozo se compone de tres intervalos perforados principalmente, entonces t_D será:

Intervalo perforado (pies)	Diámetro Barrena (pg)	t_D (hrs)
500	17.5	1.28
7,741	17.5	63.56
8,669	12.0	84.40
10,661	8.5	149.09

$$t_D = \frac{1}{0.000273(420)} (e^{2.303 \cdot 0.000273 \cdot 500} - 1) = 1.28 \text{ hr}$$

1er intervalo

$$t_D = 8.736 (e^{0.000273 \cdot 7741} - 1) = 63.56 \text{ hrs.}$$

2o. intervalo

$$t_D = 8.736 (e^{0.000273 \cdot 8659} - 1) = 84.40 \text{ hrs.}$$

3er intervalo

$$t_D = 8.736 (e^{0.000273 \cdot 10,661} - 1) = 149.09 \text{ hrs.}$$

d)

	Ø (pg) Barrena	Prof. (pie)		t. (hr) rotación	(\$) Barrena
		Entrada	Salida		
Barrena 34	12	7,988	8,060	25.8	3,000
Barrena 35	12	8,060	8,494	270.0	12,000

Costo equipo 24,000 \$/dia = 1,000 \$/hr

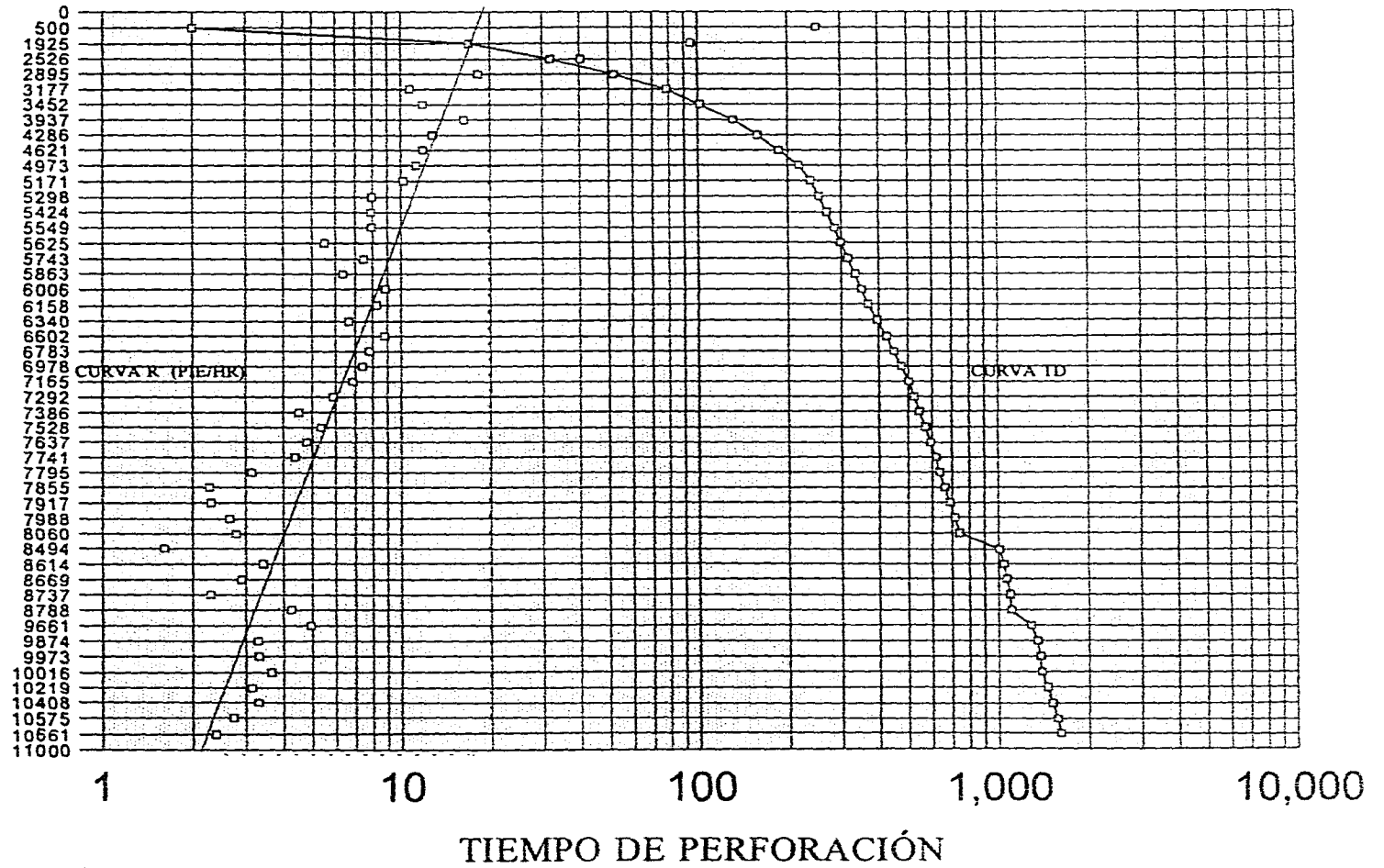
$$B_{34} = C_f = \frac{3,000 + 1,000(25.8)}{(8,060 - 7,988)} = 400 \text{ \$/pie}$$

$$B_{35} = C_f = \frac{12,000 + 1,000 (270)}{(8,494 - 8,060)} = 649.76 \text{ \$/pie}$$

El menor costo de perforación fue obtenido utilizando la barrena 34 .

GRÁFICA DE PROFUNDIDAD Vs TIEMPO DE ROTACIÓN

PROFUNDIDAD (PIES)



15

GRÁFICA II.3

2.4 PROBLEMAS PROPUESTOS (1)

1. Se requiere elaborar un programa de barrenas para perforar un nuevo pozo, a partir de registros de barrena de pozos vecinos. Utilizando el reporte de perforación de tres barrenas en una sección de lutitas a 12,000 pies que enseguida se muestra; Determinar cuál barrena dará los menores costos de perforación si los costos de operación del equipo son de \$ 1,000/Hr. y el tiempo de viaje es de 10 Hrs. El tiempo de conexión está incluido en el tiempo de rotación mostrado a continuación.

Barrena	Costo de Barrena (\\$)	Intervalo Perforado (Pies)	Tiempo de Rotación (Hrs)
A	700	106	9
B	4,000	415	62
C	8,000	912	153

Respuesta : Barrena B (\$ 183.13/pie)

2. Los siguientes datos fueron tomados de un registro de barrenas de un pozo de Kansas. El costo del equipo fue de 190 \$/Hr., y el tiempo de tránsito promedio es de 1 Hr./1,000 pies.

Prof. (pie)	Longitud (pies)	Costo de barrena (\\$)	Tiempo de Rotación (Hrs)
1,800	1,800	2,516	18.0
2,500	700	1,101	15.6
3,300	800	1,101	21.0
3,950	650	1,101	22.5
4,222	772	1,101	31.0
5,211	489	4,377	26.0
5,505	294	4,377	16.8
6,101	596	4,377	38.0
6,500	399	4,377	28.5

- a) Calcular el costo por pie requerido para perforar el pozo.
- b) Utilizando los datos anteriores y los siguientes costos de equipo determinar los Costos/Pie y graficar los tres juegos de resultados en un gráfico de profundidad Vs Costos para así definir cuál equipo minimiza costos y porqué.

3. La razón de penetración utilizando gas, espuma y lodo en un área, es de 10 pie/hr, 5 pie/hr y 1 pie/hr respectivamente; si se utiliza el gas, entonces cada zona de agua encontrada deberá de ser obturada. El costo del tratamiento de obturación es de \$ 2,000 y se necesitarán 25 hrs. de tiempo de equipo para completar la operación de obturamiento. Los costos de operación normal para perforar con aire es de \$ 200/hr. El uso de agentes espumantes requiere un costo adicional de \$ 60/hr.

El costo de operación normal cuando se utiliza lodo es de \$ 160/hr, sin hacer caso del fluido de perforación utilizado, el costo promedio de la barrena es de \$ 1000 y la vida promedio de ésta es de 25 Hrs y el tiempo promedio de tránsito es de 6 hrs.

Determine cuales fluidos de perforación producirán los mejores costos de perforación si una zona de agua es localizada a cada 1000 pies perforados, y si cinco zonas de agua son encontradas por cada 1,000 pies perforados.

4. Utilizando los datos de Costos Vs Profundidad dados a continuación para varios pozos :

Intervalo de Prof.	Pozos Secos			Pozos terminados		
	No.de pozos	Prof. Media	Costo (\$)	No.de pozos	Prof. Media	Costo (\$)
0 - 1249	1	1,213	64,289	0	-	-
1,250 - 2,499	1	1,542	65,921	9	1,832	201,416
2,500 - 3,749	8	3,015	126,294	20	3,138	212,374
3,750 - 4,999	11	4,348	199,397	20	4,347	257,341
5,000 - 7,499	43	6,268	276,087	47	6,097	419,097
7,500 - 9,999	147	8,954	426,336	117	9,070	614,510
10,000-12,499	228	11,255	664,817	165	11,280	950,971
12,500-14,999	125	13,414	1,269,210	110	13,659	1,614,422
15,000-17,499	54	16,133	2,091,662	49	16,036	2,359,144
17,500-19,999	21	18,521	3,052,213	17	18,411	3,832,504
20,000-Mayor	7	21,207	5,571,320	11	20,810	5,901,053

Obtener :

- Una gráfica de Costo Vs Profundidad en coordenadas cartesianas
- Una gráfica de Costo Vs Profundidad en papel semilogarítmico
- Determine un juego de constantes a y b de la ecuación $c=ae^{bd}$ que es la ecuación de costos de perforación incrementado exponencialmente, con respecto a la profundidad la cual determinará una curva para estos datos.

Respuesta : \$ 59,400 y 0.000096

5. Dos equipos serán evaluados para perforar un pozo al sur de California, el costo de un equipo es de \$ 800/hr. pero sólo es de dos tubos. El costo del otro equipo es de \$ 1,000/hr. y es de tres tubos. En esta área K es de 200 pies/hr. y $2.303a_2 = 0.0004$, el tiempo requerido para perforar un pie es alrededor de 4 minutos para ambos equipos. Considerando sólo el costo del equipo grande, ¿Qué equipo deberá de ser el mejor para perforar un pozo a 7,000 pies? Considere una vida promedio de barrena de 10 hrs para todas las barrenas y profundidades de asentamiento de T.R. de 500 y 2,000 pies.

Respuesta : Triple equipo (\$151,200 Vs \$181,400).

CAPÍTULO III

PREDICCIÓN DE LOS GRADIENTES DE PRESIÓN DE FORMACIÓN

Y DE FRACTURA

3.1 PROBLEMAS RESUELTOS (1,2,3,7)

1. Utilizando los siguientes datos, grafique la resistividad de la lutita en papel semilogarítmico e indique donde se encuentra la cima de la zona de presión anormal. Construya y extrapole una línea de tendencia normal hasta la región anormal; utilice la aproximación de Hottman y Johnson para calcular la presión de formación a cada 500 pies a partir del intervalo de los 6,000 pies.

<u>Profundidad (pies)</u>	<u>Resistividad (ohm-m²/m)</u>
6,000	0.70
6,500	0.73
7,000	0.74
7,500	0.78
8,000	0.80
8,500	0.85
9,000	0.90
9,500	0.96
10,000	1.06
10,200	1.10
10,400	1.15
10,600	1.10
10,800	0.98
11,000	0.88
11,200	0.80
11,400	0.74
11,600	0.70
11,800	0.64
12,000	0.60

SOLUCIÓN

- 1) Se grafican los datos anteriores en papel semilogarítmico (Ver Gráfica III.1)
- 2) La cima o entrada a la zona de presión anormal, ocurrió a los 10,600 pies.
- 3) Se extrapola la tendencia normal estabilizada.

4) Las resistividades observada y extrapolada en el fondo, son de 0.60 y 1.36 respectivamente.

5) Se calcula la relación de R normal (Rn) y R observada (Rob) :

$$R = \frac{R_n}{R_{ob}} = \frac{1.36}{0.60} = 2.27$$

6) Con el valor de R calculado anteriormente se entra a la figura de Hottman y Johnson, y se determina el valor de la presión de formación (Figura 3.1).

Prof (pies)	R = Rn/Rob (Adim)	Pres. Form. (Lb/gal)
6,000	1.94	14.7
6,500	1.86	14.6
7,000	1.84	14.58
7,500	1.74	13.9
8,000	1.70	13.7
8,500	1.60	13.2
9,000	1.51	12.8
9,500	1.42	12.4
10,000	1.28	11.8
11,000	1.55	12.9
12,000	2.27	15.1

$$P = 0.052 \cdot 12,000 \cdot 15.1 = 9734.4 \text{ psig.}$$

solución 12,000 pies 15.1 lb/gal

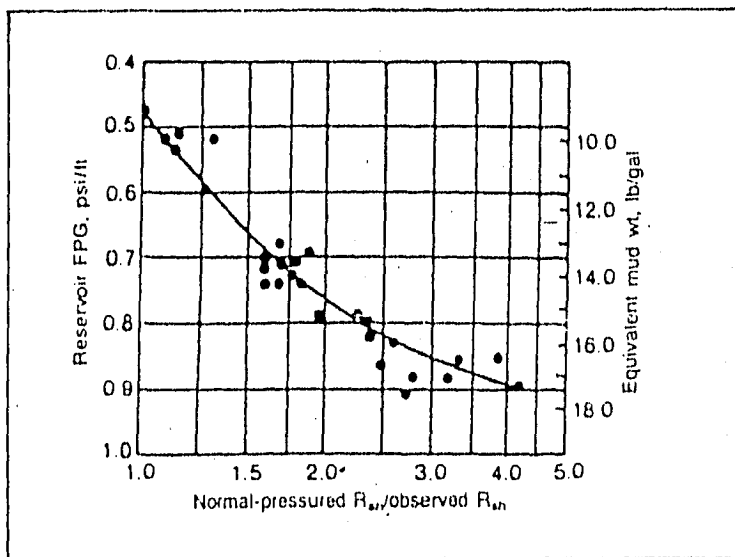
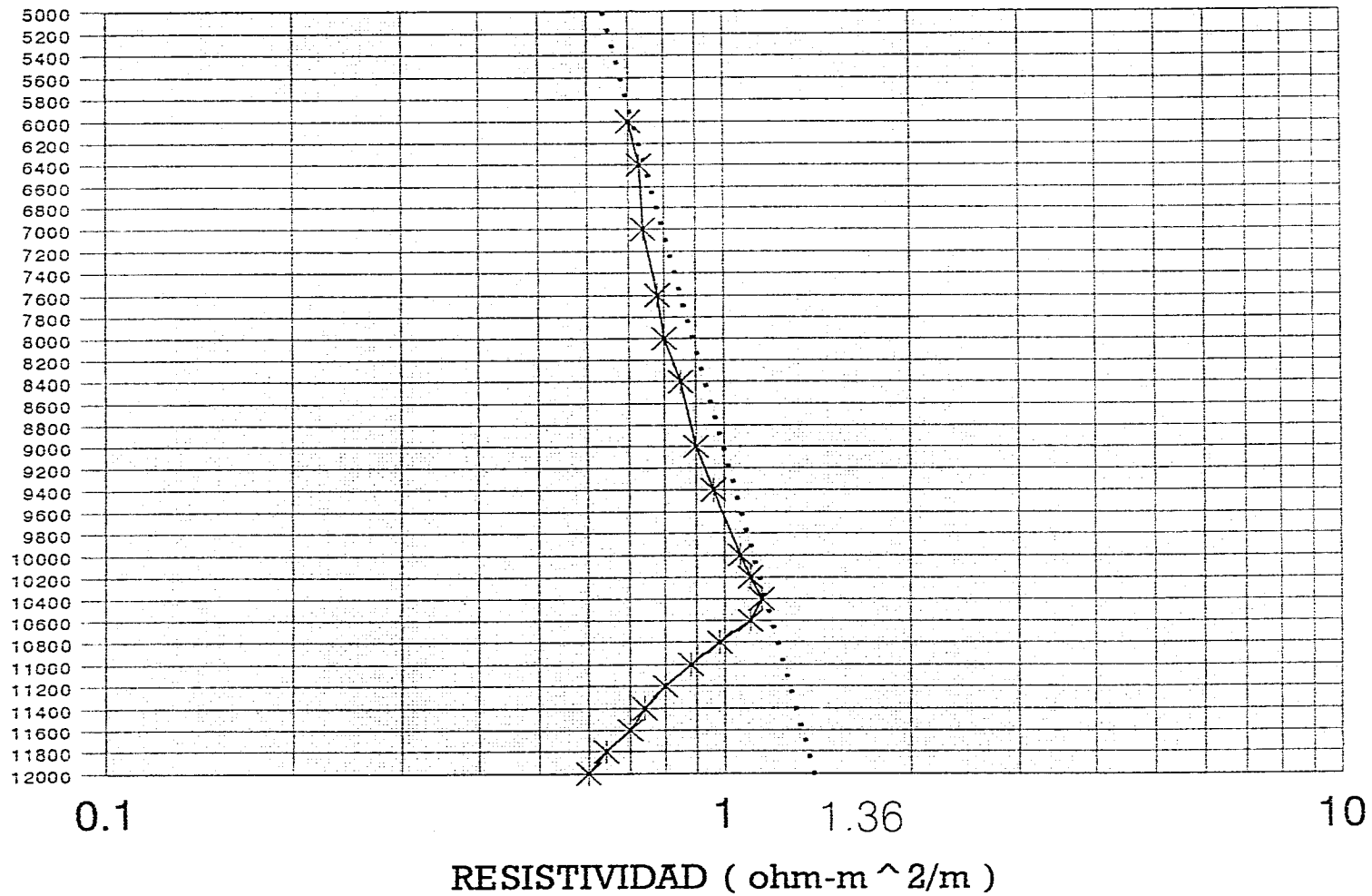


Figura 3.1 Curva de Hottman y Johnson.

GRÁFICA DE PROFUNDIDAD Vs RESISTIVIDAD

PROFUNDIDAD (PIES)



GRÁFICA III.1

2. Un pozo se ha perforado a 10,000 pies. Las resistividades de la lutita tomadas del registrador se dan a continuación. Utilice un margen de recorrido de 0.3 lb/gal para la densidad del lodo.
 ¿Cuál deberá de ser la mínima densidad de lodo requerida en el pozo que será perforado? Utilice el método de Hottman y Johnson.

Datos:

Profundidad (pies)	Resistividad (ohm m ² /m)	Profundidad (pies)	Resistividad (ohm m ² /m)
6,000	0.62	8,400	0.74
6,500	0.64	8,600	0.78
7,000	0.65	9,000	0.72
7,200	0.64	9,200	0.72
7,400	0.68	9,400	0.74
7,600	0.68	9,600	0.71
7,800	0.70	9,800	0.70
8,000	0.71	10,000	0.70
8,200	0.72		

SOLUCIÓN

Después de graficar en papel semilogarítmico los datos de Prof. Vs Resistividad, se determinó la zona de presiones anormales, así como la línea de tendencia normal; así mismo se determinaron las resistividades observada y extrapolada en el fondo, siendo de 0.70 y 0.9 respectivamente (Ver gráfica III.2)

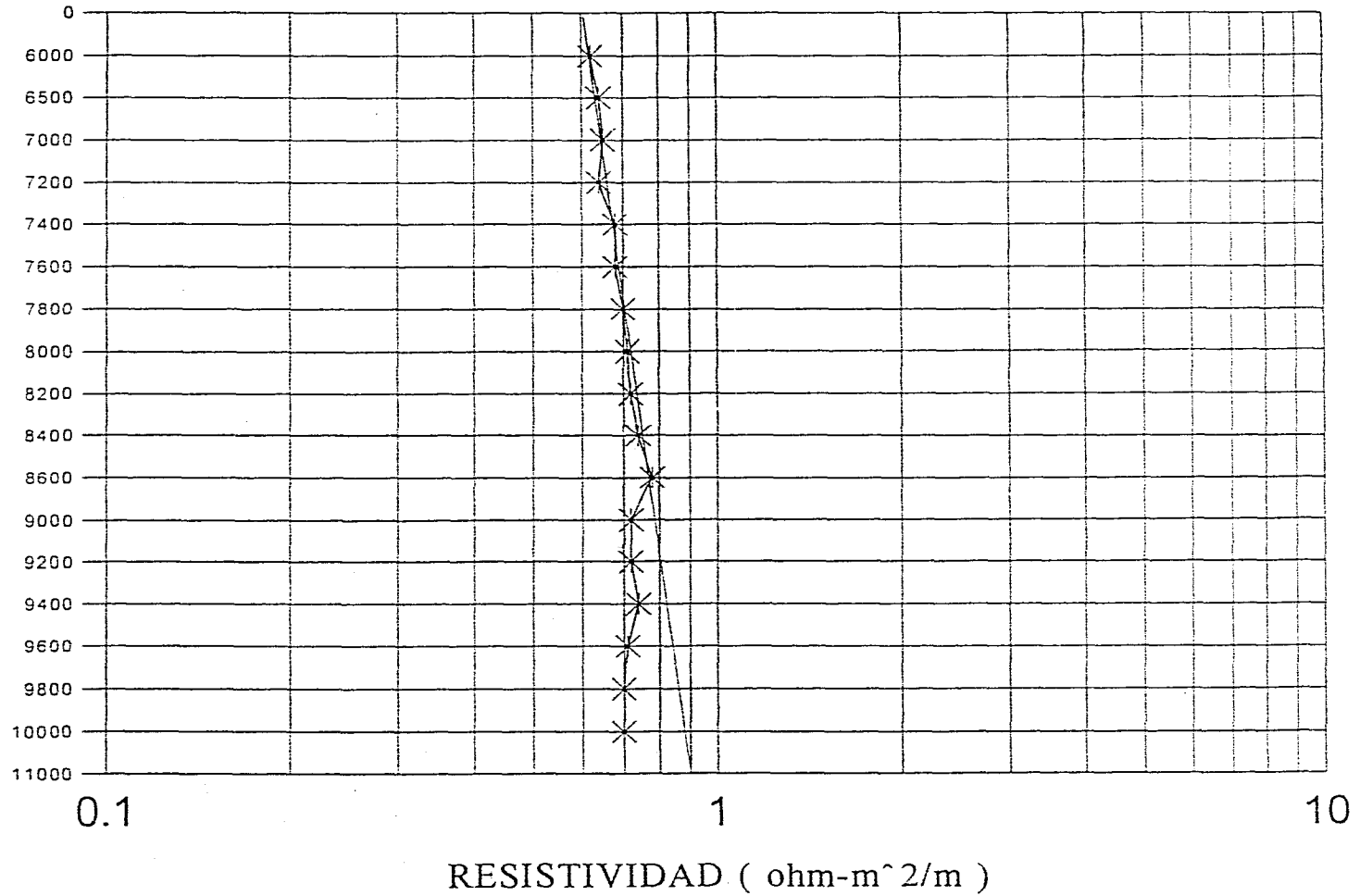
Se calcula la relación de $R = R_n/R_{ob} = 0.90/0.70 = 1.29$

Utilizando la figura de Hottman y Johnson (fig.3.1) la presión de formación asociada con la relación de R es :

Prof. (pies)	R=R _n /R _{ob} (adim)	Pres. Form. (Lb/gal)
6,000	1.45	12.4
7,000	1.38	12.0
7,400	1.32	11.8
8,000	1.27	11.4
8,600	1.15	10.6
9,000	1.25	11.3
9,400	1.22	10.9
10,000	1.29	11.5

GRÁFICA DE PROFUNDIDAD Vs RESISTIVIDAD

PROFUNDIDAD (PIES)



23

GRÁFICA III.2

3. Los siguientes datos de registros fueron tomados de un pozo en un área que tiene variaciones de salinidad significativas entre los 11,500 y 13,000 pies . Calcule la presión de formación con el método de Foster Whalen. Todas las correcciones necesarias han sido realizadas para los datos. Prepare las siguientes gráficas:

- a) Presión de formación Vs profundidad
- b) Salinidad Vs profundidad
- c) Temperatura Vs Profundidad

<u>Profundidad (pies)</u>	<u>Temperatura (°F)</u>	<u>Resistividad Obs. (ohm-m)</u>	<u>SP (mv) Deflexion</u>
5,400	152	0.80	73
7,200	180	0.84	87
8,600	210	0.94	91
9,700	225	1.10	94
9,900	230	0.95	97
10,300	235	1.07	98
10,700	240	1.10	96
11,350	250	1.04	105
11,625	260	0.56	111
11,900	265	0.475	112
12,400	280	0.391	113
12,900	290	0.368	117
13,300	300	0.418	121
13,500	305	0.395	120

SOLUCIÓN

El método de Foster y Whalen se basa en un factor de formación el cual a su vez está relacionado con la resistividad de la lutita y la resistividad del agua de formación.

$$F = R_o/R_w$$

El procedimiento de cálculo será mostrado para la profundidad de 13,500 pies; Los resultados para todas las profundidades se muestran en la tabla 3.1

- 1) La deflexión SP de la línea base de lutitas a 13,500 pies es de -120 mv valuado a 305 °F , correlacionado como sigue:

$$R_{mf}(e)/R_{we} = 15$$

- 2) La resistividad del filtrado de lodo (Rmf) a 13,500 pies es de 1.15, utilizando la figura 3.2 este valor es corregido, de los 90 °F a la temperatura del fondo del agujero 305 °F.

$$1.15 \text{ ohm-m a } 90 \text{ °F} \Rightarrow 0.325 \text{ ohm-m a } 305 \text{ °F}$$

3) Los resultados de los pasos 1 y 2 son combinados

$$R_{mfe}/R_{we} = 15 \quad 0.325/R_{we} = 15 \quad \rightarrow \quad R_{we} = 0.022$$

4) Convirtiendo R_{we} a R_w (resistividad del agua) con la figura (3.3)

$$R_w = 0.026$$

5) El factor de formación f es calculado con R_o y R_w

$$F = R_o/R_w = 0.395 / 0.026 = 15.19$$

6) Los valores de R_o , R_w , y F se representan en la gráfica (III.3)

7) Una línea vertical es construida a partir de la línea del factor de formación, F , a 13,500 pies; donde $F = 15.19$ hasta la intersección de la línea de tendencia normal en la sección de lutitas. Los puntos de intersección son definidos como la profundidad equivalente en pies en este caso.

8) La presión de formación a 13,500 pies se calcula con la siguiente expresión:

$$G = \frac{(1.0 \text{ psi/pie}) * D - 0.535 * D}{D}$$

$$= \frac{1.0 * 13,500 - 0.535 * 7,050}{13,500} = 0.721 \text{ psi/pie}$$

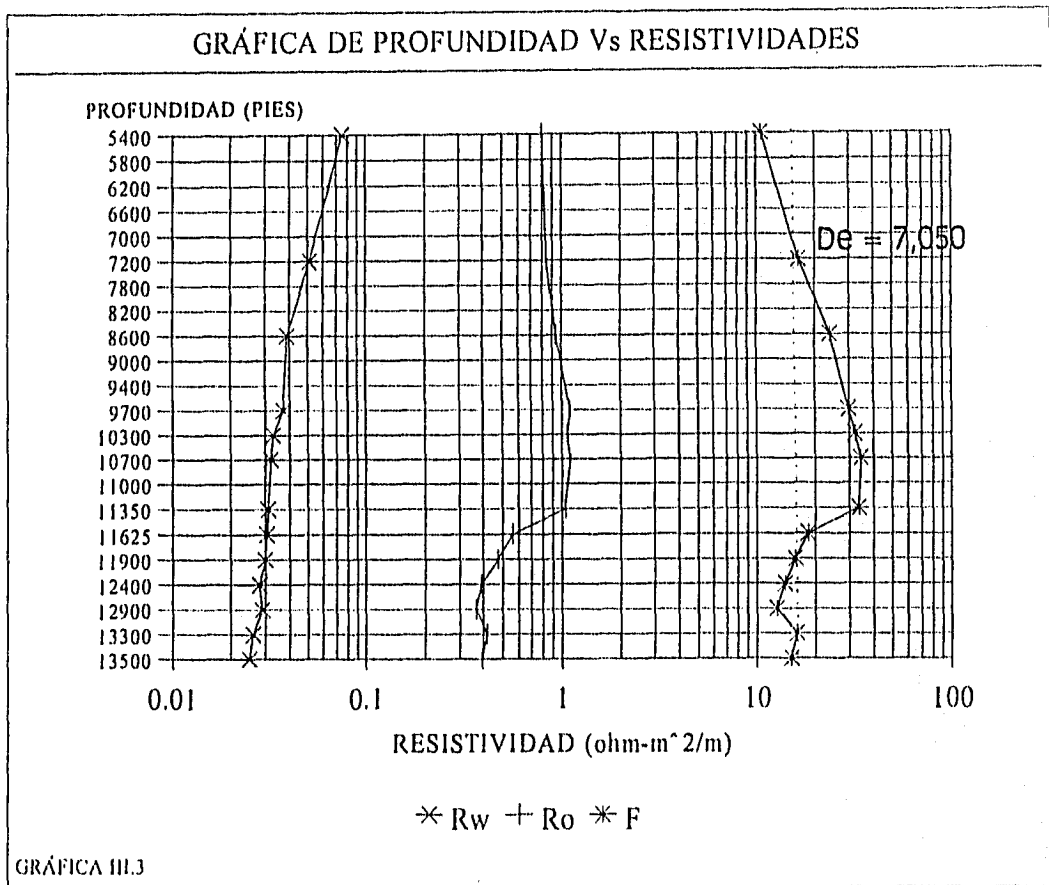
$$G = 13.87 \text{ lb/gal}$$

Tabla 3.1 de resultados obtenidos

Prof. pies	R_o ohm-m	Def.SP mv	Temp. °F	$R_{mf}(\epsilon)$ ohm-m	R_{we} ohm-m	R_w ohm-m
5,400	0.80	-73	152	0.57	0.0703	0.075
7,200	0.84	87	180	0.47	0.045	0.051
8,600	0.94	91	210	0.41	0.038	0.039
9,700	1.10	94	225	0.38	0.033	0.037
9,900	0.95	97	230	0.376	0.0324	0.035
10,300	1.07	98	235	0.362	0.0299	0.033
10,700	1.10	96	240	0.351	0.032	0.032
11,350	1.04	105	250	0.340	0.026	0.031
11,625	0.56	111	260	0.390	0.027	0.0305
11,900	0.475	112	265	0.385	0.026	0.030
12,400	0.391	113	280	0.364	0.025	0.028
12,900	0.368	117	290	0.352	0.026	0.029
13,300	0.418	121	300	0.344	0.022	0.026
13,500	0.395	120	305	0.325	0.022	0.025

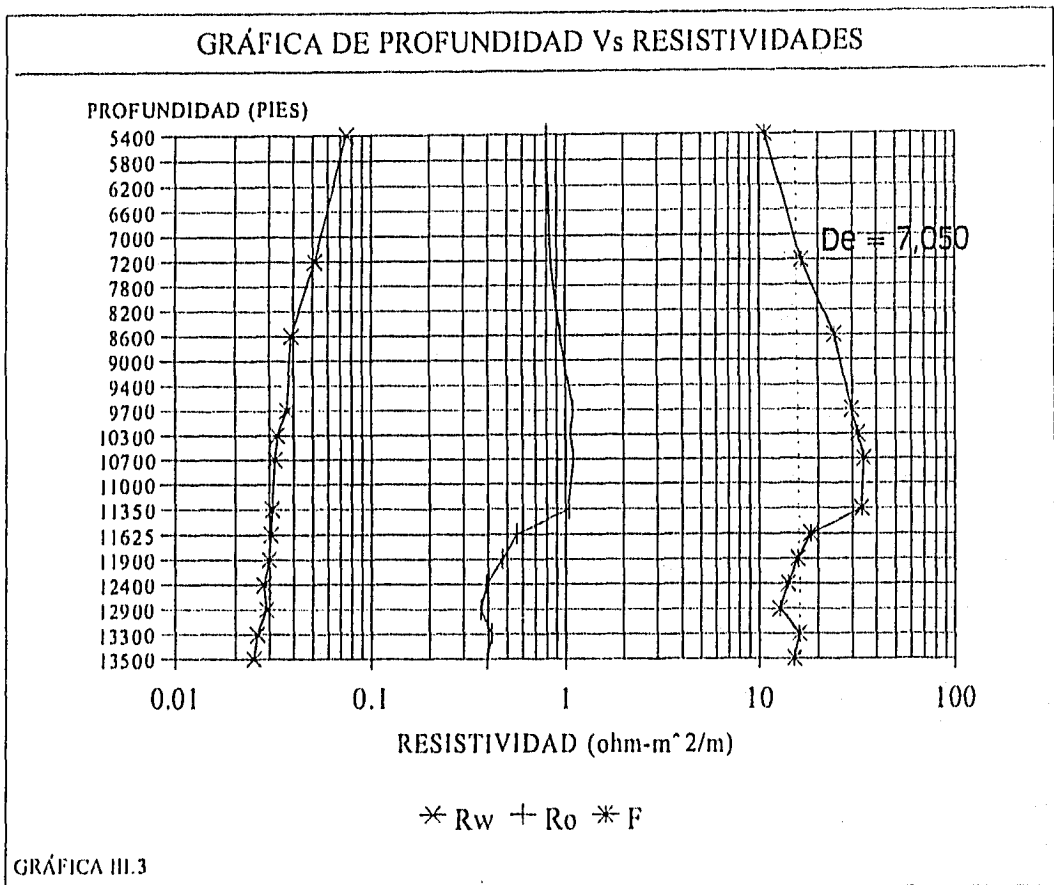
Continua Tabla de Resultados

Valuando Rmfe/Rwe Temp. y Sp Fig 320	F	G psi/pie	Pres. Form. lb/pg ²
8.1	10.67	0.3015	1628.25
10.5	16.47	0.4760	3428.25
10.9	24.10	0.5610	4825.25
11.5	29.73	0.6110	5928.25
11.6	27.14	0.6190	6125.25
12.1	32.13	0.6340	6528.25
11.0	34.38	0.6480	6928.25
13.1	33.55	0.6680	7578.25
14.5	18.36	0.6760	7853.25
14.9	15.83	0.6830	8128.25
14.6	13.96	0.6960	8628.25
13.8	12.69	0.7080	9128.25
15.8	16.08	0.7160	9528.25
15.0	15.08	0.7206	9728.25



Continua Tabla de Resultados

Valuando Rmfe/Rwe Temp. y Sp Fig 320	F	G psi/pie	Pres. Form. lb/pg ²
8.1	10.67	0.3015	1628.25
10.5	16.47	0.4760	3428.25
10.9	24.10	0.5610	4825.25
11.5	29.73	0.6110	5928.25
11.6	27.14	0.6190	6125.25
12.1	32.13	0.6340	6528.25
11.0	34.38	0.6480	6928.25
13.1	33.55	0.6680	7578.25
14.5	18.36	0.6760	7853.25
14.9	15.83	0.6830	8128.25
14.6	13.96	0.6960	8628.25
13.8	12.69	0.7080	9128.25
15.8	16.08	0.7160	9528.25
15.0	15.08	0.7206	9728.25



4. Calcule las densidades de lodo requeridas para perforar cada sección de un pozo, utilizando datos de pozo cerrado para control. Use un margen de tránsito para la densidad del lodo de 0.3 lb/gal

Sección	Intervalo (pies)
1	350 - 10,400
2	10,400 - 12,900
3	12,900 - 14,500

<u>Profundidad (pies)</u>	<u>Tiempo tránsito (μseg/pie)</u>	<u>Profundidad (pies)</u>	<u>Tiempo tránsito (μseg/pie)</u>
3,500	156	11,400	125
4,000	152	11,500	130
4,500	148	11,600	129
5,000	143	11,700	120
5,500	140	11,800	128
6,000	136	11,900	125
6,500	132	12,000	123
7,000	129	12,100	122
7,500	125	12,200	123
8,000	121	12,300	124
8,200	120	12,400	122
8,400	119	12,500	121
8,600	117	12,600	120
8,800	116	12,700	120
9,000	114	12,800	119
9,200	113	12,900	115
9,400	111	13,000	108
9,600	110	13,100	107
9,800	110	13,200	106
10,000	108	13,300	106
10,100	111	13,400	105
10,200	115	13,500	106
10,300	120	13,600	105
10,400	120	13,700	104
10,500	120	13,800	103
10,600	120	13,900	102
10,700	121	14,000	101
10,800	122	14,100	100
10,900	123	14,200	100
11,000	124	14,300	99
11,100	125	14,400	99
11,200	126	14,500	98
11,300	125		

SOLUCIÓN

Los datos para este ejercicio se obtuvieron de un registro sísmico y se utilizará nuevamente el método de Hottman y Johnson para desarrollarlo.

Primero se procede a graficar los datos del registro Vs. profundidad en papel semilogarítmico. A partir de la curva obtenida se procede a estabilizar una línea de tendencia normal, la cual será extrapolada hasta alcanzar el punto de la profundidad total o la profundidad de interés (Ver grÁFICA III.4)

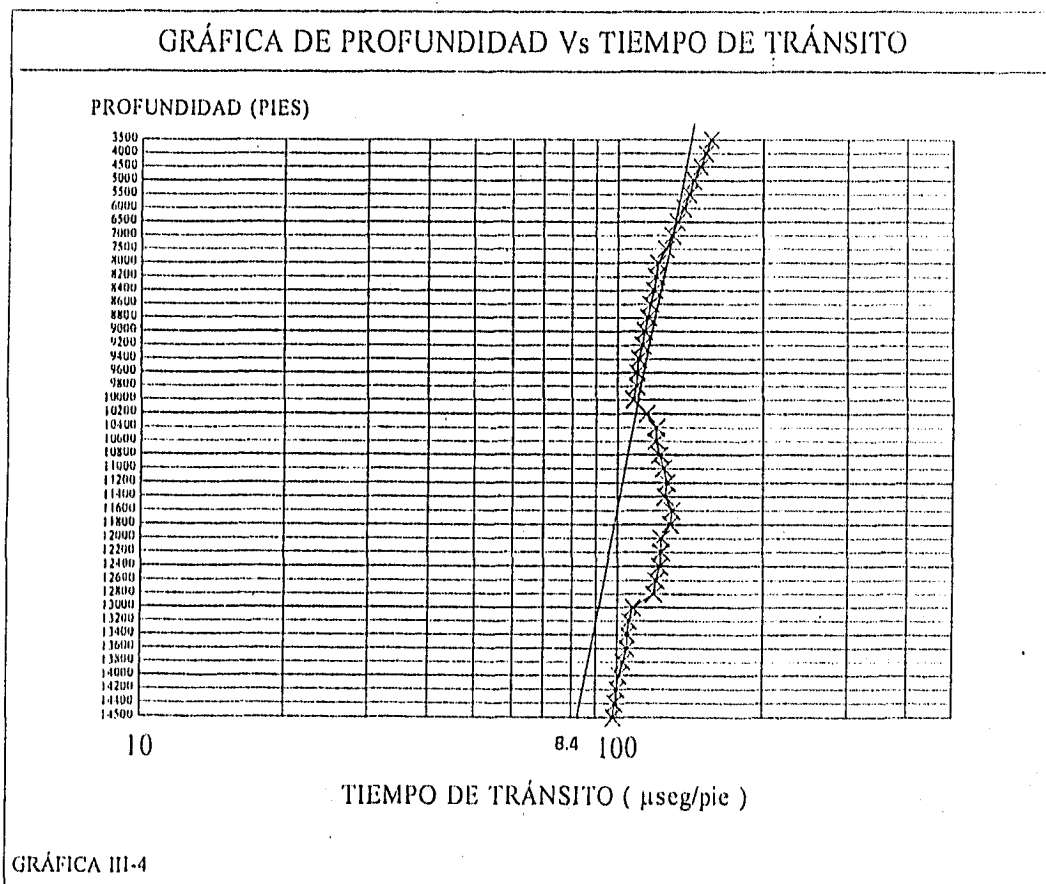
-A la profundidad de interés se leen los valores de las velocidades normal extrapolada, y el de la observada en el registro.

-Con los valores de estas velocidades se obtiene una diferencia ($V_{observada} - V_{nor. extrapolada}$) cuyo valor servirá para entrar a la gráfica (III.4a) la cual es una correlación empírica del gradiente de presión de formación, que a su vez permitirá determinar las densidades de lodo requeridas para perforar el pozo.

Prof. interés = 14,500 pies
 Velocidad Observada = 98 μ seg/pie
 Velocidad Normal = 84 μ seg/pie

$$V_{ob.} - V_{nor.} = 98 - 84 = 14 \mu\text{seg/pie}$$

$$P_{form} = 14.2 \text{ lb/gal.}$$



5. Calcule y grafique los exponentes d y dc para los siguientes datos. Considere una presión normal de formación de 8.8 lb/gal.

Profund. (pies)	Razon de Penetrac. (pie/hr)	Peso sobre Barrena (1,000 lb)	Velocidad de Rot. (R.P.M.)	Diámetro de Bna. (pg)	Densidad de Lodo (lb/gal)
6,000	106.0	35	120	8.5	9.0
6,500	103.0	35	120	8.5	9.0
7,000	76.9	35	110	8.5	9.0
7,500	66.0	35	110	8.5	9.0
8,000	44.6	30	110	8.5	9.4
8,500	46.0	30	110	7.87	9.4
9,000	39.4	30	110	7.87	9.4
9,500	35.0	30	110	7.87	9.8
10,000	30.8	30	110	7.87	10.1
10,200	26.3	30	100	7.87	10.1
10,400	24.7	30	100	7.87	10.1
10,600	23.2	30	100	7.87	10.5
10,800	21.8	30	90	7.87	11.1
11,000	19.1	30	90	7.87	11.1
11,200	17.9	30	90	7.87	13.3
11,400	16.8	30	90	7.87	11.6
11,600	21.9	35	90	7.87	11.6
11,800	20.6	35	90	7.87	11.8
12,000	20.6	35	90	7.87	13.1
12,200	20.0	35	90	7.87	13.4
12,400	18.0	35	90	7.87	13.6
12,600	17.0	35	90	7.87	14.2
12,800	17.0	35	90	7.87	14.5

SOLUCIÓN

Aquí se procederá aplicar el método del exponente dc el cual tiene sus bases en la ecuación de Bingham

$$d = \log (R/60 N) / \log (12 w / 1,000 db)$$

Primero se calcula el exponente d , de la ecuación anterior a 6,000 pies.

$$d = \log [106 / (60 * 120)] / \log [(12 * 35) / (1,000 * 8.5)]$$

$$d = 1.403$$

Por otro lado $dc = \frac{d (P_{fnormal})}{\rho_{lodo}}$

$$\text{Por lo tanto } dc = d \frac{8.8}{\rho_{\text{lodo}}} = \frac{8.8}{9} * 1.403 = 1.372$$

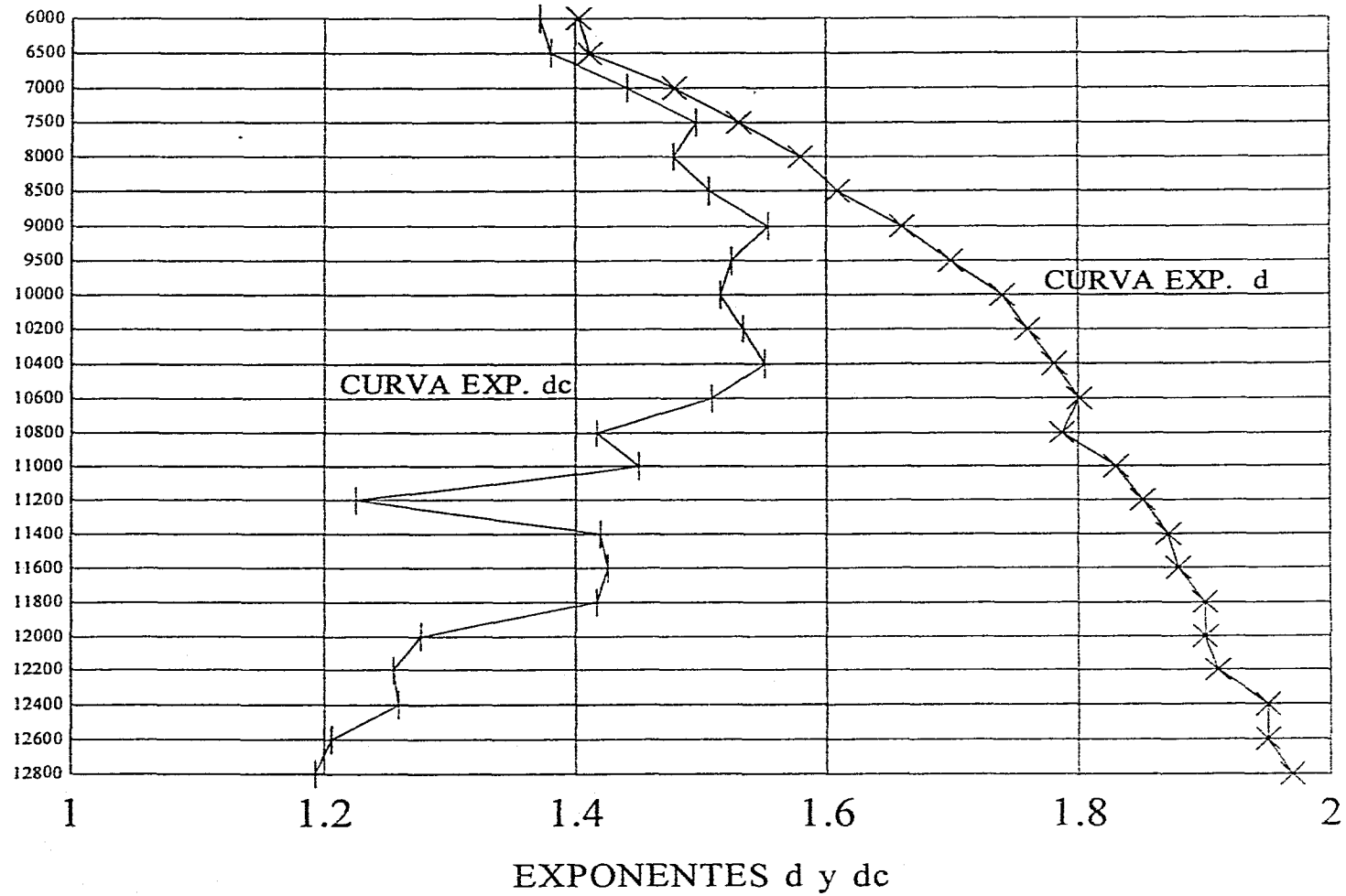
$$Pf = 9 \frac{d}{dc} - 0.3 = 9 \frac{1.403}{1.372} - 0.3$$

$$Pf = 8.9 \text{ lb/gal.}$$

Profund. (pies)	d	dc	P. formación (lb/pg ²)
6,000	1.403	1.372	8.9
6,500	1.412	1.381	8.9
7,000	1.480	1.447	8.9
7,500	1.531	1.497	8.9
8,000	1.580	1.479	9.3
8,500	1.609	1.507	9.3
9,000	1.660	1.554	9.3
9,500	1.699	1.525	9.7
10,000	1.740	1.516	10.03
10,200	1.760	1.534	10.03
10,400	1.781	1.551	10.03
10,600	1.801	1.509	10.44
10,800	1.787	1.417	11.05
11,000	1.830	1.451	11.05
11,200	1.851	1.225	13.30
11,400	1.871	1.420	11.56
11,600	1.879	1.426	11.56
11,800	1.900	1.417	11.77
12,000	1.900	1.277	13.08
12,200	1.910	1.255	13.41
12,400	1.950	1.259	13.61
12,600	1.950	1.206	14.22
12,800	1.970	1.193	14.53

GRÁFICA DE PROFUNDIDAD Vs EXPONENTE d Y dc

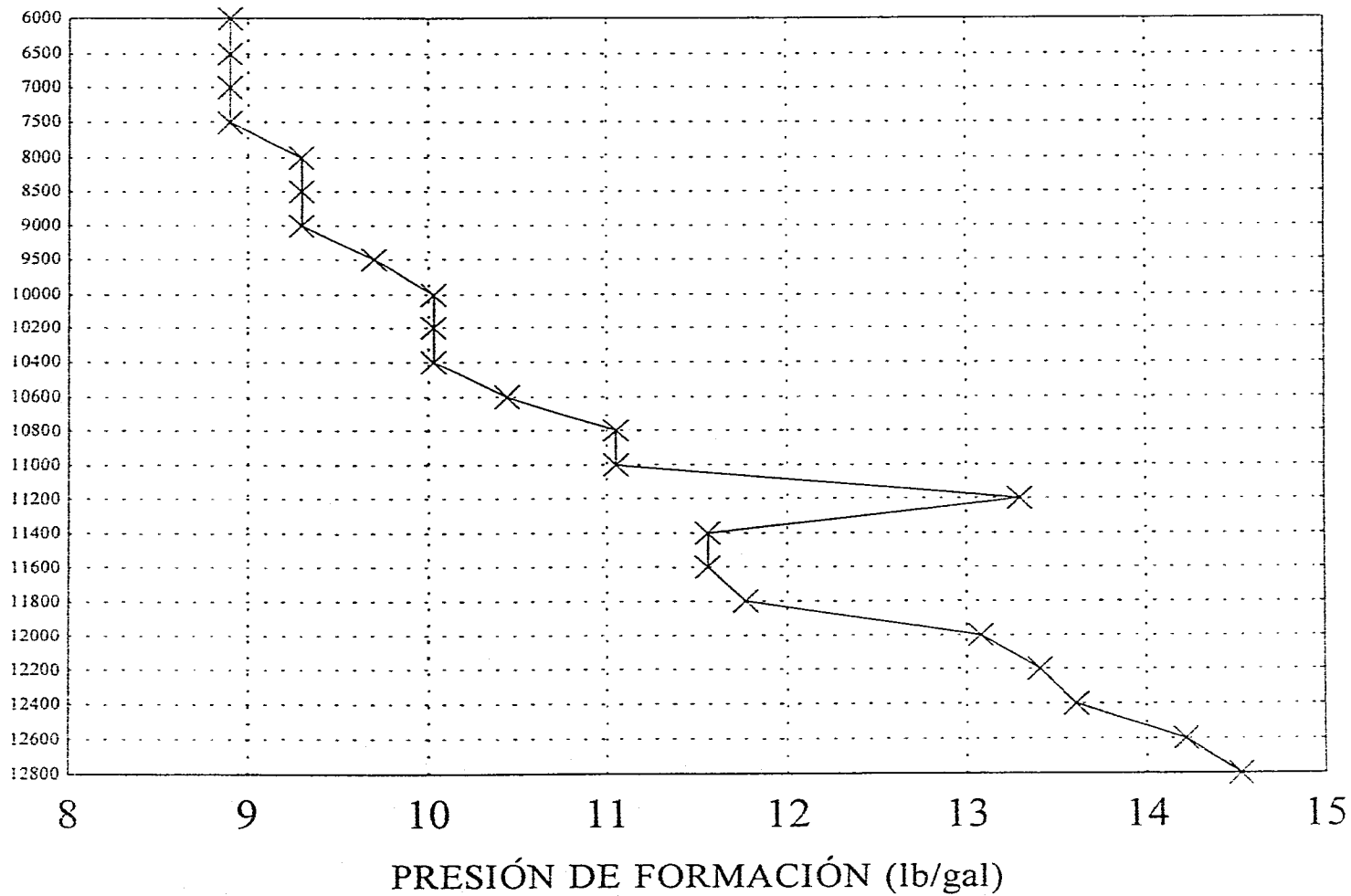
PROFUNDIDAD (PIES)



GRÁFICA III-5

GRÁFICA DE PROFUNDIDAD Vs PRESIÓN DE FORMACIÓN

PROFUNDIDAD (PIES)



32

GRÁFICA III-5a

6. Determine el gradiente de fractura para las siguientes condiciones, utilizando los métodos de :

- a) Hubbert y Willis
- b) Matthews y Kelly
- c) Eaton

Profundidad (pies)	Presión de Formación (lb/gal)
3,000	Normal
13,000	13.1
9,000	9.6
6,500	9.0
8,000	10.2
11,000	15.1
17,000	18.0
4,500	9.9
10,500	Normal
15,000	15.6

Así mismo prepare una gráfica del Gradiente de presión Vs Profundidad para cada uno de los métodos utilizados. Considere presiones normales de formación.

SOLUCIÓN

a) Hubbert y Willis utilizaron la siguiente expresión, para determinar la presión de fractura.

$$P_{ff} = \sigma_{ob} + Pf \qquad P_{ff} = \frac{1}{3} \left(\frac{\sigma_{ob}}{D} + \frac{2Pf}{D} \right)$$

Donde:

P_f = Es la presión de formación en lb/pg^2

σ_{ob} = Es el esfuerzo de sobrecarga en lb/pg^2

En este caso como no hay información de ϕ Vs Prof. se emplea $\sigma_{ob}=1$

por lo tanto : $G_f = P_f/D = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{2P_f}{D} \right)$

Prof. (pies)	P. form. (lb/pg^2)	P. frac. (lb/pg^2)	Gff. (psi/pie)	$\rho_{e q p f r}$ (lb/gal)
3,000	1,395	1,930	0.643	12.4
4,500	2,317	3,044	0.676	13.0
6,500	3,042	4,195	0.645	12.4
8,000	4,243	5,495	0.687	13.2
9,000	4,493	5,995	0.666	12.8
10,500	4,881	6,754	0.643	12.4
11,000	8,637	9,425	0.856	16.5
13,000	8,856	10,237	0.787	15.1
15,000	12,168	13,112	0.874	16.8
17,000	15,912	16,275	0.957	18.4

b) Matthews y Kelly

$$G_{ff} = \frac{P_f}{D} + \frac{F\sigma \sigma_z}{D}$$

$$P_{ff} = \sigma_{min} + P_f$$

$$\sigma_{min} = F\sigma \sigma_z$$

$$\sigma_z = 0.535D_i$$

$$D_i = \frac{D - P_f}{0.535}$$

Prof. (pies)	P _{form.} (lb/pg ²)	D _i (pie)	σ _z	Fσ	σ _{min.}	P _{ff} (lb/pg ²)
3,000	1,395	3,000	1,605	0.380	609.9	2,005.0
4,500	2,317	4,080	2,183	0.509	1,111.2	3,428.2
6,500	3,042	6,464	3,458	0.630	2,178.5	5,220.5
8,000	4,243	7,022	3,757	0.660	2,479.6	6,722.6
9,000	4,493	8,424	4,507	0.710	3,200.0	7,693.0
10,500	4,881	10,503	5,619	0.770	4,326.6	9,207.6
11,000	8,637	4,416	2,363	0.535	1,264.1	9,901.3
13,000	8,856	7,746	4,144	0.680	2,817.9	11,673.9
15,000	12,168	5,293	2,832	0.585	1,656.7	13,824.7
17,000	15,912	2,034	1,088	0.280	304.6	16,216.6

G _{ff} (psi/pie)	p _{eff} (lb/gal)
0.668	12.85
0.762	14.65
0.849	16.33
0.841	16.17
0.855	16.44
0.877	16.87
0.900	17.31
0.898	17.27
0.922	17.73
0.954	18.35

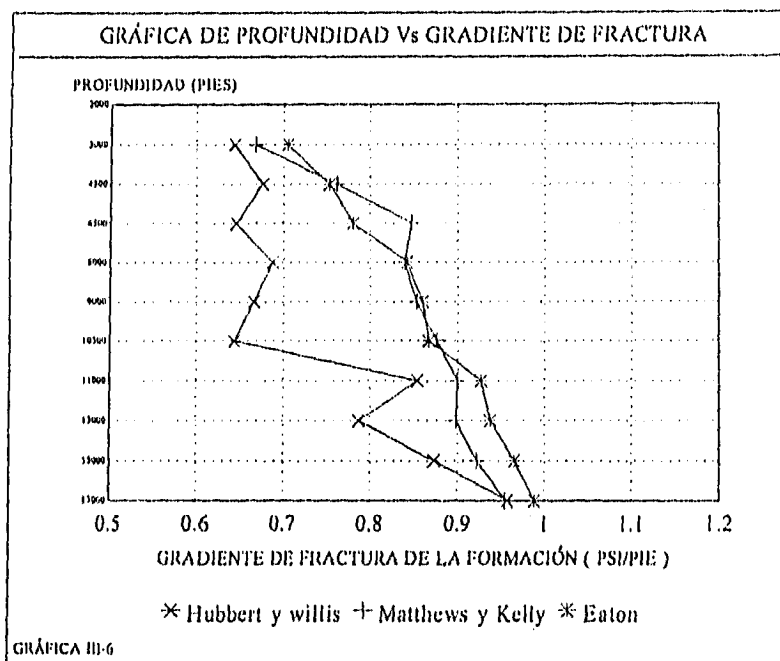
$$F\sigma = \frac{1,395}{3,000} + \frac{(3,000)(0.380)}{3,000} = 0.668 \text{ psi/pie}$$

c) Eaton; extendió los conceptos presentados por Matthews y Kelli, para introducir la relación de Poisson en la expresión del gradiente de fractura.

$$G_{ff} = \frac{\sigma_z}{D} \left(\frac{u}{1-u} \right) + \frac{P_f}{D}$$

Prof. (pies)	Pform. (lb/pg ²)	σ_z	u	Gff (psi/pie)	Pff (lb/pg ²)	peqff (lb/gal)
3,000	1,395	1,605	0.31	0.7054	2,116.1	13.6
4,500	2,317	2,183	0.33	0.7538	3,392.2	14.5
6,500	3,042	3,458	0.37	0.7804	5,072.9	15.0
8,000	4,243	3,757	0.40	0.8435	6,747.7	16.2
9,000	4,493	4,507	0.42	0.8619	7,756.7	16.6
10,500	4,881	5,619	0.43	0.8687	9,119.9	16.7
11,000	8,337	2,363	0.44	0.9267	10,193.8	17.8
13,000	8,856	4,144	0.45	0.9368	12,178.7	18.0
15,000	12,168	2,832	0.45	0.9650	14,475.7	18.6
17,000	15,912	1,088	0.45	0.9884	16,802.2	19.0

Gráfica III.6



Solución :

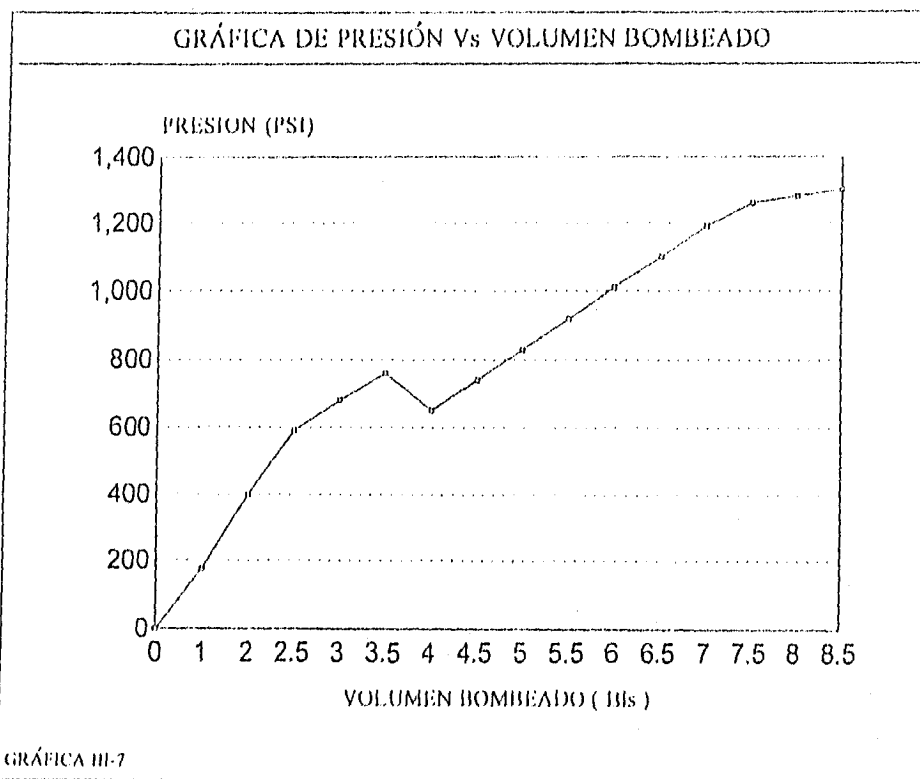
Hubbert y Willis	-	12.4	Lb/gal	} a 3,000 pies
Matthews y Kelly	-	12.8	Lb/gal	
Eaton		13.6	Lb/gal	

7. Utilice los siguientes datos de prueba de fuga, para determinar el gradiente de fractura de la formación. La T.R. está colocada a 12,000 pies y el peso del lodo es de 13.9 Lb/gal.

<u>Vol. Bombeado (Bls)</u>	<u>Presión (Psi)</u>	<u>Vol. Bombeado (Bls)</u>	<u>Presión (psi)</u>
0	0	5.0	830
1	175	5.5	920
2	400	6.0	1,010
2.5	590	6.5	1,100
3.0	680	7.0	1,190
3.5	760	7.5	1,260
4.0	650	8.0	1,280
4.5	740	8.5	1,300

SOLUCIÓN

Se realiza la siguiente gráfica para determinar el GFP.



$$P_{ff} = (13.9 \text{ lb/gal}) (0.052) (12,000) + 1,190 = 9,836.6 \text{ psi}$$

$$G_{ff} = 9,863.6 / 12,000 = 0.822 \text{ psi/pie}$$

$$\gamma_{eq} = 15.807 \text{ (lb/gal)}$$

8. Calcule el gradiente de fractura de la formación para las siguientes condiciones.

<u>Profundidad de la T.R. (pies)</u>	<u>Peso del lodo (Lb/gal)</u>
9,300	9.0
16,000	13.9
13,100	15.1
6,400	9.5

SOLUCIÓN

$$G_{ff} = \frac{9.0 * 0.052 * 9,300 + 1,260}{9,300} = 0.6034 \text{ psi/pie}$$

$$\rho_{eq} = 11.6 \text{ lb/gal}$$

$$G_{ff} = \frac{13.9 * 0.052 * 1,600 + 1,260}{16,000} = 0.8015 \text{ psi/pie}$$

$$\rho_{eq} = 15.4 \text{ lb/gal}$$

$$G_{ff} = \frac{15.1 * 0.052 * 13,600 + 1,260}{13,600} = 0.8813 \text{ psi/pie}$$

$$\rho_{eq} = 16.9 \text{ lb/gal}$$

$$G_{ff} = \frac{9.5 * 0.052 * 6,400 + 1,260}{6,400} = 0.6908 \text{ psi/pie}$$

$$\rho_{eq} = 13.2 \text{ lb/gal}$$

3.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Utilizando el método de Hottman y Johnson, calcular la presión de formación en intervalos de 1,000 pies, dentro de la zona de presiones anormales a 8,450 pies.

Resistividad ohm-m	Profundidad pies	Resistividad ohm-m	Profundidad pies
0.46	3,000	0.45	9,000
0.42	4,000	0.47	9,300
0.45	5,300	0.50	9,650
0.42	6,300	0.48	10,200
0.48	7,000	0.43	10,500
0.47	7,700	0.38	10,800
0.50	8,100	0.32	11,000
0.52	8,450	0.25	11,200
0.50	8,800		

2. Los siguientes valores para el exponente-d se calcularon en el registro de un pozo. Utilice densidades de lodo asociadas para determinar el exponente dc, así mismo graficar en coordenadas lineales ambos exponentes. ¿Se puede determinar la cima de las presiones anormales? ¿Puede el exponente d ser utilizado para detectar la cima de estas presiones? Decir las razones de sus respuestas. Considerar la presión de formación normal de 9 lb/gal.

Prof. pies	Exponente d	ρlodo lb/gal
7,000	1.40	9.0
7,500	1.44	9.0
8,000	1.45	9.3
8,500	1.47	9.3
9,000	1.46	9.8
9,500	1.50	10.5
10,000	1.49	11.1
10,500	1.55	13.5
11,000	1.54	13.5
11,500	1.60	14.1
12,000	1.65	14.9

3. Calcule el esfuerzo de sobrecarga vertical σ_{ob} y el esfuerzo matricial vertical σ_z , resultante de una carga geostática en una formación normalmente presurada, en el área de las Costas del Golfo a profundidades de 500, 1000, 2000, 4000, y 8000 pies. Desprecie la profundidad del tirante de agua.

4. Calcule el gradiente de fractura para las siguientes condiciones de profundidad de agua.

base plataforma = 50 pies

Prof. agua = 1,700 pies

Prof T.R.abajo piso marino = 6,000 pies

Auxiliarse con la carta de esfuerzos de sobrecarga de Eaton.

5. A una formación que se encuentra a 12,000 pies de profundidad se le determinó una presión de poro de 17,500 psi y una densidad de 2.35 gr/cm³. Calcule el gradiente de fractura utilizando las siguientes correlaciones:

- a) Matthews y Kelli
- b) Eaton
- c) Christman

6. Los datos de la resistividad de la lutita mostrados en la siguiente tabla, fueron obtenidos de un pozo perforado en Texas.

- a) Utilizando estos datos y el método de Matthews y Kelly, hacer una gráfica de presión de poro y gradiente de fractura Vs profundidad
- b) Graficar la densidad equivalente de lodo, actualmente utilizada en la perforación del pozo, en la gráfica construida en el inciso anterior.
- c) Las pruebas del equipo de perforación indican una presión de formación 12,775 psi. Como es éste valor comparado con la presión de poro calculado por resistividad en el inciso a), La profundidad es de 14,350 pies

Prof. (pies)	Resistividad ($\Omega m^2/m$)	Prof. (pies)	Resistividad ($\Omega m^2/m$)
2,400	1.0	9,000	2.0
2,800	1.2	9,400	2.2
3,400	1.1	9,800	2.6
3,800	1.3	10,200	2.7
4,200	1.2	10,600	1.1
4,600	1.4	10,800	1.4
5,000	1.0	11,000	1.9
5,400	1.2	11,200	1.2
5,800	1.5	11,400	1.5
6,200	1.5	11,900	0.8
6,600	1.6	12,300	1.0
7,000	1.5	12,900	1.0
7,400	1.4	13,300	1.2
7,800	1.6	13,600	0.8
8,200	1.3	14,100	0.9
8,400	1.7	14,700	1.4
8,600	1.6	15,100	1.3
		15,600	1.6

7. Apartir de los datos dados a continuación; Graficar en papel semilogarítmico el tiempo de tránsito contra profundidad e interpolar la tendencia normal, así mismo determinar:

- a) La profundidad de la zona de transición.
- b) Calcule el gradiente de presión y la densidad equivalente de formación a cada 200 pies, dentro de la zona de presión anormal empleando la ecuación de Eaton
- c) Calcule el gradiente de presión, densidad equivalente y la presión de fractura empleando la ecuación de Hubbert y Willis, Matthews y Kelly y Eaton. Suponga un gradiente de presión de sobrecarga de 1 psi/pie.
- d) Grafique en papel milimétrico las densidades equivalentes de presión de formación y de fractura Vs. profundidad.

Considere la Densidad eq. de P. formación normal de 9 lb/gal

Prof. (pies)	t. transito (useg/pie)	Prof. (pies)	t.transito (useg/pie)
3,500	156	12,500	121
4,000	152	13,000	108
4,500	148	13,200	106
5,000	143	13,400	105
5,500	140	13,600	105
6,000	136	13,800	103
6,500	132	14,000	101
7,000	129	14,100	100
7,500	125	14,200	100
8,000	121	14,300	99
8,200	120	14,400	99
8,400	119	14,500	98
8,600	117		
8,800	116		
9,000	114		
9,200	113		
9,400	111		
9,600	110		
9,800	110		
10,000	108		
10,500	120		
11,000	124		
11,500	130		
12,000	123		

8. Con los datos dados a continuación, grafique en papel semilogarítmico la resistividad de la formación Vs profundidad e interpole la línea de tendencia normal, así mismo determinar:

- a) La profundidad de la zona de transición.
- b) El gradiente de presión y la densidad equivalente de la formación a cada 200 pies, dentro de la zona de presión anormal, empleando la ecuación de Eaton.
- c) Calcule el gradiente de presión, densidad equivalente, presión de fractura empleando la ecuación de Hubbert y Willis, Matthews y Kelliy Eaton; Suponga un gradiente de presión de sobrecarga de 1 psi/pie.
- d) Graficar en papel milimétrico las ρ_{eq} equivalentes de presión de formación y de fractura Vs. profundidad. Considere la ρ_{eq} de presión de formación normal de 9.0 lb/gal

Profundidad (pies)	Resistividad (ohm m ² /m)
5,000	0.70
6,500	0.73
7,000	0.74
7,500	0.78
8,000	0.80
8,500	0.85
9,000	0.90
9,500	0.96
10,000	1.06
10,200	1.10
10,400	0.98
10,600	0.88
10,800	0.80
11,000	0.74
11,200	0.70
11,400	0.74
11,600	0.70
11,800	0.64
12,000	0.60

b) Evaluando la profundidad tentativa de asentamiento de la T.R. por presión diferencial

$$\rho_{\text{lodo}}|_{13,000} = 14 + 0.3 = 14.3 \text{ (lb/gal)}$$

$$\Delta P = (14.3 - 9) * 0.052 * 9,400 = 2,590 \text{ lb/pg}^2$$

$$2,590 \text{ psi} > 2,200 \text{ psi}$$

Debido a los resultados obtenidos, la T.R. intermedia no puede ser introducida seguramente hasta la profundidad de 13,000 pies. Por lo que esta profundidad deberá de ser redefinida.

c) La profundidad de la T.R. intermedia se redefine mediante:

$$\begin{aligned} P &= (MW-9) * (0.052) * D & P_f &= 13.5 - TM \\ 2,200 &= (MW-9) * 0.052 * 9,400 & P_f &= 13.5 - 0.3 \\ MW &= 13.5 \text{ lb/gal} & P_f &= 13.2 \text{ lb/gal} \end{aligned}$$

De la gráfica se observa que la presión de formación de 13.2 lb/gal ocurre a una profundidad de 11,800 pies, la cual tiene un gradiente de fractura de 17.6 lb/gal.

d) Por lo tanto la profundidad posible para el asentamiento del Liner se determina mediante el gradiente de fractura a 11,800 pies.

La máxima presión de formación debajo de los 11,800 pies de profundidad, que puede ser controlada con el gradiente de fractura de 17.6 lb/gal.

Cantidad (lb/gal)

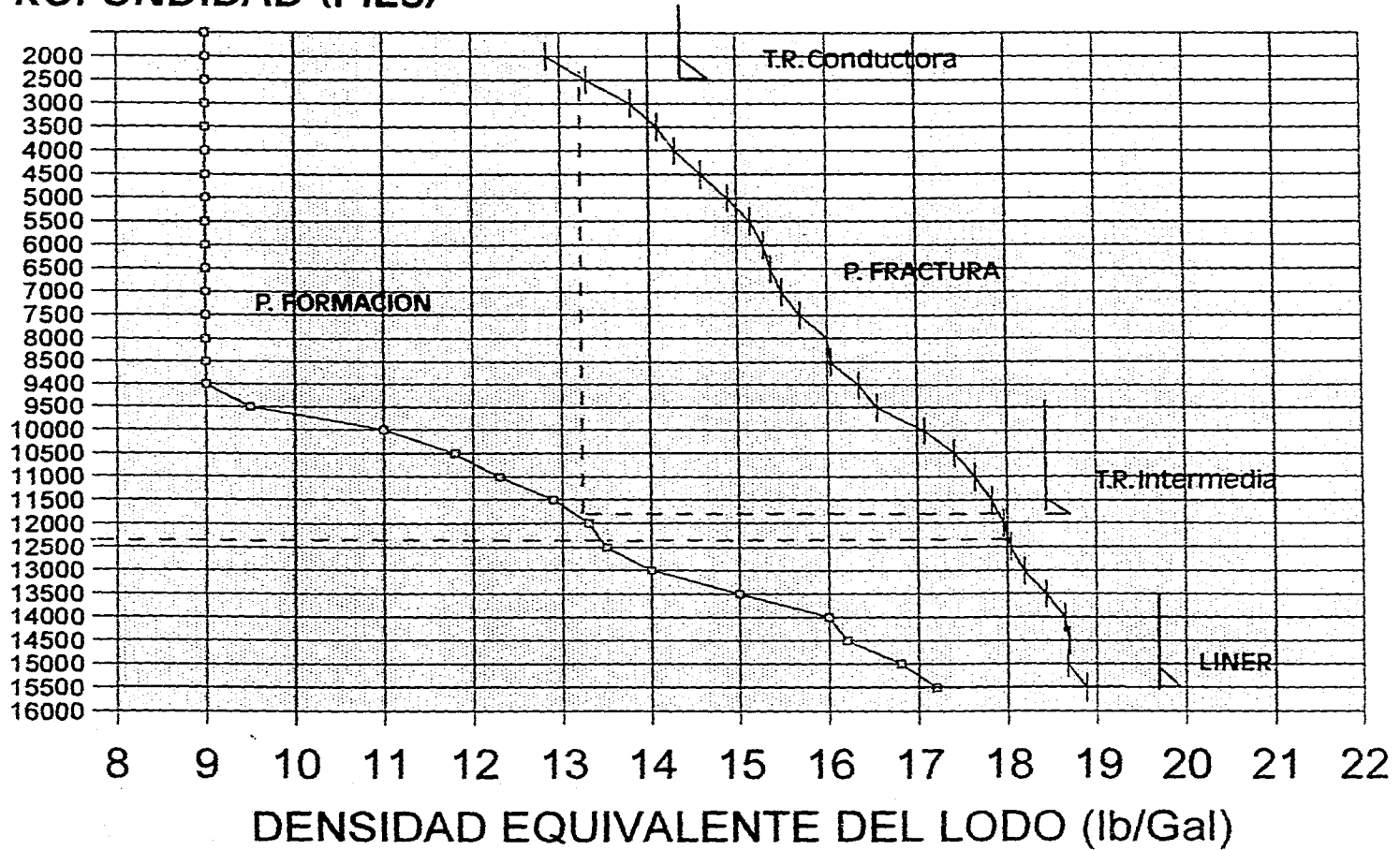
$$\begin{array}{r} 17.6 \\ - 0.3 \\ - 0.3 \\ - 0.2 \\ \hline 16.8 \end{array}$$

Por lo tanto de la gráfica se observa que a la profundidad de 15,000 pies, la presión de formación es igual a 16.8 lb/gal

Cualquier profundidad entre el rango de 13,500 y 15,000 pies resulta satisfactoria.

GRÁFICA DE PROFUNDIDAD Vs PRESIÓN DE FORMACIÓN Y PRESIÓN DE FRACTURA

PROFUNDIDAD (PIES)



45

GRÁFICA IV.1

2. Determine la profundidad de asentamiento para una tubería superficial de acuerdo con los siguientes datos:

Prof. T.R. intermedia 9,400 pies
 Densidad lodo 12.1 lb/gal
 Factor de brote 0.4 lb/gal

Prof. (pies)	P.form. (lb/gal)	Empleando la ec.de Eaton para Pff			
		u	σz	Pff (psi)	Pff (lb/gal)
2,000	9.0	0.27	1,064	1,329.5	12.78
4,000	9.0	0.34	2,128	2,968.3	14.27
6,000	9.0	0.38	3,192	4,723.2	15.13
8,000	9.0	0.40	4,256	6,581.3	15.82
10,000	9.0	0.41	4,788	7,539.3	16.10
10,200	9.2	0.42	5,320	8,732.3	16.46
10,800	9.8	0.433	5,296	9,548.3	17.00
11,250	12.2	0.438	4,113	10,342.5	17.67
11,780	13.3	0.44	3,633	11,001.5	17.95
12,500	14.2	0.445	3,270	11,851.9	18.23
13,090	15.3	0.448	2,676	12,585.9	18.49
13,800	16.1	0.45	2,246	13,391.5	18.66

SOLUCIÓN

a) Primero se determinó el gradiente de fractura por medio de la ecuación de Eaton (*). Con los datos obtenidos se realizó el gráfico IV.2 en el cual aparecen las líneas de comportamiento de la presión de formación y del gradiente de fractura; ahí mismo se dibujan las líneas de los márgenes de seguridad; al gradiente de presión de poro se le aumenta 0.5 lb/gal y al gradiente de fractura se le resta 0.5 lb/gal hasta la profundidad total.

b) Revisión de pegadura por presión diferencial

$$\rho_{\text{lodo}}|_{9,400} = 15.7 \text{ lb/gal}$$

$$\Delta P = (15.7 - 9) * 0.052 * 10,000 = 3,484 > 2,200$$

Si hay pegadura por presión diferencial

c) Determinación de la profundidad a la cual el gradiente de fractura excede las presiones impuestas por un brote.

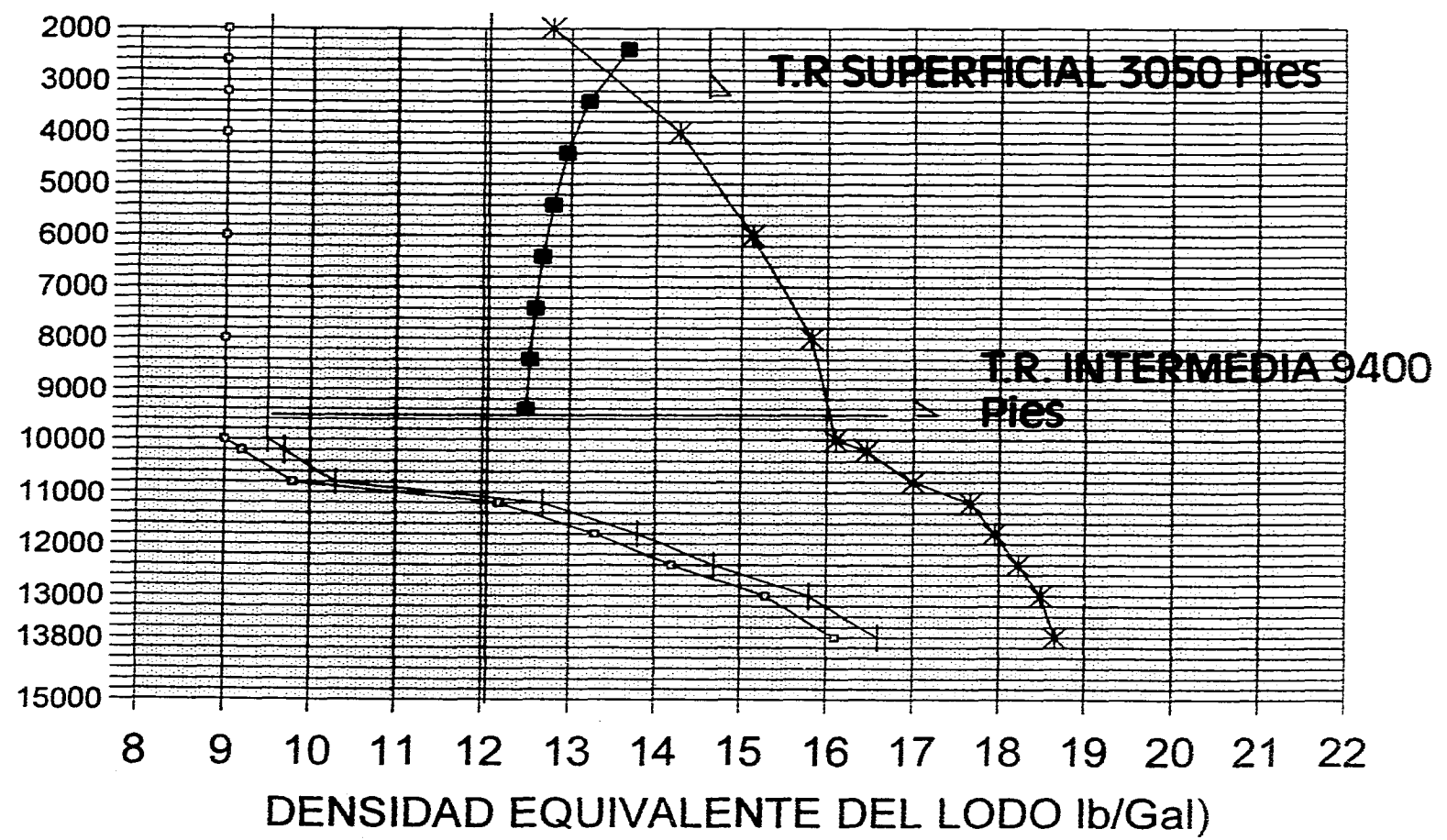
$$EMW = \left(\frac{\text{Prof.tot.}}{\text{Prof.int.}} \right) * \Delta M + OMW$$

	Prof. (pies)	ρeq.lodo (lb/gal)
OMW = 12.1 lb/gal	9,400	12.5
ΔM = 0.4 lb/gal	8,400	12.54
Prof.tot. = 9,400 pies	7,400	12.60
Prof.int. = 1,000 pies	6,400	12.68
	5,400	12.80
	4,400	12.95
	3,400	13.20
	2,400	13.66
	1,400	14.78
	1,000	15.86

EMW = Densidad Equiv. lodo
 OMW = Densidad Original lodo
 ΔM = Incremento de densidad

GRÁFICA DE PROFUNDIDAD Vs PRESIÓN DE FRACTURA Y PRESIÓN DE FORMACIÓN

PROFUNDIDAD (PIES)



47

GRÁFICA IV.2

3. Se desea colocar una T.R. de Producción de 7 pg de ϕ a 15,000 pies de profundidad. Determinar el número de sartas necesarias para alcanzar la profundidad objetivo.

Así mismo la T.R. superficial deberá de tener una longitud mínima de 2,000 pies; en tanto la T.R. conductora alcanzará una profundidad de 180 pies.

DATOS:	PROFUNDIDAD (pies)	P. FORM. (lb/gal)	P. FRACTURA (lb/gal)
	1,000	9.0	12.2
	2,000	9.0	13.0
	4,000	9.0	14.4
	6,000	9.0	15.4
	8,000	9.0	16.1
	9,000	9.0	16.45
	9,500	9.1	16.7
	10,000	9.3	16.9
	10,500	10.0	17.1
	11,000	11.4	17.44
	11,500	12.8	17.88
	12,000	15.4	18.22
	12,500	16.0	18.36
	13,000	16.24	18.5
	13,500	16.40	18.6
	14,000	16.55	18.65
	14,500	16.65	18.75
	15,000	16.7	18.8

SOLUCIÓN

Con los datos anteriores se realiza la gráfica (IV.3), en la cual se trazan las presiones de formación y de fractura así como las líneas con los márgenes de seguridad. Al gradiente de presión de poro se le aumenta 0.5 lb/gal en tanto que al gradiente de fractura se le resta 0.5 lb/gal a toda las profundidades.

a) A los 15,000 pies se requiere una $\rho_{lodo} = 17.6$ lb/gal (punto a) A partir de este punto se traza una vertical hasta intersectar la línea del GPff dandonos una profundidad = 11,400 pies. (punto b)

b) Para prevenir la fractura de la formación arriba de los 11,400 pies se requiere de una T.R. intermedia con una densidad de lodo = 13.6 lb/gal (punto c)

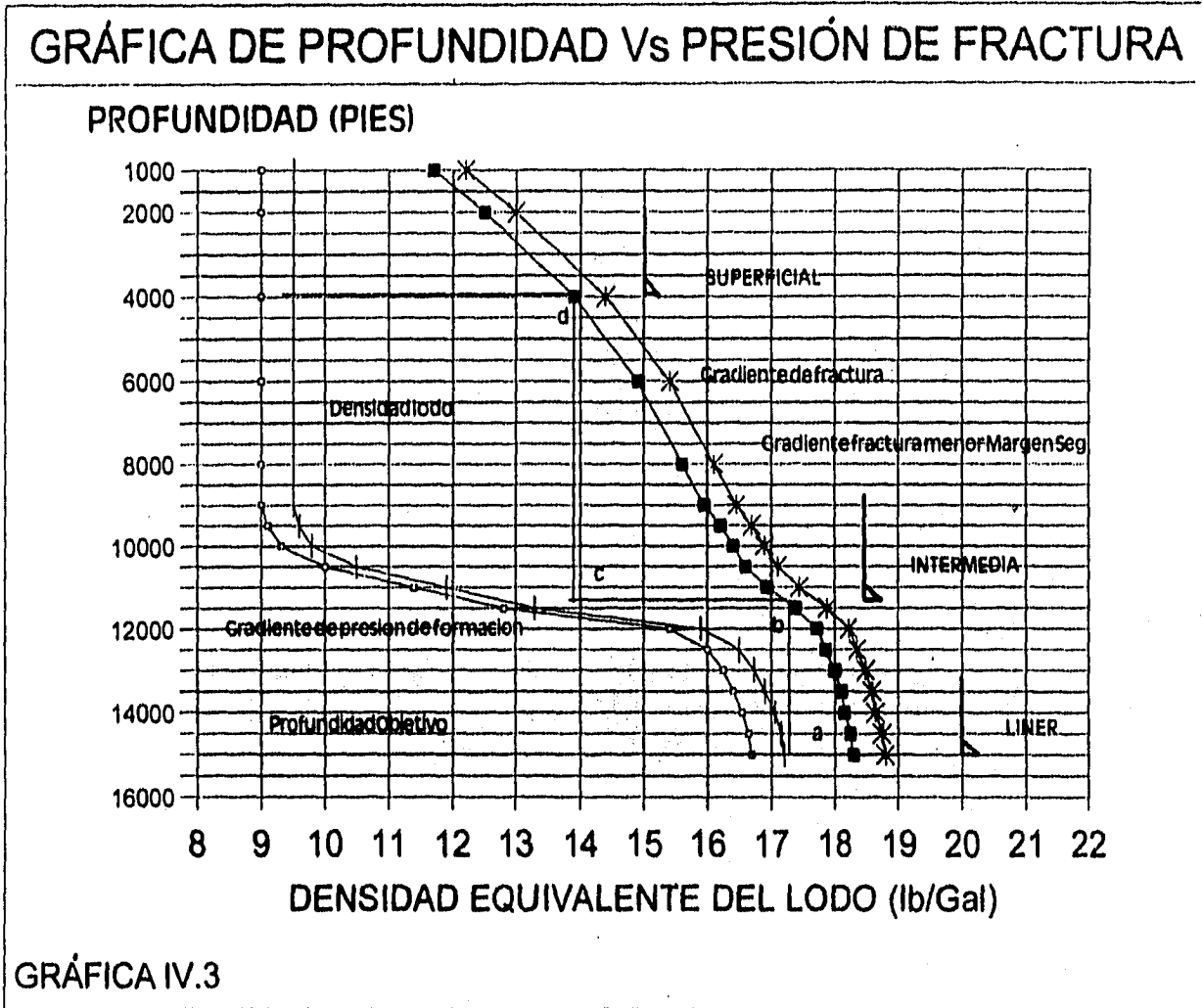
c) Así mismo al trazar otra vertical se obtiene la profundidad de 4,000 pies para la colocación de la T.R. superficial (punto d)

d) Como la presión a 4,000 pies es normal una T.R. conductora de 180 pies, es apropiada.

Por otro lado solo 2,000 pies son apropiados para proteger los acuíferos; Sin embargo si esta longitud mínima es utilizada, la T.R. intermedia deberá de ser colocada en la zona superior de transición. Un Liner adicional también deberá de ser colocado antes de alcanzar la profundidad total.

Gráfica (IV.3)

Diseño final de T.R.



GRÁFICA IV.3

4. Utilizando los siguientes datos, seleccione el diámetro exterior para el conjunto de sartas de revestimiento previamente diseñadas.

T.R. (pg)	Prof. Asentamiento
Producción	14,500 pies
Intermedia	11,000 pies
Superficial	2,500 pies
Conductora	300 pies

SOLUCIÓN

Para determinar el diámetro exterior de cada Sarta de Revestimiento, se utilizan las tablas (4.a) y (4.b) las cuales registran los tamaños de T.Rs. y Barrenas comunmente utilizadas. Tomando en cuenta que la T.R. de producción es de 5.5 pg., se determinó con la tabla 4.a que una barrena de 7 7/8 es necesaria para perforar este intervalo. Así mismo una barrena de 7 7/8 tendrá que pasar por una T.R. Intermedia de 8 5/8, la cual es determinada con la ayuda de la tabla 4.b

De acuerdo con los datos presentados en la tabla (4.a) una barrena de 12 1/4 pg será necesaria para perforar la profundidad de la T.R intermedia. Así mismo con la ayuda de la tabla 4.b, esta barrena tendrá que pasar por una T.R. Superficial de 13 3/8" ϕ .

Este diámetro de 13 3/8", nos indica que es necesaria una barrena de 17 1/2" ϕ para perforar esta sección.

Por último se determina el diámetro de la sarta conductora, el cual será de 18 5/8" ϕ . y el que a su vez requerirá una barrena de 20" ϕ para perforar esa sección.

DISEÑO FINAL DEL ESTADO MECÁNICO DEL POZO

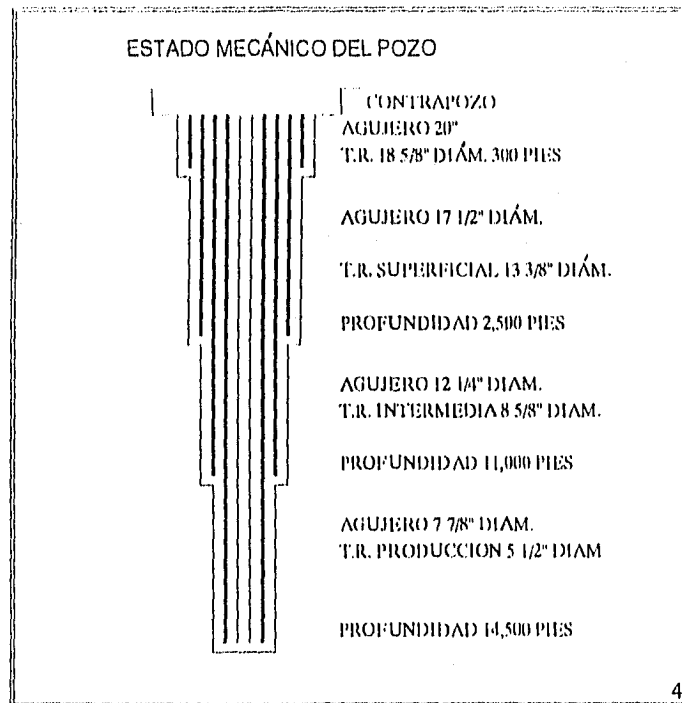


TABLA 4.a
TAMAÑO DE BARRENAS MAS UTILIZADAS

DIAM. T.R. D. exterior (pg)	TAM. COP D. exterior (pg)	TAMAÑO BARRENA COMUNES (pg)
4 1/2	5.0	6, 6 1/8, 6 1/4
5	5.563	6 1/2, 6 3/4
5 1/2	6.050	7 7/8, 8 3/8
6	6.625	7 7/8, 8 3/8, 8 1/2
6 5/8	7.390	8 1/2, 8 5/8, 8 3/4
7	7.656	8 5/8, 8 3/4, 9 1/2
7 5/8	8.500	9 7/8, 10 5/8, 11
8 5/8	9.625	11, 12 1/4
9 5/8	10.625	12 1/4, 14 3/4
10 3/4	11.750	15
13 3/8	14.375	17 1/2
16.0	17.0	20
20.0	21.0	24, 26

TABLA 4.b
TAMAÑOS DE BARRENAS USADAS COMUNENTE

DIAM. T.R. D. exterior (pg)	PESO/PIE (lb/pie)	DIAM. INTERNO (pg)	DIAM. NOMINAL (pg)	TAMAÑO BARRENA (pg)
4 1/2	9.50	4.090	3.965	3 7/8
	10.50	4.052	3.927	
	11.60	4.000	3.875	
	13.50	3.930	3.795	3 3/4
5	11.30	4.560	4.435	4 1/4
	13.00	4.494	4.369	
	15.00	4.408	4.283	
	18.00	4.276	4.151	3 7/8
5 1/2	15.00	5.044	4.919	4 3/4
	14.00	5.012	4.887	
	15.50	4.950	4.825	
	17.00	4.892	4.764	
	20.00	4.778	4.653	4 5/8
	23.00	4.670	4.545	4 1/4
6 5/8	17.00	6.135	6.010	6
	20.00	6.049	5.924	5 5/8
	24.00	5.921	5.796	
	28.00	5.791	5.666	
	32.00	5.675	5.550	4 3/4
7	17.00	6.538	6.413	6 1/4
	20.00	6.456	6.331	
	23.00	6.366	6.241	
	26.00	6.276	6.151	6 1/8
	29.00	6.184	6.059	6
	32.00	6.094	5.969	
	35.00	6.006	5.879	
	38.00	5.920	5.795	5 5/8
7 5/8	20.00	7.125	7.000	6 3/4
	24.00	7.025	6.900	
	26.40	6.969	6.844	
	29.70	6.875	6.750	
	33.70	6.765	6.640	6 1/2
	39.00	6.625	6.500	
8 5/8	24.00	8.098	7.972	7 7/8
	28.00	8.017	7.892	
	32.00	7.921	7.796	6 3/4
	36.00	7.825	7.700	
	40.00	7.725	7.600	
	44.00	7.625	7.500	
	49.00	7.511	7.386	
9 5/8	29.30	9.065	8.907	8 3/4, 8 1/2
	32.30	9.001	8.845	
	36.00	8.921	8.765	8 5/8, 8 1/2
	40.00	8.835	8.679	
	43.50	8.755	8.599	
	47.00	8.661	8.525	8 1/2
	53.50	8.535	8.379	7 3/8
10 3/4	32.75	10.192	10.036	9 7/8
	40.50	10.050	9.894	
	45.50	9.950	9.794	9 5/8
	51.00	9.830	9.691	
	55.00	9.760	9.604	
	60.70	9.660	9.504	8 3/4, 8 1/2
	65.37	9.560	9.404	8 3/4, 8 1/2
11 3/4	38.00	11.154	10.991	11
	42.00	11.084	10.926	
	47.00	11.000	10.844	10 5/8
	54.00	10.880	10.724	
	60.00	10.772	10.616	
13 3/8	48.00	12.715	12.559	12 1/4
	54.50	12.615	12.459	
	61.00	12.515	12.359	
	68.00	12.415	12.259	
	72.00	12.347	12.191	11
16	55.00	13.575	13.188	15
	65.00	13.250	13.062	
	75.00	13.125	14.939	14 3/4
	84.00	13.010	14.822	
	109.00	14.688	14.500	
18 3/8	87.30	17.755	17.567	17 1/2
20	94.00	19.124	18.916	17 1/2

5. Utilizando los datos del ejercicio No. 3 determine el estado mecánico del siguiente pozo.

Tubería Revestimiento	Prof. asentamiento
Producción 5 1/2"	15,000 pies
Intermedia	11,400
Superficial	4,000
Conductora	180

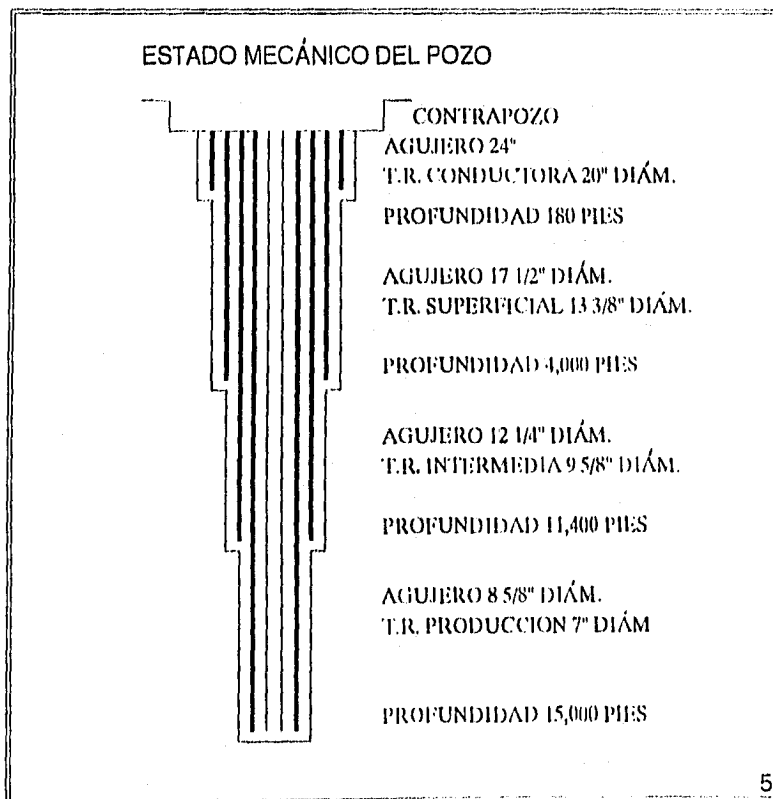
SOLUCIÓN

Una vez que se ha determinado el número de tuberías de revestimiento a utilizar, se procede a determinar el diámetro de dichas tuberías o mejor dicho se comienza a diseñar la geometría del pozo, haciéndose uso de las tablas (4.a) y (4.b); Dando los siguientes resultados:

T.R. (pg) → Tabla utilizada → Barrena → Tabla utilizada → T.R. (pg)

Producción	7"	4.a	8.625"	4.b	9 5/8"
Intermedia	9 5/8"	4.a	12.25"	4.b	13 3/8"
Superficial	13 3/8"	4.a	17.5"	4.b	20"
Conductora	20"	4.aa	24"		

Diseño final de la geometría del pozo (estado mecánico).



6. Diseñar un pozo direccional, empleando una trayectoria del tipo Aumentar y Mantener, para los siguientes datos:

Prof. inicio desviación = 2,000 pies	D ₁
Desplazamiento lateral 5,500 pies	X ₃
Prof. vertical total 8,100 pies	D ₃
Ritmo de incremento 2°/100 pies	

El diseño deberá incluir lo siguiente:

- Máxima inclinación del ángulo alcanzado.
- Profundidad medida al final del incremento y en el blanco.
- Desplazamiento horizontal al final del incremento y a las Profundidades de 3,100 , 5,100 y 7,100 pies

SOLUCIÓN

a) Radio de curvatura

$$R_1 = 5,730 / 2 = 2,865 \text{ pies} \quad \Rightarrow R_1 < X_3$$

$$\theta = 180 - \arctan \frac{D_3 - D_1}{X_3 - R_1} - \arccos \frac{R_1}{D_3 - D_1} \quad \text{sen} \arctan \frac{D_3 - D_1}{X_3 - R_1}$$

$$\theta = 180 - \arctan \frac{6,100}{2,635} - \arccos \frac{2,865}{6,100} \quad \text{sen} \arctan \frac{6,100}{2,635}$$

$$\theta = 48.9043 = 48^\circ 54' 15'' \quad \text{Máximo ángulo alcanzado}$$

b) Longitud de arco $L = \frac{\theta}{q} \times 100 = \frac{48.9043}{2} \times 100 = 2,445.213 \text{ pies}$

$$\Omega = \arcsen \frac{R_1}{\left((R_1 - X_3)^2 + (D_3 - D_1)^2 \right)^{0.5}} = \arcsen \frac{2,865}{\left((2,635)^2 + (6,100)^2 \right)^{0.5}}$$

$$\Omega = 31.3836^\circ$$

La profundidad medida al final del incremento

$$D_m = 2,000 + 2,445.213 = 4,445.213 \text{ pies}$$

La profundidad medida al alcanzar el blanco TVD = 8,100 pies

$$D_B = 4,445.213 + \frac{R_1}{\tan \Omega} = 4,445.213 + 2,865 / 0.610$$

$$D_B = 9,141.86 \text{ pies}$$

c) Desplazamiento al final del incremento

$$X_2 = R_1 (1 - \cos \theta) = 2,865 (1 - \cos 48.9043) = 981.78 \text{ pies}$$

Desplazamiento horizontal a 3,100 pies

$$3,100' = 2,000' + 2,865' \operatorname{sene}$$

$$\theta = \operatorname{arcsen}(1,100/2,865) = 22.578^\circ$$

$$\therefore X_{3,100} = 2,865 * (1 - \cos 22.578) = 219.58 \text{ pies}$$

Desplazamiento horizontal a 5,100 pies

$$X_{5,100} = 2,865 * (1 - \cos 48.90) + (5,100 - 2,000 - 2,865 * \sin 48.90) * \tan 48.90$$

$$X_{5,100} = 2,060.36 \text{ pies}$$

Desplazamiento horizontal a 7,100 pies

$$X_{7,100} = 2,865 * (1 - \cos 48.90) + (7,100 - 2,000 - 2,865 * \sin 48.90) * \tan 48.90$$

$$X_{7,100} = 4,496.63 \text{ pies}$$

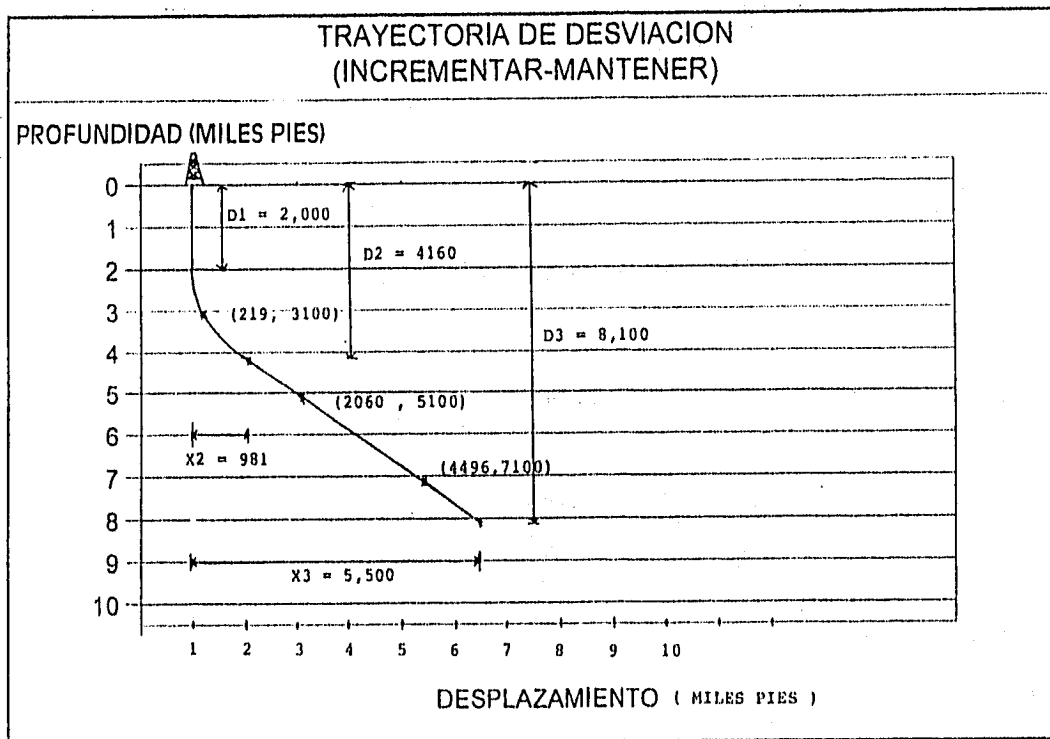


Gráfico de la trayectoria

7. Planear un pozo desviado cuya trayectoria sea del tipo Incrementar-Mantener-Disminuir donde:

- D₁ Prof. inicio desvío 3,100 pies
- X₄ Máximo desplazamiento requerido 2,100 pies
- q_{v1} Razón áng. incremento 2°/100 pies
- q_{v2} Razón áng. decremento 2°/100 pies

- a) Si la TVD es de 10,200 pies, a que profundidad el pozo regresará a la vertical.
- b) ¿Qué longitud de sarta de revestimiento se requerirá para alcanzar el blanco?
- c) ¿Qué distancia tiene la sección de Mantener?
- d) Si se corre una T.R. intermedia a una profundidad de 8,210 pies, ¿Qué cantidad de T.R. será necesaria y cuál es el desplazamiento horizontal en la zapata del Casing.?

SOLUCIÓN

Determinación del radio de curvatura.

$$R_1 = R_2 = 5,730/2 = 2,865 \text{ pies} \quad R_1 + R_2 > X_4$$

$$\therefore \theta = \arctan\left(\frac{D_4 - D_1}{R_1 + R_2 - X_4}\right) - \arccos\left(\frac{R_1 + R_2}{D_4 - D_1} * \sin(\arctan\left(\frac{D_4 - D_1}{R_1 + R_2 - X_4}\right))\right)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{7,100}{3,630}\right) - \arccos\left(\frac{5,730}{7,100} * \sin(\arctan\left(\frac{7,100}{3,630}\right))\right)$$

$$\theta = 18.86^\circ \quad \text{ángulo máximo inclinación tanto para incremento como para decremento}$$

$$\text{Longitud de arco } L = \frac{\theta}{q_v} * 100 \Rightarrow L = \frac{18.86}{2} * 100 = 943 \text{ pies}$$

$$\text{Desplazamiento lateral } X_2 = 2,865 * (1 - \cos 18.86) = 153.82$$

Determinación de la longitud de la sección de áng. cte. 'Mantener'
Como no se sabe cuál es el desplazamiento de esta sección, observamos que el desplazamiento de R₁ será igual al desplazamiento de R₂ ya que la razón del ángulo de incremento como de decremento es igual; por lo tanto considerando X₅ = desplazamiento de R₂

$$X_3 = X_4 - X_2 \Rightarrow X_3 = 10,200 - 154 = 1,946 \text{ pies}$$

D ₁ =3,100	D ₂ =D ₁ +R ₁ sinθ
D ₂ =?	D ₂ =3,100+2,565*sin18.86
D ₃ =?	D ₂ = 4,026 pies
D ₄ =10,200	D ₄ =D ₃ + (D ₂ -D ₁)

$$D_3 = 10,200 - 926 = 9,274 \text{ pies}$$

Longitud de la sección de ángulo constante

$$L_{cte} = R_1 / \tan \Omega \quad \Omega = \arcsin \left(\frac{R_1}{(R_1 - X_3)^2 + (D_3 - D_1)^2} \right)$$

$$\Omega = \arcsin \left(\frac{2,865}{((919)^2 + (6,174)^2)^{0.5}} \right) = 27.32$$

$$L_{CB} = 2,865 / \tan 27.32^\circ = 5,546 \text{ pies}$$

Longitud del arco DE L₂ = 943 pies

La TVD a la que el pozo regresará a la vertical es :

$$D_m = 3,100 + 943' + 5,546' + 943' = 10,532 \text{ pies}$$

Donde la longitud de la sarta de revestimiento será igualmente de 10,532 pies

La distancia de la sección de ángulo cte. es de 5,546 pies

La longitud de la T.R. será :

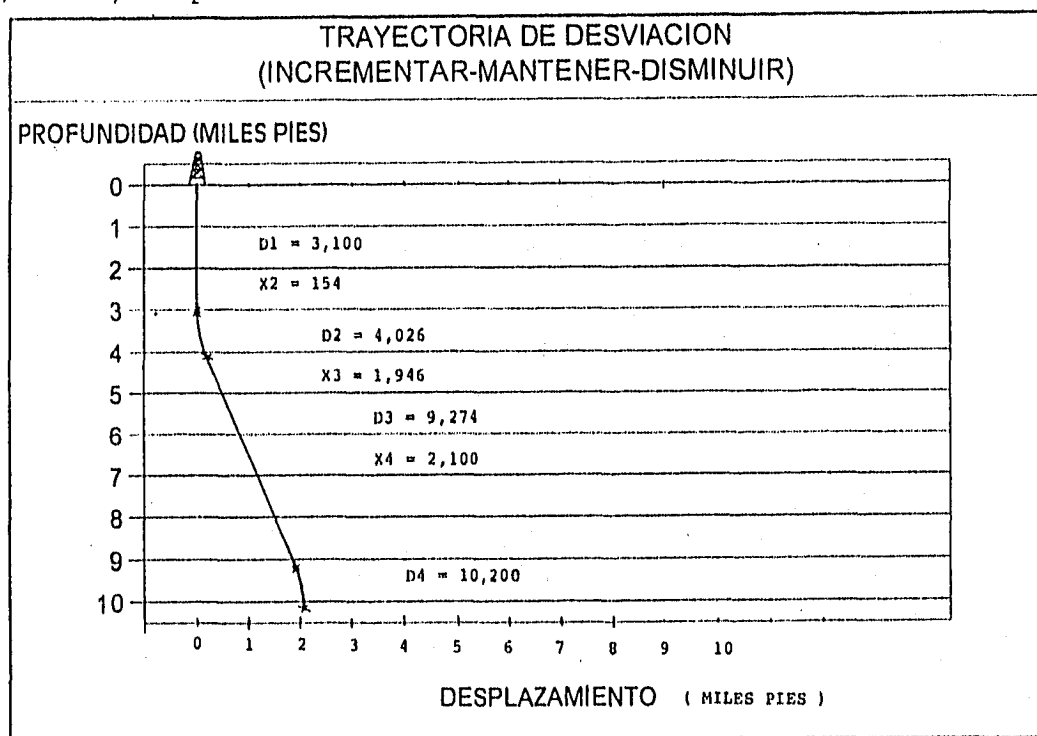
A una TVD de 8,210 pies la profundidad medida es

$$D_m = 3,100 + 943 + \frac{8,210 - 3,100 * \sin(18.86)}{\cos 18.86} = 11,660$$

Cuyo desplazamiento horizontal será

$$X_{8,210} = 2,865(1 - \cos 18.86) + (8,210 - 3,100 - 2,865 * \sin 18.86) * (\tan 18.86)$$

$$X_{8,210} = 1,583 \text{ pies}$$



4.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Una compañía requiere terminar un pozo a 12,000 pies, utilizando una T.R. de producción de 6.625 pg.

Los datos del gradiente de presión de poro y el gradiente de fractura son dados a continuación:

Prof. (pies)	Grad P.poro (lb/gal)	Grad. P. Fract. (lb/gal)	
1,000	9.0	12.0	
2,000	9.0	12.9	Dens.lodo 0.3 lb/gal
3,000	9.0	13.6	Fact Seg. 1.1
4,000	9.0	14.2	Fact surgencia y sua-
5,000	9.0	14.8	veo = 0.3 lb/gal
6,000	9.0	15.2	
7,000	9.0	15.6	
8,000	9.0	15.9	
9,000	12.0	16.8	
10,000	14.0	17.4	
11,000	15.0	17.8	
12,000	16.0	18.1	

Diseñar el programa completo de Tuberías de Revestimiento a utilizar en este Pozo.

2. Seleccionar la profundidad de colocación de una T.R. Superficial utilizando los siguientes datos:

Factor Brote = 0.5 lb/gal

Dens. orig. lodo = 10.5 lb/gal

Profundidades de Asentamiento T.R. Intermedia = 8,000 , 9,000 , 10,000 y 12,000 pies

Prof. (pies)	G.P.Poro (lb/gal)	G.P.Fract. (lb/gal)
9,400	9.0	16.35
9,500	9.5	16.55
10,000	11.0	17.08
10,500	11.8	17.41
11,000	12.3	17.64
11,500	12.9	17.83
12,000	13.3	17.96
12,500	13.5	18.04
13,000	14.0	18.19
13,500	15.0	18.43
14,000	16.0	18.64
14,500	16.2	18.69

3. Un operador quiere terminar un Pozo con una T.R. de producción de 5 pg; Para ello requiere introducir 4 sartas de T.R. (incluyendo la T.R. de producción) durante el curso del pozo.

- a) ¿Cuál será la menor tubería conductora que el puede utilizar?
- b) ¿Qué tamaño deberá de recomendar?
- c) Si el pozo se formo curvo, ¿Qué programa de T.R. recomendarias?

4. Determine el diámetro necesario de barrena, para perforar a la profundidad de la T.R. superficial de un pozo, si el programa de revestimiento incluye una T.R. Intermedia y una T.R. de producción de 5.5 pg.

4. Un operador está perforando un agujero de 12 1/4 pg; Él planea correr una T.R. intermedia de 9 5/8 pg, y perforar posteriormente con una barrena de 8.5 pg y entonces correr una sarta de 7 pg a la profundidad total. Así permitira una terminación doble.

Un brote se presenta, con lo cual el Liner debe de ser corrido prematuramente; Diseñe una alternativa en la geometría de la T.R. y explique sus razones, así mismo que tamaño de T.R. de producción deberá de ser elegida.

6. Planear un Pozo Direccional, utilizandola trayectoria de incrementar-mantener-disminuir; con un desplazamiento horizontal del blanco de 9,010 pies.

TVD cima del blanco = 14,100 pies

Razón de incremento y decremento del ángulo $2^{\circ}/100$ pies

- a) Cuál deberá de ser la profundidad de inicio de desvío, si al término del ángulo de deriva se tienen 52° .
- b) Si la T.R. Intermedia es corrida hasta el final del punto de incremento del ángulo; que cantidad de T.R. será necesaria y cual es el desplazamiento horizontal y la TVD en la zapata de la T.R.
- c) Determine la profundidad vertical verdadera al inicio del ángulo de disminución, así como la profundidad media.
- d) Cuál es el desplazamiento horizontal al inicio y al final del ángulo de decremento

7. Planear un pozo direccional con trayectoria del tipo S modificada, donde el blanco deberá de ser intersectado con una inclinación constante de 20 grados

Prof. inic. desv. 1500 pies

Razon del ángulo incremento $2^{\circ}/100$ pies

Razon del ángulo decremento $2_{\circ}/100$ pies

Desplazamiento lateral deseado 3,100 pies

Prof. vertical verdadera 9,075 pies

- a) ¿Cuál es la máxima inclinación alcanzada ?
- b) ¿Cuál es la longitud de la T.R. necesaria desde la superficie al final de la sección Incrementar-Mantener?

- c) La longitud de la T.R. necesaria desde la superficie a la profundidad vertical verdadera de 9,075 pies
- d) Si el intervalo productor se localiza entre los 9,355 y 9,420 pies, cuál es la profundidad vertical y el desplazamiento horizontal en la cima y base de la zona productora.
8. Diseñar un pozo vertical empleando los siguientes datos:

Prof. (pies)	P.formac. (lb/gal)	P.fract. (lb/gal)
6,000	9.0	15.22
6,500	9.0	15.53
7,000	9.0	15.67
7,500	9.0	15.80
8,000	9.0	16.09
9,000	9.0	16.46
10,000	9.0	16.71
10,200	9.0	16.76
10,400	9.0	16.82
10,600	11.73	17.07
10,800	12.12	17.44
11,000	12.31	17.71
11,200	13.29	17.92
11,400	14.02	18.09
11,600	14.44	11.19
11,800	15.08	18.34
12,000	15.52	18.42

a) Determine el programa de tuberías de revestimiento y profundidades de asentamiento; checar el programa considerando posibles problemas de pegadura por presión diferencial y la posibilidad de brotes de gas

b) Programa de diámetros de tuberías de revestimiento y barrenas se requiere un diámetro de T.R. de Producción de 5 pg.

c) Programa de densidad del fluido de perforación para cada intervalo

d) Calcule y gráfique la trayectoria del pozo según sea el caso; además calcule la profundidad total medida desde la superficie hasta el objetivo

Prof. objetivo 12,000 pies
 Ritmo del ángulo de incremento 2_o/100 pies
 Desplazamiento lateral 5,000 pies
 Prof. inicio desviación 1,600 pies

CAPÍTULO V

SELECCIÓN DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

5.1 PROBLEMAS RESUELTOS (1,2,3,5)

1. Determine el material requerido para la preparación de 250 bls de una salmuera de 13.8 lb/gal de CaCl₂/CaBr₂. Utilice las tablas (5.1) y (5.2) y discuta las diferencias entre ambas soluciones.

SOLUCIÓN

Para determinar la cantidad de material requerido en la preparación de la salmuera, se utilizan cartas y tablas con las formulaciones del contenido y porcentajes manejables de soluciones.

a) Consultando la tabla (5.1), el porcentaje de materiales para preparar una salmuera de 13.8 lb/gal de CaCl₂/CaBr₂ a partir de una salmuera de 11.6 lb/gal de CaCl₂ y una salmuera de 14.2 lb/gal de CaBr₂ es: CaCl₂ = 0.3714 y CaBr₂ = 0.55890

Cantidad requerida de CaCl₂ = 0.3714 * 250 = 92.85 Bls.

Cantidad requerida de CaBr₂ = 0.5589 * 250 = 139.73 Bls.

b) De la tabla (5.2) la cantidad requerida de materiales para prepara una salmuera de 13.8 lb/gal de CaCl₂/CaBr₂a partir de una solución de 11.3 lb/gal de CaCl₂ y otra de 14.2 lb/gal de CaBr₂ es:

CaCl₂ = 0.138 y CaBr₂ = 0.862

Cantidad requerida de CaCl₂ = 0.138 * 250 = 34.5 Bls.

Cantidad requerida de CaBr₂ = 0.862 * 250 = 215.5 Bls.

Se observa que al disminuir el porcentaje de CaCl₂, el volumen de CaBr₂ se incrementa notablemente, presentándose diferencia entre las cantidades de materiales

Tabla 5.1

Calcium chloride/calcium bromide solution requirements using 11.6-lb/gal CaCl₂ brine, 14.2-lb/gal CaBr₂ brine, and sacked CaCl₂

To Make 1 bbl (42 gal)				
Brine Density at 80°F lb/gal	11.6 lb/gal CaCl ₂ bbl	14.2 lb/gal CaBr ₂ bbl	84-87% CaCl ₂ lb	Crystallization Point °F
11.7	8714	8754	2	+ 45
11.8	8425	8507	8	+ 31
11.9	8153	8467	8	+ 33
12.0	8037	1016	12	+ 34
12.1	8572	1205	15	+ 35
12.2	8594	1824	18	+ 35
12.3	8660	1718	21	+ 36
12.4	8715	2022	24	+ 36
12.5	8748	2206	27	+ 37
12.6	8743	2340	30	+ 37
12.7	8737	2484	33	+ 38
12.8	8732	2618	36	+ 38
12.9	8728	2802	38	+ 39
13.0	8725	2936	42	+ 39
13.1	8724	3070	45	+ 40
13.2	8724	3204	48	+ 40
13.3	8724	3338	52	+ 40
13.4	8725	3472	55	+ 41
13.5	8727	3606	58	+ 41
13.6	8729	3740	61	+ 42
13.7	8730	3874	64	+ 42
13.8	8731	4008	67	+ 42
13.9	8732	4142	70	+ 43
14.0	8733	4276	73	+ 44
14.1	8734	4410	76	+ 44
14.2	8735	4544	79	+ 44
14.3	8736	4678	82	+ 44
14.4	8737	4812	85	+ 45
14.5	8738	4946	88	+ 45
14.6	8739	5080	91	+ 46
14.7	8740	5214	94	+ 46
14.8	8741	5348	97	+ 47
14.9	8742	5482	100	+ 47
15.0	8743	5616	103	+ 47
15.1	8744	5750	106	+ 48

* Figures of points

Tabla 5.2

Calcium chloride/calcium bromide solution requirements using 11.3-lb/gal CaCl₂ brine and 14.2-lb/gal CaBr₂ brine

Brine Density at 80°F, lb/gal	11.3 lb/gal CaCl ₂ bbls	14.2 lb/gal CaBr ₂ bbls	Crystallization Point °F
11.3	1000	000	+ 20
11.4	863	034	+ 18
11.5	827	068	+ 17
11.6	807	102	+ 17
11.7	863	137	+ 18
11.8	878	172	+ 18
11.9	894	206	+ 18
12.0	911	241	+ 19
12.1	928	276	+ 19
12.2	940	310	+ 19
12.3	955	345	+ 19
12.4	971	378	+ 19
12.5	984	414	+ 19
12.6	997	448	+ 19
12.7	1017	483	+ 20
12.8	1043	517	+ 20
12.9	1069	552	+ 20
13.0	1094	586	+ 20
13.1	1119	621	+ 20
13.2	1145	655	+ 20
13.3	1170	690	+ 20
13.4	1195	724	+ 20
13.5	1219	758	+ 20
13.6	1243	792	+ 20
13.7	1267	827	+ 20
13.8	1290	862	+ 20
13.9	1314	896	+ 20
14.0	1338	931	+ 20
14.1	1361	965	+ 20
14.2	1385	1000	+ 20

2. Se colocó una cubeta de lodo dentro del cono de una unidad hidrociclónica, la cual es utilizada para desarenar lodos de baja densidad. Veinte segundos fueron requeridos para recolectar un cuarto de líquido con una densidad de 20 lb/gal. Calcule la cantidad de sólidos y líquido que es separada por el cono en una hora.

SOLUCIÓN

$$\rho = m/v ; \rho = \frac{m_{sól} + m_{agua}}{V_{sól} + V_{agua}} \quad \begin{array}{l} f_{sólidos} = 21.7 \text{ lb/gal} \\ f_{agua} = 8.33 \text{ lb/gal} \end{array}$$

$$20 = \frac{\rho V_{sól} + \rho V_{agua}}{V_{sól} + V_{agua}} = \rho_{sól} \cdot f_{sól} + \rho_{agua} \cdot f_{agua}$$

$$20 = 21.7 \cdot f_{sól} + 8.33 \cdot (1 - f_{sól}) \rightarrow f_{sólidos} = 0.8728$$

Cantidad de sólidos generados en una hora:

$$0.8728 \cdot \left(\frac{1 \text{ cuarto}}{20 \text{ seg.}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ gal}}{1 \text{ cuarto}}\right) \cdot \left(\frac{21.7 \text{ lbm}}{1 \text{ gal}}\right) \cdot \left(\frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hr}}\right)$$

$$\text{Sólidos} = 852.3 \text{ lbm/hr}$$

Cantidad de líquidos generados en una hora :

$$(1.0 - 0.8728) \cdot \frac{1 \text{ cuarto}}{20 \text{ seg}} \cdot \frac{1 \text{ gal}}{4 \text{ cuartos}} \cdot \frac{8.33 \text{ lb/gal}}{1 \text{ gal}} \cdot \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hr}}$$

$$\text{Líquido} = 47.68 \text{ lbm/hr}$$

4. Un Ingeniero en Perforación pretende utilizar, un lodo lignosulfanatado en un pozo cuya P.poro se muestra en la sig. tabla; utilizando un margen de seguridad de 0.4 lb/gal entre la densidad del lodo y la presión de poro; prepare un programa de lodos mostrando las densidades del lodo, así como los valores máximos y mínimos para sólidos, viscosidad march, viscosidad plástica y punto de cedencia. Prepare los valores para intervalos de 1,000 pies.

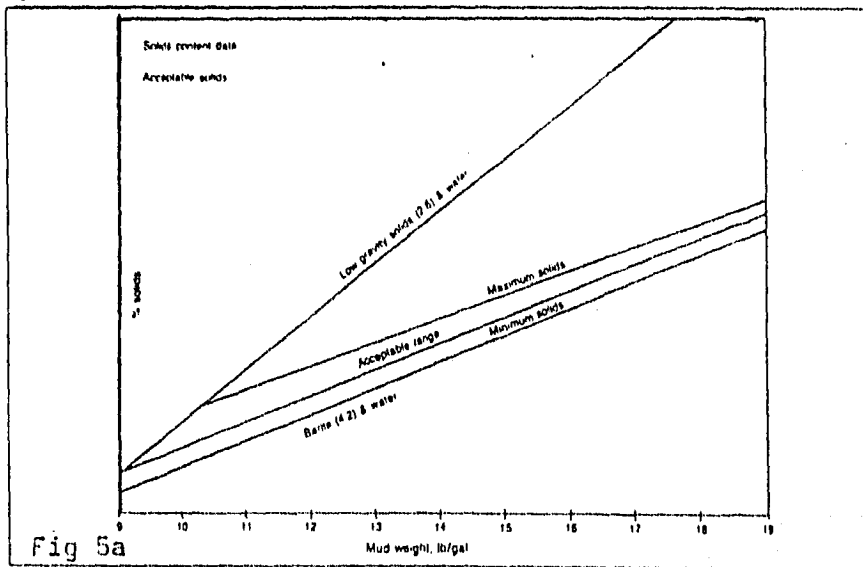
Prof. (pies)	P.poro (lb/gal)
2,000	9.0
4,000	9.0
6,000	9.0
8,000	9.0
9,000	10.22
10,000	11.84
11,000	13.90
12,000	15.18
13,000	15.80
14,000	16.95

SOLUCIÓN

- a) Utilizo la fig (5.a) para determinar la cantidad mínima y máxima de sólidos
 b) Uso de la tabla (5.3) para obtener los rangos de PV y YP

Prof. (pies)	Den.lodo (lb/gal)	% Sólidos Mín.	% Sólidos Máx.	Visc.March (Seg/qt)	PV (cp)	YP (lb/100pie ²)
2,000	9.4	4	13	32-40	5-8	5-18
4,000	9.4	4	13	32-40	5-8	5-18
6,000	9.4	4	13	32-40	5-8	5-18
8,000	9.4	4	13	32-40	5-8	5-18
9,000	10.6	9	17	33-38	10-15	5-15
10,000	12.2	15	22	38-42	19-23	5-13
11,000	14.3	23	27	41-47	25-30	5-12
12,000	15.6	27	32	42-48	29-34	5-12
13,000	16.2	29	34	44-52	33-39	5-12
14,000	17.4	33	37	48-54	37-44	5-13

DENSIDAD LODO	VISCOSIDAD MARCH	VISCOSIDAD PLASTICA	PUNTO DE CEDENCIA	SOLIDOS %
8.5	32 - 40	5 - 8	5 - 18	1 - 3
9.0	32 - 40	5 - 8	5 - 18	3 - 6
10.0	33 - 38	10 - 15	5 - 15	9 - 12
11.0	34 - 40	16 - 20	5 - 14	13 - 17
12.0	38 - 42	19 - 23	5 - 13	17 - 20
13.0	40 - 45	22 - 26	5 - 12	20 - 24
14.0	41 - 47	25 - 30	5 - 12	24 - 27
15.0	42 - 48	29 - 34	5 - 12	27 - 30
16.0	44 - 52	33 - 39	5 - 12	30 - 33
17.0	48 - 54	37 - 44	5 - 13	34 - 36
18.0	50 - 56	43 - 50	7 - 17	37 - 40
19.0	56 - 63	49 - 58	8 - 17	40 - 43



4. Un equipo de aire está operando en el Oeste de Nuevo México a 5,400 pies; Una barrena de 6" ϕ y una T.P. de 3 1/2" ϕ son utilizadas.

Calcule y grafique la proporción de aire requerido para la circulación para perforar a razón de 10 a 100 pies/hora; utilice incrementos de 10 pies/hora.

SOLUCIÓN

Para determinar la cantidad de aire, utilizamos la siguiente expresión:

$$Q = 5.1 \cdot \pi \cdot (d_H^2 - d_P^2) + R \cdot D$$

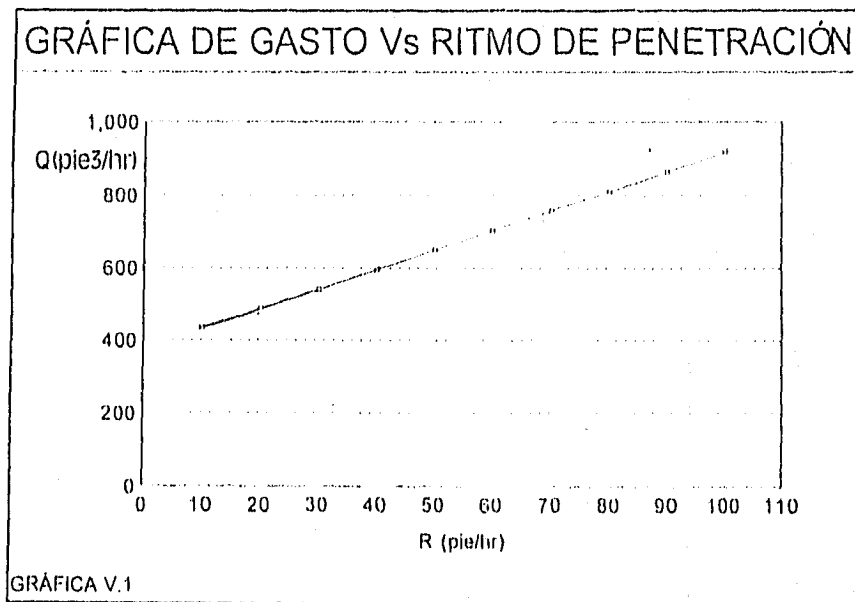
Donde:

- Q = Razón de flujo requerido (pies³/hr.)
- d_H = Diámetro del agujero (pg)
- d_P = Diámetro de la tubería (pg)
- R = Razón de perforación esperado (pis/hr)
- D = Profundidad del pozo (1,000 pies)

$$Q = 5.1 \cdot \pi \cdot (6^2 - 3.5^2) + (10 \cdot 5.4) = 434.52 \text{ pies}^3/\text{hr}$$

Para R = 10, 20, 30, 40, 50, 60, , 90, 100 pies/hr.

- Q₁₀ = 434.52 pies³/hr
- Q₂₀ = 488.52
- Q₃₀ = 542.52
- Q₄₀ = 596.52
- Q₅₀ = 650.52
- Q₆₀ = 704.52
- Q₇₀ = 758.52
- Q₈₀ = 812.52
- Q₉₀ = 866.52
- Q₁₀₀ = 920.52



De la gráfica se observa un incremento directamente proporcional del gasto de aire con respecto al ritmo de perforación.

5. Una zona de baja presión se encuentra a 5,600 pies; así mismo se ha determinado que se puede fracturar la formación si se utilizan lodos con densidades mayores a los 6.3 lb/gal. ¿Qué volumen de aire se requiere para crear un sistema de niebla si 8.33 lb/gal de agua y aire son mezclados?

Considere que se bombea el lodo a razón de 160 gal/min

SOLUCIÓN

Utilizando la expresión para determinar el volumen de aire requerido para aumentar la capacidad de elevación y reducir la presión hidrostática

$$\frac{n}{100-n} = \frac{2.3 \text{Log}(3.53 \cdot 10^{-3} D \cdot W_f + 1)}{0.00353 \cdot D \cdot (W_i - W_f)}$$

Donde n = % volumen aire

D = Prof., pies

W_i = Densidad inicial lodo, lb/pg²

W_f = Densidad final lodo, lb/pg²

$$\begin{aligned} n/(100-n) &= \frac{2.3 \cdot \text{Log}(0.00353 \cdot 5,600 \cdot 6.3 \cdot 1)}{0.00353 \cdot 5,600 \cdot (8.33 - 6.3)} \\ &= 0.1203 \text{ pie}^3(\text{aire})/\text{pie}^3(\text{lodo}) \\ &= \frac{(0.1203)(160)}{7.48 \text{ gal/pie}^3} = 2.57 \text{ pie}^3/\text{min} \end{aligned}$$

6. Calcule la presión hidrostática para cada uno de los siguientes sistemas:

- a) 8,500 pies y lodo de 11.8 lb/gal
- b) 16,200 pies y lodo de 17.1 lb/gal
- c) 14,100 pies y lodo de 16.1 lb/gal

Así mismo si 100 bls de lodo son requeridos por cada 1,000 pies de profundidad del pozo, calcule la cantidad de barita requerida para aumentar la densidad del lodo 0.5 lb/gal

SOLUCIÓN

a) P. hidrostática = $0.052 \cdot 11.8 \text{ lb/gal} \cdot 8,500 \text{ pies} = 5,215.6 \text{ psi}$

b) P. hidrostática = $0.052 \cdot 17.1 \cdot 16,200 = 14,405.04 \text{ psi}$

c) P. hidrostática = $0.052 \cdot 16.1 \cdot 14,100 = 11,804.52$

La cantidad de barita se determina con la siguiente expresión:

$$\text{Lb/bl} = 1,490 (W_2 - W_1) / (35.4 - W_2)$$

Para una Prof. de 8,500 pies y WM = 11.8 lb/gal la cantidad de lodo requerido es :

$$100 \text{ bls} \Rightarrow 1,000 \text{ pies}$$

$$X \text{ bls} \Rightarrow 8,500 \text{ pies} \quad \therefore X = 850 \text{ bls}$$

$$\text{lb/bl} = \frac{1,490 (12.3 - 11.8)}{35.4 - 12.3} = 32.25 \text{ lb/bl}$$

$$32.5 \text{ lb/bl} * 850 \text{ bl} = 27,413.42 \text{ lb de barita}$$

Si un saco pesa 100 lbs \Rightarrow 274.13 sacos de barita se requerirán

Para una prof. de 16,200 pies y una MW= 17.1, la cantidad de lodo requerido es :

$$\begin{aligned} 100 \text{ bls} &\Rightarrow 1,000 \text{ pies} \\ X \text{ bls} &\Rightarrow 16,200 \text{ pies} \therefore X = 1,620 \text{ bls.} \end{aligned}$$

$$\text{lb/bl} = \frac{1,490 * (17.6 - 17.1)}{(35.4 - 17.6)} = 41.85 \text{ lb/bl}$$

$$\begin{aligned} 41.85 \text{ lb/bl} * 1,620 \text{ bls} &= 67,803.37 \text{ lbs} \\ &= 678.033 \text{ sacos de barita} \end{aligned}$$

Para una prof. de 14,100 pies y una MW = 16.1 lb/gal la cantidad de lodo requerido es :

$$\begin{aligned} 100 \text{ bls} &\Rightarrow 1,000 \text{ pies} \\ X \text{ bls} &\Rightarrow 14,100 \text{ pies} \therefore X = 1,410 \text{ bls} \end{aligned}$$

$$\text{lb/bl} = \frac{1,490 * 0.5}{(35.4 - 16.6)} = 40.0 \text{ lb/bl}$$

$$\begin{aligned} 40.0 \text{ lb/bl} * 1,410 \text{ bls} &= 55,875 \text{ lbs} \\ &= 558.75 \text{ sacos de barita} \end{aligned}$$

7. Una zona a 15,000 pies tiene una presión de 11,700 psi. Cuál es la densidad mínima del lodo aceptable para prevenir un brote.

SOLUCIÓN

La presión hidrostática de lodo usualmente excede la P.poro y es menor que el gradiente de fractura, por lo tanto, para prevenir el brote nuestra densidad del lodo debé tener un valor como mínimo al equivalente a la presión hidrostática.

A partir de la ecuación de P.hidrostástica sabemos que:

$$\begin{aligned} P_h &= 0.052 * MW * TVD \\ MW &= P_h / (0.052 * TVD) \\ MW &= 11,700 / (0.052 * 15,000) \end{aligned}$$

$$MW = 15 \text{ Lb/gal.}$$

8. La densidad de 600 bls de un lodo de 12 lb/gal deberá de ser incrementada a 14 lb/gal utilizando barita. Un galón de agua por cada saco de barita deberá de ser adicionado para mantener una consistencia aceptable del lodo. El volumen final no esta limitado. ¿Qué cantidad de barita es requerida?

SOLUCIÓN

Para determinar el volumen de barita a utilizar, primero se determina la densidad de la barita por medio de la tabla 5.4 que nos indica la densidad para diferentes aditivos del lodo

$$\rho_{\text{bar}} = 35 \text{ lbm/gal}$$

Con la siguiente expresión determino el volumen final del lodo:

$$V_2 = V_1 * \frac{(\rho_{\text{bar}} - \rho_1)}{(\rho_{\text{bar}} - \rho_2)} = 600 \text{ bls} * \frac{(35 - 12)}{(35 - 14)} = 657.14 \text{ bls}$$

Y por último con la siguiente expresión determino, el peso de la barita

$$m_{\text{bar}} = (V_2 - V_1) * \rho_{\text{bar}}$$

$$= (657.14 \text{ bls} - 600 \text{ bls}) * 35 \text{ lb/gal} * 42 \text{ gal} = 83,996 \text{ lb}$$

$$V_{\text{agua}} = 8,804 \text{ gal} = 9,638 \text{ lb}$$

$$\text{El } V_{\text{bar}} = 92,800 \text{ lbs}$$

Tabla 5.4

MATERIAL	DENSIDAD Especifica	DENSIDAD	
		Lbm/gal	lbm/bbl
Atapulgita	2.89	24.1	1,011
Agua	1.00	8.33	350
Diesel	0.86	7.2	300
Bentonita	2.6	21.7	910
Arena	2.63	21.9	920
Recortes	2.6	21.7	910
Barita	4.2	35.0	1,470
CaCl ₂	1.96	16.3	686
NaCl	2.16	18.0	756

5.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Prepare un programa de lodo para el siguiente pozo. Un lodo lignosulfanatado se utilizara hasta los 12,000 pies, en tanto que un lodo de emulsión inversa será utilizado posteriormente hasta terminar el pozo. Utilice un margen de seguridad de 0.4 lb/gal.

Prof. (pies)	P.poro (lb/gal)
2,000	9.0
4,000	9.0
6,000	9.0
8,000	9.0
10,000	9.0
11,000	9.5
12,000	12.0
13,000	13.0
14,000	14.5
14,500	14.8
15,000	14.8
15,500	16.1
16,000	17.3

2. Un lodo de 10.0 lb/gal esta siendo utilizado en un pozo. los volúmenes en el agujero y en las presas son de 800 y 400 bls. respectivamente. Calcule y gráfique los requerimientos de barita para incrementar la densidad de lodo a 17.0 lb/gal con incrementos de 0.5 lb/gal.

3. Calcule el volumen de agua requerida para disminuir la densidad de una salmuera de CaCl_2 de 11.1 lb/gal a 10.6 lb/gal y de 10.1 lb/gal a 9.8 lb/gal.

4. Calcule la densidad de una mezcla de lodo si se agregan 30 lb/bl de arcilla y 200 lb de barita API por cada bl de agua.

Sol. 11.8 lb/gal

5. Determine la densidad de una mezcla de salmuera si se adicionan 150 lb de CaCl_2 por cada bl de agua.

Sol. 10.7 lb/gal

6. Calcule el gasto de circulación requerido para perforar con aire un agujero de 7 7/8 pg.; con una sarta de perforación de 4 pg a 65 pies/hr. y 4,800 pies; 75 pies/hr y 85 pies/hr. Gráfique los resultados.

7. Calcule las lb/bl de CaCl_2 que deberán de agregarse a la fase agua de un lodo de aceite para inhibir la hidratación de una lutita, teniendo una actividad de 0.8; Si el lodo de aceite contendrá el 30% de agua por volumen. ¿Cuánto CaCl_2 por barril será requerido?

Sol. 98.7 lb/bl de agua y 29.6 lb/bl de lodo

8. Calcule la presión hidrostática para cada uno de los siguientes sistemas:

- a) 6,200 pies de 9.5 lb/gal de lodo
- b) 13,800 pies de 12.9 lb/gal de lodo
- c) 14,100 pies de 16.1 lb/gal de lodo

9. Un sistema de lodo de agua fresca de 1,000 bls no pesado tiene una densidad de 9.5 lb/gal. ¿Qué tratamiento se le dará al lodo para reducir el contenido de sólidos en un 4 % por volumen? El volumen total del lodo deberá mantenerse en 1,000 bls y la densidad mínima permisible del lodo es de 8.8 lb/gal.

10. La densidad de 900 bls de lodo de 16 lb/gal deberá de incrementarse a 17 lb/gal utilizando barita API. El volumen total del lodo esta limitado a 900 bls. Calcule el volumen de lodo usado que deberá de ser descartado y el peso de barita API requerido.

CAPÍTULO VI

SELECCIÓN DE BARRENAS

6.1 PROBLEMAS RESUELTOS (1,2)

1. Se planea perforar abajo de una T.R. Intermedia, utilizando el mayor diámetro posible de barrena. Con la configuración de T.R. dado a continuación, ¿Qué tamaño de barrena deberá de ser utilizado ?

Tamaño T.R. pg	Peso T.R. lb/pie	Prof. T.R. pies
8 5/8	28	0 - 6,000
8 5/8	32	6,000-11,000

SOLUCIÓN

a) Como la sarta de revestimiento más pesada, será la que ofresca mayor restricción con respecto al diámetro interior, entonces la tubería de 32 lb/pie determinará el máximo tamaño de barrena.

b) Utilizando la tabla (6.1) y con el peso de la sarta de 32 lb/pie se determina el diámetro de la barrena a utilizar

Tamaño de la barrena = 7 5/8 pg

c) Por último podemos observar que el tamaño máximo de barrena aceptable será menor que el diámetro interior de la T.R. el cual tiene un valor correspondiente de : ϕ Barrena = 7.921 pg.

2. Un Liner de 7 5/8 se colocó en un pozo. ¿Cuál será la medida de la barrena que podrá ser utilizada, si el peso de la tubería es de 17.0 lb/pie ? y ¿de 38.0 lb/pie ?

SOLUCIÓN

a) Al igual que el ejercicio anterior se determinará el diámetro de la barrena con la ayuda de la tabla 6.1 y con el peso de cada tubería

ϕ T.R. pg	Peso T.R. lb/pie	ϕ Barrena pg	Tolerancia pg
7 5/8	17.0	8 1/2-12 1/4	+ 1/32 - 0
7 5/8	38.0	10 5/8-17 1/2	+ 1/16 - 0

TARLA 6.1. DATOS DE T.R. Y BARRENA

Casing Specifications				Bit Sizes and Diametrical Clearance		
Casing Size OD in	Casing Coupling Lvs. OD in	Weight with Couplings, lb	ID of Casing, in	Bit Size, in	Clearance Thou- sandths	Nearest 64th
4 1/2	5.000	9.50	4.090	3 1/2	0.215	7/32
4 1/2	5.000	11.00	4.000	3 1/2	0.125	1/2
4 1/2	5.000	13.50	3.920	3 1/2	0.170	1 1/64
5	5.563	11.50	4.500	4 1/2	0.310	5/16
5	5.563	13.00	4.494	4 1/2	0.244	1/2
5	5.563	15.00	4.408	4 1/2	0.158	3/32
5	5.563	18.00	4.276	4 1/2	0.151	3/32
5 1/2	6.050	13.00	5.044	4 1/2	0.294	1 1/64
5 1/2	6.050	14.00	5.012	4 1/2	0.262	1 1/64
5 1/2	6.050	15.50	4.950	4 1/2	0.200	1 1/64
5 1/2	6.050	17.00	4.892	4 1/2	0.142	3/32
5 1/2	6.050	20.00	4.778	4 1/2	0.153	3/32
5 1/2	6.050	23.00	4.670	4 1/2	0.170	1 1/64
6	6.625	15.00	5.524	5 1/2	0.149	1/2
6	6.625	18.00	5.424	5 1/2	0.299	1 1/64
6	6.625	20.00	5.352	5 1/2	0.237	1 1/64
6	6.625	23.00	5.240	5 1/2	0.115	3/32
6 1/2	7.000	17.00	6.135	6	0.135	3/32
6 1/2	7.000	20.00	6.049	5 1/2	0.174	1 1/64
6 1/2	7.000	21.00	5.921	5 1/2	0.296	1 1/64
6 1/2	7.000	28.00	5.791	5 1/2	0.166	1 1/64
6 1/2	7.000	32.00	5.675	5 1/2	0.300	1 1/64
7	7.656	17.00	6.538	6 1/2	0.288	7/32
7	7.656	20.00	6.456	6 1/2	0.206	1 1/64
7	7.656	23.00	6.366	6 1/2	0.116	3/32
7	7.656	26.00	6.276	6 1/2	0.151	3/32
7	7.656	29.00	6.184	6	0.184	3/32
7	7.656	32.00	6.094	6	0.094	3/32
7	7.656	35.00	6.004	5 1/2	0.129	1/2
7	7.656	38.00	5.920	5 1/2	0.170	1 1/64
7 1/2	8.500	20.00	7.125	6 1/2	0.375	3/2
7 1/2	8.500	24.00	7.025	6 1/2	0.275	3/2
7 1/2	8.500	26.40	6.969	6 1/2	0.219	3/2
7 1/2	8.500	29.70	6.875	6 1/2	0.125	1/2
7 1/2	8.500	33.70	6.765	6 1/2	0.140	3/4
7 3/4	8.500	39.00	6.625	6 1/2	0.375	3/2
8 1/4	9.625	24.00	8.097	7 1/2	0.222	3/2
8 1/4	9.625	28.00	8.017	7 1/2	0.142	3/4
8 1/4	9.625	32.00	7.921	7 1/2	0.296	1 1/64
8 1/4	9.625	36.00	7.825	7 1/2	0.200	1 1/64
8 1/4	9.625	40.00	7.725	7 1/2	0.100	3/4
8 1/4	9.625	44.00	7.625	7 1/2	0.250	1/2
8 1/4	9.625	49.00	7.511	7 1/2	0.136	3/8
9 1/4	10.625	29.30	9.063	8 1/2	0.313	3/8
9 1/4	10.625	32.30	9.001	8 1/2	0.251	1/2
9 1/4	10.625	36.00	8.921	8 1/2	0.171	1 1/64
9 1/4	10.625	40.00	8.835	8 1/2	0.210	1 1/64
9 1/4	10.625	43.50	8.755	8 1/2	0.130	1/2
9 1/4	10.625	47.00	8.681	8 1/2	0.181	3/8
9 1/4	10.625	51.50	8.535	8 1/2	0.160	3/4
10 1/4	11.750	32.75	10.192	9 1/2	0.317	3/8
10 1/4	11.750	40.50	10.050	9 1/2	0.175	1 1/64
10 1/4	11.750	45.50	9.950	9 1/2	0.200	1 1/64
10 1/4	11.750	51.00	9.850	9 1/2	0.225	3/4
10 1/4	11.750	55.50	9.760	9 1/2	0.135	3/8
11 1/4	12.750	38.00	11.150	11	0.150	3/2
11 1/4	12.750	42.00	11.084	10 1/2	0.334	1 1/64
11 1/4	12.750	47.00	11.000	10 1/2	0.250	1/2
11 1/4	12.750	54.00	10.880	10 1/2	0.255	1/2
11 1/4	12.750	60.00	10.772	10 1/2	0.147	3/4
13 1/4	14.375	48.00	12.715	12 1/2	0.465	1 1/2
13 1/4	14.375	54.50	12.615	12 1/2	0.365	1 1/2
13 1/4	14.375	61.00	12.515	12 1/2	0.265	1 1/4
13 1/4	14.375	68.00	12.415	12 1/2	0.165	1 1/64
13 1/4	14.375	72.00	12.347	12	0.347	1 1/2
16	17.000	55.00	15.375	15	0.375	3/2
16	17.000	65.00	15.250	15	0.250	1 1/2
16	17.000	75.00	15.125	14 1/2	0.375	3/2
16	17.000	84.00	15.010	14 1/2	0.260	1 1/64
20	21.000	94.00	19.124	17 1/2	1.624	1 1/2

3. Una sarta de tubería de revestimiento de producción de 5 pg y 18 lb/pies fué asentada a 14,000 pies ¿Qué tamaño de barrena deberá de ser utilizada para perforar afuera de la pared cementada de la T.R. abajo del collar flotador?

SOLUCIÓN

Auxiliandose con la tabla (4.b) del capítulo IV se determina que para una T.R. de 5 pg y un peso de 18 lb/pie, el diámetro de barrena que permitirá perforar la zona deseada es de :

$$\phi \text{ Barrena} = 3 \frac{7}{8} \text{ pg}$$

Ahora utilizando la tabla (6.1) se determina que para una T.R. de producción de 5 pg y peso de 18 lb/pie el diámetro de la barrena será:

$$\phi \text{ Barrena} = 4 \frac{1}{8}$$

Como se podrá ver el diámetro de la barrena al ser determinado por dos métodos diferentes varia un poco, no obstante se puede deducir que es un rango entre el cual se puede elegir la barrena deseada.

4. El ritmo de perforación promedio en lutitas para una barrena nueva fue de 18 (pies/hr), el cual disminuyó a 11 pies/hr al final de la corrida. La barrena se clasificó como T-6, B-7; considerando constantes las otras variables de desgaste de dientes evaluar el exponente de desgaste a_7 .

SOLUCIÓN

Utilizando la siguiente expresión:

$$R = Ke^{-a_7 h}$$

$$18 = Ke^{-a_7(0)} \quad \text{y} \quad 11 = Ke^{-a_7(0.75)}$$

Relacionando ambas expresiones y aplicando logaritmos:

$$18/11 = e^{a_7(0.75)} \Rightarrow a_7 = \frac{\ln(18/11)}{0.75} = 0.6566$$

$$a_7 = 0.7$$

5. Una barrena de clase 1.1.1 y 9.875 pg perforó desde la profundidad de 12,000 a 12,200 pies en 12 horas. El peso promedio sobre barrena y la velocidad de rotación usados para correr la barrena fueron de 40,000 lbs y 90 RPM, respectivamente. Cuando la barrena fué sacada se clasificó como T-6, B-6 y se tenía un lodo con barita de 12 lb/gal.

- Calcule la constante de abrasividad promedio de la formación para el intervalo de profundidad dado.
- Estime el tiempo requerido para completar la inactividad de los dientes de la barrena, utilizando un peso sobre barrena de 45,000 lbf y una velocidad de rotación de 100 RPM.
- Calcule la constante de los cojinetes para este intervalo de profundidad.
- Estimar el tiempo requerido para completar la inactividad de los cojinetes, utilizando un peso sobre barrena de 45,000 lb y una velocidad de rotación de 100 RPM.

SOLUCIÓN

a) Utilizando la tabla (6.2) (Parámetros de desgaste recomendados) obtenemos que $H_1 = 1.90$, $H_2 = 7$ y $(W/db)_m = 7.0$ y utilizando la siguiente expresión.

$$J_2 = \left[\frac{(W/db)_m - (W/db)}{(W/db)_m - 4} \right] (60/N)^{H_1} \left(\frac{1}{1+H_2/2} \right)$$

J_2 Parámetro de desgaste del diente

$$J_2 = \frac{7.0 - 40/9.875}{7.0 - 4.0} (60/90)^{1.90} \left(\frac{1}{1 + 7/2} \right) = 0.101$$

Cálculo de la cte. de abrasividad

$$\tau_H = \frac{t_b}{J_2 (hr + H_2 hr^2/2)} = \frac{12}{0.101 (0.75 + 7 (0.75)^2/2)}$$

$$hr = 6/8 = 0.75$$

$$\tau_H = 43.7 \text{ hrs}$$

b) El tiempo requerido para completar la inactividad de los dientes es obtenido con la siguiente expresión:

$$J_2 = \frac{(7.0 - 45/9.875)}{7.0 - 4.0} (60/100)^{1.90} \left(\frac{1}{1 + 7/8} \right) = 0.165$$

$$\tau_H = 12 / (0.165 * (0.75 + (0.75)^2 * 7/2)) = 26.75$$

$$t_b = J_2 \tau_H (hr + H_2 hr^2/2) = 0.165 * 26.75 * (0.75 + 7.0 * 0.75^2/2)$$

$$t_b = 13.5 \text{ hrs.}$$

c) Cálculo de la cte. de los cojinetes; utilizando la tabla (6.3) obtenemos que $B_1 = 1.0$ y $B_2 = 1.0$ y con la siguiente expresión:

$$J_3 = (60/N)^{B_1} * (4db/W)^{B_2} = (60/90)^{1.0} * (4 * 9.875/40)^{1.0} = 0.658$$

Ahora utilizo la siguiente expresión $\tau_B = t_b/J_3 \cdot b_r$ y sabiendo que $b_r = 6/8 = 0.75$

$$\tau_B = 12/(0.658 \cdot 0.75) = 24.32 \text{ hrs}$$

d) Tiempo requerido para completar la inactividad, para una $W = 45,000 \text{ lbf}$ y una $N = 10 \text{ RPM}$:

$$J_3 = (60/100)^{1.0} \cdot (4 \cdot 9.875/45)^{1.0} = 0.527$$

$$\tau_B = 12/(0.527 \cdot 0.75) = 30.38 \text{ hrs}$$

$$t_b = J_3 \cdot \tau_B \cdot b_r = 0.527 \cdot 30.38 \cdot 0.75 = 12.8 \text{ hrs.}$$

Tabla 6.2
Parámetros de desgaste
en dientes de barrena

Clase de Barrena	H1	H2	(W/d) _{max}
1-1 a 1-2	1.90	7	7.0
1-3 a 1-4	1.84	6	8.0
2-1 a 2-2	1.80	5	8.5
2-3	1.76	4	9.0
3-1	1.70	3	10.0
3-2	1.65	2	10.0
3-3	1.60	2	10.0
4-1	1.50	2	10.0

Tabla 6.3
Exponentes de desgaste
en los cojinetes

Tipo de Cojinete	Tipo de Lodo	B1	B2
No sellado	Lodo con barita	1.0	1.0
	Lodo con Sulfuro	1.0	1.0
	Agua	1.0	1.2
	Agua/Arcilla	1.0	1.5
	Base aceite	1.0	2.0
Sellados/roles	-	0.70	0.85
sellados/trabajo	-	1.6	1.0

6. Datos de campo obtenidos de una serie de 6 barrenas de cojinetes de 7.875 pg y a una velocidad de rotación de 60 RPM, presentaron una vida en los cojinetes de 67 hrs., aplicando un peso sobre barrena de 5,700 lb/pg y 100 hrs. para 3,800 lb/pg.

Calcule el exponente del peso aparente de los cojinetes, B_2 y la constante de cojinetes τ_B para este tipo de barrena.

SOLUCIÓN

a) Para determinar B_2 y τ_B utilizo la expresión para estimar la vida de los cojinetes:

$$d_b/d_t = 1/\tau_B (N/760)^{B_1} (W/4d_b)^{B_2}$$

$$\frac{d_{b1}/d_{t1}}{d_{b2}/d_{t2}} = \frac{1/\tau_B (W_1/4d_b)^{B_2}}{1/\tau_B (W_2/4d_b)^{B_2}} \Rightarrow \frac{d_{b1}/d_{t1}}{d_{b2}/d_{t2}} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{B_2}$$

$$B_2 = \frac{\text{Log}(d_{b1}/d_{b2})}{\text{Log}(W_1/W_2)} = \frac{\text{Log}(67/100)}{\text{Log}(5,700/3,800)} \Rightarrow B_2 = 0.99$$

$$J_3 = (4d_b/W)^{B_2} \Rightarrow J_3 = ((4 \cdot 7.875)/5.7)^{0.99} = 5.4326$$

$$\tau_B = \frac{t_b}{J_3 \cdot b_r} \quad \text{Considerando } b_r = 1$$

$$= 67/5.4326 \Rightarrow \tau_B = 12.331 \text{ hrs.}$$

7. Los siguientes datos fueron tomados de un registro de barrena de un pozo nuevo. El costo del equipo es de 190 \$/hr; utilizando un tiempo de viaje promedio de 1Hr/1,000 pies; Calcule el costo por pie a perforar en este pozo.

Prof. (pies)	Piesaje	Costo barrena (\$)	Tiempo Rotación (Hrs)
1,800	1,800	2,516	18
2,500	700	1,101	15.6
3,300	800	1,101	21
3,950	650	1,101	22.5
4,722	772	1,101	31
5,211	489	4,377	26
5,505	294	4,377	16.8
6,101	596	4,377	38
6,500	399	4,377	28.5

SOLUCIÓN

a) Utilizando la ecuación de costo por pie:

$$$/pie = \frac{C_b + C_{rTr} + C_{rTt}}{\Delta D}$$

T viaje = 1 hr/1000 pies, para cada ΔD

$$$/pie = \frac{2,516 + 190 * (18 * 1.8)}{1,800} = 3.48 \text{ $/pie}$$

$$$/pie = \frac{1,101 + 190 * (15.6 + 2.5)}{700} = 6.48 \text{ $/pie}$$

ΔD pies	T.viaje hrs	Costo/pie \$/pie	C.interv. \$
1,800	1.8	3.48	6,278
700	2.5	6.48	4,540
800	3.3	7.15	5,718
650	3.95	9.43	6,126.5
772	4.72	10.22	7,888.2
489	5.21	21.08	10,307.1
294	5.51	29.30	8,614.9
596	6.10	21.40	12,756.9
399	6.5	27.64	11,027.0
			\$ 73,256.60

Donde la última columna nos da el costo por pie para cada intervalo y la suma total nos da el costo de perforación de todo el pozo.

$$Cf \text{ total} = \$ 73,256.60$$

8. Determine la vida óptima de la barrena, para la corrida ilustrada en la siguiente tabla, se sabe que la litología es uniforme en el área de interés. El parámetro J_2 para dientes usados tiene un valor de 0.15, la constante H_2 tiene un valor de 7.0 y el parámetro de cojinetes usados $J_3 = 0.56$; Constante abrasividad $\tau_H = 40$ hrs., la constante de cojinetes $\tau_B = 40$ hrs. Costo de barrena es de \$ 600 y el costo de operación del equipo es de \$ 1000/hr y el tiempo de viaje es de 6 hr.

Tiempo Perf. $t_b + t_c$ (hrs)	Piesaje total ΔD (pies)	Solucion Costo Perf. (\$/pie)
0	0	0
2	30	286.67
4	54	196.30
6	73	172.60
8	88	169.91
10	104	159.62
12	117	158.97
14	127	162.20
16	135	167.41
18	142	173.24
20	147	180.95
22	151	189.40

SOLUCIÓN

El tiempo requerido para desgastar el diente será :

$$t_B = J_2 \cdot \tau_H \cdot (hr + H_2 \cdot hr^2 / 2) = 0.15(40)(1 + (7.0)(1^2)/2)$$

$$t_b = 27 \text{ hrs}$$

El tiempo requerido para desgastar los cojinetes es :

$$t_B = J_3 \cdot \tau_B \cdot br = 0.56 \cdot 40 \cdot 1 \quad t_b = 22.4 \text{ hrs}$$

El costo por pie de la barrena, corrida a varias profundidades se determina con la siguiente expresión:

$$C/\$ = \frac{C_B + C_r (T_R + T_r)}{\Delta D} = \frac{600 + 1000(2+6)}{30} = 286.67$$

$$C/\$ = \frac{600 * 1000(4+6)}{54} = 196.30$$

De los costos calculados se observa que los menores costos de perforación se tendrán al sacar la barrena después de 12 hrs de operación.

9. Una barrena contiene tres inyectores de 14/32 pg, y el lodo que tiene una densidad de 10 lb/gal a sido circulado a un gasto de 600 gal/min. En el ritmo de penetración se observó un decremento de 15 a 11 pies/hr, cuando una de las bombas se paró temporalmente, con lo cual el gasto de circulación disminuyo a 400 gal/min.

Calcule el exponente hidráulico aparente a_8

SOLUCIÓN

Para determinar el exponente hidráulico a_8 es necesario determinar la fuerza de impacto, para esto recurrimos a la siguiente expresión:

$$F_j = 0.01823 \cdot C_d \cdot q \cdot (\rho \cdot \Delta D_b)^{0.5} \quad C_d = \text{Coeficiente descarga} = 0.95$$

$$\Delta D_{pb} = \frac{8.311E^{-5} (\rho_1 \cdot q^2)}{C_d^2 \cdot A_t^2} \quad A_t = \pi/4 (32)^2 \cdot (14^2 + 14^2 + 14^2) = 0.4510$$

$$\Delta D_{b1} = \frac{8.311E^{-5} \cdot 10 \cdot 600^2}{0.95^2 \cdot 0.4510^2} = 1629.95 \text{ lb/pg}^2$$

$$\Delta D_{b2} = \frac{8.311E^{-5} \cdot 10 \cdot 400^2}{0.95^2 \cdot 0.4510^2} = 724.42 \text{ lb/pg}^2$$

$$F_{j1} = 0.01823 \cdot 0.95 \cdot 600 \cdot (10 \cdot 1629.95)^{0.5} = 1326.63 \text{ lbs}$$

$$F_{j2} = 0.01823 \cdot 0.95 \cdot 400 \cdot (10 \cdot 724.42)^{0.5} = 589.61 \text{ lbs}$$

Ahora a partir de la función f_8 que modela el efecto de la hidráulica sobre la razón de penetración tenemos que :

$$R = (f_j/1000)^{a_8} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{(f_{j1}/1000)^{a_8}}{(f_{j2}/1000)^{a_8}} \rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{f_{j1}}{f_{j2}} \right)^{a_8}$$

$$\therefore a_8 = \frac{\text{Log}(R_1/R_2)}{\text{Log}(f_{j1}/f_{j2})}$$

$$a_8 = \text{Log}(1.363636) / \text{Log}(2.250012)$$

$$a_8 = 0.38$$

10. Una barrena de clase 1.1.1 y 8.5 pg de diámetro, será utilizada para perforar una formación a 9,000 pies que tiene una perforabilidad de 40 pies/hr.

$\tau_H = 38$ hrs. P.form = 9.0 lb/gal
 $\tau_B = 22$ hrs. $C_B = \$ 600$ Costo operación = \$ 800/hr.
 tiempo conexión barrena = 7.0 hrs.
 tiempo conexión 30 pies de juntas de tubería = 4 minutos
 $(W/db)_t = 0.5$

$$\frac{a_2}{0.00009} \quad \frac{a_3}{0.000004} \quad \frac{a_4}{0.00002} \quad \frac{a_5}{1.2} \quad \frac{a_6}{0.6} \quad \frac{a_7}{0.4} \quad \frac{a_8}{0.4}$$

Calcule los costos/pie que deberán de ser observados para una $(w/db) = 4.5$, $N = 90$ RPM y una fuerza de impacto de 1,100 lbf

SOLUCIÓN

a) Utilizando la tabla 6.2 se obtiene $H_1 = 1.9$, $H_2 = 7$, $(w/d) = 7.0$

El valor de J_2 en función del peso sobre barrena y la velocidad de rotación se da por:

$$J_2 = \left[\frac{(W/db)_{\max} - W/db}{(W/db)_{\max} - 4} \right] \left(\frac{60}{N} \right)^{H_1} \left(\frac{1}{1+H_2/2} \right)$$

$$J_2 = \left(\frac{7 - 4.5}{7 - 4} \right) \left(\frac{60}{90} \right) \left(\frac{1}{1 + 7/2} \right) = 0.2963$$

Considerando un desgaste de 1.0 y la expresión de la vida útil de la barrena:

$$t_b = 0.2963 * 38 * (1 + 7(1)^2/2) = 50.67 \text{ hrs}$$

La vida útil de los cojinetes será:

$$J_3 = (60/90) * (4/4.5)^{1.0} = 0.5926$$

$$t_b = 0.5926 * 22 * 1.0 = 13.04 \text{ hrs.}$$

Evaluando los multiplicadores f_1 a f_4 y f_5 :

$$f_1 = e^{2.303a_1} = K = 40 \text{ pies/hr}$$

$$f_2 = e^{2.303a_2(10,000-D)} = 1.2303$$

$$f_3 = e^{2.303a_3D^{0.69}_{(gp-9.0)}} = 0.9966$$

$$f_4 = e^{2.303a_4D(gp-\rho c)} = 0.7481$$

$$f_5 = \left[\frac{(W/db) - (W/db)_t}{4 - (W/db)_t} \right]^{a_5} = 1.1738$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

$$f_6 = (N/60)^{a_6} = 1.2754$$

$$f_7 = e^{-a_7hr} = 0.6703$$

$$f_8 = (FJ/1,000)^{a_8} = 1.0388$$

Sustituyendo los valores anteriores en la siguiente ecuación :

$$J_1 = f_1 * f_2 * f_3 * f_4 * f_5 * f_6 * f_7 * f_8 = 40 * 1.2303 * 0.9966 * 0.7481 * 1.1738 * 1.2754 * 0.6703 * 1.0388 = 38.25$$

El piesaje perforado antes de que fallen los dientes a 14.66 hrs.

$$\Delta D = J_1 J_2 \tau_H \left[\frac{1 - e^{-a_7hr}}{a_7} + \frac{H_2 (1 - e^{-a_7hr} - a_7hr e^{-a_7hr})}{a_7^2} \right]$$

$$\Delta D = 38.25 * 0.0857 * 38 * \left[\frac{1 - 0.6703}{0.4} + \frac{7 * (1 - 0.6703 - 0.4 * 1 * 0.6703)}{0.4^2} \right]$$

$$\Delta D = 150.61 \text{ pies}$$

Este piesaje corresponde a aproximadamente 5 juntas de tubería de perforación a 4 minutos de conexión nos dá un tiempo de conexión total de :

$$t_c = 4/60 * 5 = 0.333 \text{ hrs}$$

Por último el costo por pie para la barrena corrida será:

$$C_f = \frac{600 + 800(14.66 + 0.333 + 7)}{150.61} = 120.81 \text{ \$/pie}$$

11. Calcule el peso óptimo sobre barrena y la velocidad de rotación para la barrena descrita en el problema anterior, considere que la vida de la barrena esta limitada por dientes desgastados, ignore los efectos del tiempo de conexión .
El peso sobre barrena conocido es de 60,000 lb/pg

SOLUCIÓN

Retomando datos del ejercicio anterior:

$$H_1 = 1.90, H_2 = 7, (W/db)_{\max} = 7.0, a_5 = 1.2, a_6 = 0.6$$

$$(W/db)_t = 0.5, C_r = 800 \$/hr, C_b = 600 \$$$

$$\tau_H = 38 \text{ hrs}, \tau_B = 22 \text{ hrs}$$

El peso sobre barrena óptimo se determina con la siguiente expresión:

$$(W/db)_{\text{opt}} = \frac{a_5 H_1 (W/db)_{\max} + a_6 (W/db)_t}{a_5 H_1 + a_6}$$

$$= \frac{1.2(1.90)(7.0) + (0.6)(0.5)}{1.2(1.90) + 0.6} = 5.65$$

Así el peso óptimo sobre barrena será de 5,650 lbf/pg

La vida óptima de la barrena se calcula con la siguiente expresión:

$$t_b = \left(\frac{C_b}{C_r} + t_t + t_c \right) \left(\frac{H_1}{a_6} - 1 \right); t_c + t_r = 7.0666 \text{ hrs}$$

$$t_b = \left(\frac{600}{800} + 7.0666 \right) \left(\frac{1.90}{0.6} - 1 \right) = 16.94 \text{ hrs}$$

Por último la velocidad de rotación óptima se determina con la siguiente expresión :

$$N_{\text{opt}} = 60 \left[\frac{\tau_H}{t_b} * \frac{(W/db)_{\max} - (W/db)_{\text{opt}}}{(W/db)_{\max} - 4} \right]^{1/H_1}$$

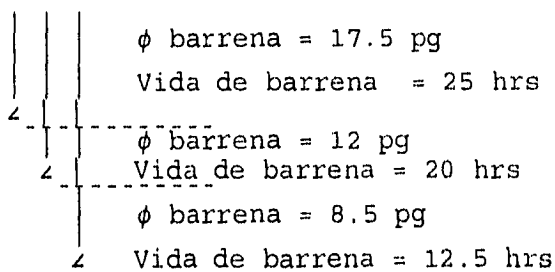
$$N_{\text{opt}} = 60 \left(\frac{38}{16.94} * \frac{7.0 - 5.65}{7.0 - 4} \right)^{1/1.90} = 60.3 \text{ rpm}$$

6.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Un operador está utilizando una barrena de clase 1.1.4. Un gradiente de dureza para la barrena fue de T-8, B-2, G-0. Seleccione una nueva barrena(s) que se puedan correr dentro del agujero; explique sus razones.

2. A partir de datos de barrenas de pozos vecinos se determinó que en un área $K = 150$ pies/hr y $2.303 \cdot a_2 = 0.0004$

Un pozo prospecto se perfora en dicha área y el programa de profundidad de asentamiento se muestra en la siguiente figura:



- a) Determine el tiempo de rotación para perforar cada intervalo.
- b) Determine el número de barrenas ha emplear en cada intervalo.

3. Datos de campo observados de una serie de barrenas con cojinetes de trabajo sellados y diámetro de 7.875 pg; operando con un peso sobre barrena de 4,000 a 4,500 lbf/pg, presentaron una vida de barrena de 95 hrs a una velocidad de rotación de 60 RPM y 185 hrs a 40 RPM. Utilizando y considerando valores de 1.0 para β_2 , calcule los valores aparentes para β_1 y τ_B de estas observaciones.

4. Datos de campo obtenidos de una barrena de insertos y cojinetes sellados, son mostrados a continuación. Utilice estos datos para obtener los valores representativos de β_1, β_2 y τ_B para este tipo de barrena.

Peso/barrena 1,000 (lbf/pg)	Velocidad Rot. (RPM)	Vida Cojinetes (hrs)
4	14.0	-
6	7.5	80.0
4	-	25.0

5. Un ritmo de penetración en lutitas, de 20 pies/hr fué obtenido utilizando un lodo de densidad de 12.0 lb/gal a una profundidad de 10,000 pies. Cuando la densidad de lodo fué incrementada a 13 lb/gal, el ritmo de penetración decreció a 9.5 pie/hr. para condiciones similares de perforación.

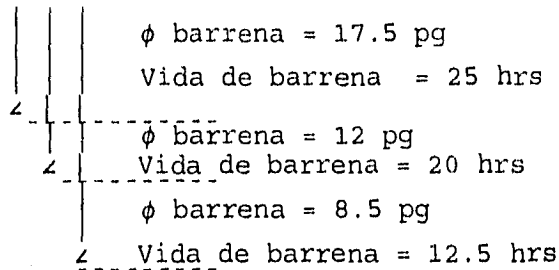
Calcule el valor aparente del exponente a_1

6.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Un operador está utilizando una barrena de clase 1.1.4. Un gradiente de dureza para la barrena fue de T-8, B-2, G-0. Seleccione una nueva barrena(s) que se puedan correr dentro del agujero; explique sus razones.

2. A partir de datos de barrenas de pozos vecinos se determinó que en un área $K = 150$ pies/hr y $2.303 \cdot a_2 = 0.0004$

Un pozo prospecto se perfora en dicha área y el programa de profundidad de asentamiento se muestra en la siguiente figura:



- a) Determine el tiempo de rotación para perforar cada intervalo.
- b) Determine el número de barrenas ha emplear en cada intervalo.

3. Datos de campo observados de una serie de barrenas con cojinetes de trabajo sellados y diámetro de 7.875 pg; operando con un peso sobre barrena de 4,000 a 4,500 lbf/pg, presentarán una vida de barrena de 95 hrs a una velocidad de rotación de 60 RPM y 185 hrs a 40 RPM. Utilizando y considerando valores de 1.0 para β_2 , calcule los valores aparentes para β_1 y τ_B de estas observaciones.

4. Datos de campo obtenidos de una barrena de insertos y cojinetes sellados, son mostrados a continuación. Utilice estos datos para obtener los valores representativos de β_1, β_2 y τ_B para este tipo de barrena.

Peso/barrena 1,000(lbf/pg)	Velocidad Rot. (RPM)	Vida Cojinetes (hrs)
4	14.0	-
6	7.5	80.0
4	-	25.0

5. Un ritmo de penetración en lutitas, de 20 pies/hr fué obtenido utilizando un lodo de densidad de 12.0 lb/gal a una profundidad de 10,000 pies. Cuando la densidad de lodo fué incrementada a 13 lb/gal, el ritmo de penetración decreció a 9.5 pie/hr. para condiciones similares de perforación.

Calcule el valor aparente del exponente a_4

6. Utilizando los siguientes datos de pruebas de fin de perforación, evalúe el exponente del peso sobre barrena a_5 y el exponente de velocidad de rotación a_6 . La longitud de la tubería de perforación de 4.5 pg y 16.6 lbm/pie fué de 12,000 pies.

Prueba No. 1 (Vel. Rot. = 120 RPM)		Prueba No. 2 (Vel. Rot. = 80 RPM)	
Peso/barrena (1,000 lbs)	Tiempo de paso (segundos)	Peso/barrena (1,000 lbs)	Tiempo de paso (segundos)
80	0	80	0
76	104	76	108
72	210	72	228
68	320	68	360
64	436	64	506
60	562	60	668
56	704	56	848
52	864	52	1,050
48	1,045		

7. Una barrena de diamantes con una longitud total de navaja de 5.585 contiene 200 piedras de un quilate con una espesor de 0.0848 pg. para una penetración de 0.01 pg. Calcule la razón de penetración esperada si el peso sobre la barrena suficiente para una penetración de diamante de 0.01 pg puede ser mantenida a una velocidad de rotación de 100 RPM. Considere que los diamantes están orientados de tal forma que la penetración es dos tercios la máxima profundidad de penetración.

8. Una barrena de clase 1.1.1 de 8.5 pg operando a 35,000 lbf y 90 RPM está perforando una formación de lutita a una profundidad de 9,000 pies con una razón de penetración de 30 pies/hr. La presión de formación es equivalente a la densidad del lodo de 9.0 lb/gal y la densidad equivalente del lodo en el fondo es de 9.7 lb/gal. La fuerza de impacto calculada abajo de la barrena es de 1,300 lbf y el desgaste fraccional del diente fué de 0.4. Calcule la perforabilidad de la formación f_1 para este tipo de barrena a 9,000 pies, utilizando un peso de barrena repetidamente de cero y los siguientes valores de a_2 hasta a_8

$\frac{a_2}{0.00009}$	$\frac{a_3}{0.000004}$	$\frac{a_4}{0.00002}$	$\frac{a_5}{1.2}$	$\frac{a_6}{0.6}$	$\frac{a_7}{0.4}$	$\frac{a_8}{0.4}$
-----------------------	------------------------	-----------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

9. Calcule el peso óptimo sobre barrena y la velocidad de rotación para la barrena descrita en el ejercicio anterior, considerando que la vida de la barrena está limitada por dientes usados. Ignore los efectos del tiempo de conexión.

CAPÍTULO VII

DISEÑO DE TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO

Y CEMENTACIONES

7.1 PRIMERA PARTE DE PROBLEMAS RESUELTOS DISEÑO DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO (1, 2, 4, 6)

1. El fondo de una tubería de revestimiento de grado C-75, 95/8" diámetro y 40 lb/pie, soporta una carga de compresión de 80,000 lb. ¿Cuál es la P. interna efectiva y la P. al colapso.?

SOLUCIÓN

A partir de los datos de la tubería se recurre a las tablas de propiedades de las tuberías y obtiene la P.interior, la P. al colapso y el espesor de las paredes de la tubería en cuestion:

C-75 95/8" ϕ , 40 lb/pie P.i.=5,390 psi P.c.= 3,190 psi ; t=0.395

$$A_s = \pi/4(95/8^2 - 8.835^2) = 11.45 \text{ pg}^2 \quad \frac{(\sigma_y)_e}{\sigma_y} = \sqrt{1 - 3/4\left(\frac{\sigma_z}{\sigma_y}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_z}{\sigma_y}\right)}$$

$$F = \sigma_y / A_s ; \quad \sigma_y = A_s * F$$

$$\left(\frac{\sigma_z}{\sigma_y}\right) = \frac{80,000}{11.45 * 75,000} = 0.0932$$

$$\frac{(\sigma_y)_e}{\sigma_y} = \sqrt{1 - 0.75(0.0932)^2} - 0.5(0.0932) = 0.95$$

$$\frac{(\sigma_y)_e}{\sigma_y} = \sqrt{1 - 0.75(0.0932)^2} + 0.5(0.0932) = 1.043$$

$$P.i. = 5,390 * 0.95$$

$$P.interior = 5,120 \text{ psi}$$

$$P.c. = 3,190 * 1.043$$

$$P.colapso = 3,327 \text{ psi}$$

2. Calcule la presión interna (estallamiento) producida en una tubería de 43.5 lb/pie, grado N-80 y diámetro de 9.629 pg con un espesor de pared de 0.435 pg.

SOLUCIÓN

Utilizando la siguiente expresión $P_b = 0.875 \frac{2 * Y_p * t}{d_e}$

$$P_b = 0.875 \frac{2 * (80,000) (0.435)}{9.625}$$

$$= 6,327.27 \text{ psi y de tablas } 6,330 \text{ psi}$$

3. Una sarta de 9.625 pg y diseñada para trabajar con sulfhídrico tiene una presión interna de cedencia de 9,700 psi. El máximo esfuerzo de cedencia es de 90,000 psi. Determinar el mínimo espesor de pared para soportar las condiciones anteriores.

SOLUCIÓN

La ecuación API para la resistencia interna a la cedencia es.

$$P_b = 0.875 \frac{2 * Y_p * t}{d_e} \text{ (psi)} ; 9,700 = 0.875 \frac{2 * 90,000 * t}{9.625}$$

$$t = \frac{(9,700)(9.625)}{(0.875)(2)(90,000)} \Rightarrow \text{Mínimo esp. pared } t = \underline{0.5928 \text{ pg}}$$

4. Calcule el rango de la P. al colapso para las siguientes secciones de tubería. Utilice las ecuaciones y tablas del API así como la relación al colapso cercana a 10 psi. Muestre todos los cálculos.

ϕ tub. (pg)	t esp. (pg)	Grado	Peso (lb/pie)
10.75	0.40	K-55	45.5
9.625	0.545	N-80	53.5
5.0	0.362	P-110	18.0
13.375	0.480	K-55	68.0

SOLUCIÓN

A) Determinación del rango del colapso para la K-55 D/t

$D/t = 10.75/0.40 = 26.875$ este valor indica Colapso por transición y de la tabla 7.3 nos da los factores $F = 1.989$ y $G = 0.0360$

$$P_c = Y_p \left[\frac{F}{D/t} - G \right] = 55,000 \left[\frac{1.989}{26.875} - 0.0360 \right] = 2,090.511 \text{ psi}$$

\therefore El rango de $P_c = 2,080 - 2,100 \text{ psi}$

B) D/t rango N-80 $\frac{D}{t} = \frac{9.625}{0.545} = 17.67$ De tablas nos da colapso plástico

De la tabla 7.2, los factores son:

$$A = 3.071 \quad B = 0.0667 \quad C = 1,955$$

$$P_c = Y_p \left[\frac{A}{D/t} - B \right] - C \Rightarrow = 80,000 * \left[\frac{3.071}{17.67} - 0.0667 \right] - 1955$$

$$P_c = 6,612.8$$

\therefore El rango de $P_c = 6,602.8 \text{ a } 6,622.8 \text{ psi}$

C) D/t rango P-110 $\frac{D}{t} = \frac{5}{0.362} = 13.812$ De tablas nos da colapso plástico

De la tabla 7.2, los factores son:

$$A = 3.181 \quad B = 0.0819 \quad C = 2,552$$

$$P_c = 110,000 * \left[\frac{3.181}{13.812} - 0.0819 \right] - 2,852 = 13,472.77 \text{ psi}$$

∴ El rango de $P_c = 13,462.77$ a $13,482.77$ psi

D) D/t rango K-55 $\frac{D}{t} = \frac{13.375}{0.480} = 27.864$ De tablas da colapso por transición.

De la tabla 7.3 los factores son:

$$F = 1.989 \quad G = 0.036$$

$$P_c = 55,000 * \left[\frac{1.989}{27.864} - 0.036 \right] = 1,946.03 \text{ psi}$$

∴ El rango de $P_c = 1,936.03$ a $1,956.03$ psi

TABLA 7.1		TABLA 7.2				
RANGO DE PRESIÓN DE COLAPSO DEBILITADA		FACTORES DE FORMULA Y RANGO DE D/t PARA COLAPSO PLASTICO				
1	2	FACTOR DE FORMULA				
GRADO	RANGO D/T	1	2	3	4	5
H-40	Menor a 18.44	H-40	A	B	C	RANGO D/T
-55	15.24	-55	2.976	0.0819	1.056	15.24 a 25.63
J-K-55 & D	14.81	J-K-55 & D	2.991	0.0841	1.206	14.81 a 25.01
-60	14.44	-60	3.035	0.0866	1.356	14.44 a 24.42
-70	13.85	-70	3.037	0.0847	1.656	13.85 a 23.88
C-75 & E	11.6	C-75 & E	3.054	0.0842	1.896	13.61 a 22.91
L-80 & N-80	11.38	L-80 & N-80	3.071	0.0847	1.955	13.58 a 22.47
-90	11.01	-90	3.106	0.0718	2.254	13.01 a 21.69
C-95	12.85	C-95	3.124	0.0741	2.404	12.85 a 21.33
-100	12.7	-100	3.143	0.0768	2.531	12.70 a 21.00
P-105	12.53	P-105	3.162	0.0794	2.702	12.53 a 20.70
P-110	12.18	P-110	3.181	0.0819	2.852	12.44 a 20.31
-120	12.21	-120	3.219	0.0870	3.151	12.21 a 19.88
-125	12.11	-125	3.239	0.0899	3.301	12.11 a 19.63
-130	12.02	-130	3.256	0.0920	3.451	12.02 a 19.40
-135	11.92	-135	3.278	0.0946	3.601	11.92 a 19.18
-140	11.84	-140	3.297	0.0971	3.751	11.84 a 18.97
-150	11.67	-150	3.336	0.1021	4.051	11.67 a 18.53
-155	11.59	-155	3.356	0.1043	4.201	11.59 a 18.37
-160	11.52	-160	3.375	0.1072	4.351	11.52 a 18.19
-170	11.33	-170	3.412	0.1123	4.660	11.37 a 17.82
-180	11.23	-180	3.449	0.1173	4.966	11.23 a 17.47

TABLA 7.4		TABLA 7.3			
RANGO DE PRESIÓN DE COLAPSO ELASTICO		FACTORES DE FORMULA Y RANGO DE D/t PARA COLAPSO DE TRANSICION			
1	2	FACTOR DE FORMULA			
GRADO	RANGO D/T	1	2	3	4
H-40	42.645 max	H-40	F	G	RANGO D/T
-55	08.1	-55	2.963	0.0725	17.01 a 42.64
J-K-55 & D	37.11	J-K-55 & D	1.989	0.0747	25.01 a 37.23
-60	35.73	-60	1.983	0.0729	24.42 a 35.73
-70	33.19	-70	1.984	0.0803	23.26 a 33.19
C-75 & E	32.05	C-75 & E	1.990	0.0818	22.91 a 32.05
L-80 & N-80	31.02	L-80 & N-80	1.998	0.0831	22.47 a 31.02
-90	29.18	-90	2.017	0.0866	21.69 a 29.18
C-95	28.36	C-95	2.029	0.0882	21.33 a 28.36
-100	27.60	-100	2.040	0.0899	21.00 a 27.60
P-105	26.89	P-105	2.033	0.0915	20.70 a 26.89
P-110	26.12	P-110	2.046	0.0932	20.31 a 26.12
-120	23.01	-120	2.092	0.0965	19.88 a 23.01
-125	24.36	-125	2.106	0.0982	19.63 a 24.46
-130	23.93	-130	2.119	0.0999	19.40 a 23.93
-135	23.44	-135	2.131	0.1015	19.18 a 23.44
-140	22.98	-140	2.146	0.1032	18.97 a 22.98
-150	22.11	-150	2.174	0.1066	18.57 a 22.11
-155	21.70	-155	2.188	0.10825	18.31 a 21.70
-160	21.32	-160	2.202	0.1101	18.19 a 21.32
-170	20.64	-170	2.231	0.1134	17.82 a 20.60
-180	19.93	-180	2.261	0.1170	17.47 a 19.93

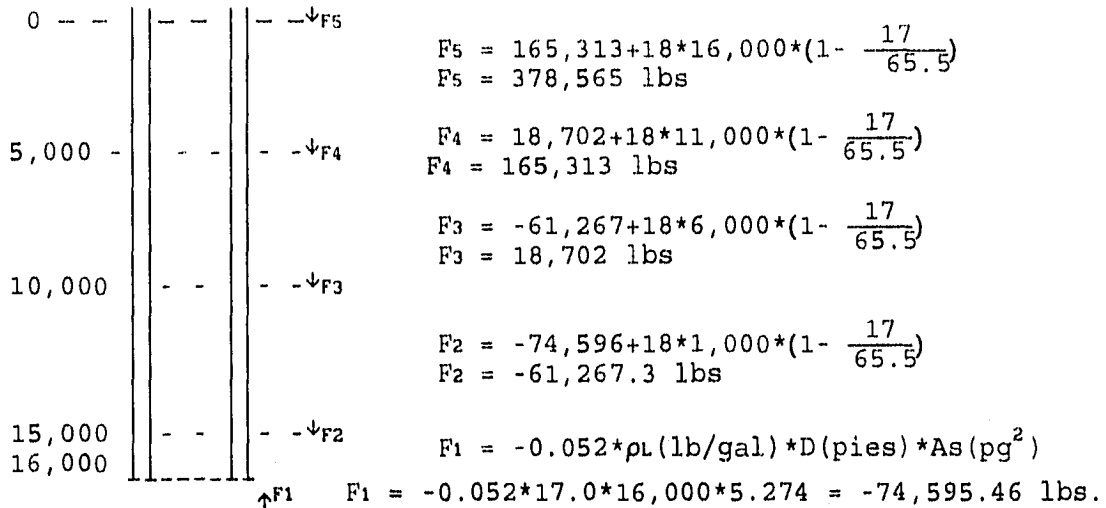
5. Una sarta de producción de 5.0 pg y 18 lb/pie, es colocada a 16000 pies en un lodo de 17.0 lb/gal. Prepare una gráfica de tensión e indique cuáles son las cargas de tensión o compresión a 0, 5000, 10,000, 15,000 y 16,000 pies. Desprecie los efectos del cemento en el espacio anular.

SOLUCIÓN

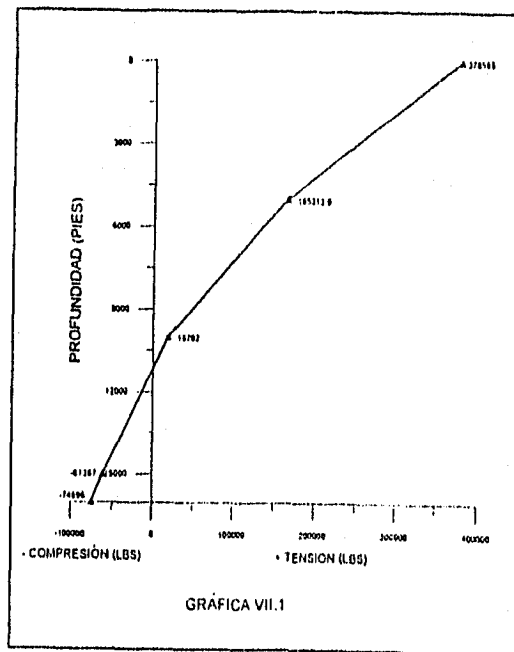
Primero determino el área transversal de la tubería y realizo un diagrama para analizar las fuerzas a las que esta sometida:

Para una tubería C-75, 18.0 lb/pie y 5.0 pg $\rightarrow \phi_{int} = 4.276$ pg

$$A = \pi/4(5.0^2 - 4.276^2) = 5.274 \text{ pg}^2$$



Gráfica (VII.1) de los esfuerzos de tensión



6. Prepare una gráfica con las líneas de diseño de P. interna y al Colapso, para las siguientes condiciones. Considere factores de diseño al colapso de 1.1, 1.2 y 1.25 en diseños separados; considere un factor estandar para el diseño a la P. interna y a la tensión.

Datos: Sarta de revestimiento = Superficial
 Profundidad = 3,000 pies
 Cemento 0 - 2,000 pies = 11.7 lb/gal
 2,000 - 3,000 pies = 15.6 lb/gal
 Grad.fract base T.R. = 14.0 lb/gal
 Prof. asentamiento = 3,000 pies

SOLUCIÓN

a) Diseño a la P.interna:

$$P.iny. = (G_{ract.} + 1.0) * 0.052 * D = (14.0 + 1.0) * 0.052 * 3,000 = 2,340 \text{ psi}$$

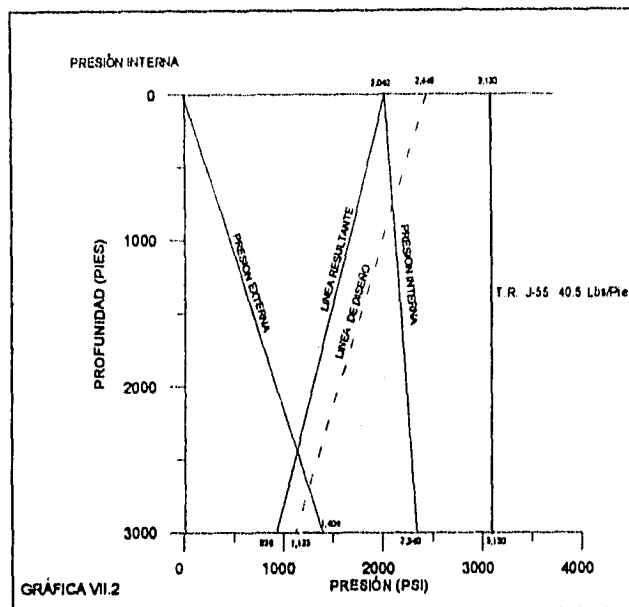
$$P.superf. = P.iny - D * G_g = 2,340 - 3,000 * 0.1 = 2,040 \text{ psi}$$

$$P.ext. = 0.052 * \rho_r * D = 0.052 * 9.0 * 3,000 = 1,404 \text{ psi.}$$

$$\text{Línea resultante} \Rightarrow P.iny - P.ext. = 2,340 - 1,404 = 936 \text{ psi}$$

$$\text{Línea de diseño} \Rightarrow 936 * 1.2 = 1,123 \text{ psi y } 2,040 * 1.2 = 2,448 \text{ psi}$$

Gráfico (VII.2) Diseño a la P.interior.



De tablas selección tentativa :

Tubería J-55, 40.5 lb/pie, P.int. = 3,130 psi, ϕ_{Dr} = 9.894

b) Diseño al colapso:

$$\begin{aligned} 2,000 \times 0.052 \times 11.7 &= 1,217 \text{ psi} \\ 1,000 \times 0.052 \times 15.6 &= 811 \text{ psi} \\ \hline &2,028 \text{ psi} \end{aligned}$$

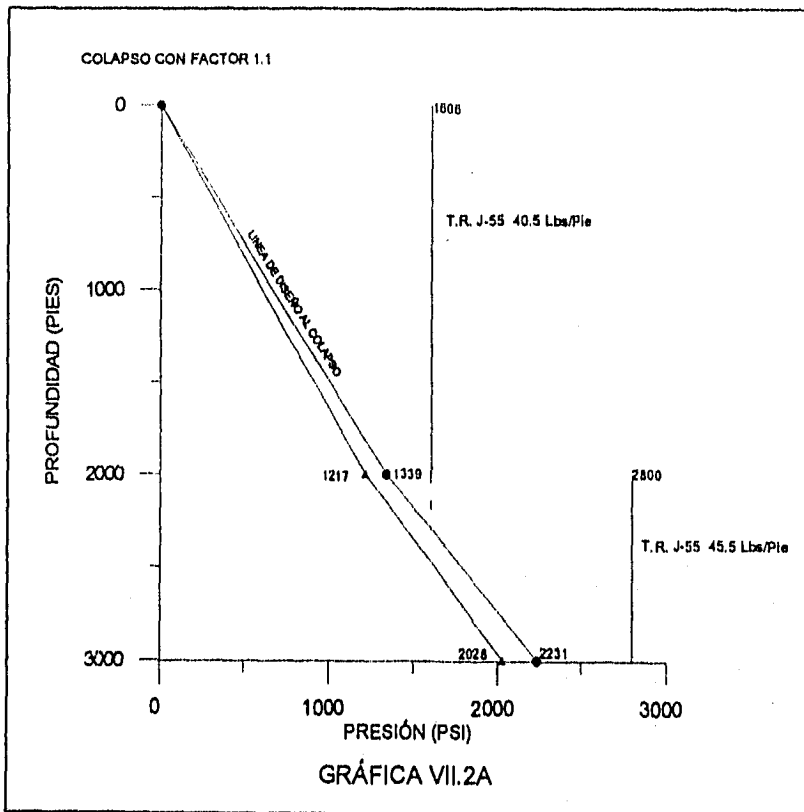
$$\begin{aligned} \text{Para el factor 1.2} \\ 1,217 \times 1.2 &= 1,460 \text{ psi} \\ 811 \times 1.2 &= 973 \\ \hline &2,433 \text{ psi} \end{aligned}$$

Línea de diseño

$$\begin{aligned} \text{Para factor 1.1} \\ 1,217 \times 1.1 &= 1,339 \text{ psi} \\ 811 \times 1.1 &= 892 \text{ psi} \\ \hline &2,231 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para el factor 1.25} \\ 1,217 \times 1.25 &= 1,521 \text{ psi} \\ 811 \times 1.25 &= 1,014 \text{ psi} \\ \hline &2,535 \text{ psi} \end{aligned}$$

Gráfica (VII.2A)
Líneas de diseño al colapso



De tablas de propiedades de T.R. (Apéndice):

Tubería J-55, 40 lb/pie,
Pc. = 1,580 psi
 $\phi_D = 9.894$ pg
0 - 2,000 pies

Tubería J-55, 45.5 lb/pie
Pc. = 2,090 psi
 $\phi_D = 9.794$ pg
2,000 - 3,000 pies

c) Diseño a la tensión:

Cálculo del factor de peso flotado: $F_{WF} = 1 - \frac{\rho_L}{\rho_A}$
 $F_{WF} = 1 - 9.5/65.5 = 0.855$

Para J-55, y 45.5 lb/pie

$$\begin{aligned} W_e &= P_v * F_{WF} * D \\ &= 45.5 * 0.855 * 1,000 \\ &= 38,903 \text{ lbs.} \end{aligned}$$

Para J-55, y 40.5 lb/pie

$$\begin{aligned} W_e &= W_e(J-55) + P_v * F_{WF} * D \\ &= 38,903 + 40.5 * 0.855 * 2,000 \\ &= 108,158 \text{ lbs.} \end{aligned}$$

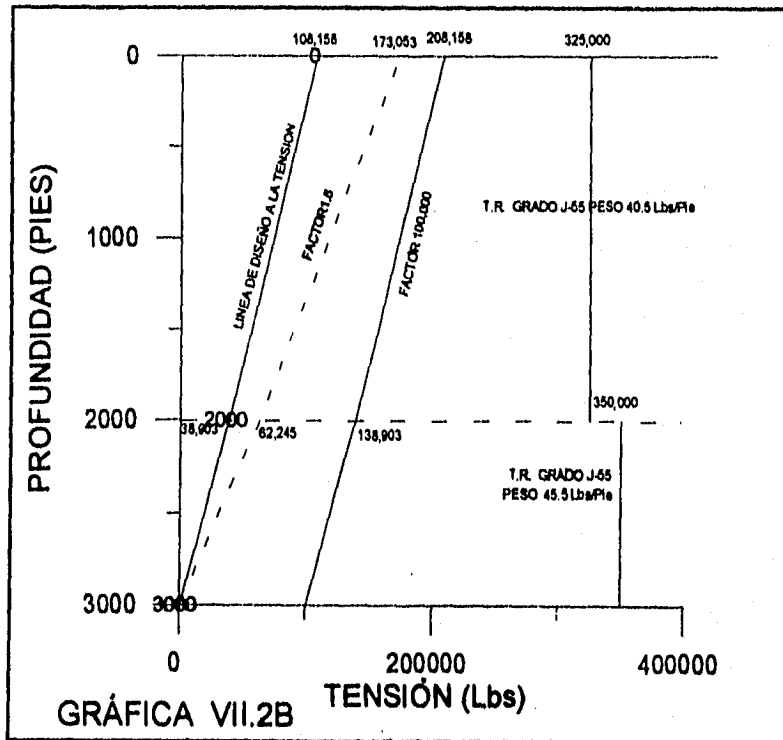
Para J-55, y 40.5 lb/pie

$$\begin{aligned} W_e &= W_e(J-55) + P_v * F_{WF} * D \\ &= 38,903 + 40.5 * 0.855 * 2,000 \\ &= 108,158 \text{ lbs.} \end{aligned}$$

Factor de diseño 1.6
 $38,903 * 1.6 = 62,245 \text{ lbs}$
 $108,158 * 1.6 = 173,053 \text{ lbs.}$

Factor de diseño 100,000 lbs.
 $38,903 \text{ lb} + 100,000 \text{ lbs} = 138,903 \text{ lbs.}$
 $108,158 \text{ lb} + 100,000 \text{ lbs} = 208,158 \text{ lbs.}$

Gráfico (VII.2B)
 Líneas de diseño a la tensión



De tablas (Propiedades T.R. (Apéndice):

Tubería 1
 J-55, 40.5 lb/pie
 $R_t = 628,000 \text{ Lbs.}$
 $\phi_D = 9.894 \text{ pg}$

Tubería 2
 J-55, 45.5 lb/pie
 $R_t = 715,000 \text{ Lbs}$
 $\phi_D = 9.794 \text{ pg}$

7. Utilizando las condiciones de una T.R. intermedia, calcule la P.iny. y la longitud de las columnas de lodo y gas con los siguientes datos: G.fract. = 16.2 lb/gal
 Prof.asent. = 10,300 pies
 P. superf. = 6,200 psi
 Lodo adic.utilizado = 13.6 lb/gal

SOLUCIÓN

$$P_{iny.} = (G_{frac.} + 1.0) * 0.052 * D ; \quad P_i = P_s + XG_l + YG_g ; \quad X + Y = Prof. asent.$$

$$P_i = 0.052 * (16.2 + 1.0) * 10,300 = 9,212.32 \text{ psi}$$

$$9,212.32 = 6,200 + X * 0.7072 + Y * 0.115 ; \quad X + Y = 10,300 \Rightarrow X = 10,300 - Y$$

$$9,212.32 = 6,200 + (10,300 - Y) * 0.7072 + Y * 0.115$$

$$9,212.32 = 6,200 + 7,284.16 - Y(0.7072 - 0.115)$$

$$0.5922Y = 13,484.16 - 9,212.32 \Rightarrow Y = 7,213.5 \text{ pies}$$

$$\therefore X = 10,300 - 7,213.5 \Rightarrow X = 3,086.5 \text{ pies}$$

8. Diseñe la siguiente sarta de T.R. intermedia. Utilice unicamente tubería de grado S-95 o SOO-95, y considere un factor de diseño estandar de 1.1 para la P. interior y el Colapso y de 1.6 para la tensión.

Datos: Tamaño de la T.R. = 7.625 pg
 Mínimo diámetro aceptable = 6.5 pg
 Prof. colocación. = 10,900 pies
 Long. sección mínima. = 2,500 pies
 P.superf. máxima. = 5,600 psi
 G.fract_{10,900'} = 17.0 lb/gal
 Máxima densidad lodo ant. = 14.2 lb/gal
 Densidad lodo en la base T.R. = 10.8 lb/gal
 Cima del cemento = 6,900 pies
 Densidad Cemento. = 16.4 lb/gal

SOLUCIÓN

a) Diseño a la Presión Interior:

- Primero determinaremos la p.iny.:

$$P_{iny.} = (0.052) (17.0 + 1.0) (10,900) = 10,202 \text{ psi}$$

- Determinación de las longitudes de lodo y gas:

$$P_s + X(G_m) + Y(G_g) = P_{iny.}$$

$$5,600 + X(0.052 * 14.2) + Y(0.115) = 10,202 \quad X + Y = 10,900 \Rightarrow Y = 10,900 - X$$

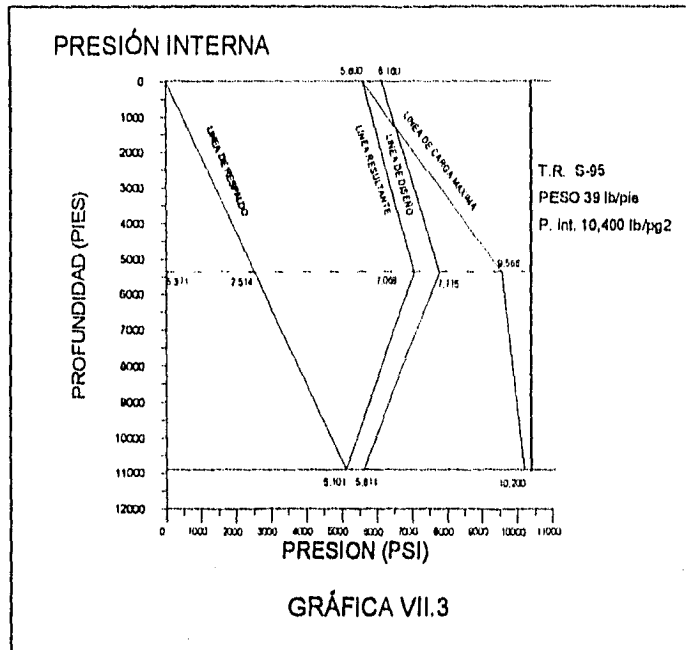
$$5,600 + 0.7384X + 0.115(10,900 - X) = 10,202$$

Resolviendo para X \Rightarrow X = 5,371 pies Columna de lodo
 Y = 5,529 pies Columna de gas

- La línea de diseño a la P.interna es calculada con un fluido de 9.0 lb/gal por lo tanto a 10,900 pies se tendrá:

$$10,900 \times 0.052 \times 9.0 = 5,101 \text{ psi}$$

- La resultante y líneas de diseño a la P. interior son calculadas y mostradas en el Gráfico VII.3



- De tablas de propiedades de T.R. del apéndice, de acuerdo a los datos y con la línea de diseño se seleccionó la siguiente tubería:

T.R. Grado S-95, 39 lbs/pie y P. interior = 10,400 psi.

- b) Diseño a la P. colapso.

$$L_d = \frac{P_f}{G_m} = \frac{5,101}{10.8 \times 0.052} = 9,083 \text{ pies} \Rightarrow X = 10,900 - 9,083$$

$$X = 1,817 \text{ pies}$$

$$P.c = 0.052 \times \rho_{\text{lodo}} \times L_d = 0.052 \times 16.4 \times 1,817 = 1,549.5$$

$$= 1,549.5 + 5,101 = 6,650 \text{ psi.}$$

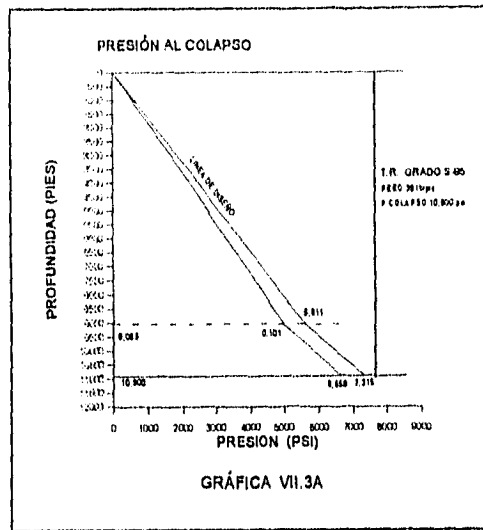
Línea de diseño para un factor de 1.1 :

$$5,101 \times 1.1 = 5,611$$

$$6,650 \times 1.1 = 7315$$

De la gráfica se determinó la misma tubería seleccionada previamente.

Gráfica VII.3A



c) Diseño a la Tensión :

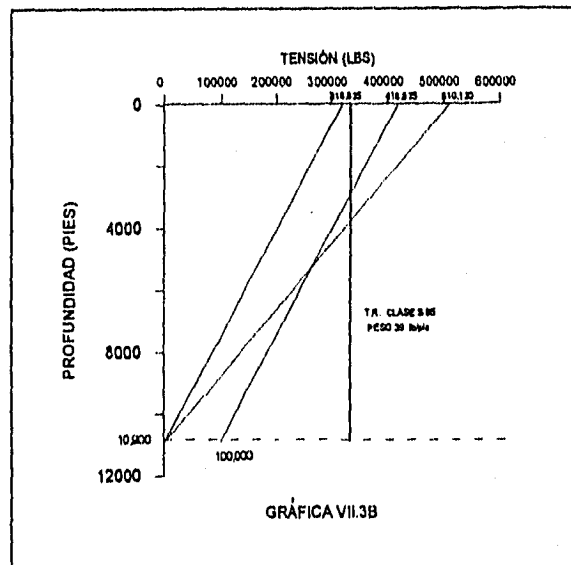
Factor de peso flotado $\Rightarrow FWF = (1 - 16.4/65.5) = 0.75$

Para S-95 y 39 lb/pie $We = Pv \times FWF \times D$
 $= 39 \times 0.75 \times 10,900 = 318,825 \text{ lbs.}$

Factor de diseño 100,000 lbs Factor de diseño 1.6

$318,825 + 100,000 = 418,825 \text{ lbs}$ $318.825 \times 1.6 = 510,120 \text{ lbs}$

Gráfica VII.3B



9. Diseñar una tubería de revestimiento Intermedia y un Liner para las siguientes condiciones:

	<u>Intermedia</u>	<u>Corta</u>
Tamaño de la tubería, pg	7.625	5.0
Desviación mín. acep., pg	6.5	4.0
Mínima long. de sección pies	3,000	2,000
Prof. asentamiento, pies	9,800	12,200
Traslape, pies	—	500
ρ lodo al coloc. T.R., lb/gal	10.8	13.1
Cima cemento, pies	7,000	9,300
Peso del cemento	16.4	16.4
P.superficial, psi	6,500	6,500
Grad. fract., lb/gal	17.1	18.1
ρ max. lodo anticipada, lb/gal	14.2	16.0

SOLUCIÓN

A) Se Determina la Presión de inyección en la zapata del Liner.
 $P.iny. = 0.052(18.1+1)(12,200) = 12,117 \text{ psi}$

- Longitudes de lodo y gas: $Ps + XG_m + YG_g = IP$
 $6,500 + X(0.052 \times 16) + Y(0.115) = 12,117 \text{ psi}$

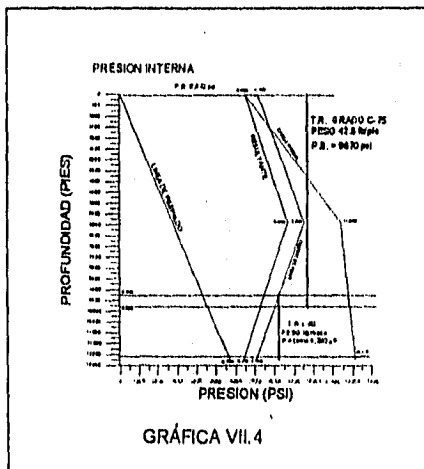
$X + Y = 12,200 \text{ pies} \quad \therefore \quad X = 5,878 \text{ pies (columna de lodo)}$
 $Y = 6,322 \text{ pies (columna de gas)}$

La línea de respaldo con $\rho_{lodo} = 9.0 \text{ lb/gal.}$ $\left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ psi} \\ 5,709 \text{ psi} \end{array} \right.$
 $0.052 \times 9.0 \times 12,200 = 5,709$

$P_x = P.\text{sup} + X \cdot G_l = 6,500 + 5,878(0.052 \times 16) = 11,390 \text{ psi}$

Línea de carga $\left\{ \begin{array}{l} P.\text{sup.} = 6,500 \text{ psi} \\ P_x = 11,390 \text{ psi} \\ P.\text{fondo} = 12,117 \text{ psi} \end{array} \right.$ Línea Resultante $\left\{ \begin{array}{l} 6,500 - 0 = 6,500 \text{ psi} \\ 11,390 - 2,751 = 8,639 \text{ psi} \\ 12,117 - 5,709 = 6,408 \text{ psi} \end{array} \right.$

Línea de diseño $\left\{ \begin{array}{l} 6,500 \times 1.1 = 7,150 \text{ psi} \\ 8,639 \times 1.1 = 9,503 \text{ psi} \\ 6,408 \times 1.1 = 7,048 \text{ psi} \end{array} \right.$



9. Diseñar una tubería de revestimiento Intermedia y un Liner para las siguientes condiciones:

	<u>Intermedia</u>	<u>Corta</u>
Tamaño de la tubería, pg	7.625	5.0
Desviación mín. acep., pg	6.5	4.0
Mínima long. de sección pies	3,000	2,000
Prof. asentamiento, pies	9,800	12,200
Traslape, pies	—	500
plodo al coloc. T.R., lb/gal	10.8	13.1
Cima cemento, pies	7,000	9,300
Peso del cemento	16.4	16.4
P.superficial, psi	6,500	6,500
Grad. fract., lb/gal	17.1	18.1
$\rho_{\text{max. lodo anticipada}}$, lb/gal	14.2	16.0

SOLUCIÓN

A) Se Determina la Presión de inyección en la zapata del Liner.
 $P_{\text{iny.}} = 0.052(18.1+1)(12,200) = 12,117 \text{ psi}$

- Longitudes de lodo y gas: $P_s + XG_m + YG_g = IP$
 $6,500 + X(0.052 \times 16) + Y(0.115) = 12,117 \text{ psi}$

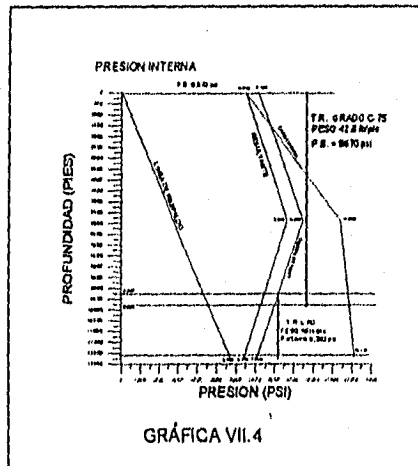
$X + Y = 12,200 \text{ pies}$ $\therefore X = 5,878 \text{ pies (columna de lodo)}$
 $Y = 6,322 \text{ pies (columna de gas)}$

La línea de respaldo con $\rho_{\text{lodo}} = 9.0 \text{ lb/gal.}$ $\left. \begin{array}{l} 0 \text{ psi} \\ 5,709 \text{ psi} \end{array} \right\}$
 $0.052 \times 9.0 \times 12,200 = 5,709$

$P_x = P_{\text{sup}} + X \cdot G_l = 6,500 + 5,878(0.052 \times 16) = 11,390 \text{ psi}$

Línea de carga $\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{sup.}} = 6,500 \text{ psi} \\ P_x = 11,390 \text{ psi} \\ P_{\text{fondo}} = 12,117 \text{ psi} \end{array} \right.$ Línea Resultante $\left\{ \begin{array}{l} 6,500 - 0 = 6,500 \text{ psi} \\ 11,390 - 2,751 = 8,639 \text{ psi} \\ 12,117 - 5,709 = 6,408 \text{ psi} \end{array} \right.$

Línea de diseño $\left\{ \begin{array}{l} 6,500 \times 1.1 = 7,150 \text{ psi} \\ 8,639 \times 1.1 = 9,503 \text{ psi} \\ 6,408 \times 1.1 = 7,048 \text{ psi} \end{array} \right.$



De tablas obtengo una selección tentativa de tuberías:

T.R.	Grado	Peso (lb/pie)	P.interna	P.colapso (psi)
Intermedia	C-75	42.8	9,670	10,240
Liner	L-80	15.0	8,290	7,250

B) Diseño al Colapso:

Para el Liner $\rho_{lodo} = 13.1$ lb/gal, $\rho_{cemento} = 16.4$ lb/gal

$$P_{iny.Liner} = (0.052 \cdot 13.1 \cdot 9,300) + (0.052 \cdot 16.4 \cdot 2,900) = 8,808 \text{ psi}$$

Para la T.R. Intermedia $\rho_{lodo} = 10.8$ lb/gal, $\rho_{cemento} = 16.4$ lb/gal

$$P_{iny.interm} = (0.052 \cdot 10.8 \cdot 7,000) + (0.052 \cdot 16.4 \cdot 2,800) = 6,318 \text{ psi}$$

La longitud de la columna de lodo de 16 lb/gal usada como respaldo al colapso será: $0.052 \cdot 9 \cdot 12,200 = 0.052 \cdot 16 \cdot L \Rightarrow L = 6,863$ pies la cual va hasta la línea de asiento del Liner; De la cima de 5,337 hasta la superficie es considerada libre.

$$0.052 \cdot 9 \cdot 12,200 = 5,709$$

Cima de cemento a 7,000 pies en T.R. intermedia

$$P_{7,000} = 0.052 \cdot 10.8 \cdot 7,000 = 3,931 \text{ psi}$$

$$P_{iny.} = P_{9,800} = 0.052 \cdot (10.8+1) \cdot 9,800 = 6,013 \text{ psi}$$

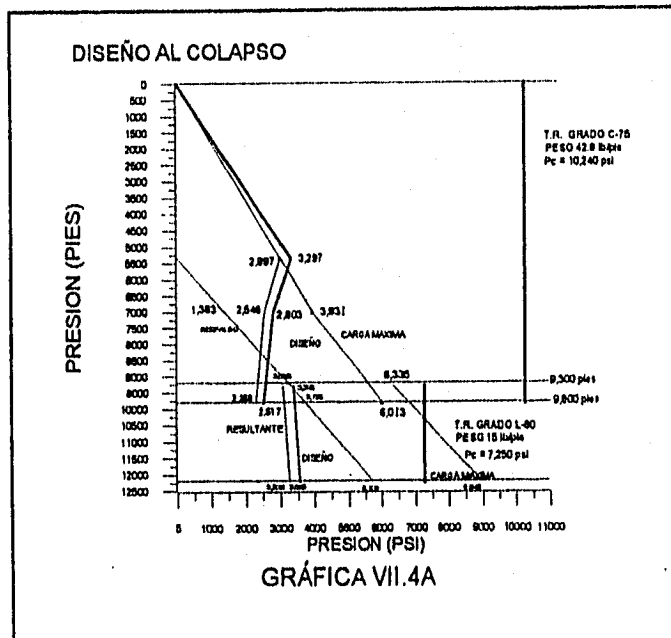
Cima de cemento a 9,300 pies en el Liner

$$P_{9,300} = 0.052 \cdot 13.1 \cdot 9,300 = 6,335 \text{ psi}$$

$$P_{iny.} = P_{12,200} = 0.052 \cdot (13.1+1) \cdot 12,200 = 8,945 \text{ psi}$$

$$P_{5,337} = 0.052 \cdot 10.8 \cdot 5,337 = 2,997 \text{ psi}$$

	RESULTANTES	DISEÑO
Interm.	$R_{5,337} = 2,997 - 0 = 2,997 \text{ psi}$	$2,997 \cdot 1.1 = 3,292 \text{ psi}$
	$R_{7,000} = 3,931 - 1,383 = 2,548 \text{ psi}$	$2,548 \cdot 1.1 = 2,803 \text{ psi}$
	$R_{9,800} = 6,013 - 3,725 = 2,288 \text{ psi}$	$2,288 \cdot 1.1 = 2,517 \text{ psi}$
Liner	$R_{8,300} = 6,335 - 3,285 = 3,050 \text{ psi}$	$3,050 \cdot 1.1 = 3,355 \text{ psi}$
	$R_{12,200} = 8,945 - 5,704 = 3,236 \text{ psi}$	$3,236 \cdot 1.1 = 3,560 \text{ psi}$



c) Diseño a la Tensión : $W_e = W(1 - \rho_l/\rho_a)$

a 9,300 pies $\rho_{lodo} = 18.1 \text{ lb/gal} \Rightarrow W_e = 15 * (1 - 18.1/65.5) * 9,300$
 $W_e = 100,951.14 \text{ lb}$
 por el factor 1.6 $W_e = 161,521.83 \text{ lb}$
 por el factor 100,000 $W_e = 200,951.14 \text{ lb}$

a 0 pies $\rho_{lodo} = 17.1 \text{ lb/gal} \Rightarrow W_e = 42,8 * (1 - 17.1/65.5) * 9,800$
 $W_e = 309,937.34 + 100,951.14 \text{ lb} = 410,888.48 \text{ lb}$
 por el factor 1.6 $W_e = 657,421.58 \text{ lb}$
 por el factor 100,000 $W_e = 510,888.48 \text{ lb}$

Corrección al colapso por tensión. C-75, $\phi = 7 \frac{5}{8} \text{ pg}$, $e = 0.562$

$$\text{Area} = 0.785(7.625^2 - 6.501^2) = 12.4639 \text{ pg}^2$$

$$\sigma_z = \frac{F_t}{A} = \frac{657,421.58}{12.46} = 52,746.06 \text{ lb/pg}^2; \quad \frac{\sigma_z}{\sigma_y} = \frac{52,746.06}{935,000} = 0.056$$

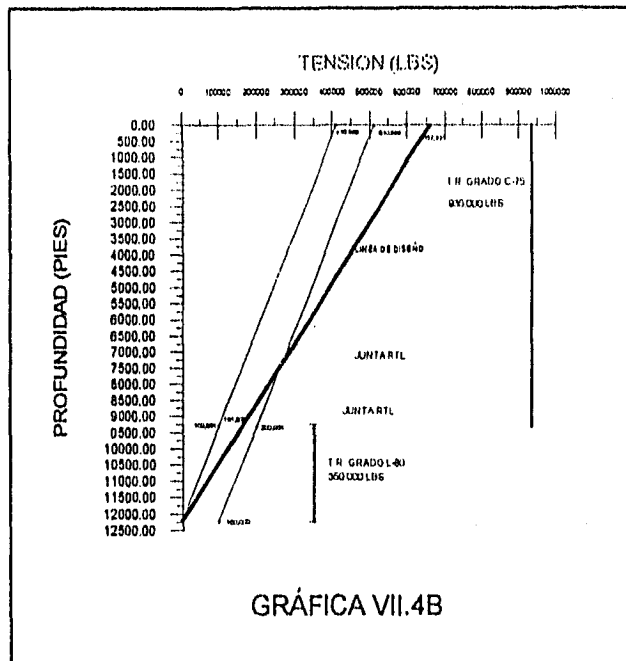
$$\sigma_{ye}/\sigma_y = \sqrt{1 - 3/4(0.056)^2} - 0.5(0.056) = 0.9706$$

$$\sigma_{ye} = 0.9706 * 52,746 = 51,195.28 \text{ lb/pg}^2; \quad D/t = \frac{7.625}{0.562} = 13.56 \text{ modo de cedencia}$$

$$P_c = 2Ye \left[\frac{(dn/t) - 1}{(dn/t)^2} \right] = 2(51,195.28) \left[\frac{13.56 - 1}{13.56^2} \right] = 6,790.81 \text{ psi} \quad \therefore \text{no falla}$$

DISEÑO FINAL

Grado	Peso	Intervalo	Diám.	Junta
C-75	42.8 lb/plc	0 - 9,800 pies	7.625 pg	RTL
L-80	15 lb/plc	9,300 - 12,200 pies	5.0 pg	RTL



10. Diseñar una T.R. de producción para las siguientes condiciones:

Tamaño de la tubería, pg	5.5
Díametro mínima acep. pg	4.0
Mínima long. de sección, pies	2,000
Prof. de colocación, pies	11,000
Dens. lodo al coloc. T.R. Lb/gal	12.8
Dens. cemento, lb/gal	16.4
Cima del cemento, pies	8,500
Presión de fondo, psi	5,400
Densidad fluido tapon, lb/gal	9.0

SOLUCIÓN

- La presión en el fondo del pozo de 5,400 psi es trazada en el gráfico (VII.5)
- Como el fluido de control utilizado es de 9.0 lb/gal, la presión hidrostática cancela los efectos del fluido de control interior. Por lo tanto la resultante es igual a la presión en el fondo del pozo 5,400 psi
- La línea resultante multiplicada por el factor de diseño de 1.0 nos da la línea de diseño. Así mismo la T.R. seleccionada se muestra en el gráfico (VII.5)
- La línea de diseño al colapso; Gráfico (VII:5A); es calculado con la densidad del lodo de 12.8 lb/gal y la densidad del cemento de 16.4 lb/gal.
- Como no se utiliza fluido de control entonces la línea de carga resultante es igual a la línea de diseño
- Después de evaluar las cargas a la tensión y los esfuerzos biaxiales, el diseño final de la T.R. consistirá de una tubería de:

11,000 pies ; $\phi = 5.5$ pg ; Grado C-95 y 40.0 lb/pie

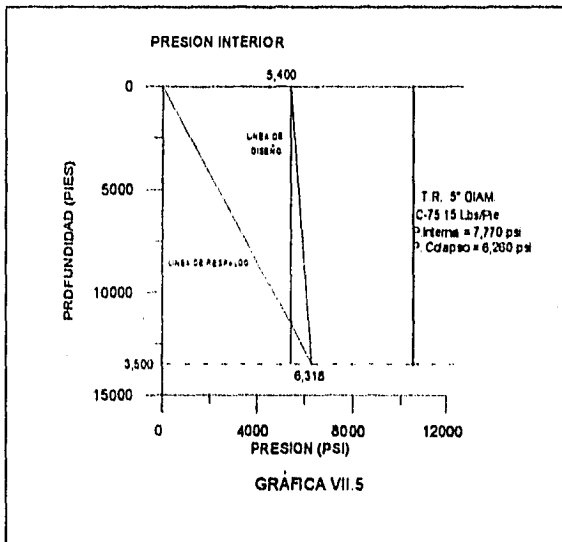


Gráfico VII.5

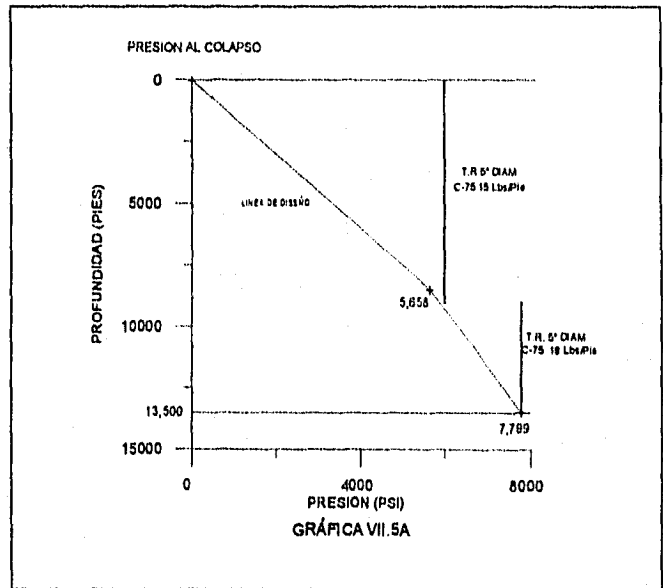


Gráfico VII.5A

g) Diseño a la tensión :

$$A_s = \pi/4(5^2 - 4.408^2) = 4.374 \text{ pg}^2; \text{ C-75, 15 lb/pie}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4}(5^2 - 4.276^2) = 5.274 \text{ pg}^2; \text{ C-75, 18 lb/pie}$$

$$W1 \cdot L1 = 18 \cdot 4,500 = 81,000$$

$$W2 \cdot L2 = 15 \cdot 8,500 = 127,500$$

$$-P1 \cdot A1 = 0.052 \cdot 11,000 \cdot 12.8 \cdot 5.274 = -38,000$$

$$P2 \cdot A2 = 0.052 \cdot 12.8 \cdot \pi/4(4.408 - 4.276) \cdot 8,500 = 5,093$$

$$A = -38,614 \text{ lbs}$$

$$B = -38,614 + 81,000 = 42,386 \text{ lbs}$$

$$C = 42,386 + 5,093 = 47,479 \text{ lbs}$$

$$D = 47,479 + 127,500 = 174,979 \text{ lbs}$$

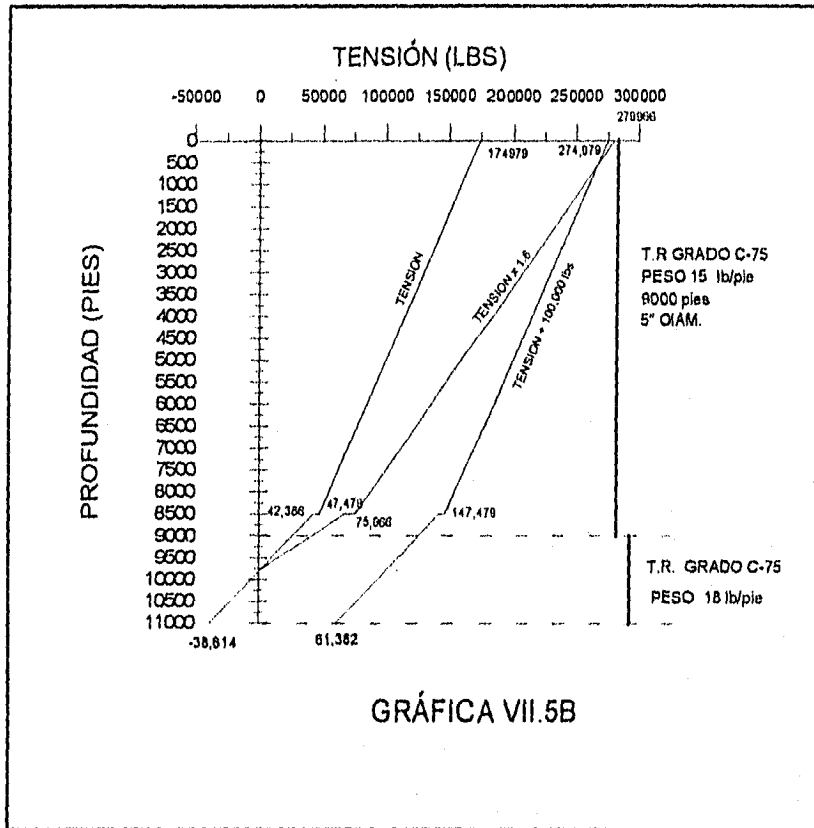
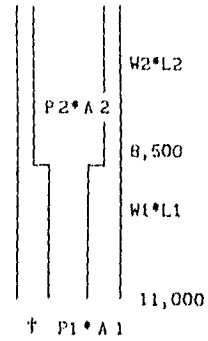


Gráfico VII.5B de diseño a la tensión

Diseño final de tuberías:

Profundidad (pies)	Diámetro (pg)	Grado No.	Peso (lb/pie)	Junta tipo
0 - 9,000	5	C-75	15	STC
9,000 - 13,500	5	C-75	18	STC

7.2 SEGUNDA PARTE DE PROBLEMAS RESUELTOS CEMENTACIONES (1,2)

1. Un pozo de 10,000 pies de prof. con un gradiente de fractura de 16.2 lb/gal, será cementado con una lechada de 16.8 lb/gal. La densidad del lodo en el pozo es de 15.7 lb/gal; Si la densidad equivalente de circulación se incrementa 0.3 lb/gal al circular el lodo, determinar si el cemento puede ser circulado sin fracturar la profundidad de asentamiento.

SOLUCIÓN

La cantidad de lodo y presión hidrostática del cemento que la profundidad de asentamiento puede soportar, se calcula con el gradiente de fractura menos la presión de circulación.

$$16.2 - 0.3 = 15.9 \text{ Lb/gal}$$

$$0.052 \times 16.2 \times 10,000 = 8,424 \text{ lb/pg}^2$$

$$0.052 \times 15.9 \times 10,000 = 8,268 \text{ lb/pg}^2$$

$$8,268 < 8,424 \quad \therefore \text{ Se fracturará la formación}$$

Como la profundidad de asentamiento de la T.R. puede soportar únicamente un fluido con densidad de 15.9 lb/gal y como la densidad del cemento es de 16.8 lb/gal, puede fracturar la formación ocasionando pérdidas de circulación.

Una forma de llevar a cabo la cementación es por circulación inversa, es decir bombeando el cemento por el E.A y desplazando el lodo al interior de la T.R., ya que se tiene una formación de baja resistencia.

2. Se tiene un pozo de 10,000 pies de profundidad y 8.5" ϕ en el se introduce una T.R. de producción de 7" ϕ . Determine la profundidad de la cima del cemento, si se utilizan 500 sacos de cemento y el rendimiento de la lechada de cemento es de 1.17 pie³/saco.

SOLUCIÓN

Primero se determina la capacidad anular:

$$A_{EA} = \left[\frac{d_2^2 - d_1^2}{1029.4} \right] (\text{bl/pie}) = \left[\frac{8.5^2 - 7^2}{1,029.4} \right] = 0.022586 \text{ bl/pie}$$

$$\therefore V_{EA} = 0.022586 * 5.6142 * 10,000 = 1,268.021 \text{ pie}^3$$

$$\frac{\text{Volumen lechada}}{\text{Rendimiento}} = \text{No. sacos cemento}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Volumen lechada} &= \text{No. sacos} * \text{rendimiento} \\ &= 500 * 1.17 = 585 \text{ pie}^3 = 104.20006 \text{ bls} \end{aligned}$$

$$\text{Altura cemento} = \frac{\text{Capacidad anular}}{\text{Volumen lechada}} = \frac{0.0225859 \text{ bl/pie}}{104.20006 \text{ bl}}$$

$$\text{Altura de cemento} = 4,613.5 \text{ pies}$$

$$\therefore \text{Prof. cima del cemento} = 5,386.5 \text{ pies.}$$

3. Calcule la capacidad de una T.R. de 13,000 pies de prof. y 43.5 lb/pie y diámetro 9 5/8 pg

SOLUCIÓN

Con los datos de peso y diámetro de la tubería y con la ayuda de tablas de propiedades de la tubería determino el espesor de pared de la tubería

$$t = 0.435$$

$$\text{Capacidad de la T.R.} = \frac{d_i^2}{1029.4} \text{ (bl/pie)}$$

$$\phi_{\text{int}} = \phi_{\text{ext}} - 2t = 9.625 - 2 * 0.435 = 8.755$$

$$\therefore \text{Capacidad de la T.R.} = \frac{(8.755)^2}{1029.4} = 0.07446 \text{ bl/pie}$$

$$= 0.41804 \text{ pie}^3/\text{pie}$$

4. Determine el volumen anular entre 2,500 pies de una T.R. de 10 3/4 pg y el agujero de 17 1/2 pg.

SOLUCIÓN

$$\text{Volumen Anular} = \text{Prof.} * (\phi_{\text{ext}}^2 - \phi_{\text{int}}^2) \pi / 4 * 1/144$$

$$= 2,500 \text{ pies} * (17.5^2 \text{ pg} - 10.75^2 \text{ pg}) \pi / 4 * 1/144$$

$$= 2600.097 \text{ pie}^3$$

5. Se desea reducir la densidad de un cemento de clase A a 12.8 lbm/gal por adición de bentonita. Con los siguientes requerimientos de agua necesaria para el cemento de clase A y bentonita :

Requerimiento Agua/Saco de cemento = 5.2 gal/94 lbs

Requerimiento Agua/Saco de cemento = 1.3 gal/2% en cemento

1 saco de cemento = 94 lbs.

Calcule el peso de la bentonita que deberá de ser combinado con cada saco de cemento; Calcule el rendimiento de la lechada y el % de la mezcla de lechada.

SOLUCIÓN

La X representa las lbs de bentonita por cada saco de cemento por lo tanto el total de agua requerida en la lechada será:

$$12.8 = \frac{94 + X + 8.34(5.2 + 0.69X)}{\left[\frac{94}{3.14(8.34)} + \frac{X}{2.65(8.34)} + (5.2 + 0.69X) \right]}$$

Despejando el valor de X y realizando operaciones:

$$X = 9.3 \text{ lbm/saco} \leftarrow \text{Peso de bentonita a adicionar}$$

Rendimiento de la lechada: Vol. agua = 5.2 + 0.69(9.3) = 11.617 gal

$$\begin{aligned} \text{Volumen de lechada} &= \frac{94}{3.14(8.33)} + \frac{9.3}{2.65(8.33)} + 11.617 \\ &= 15.633 \text{ gal/saco} \end{aligned}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{15.633 \text{ gal/saco}}{7.48 \text{ gal/pie}^3} = 2.09 \text{ pie}^3/\text{saco}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de la mezcla} &= \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del cemento}} \times 100 \\ &= \frac{8.34(5.2 + 0.69(9.3))}{94} \times 100 = 103 \% \end{aligned}$$

6. Una T.R. de $\phi_{\text{ext}} = 9.625$ y $\phi_{\text{int}} = 8.535$ será cementada a una profundidad de 13,000 pies en un agujero de 12.25" ϕ . Una junta de zapata de 40 pies será utilizada entre el collar flotador y la zapata guía. Se desea desplazar 2,500 pies de cemento en el espacio anular, donde cada saco de cemento clase H será mezclado con 4.3 galones de agua a la cual se le agregará el 18 % de sal. Una cantidad de dispersante será combinada con el cemento, pero este aditivo no tiene efectos importantes en el rendimiento o densidad de la lechada
Calcular:

- la densidad y rendimiento de la lechada.
- El número de sacos de cemento requeridos.
- Y el tiempo de cementación.

Considere que el cemento puede ser mezclado a razón de 20 sacos/min. y desplazado con un gasto de 9 bls/min. utilice un factor de seguridad de 1.5 . La sal será adicionada en el agua y no durante la inyección del cemento.

SOLUCIÓN

a) Primero se determina el peso de cada componente de la lechada:

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 94 \text{ lbm} \\ \text{Agua} &= 4.3 * 8.33 = 35.862 \text{ lbm} \\ \text{Sal} &= 0.18 * 35.862 = 6.455 \end{aligned}$$

Como la sal se mezcla con el agua antes que el cemento, entonces se forma una salmuera, por lo tanto para determinar el peso específico primero se determina la fracción de peso de la salmuera, la cual será

$$\% \text{ Salm.} = \frac{6.455}{(35.862 + 6.455)} = 0.15254$$

Con el valor de 0.15254 entro a la tabla 7.5 e interpolando se obtiene el peso específico de la salmuera = 1.111

Componente	Volumen (pies)	
Cemento	$\frac{94}{3.14(62.4)}$	= 0.47974
Agua salada	$\frac{6.455 + 35.862}{1.111(62.4)}$	= 0.6104
	Rendimiento = 1.09 pie ³ /saco	

$$\text{Rendimiento de la lechada} = 1.09 \text{ pie}^3 = 8.156 \text{ gal}$$

$$\text{Densidad de la lechada} = \frac{6.455 + 35.862 + 94}{8.156} = 16.71 \text{ lbm/gal}$$

La capacidad Anular será:

$$Aa = \pi/4 * (12.25^2 - 9.625^2) * 1/144 = 0.3132 \text{ pie}^2$$

Como la columna en el E.A. será de 2,500 pies y considerando un factor de seguridad de 1.5 : el volumen requerido de lechada será:

$$0.3132 * 2,500 * 1.5 = 1,174.5 \text{ pie}^3$$

Por lo tanto el volumen de la lechada requerira mezclar :

$$\frac{1,174.5 \text{ pie}^3}{1.09 \text{ pie}^3/\text{saco}} = 1,078 \text{ Sacos de cemento}$$

$$\therefore \text{ El tiempo de mezclado será} = \frac{1,078 \text{ sacos}}{20 \text{ sacos}/\text{min}} = 53.9 \text{ minutos}$$

El tiempo requerido para desplazar el tapón superior, desde la superficie hasta el collar flotador será :

$$\frac{\pi}{4} (8.535^2) \frac{(13,000-40)}{144} * \frac{1}{60*(0.5397)} = 159 \text{ minutos}$$

Que será el tiempo de cementación.

7. Una T.R. corta (Liner) de 7 pg y ϕ_{int} de 6.276 será cementada a una profundidad de 15,300 pies en un pozo de 8.5 pg. La T.R. de producción esta asentada a 13,300 pies y se desea un traslape de 300 pies entre el liner y la T.R. de producción. Una zapata de 40 pies se utilizará entre el collar flotador y la zapata guía; 1,000 pies de fluido limpiador se introducirán al espacio anular y por último efectuar la cementación con un cemento de clase H compuesto por el 35 % de silicato de fluor y 1.2% de Halad 22, mezclado en 5.8 galones de agua con 18% de sal.

Calcule la densidad y el rendimiento de la lechada, así como el volumen de cemento requerido si el registro de calibración, registró un derrumbe promedio de 2 pg, que incremento el diámetro del agujero y el número de sacos de cemento a utilizar.

SOLUCIÓN

A) Cálculo de la Densidad y Rendimiento de la lechada:

$$\text{Cemento} = 94 \text{ lbm}$$

$$\text{Cantidad de Silicato de fluor} = 94 * 0.35 = 32.9 \text{ lbm}$$

$$\text{Cantidad de Halad 22} = 94 * 0.012 = 1.128 \text{ lbm}$$

$$\text{Cantidad de Agua} = 5.8 * 8.33 = 48.314 \text{ lbm}$$

$$\text{Cantidad de sal} = 0.18 * 48.314 = 8.697 \text{ lbm}$$

$$\text{Peso específico cemento} = 3.14$$

$$\text{Peso específico fluor} = 2.63$$

$$\text{Peso específico halad 22} = 1.31$$

$$\begin{aligned} \text{Peso específico salmuera} &= (8.697)/(48.314+8.697) \\ &= 0.1525 \Rightarrow \text{interpolando en la tabla} \\ &7.5 \Rightarrow 1.111 \end{aligned}$$

<u>Componente</u>	<u>Volumen</u>	
Cemento	$\frac{94}{3.14(62.4)}$	= 0.47974
Silicato fluor	$\frac{32.9}{2.63(62.9)}$	= 0.2005
Halad 22	$\frac{1.128}{1.31(62.4)}$	= 0.01380
Agua salada	$\frac{48.314+8.697}{1.111*62.4}$	= 0.8224
Rendimiento		= 1.52 pie ³

$$1.52 \text{ pie}^3 = 11.35 \text{ gal}$$

$$\text{Densidad} = \frac{32.9 + 1.128 + 48.314 + 8.697}{11.35 \text{ gal}} = 8.021 \text{ lb/gal}$$

Capacidad anular:

$$Aa = \pi/4 * (9^2 - 6.27^2) * 1/144 = 0.2274 \text{ pg}^2$$

∴ La columna en el E.A. será = $0.2274 * 2300 * 1.5 = 784.42 \text{ pie}^2$

Por lo tanto el volumen de la lechada será:

$$\text{Vol.} = \frac{748.42 \text{ pie}^3}{1.52 \text{ pies/saco}} = 516 \text{ sacos de cemento}$$

TABLA 7.5 DENSIDADES DE SOLUCIONES
DE NaCl A 68 °F

Peso Específ.	Porcentaje de NaCl por peso		Peso de la solución por		Lbs de NaCl adicio- nadas al agua por			Volumen de soluc. (bls)
	Soluc.	Agua	Galon	Pie ³	Galon	Pie ³	bl	
0.9982	0	0.00	8.33	62.32	--	--	--	1.000
1.0053	1	1.01	8.39	62.76	0.084	0.63	3.53	1.003
1.0125	2	2.04	8.45	63.21	0.170	1.27	7.14	1.006
1.0268	4	4.17	8.57	64.10	0.347	2.60	14.59	1.013
1.0413	6	6.38	8.69	65.01	0.531	3.98	22.32	1.020
1.0559	8	8.70	8.81	65.92	0.725	5.42	30.44	1.028
1.0707	10	11.11	8.93	66.84	0.925	6.92	38.87	1.036
1.0857	12	13.64	9.06	67.78	1.136	8.50	47.72	1.045
1.1009	14	16.28	9.19	68.73	1.356	10.15	56.96	1.054
1.1162	16	19.05	9.31	69.68	1.587	11.87	66.65	1.065
1.1319	18	21.95	9.45	70.66	1.828	13.68	76.79	1.075
1.1478	20	25.00	9.58	71.65	2.083	15.58	87.47	1.087
1.1640	22	28.21	9.71	72.67	2.350	17.58	98.70	1.100
1.1804	24	31.58	9.85	73.69	2.631	19.68	110.49	1.113
1.1972	26	35.13	9.99	74.74	2.926	21.89	122.91	1.127

8. Cementar una T.R. de 7 pg. combinada en un pozo con diámetro de 9 1/2" ϕ a la profundidad de 14,760 pies, empleando el volumen de la lechada de cemento de acuerdo al gasto crítico y con un tiempo de contacto en la zapata de 10 min. última T.R. 10 3/4 - 55.5 lb/pie 6,000 pies.

T.R.	PROF. (pies)	Long. (pies)	ϕ .int. (pg)	Cap. (bl/pie)
N-80 38 lb/pie	14,760 - 9,160	5,600	5.920	0.0340
C-75 32 lb/pie	9,160 - 3,326	5,830	6.094	0.0360
C-95 38 lb/pie	3,326 - 0	3,326	5.920	0.340

Cap. entre la T.R. y el pozo 0.0401 bl/pie

Cap. entre T.R's 7 y 10 3/4 0.0449 bl/pie

Propiedades reológicas Lechada cemento Lodo

n'	0.30	0.29
k' lb seg ⁿ /pie ²	0.166	0.066
ρ lb/gal	15.2	12.5
Grad. presión lb/pg ² /pie	0.790	0.650

SOLUCIÓN

A) Obtención de la velocidad y el gasto crítico del cemento

$$V_c = \left[\frac{1129 \times 0.166 \times (96/(9.5-7))^{0.3}}{15.2} \right]^{0.588} = 8.34 \text{ pies/seg}$$

$$q_c = \frac{8.34 \times (9.5^2 - 7^2)}{17.15} = 20.06 \text{ bl/min}$$

$$\text{Vel. entre T.Rs.} = \frac{20.06 \times 17.15}{9.76^2 - 7^2} = 7.44 \text{ pies/seg}$$

$$B) \text{ Vel. en el int de la T.R. 32 lb/pie} = \frac{20.06 \times 17.15}{(6.094)^2} = 9.26 \frac{\text{lb}}{\text{pie}}$$

$$\text{Vel. en el int. de la T.R. 38 lb/pie} = \frac{20.06 \times 17.15}{(5.920)^2} = 9.82 \frac{\text{lb}}{\text{pie}}$$

Volumen de la lechada = 20.06 bl/min x 10 min = 200.6 bls.

$$200.6 \text{ bl}/0.0401 \text{ bl/pie} = 5,002.5 \text{ pies}$$

C) Cálculo de las caídas de presión. (1,000 pies de long.)

a) Cemento en el int. T.R. 32 lb/pie 38 lb/pie

$$N_{Re} = \frac{1.86 \times 9.26^{1.7} \times 15.2}{0.166 \times (96/6.094)^{0.3}} = 3,275.5$$

$$N_{Re} = \frac{1.86 \times 9.82^{1.7} \times 15.2}{0.166 \times (96/5.920)^{0.3}} = 3,588$$

$$\Delta P = \frac{0.039 \times 1,000 \times 15.2 \times 9.26^2 \times 0.00677}{6.094} = 56.47 \frac{\text{psi}}{1000 \text{ pie}}$$

$$\Delta P = \frac{0.039 \times 1,000 \times 15.2 \times 9.82^2 \times 0.00663}{5.920} = 64.02 \text{ psi/1000pie}$$

b) Cemento en el espacio anular $N_{Re} = 2,100$ $f = 0.00759$

$$\Delta P = \frac{0.039 \times 1,000 \times 15.2 \times 8.34^2 \times 0.00759}{2.5} = 125.18 \text{ psi/1000pie}$$

c) Lodo en el interior de la T.R. de 32 lb/pie y 38 lb/pie

$$N_{Re} = \frac{1.86 \times 9.26^{1.71} \times 12.5}{0.066 \times (96/6.094)^{0.29}} = 7,121.1 \quad f = 0.00584$$

$$N_{Re} = \frac{1.86 \times 9.82^{1.71} \times 12.5}{0.066 \times (96/5.92)^{0.29}} = 7,807.36 \quad f = 0.00576$$

$$\Delta P = \frac{0.39 \times 1000 \times 12.5 \times 9.26^2 \times 0.00584}{6.094} = 40.06 \text{ psi/1000 pies}$$

$$\Delta P = \frac{0.39 \times 1000 \times 12.5 \times 9.82^2 \times 0.00529}{5.920} = 42.01 \text{ psi/1000 pies}$$

d) Lodo en el espacio anular

$$N_{Re} = \frac{1.86 \times 8.34^{1.71} \times 12.5}{0.66 \times (96/2.76)^{0.29}} = 4,598.5 \quad f = 0.00652$$

$$N_{Re} = \frac{1.86 \times 7.44^{1.71} \times 12.5}{0.66 \times (96/2.76)^{0.29}} = 3,893 \quad f = 0.00652$$

$$\Delta P = \frac{0.029 \times 1000 \times 12.5 \times 8.34^2 \times 0.00630}{2.5} = 85.45 \text{ psi/1000 pies}$$

$$\Delta P = \frac{0.029 \times 1000 \times 12.5 \times 7.44^2 \times 0.00652}{2.76} = 63.75 \text{ psi/1000 pies}$$

D) Altura de la lechada de cemento en el int.de la T.R.

$$5,600 \text{ pies} \times 0.0340 \text{ bl/pie} = 190.4 \text{ bl en el int. T.R. } 38 \text{ lb/pie}$$

$$200.6 - 190.4 = 10.2 \text{ bls.}$$

$$10.2 \text{ bl}/0.036 \text{ bl/pie} = 283.3 \text{ pies}$$

$$\text{Altura de la lechada} = 5,883.3 \text{ pies}$$

E) Análisis hidráulico con la lechada de cemento dentro de la T.R. y el lodo en el espacio anular.

$$5,600 \text{ pies} \times 64.02 \text{ psi/1000 pies} = 358.51 \text{ lb/pg}^2$$

$$283.3 \text{ pies} \times 56.47 \text{ psi/1000 pies} = 16.00 \text{ lb/pg}^2$$

$$5,551 \text{ pies} \times 40.06 \text{ psi/1000 pies} = 222.36 \text{ lb/pg}^2$$

$$3,326 \text{ pies} \times 42.01 \text{ psi/1000 pies} = 139.73 \text{ lb/pg}^2$$

$$6,000 \text{ pies} \times 63.75 \text{ psi/1000 pies} = 382.50 \text{ lb/pg}^2$$

$$8,760 \text{ pies} \times 85.45 \text{ psi/1000 pies} = 748.54 \text{ lb/pg}^2$$

$$\text{T O T A L} \quad \Delta P = 1867.64 \text{ lb/pg}^2$$

$$P_{hc} = (5,883.3 \times 0.790) + (8,876.7 \times 0.650) = 10,417.66 \text{ lb/pg}^2$$

$$P_{ha} = 14,760 \times 0.650 = 9,594 \text{ lb/pg}^2$$

$$P_w = 1,867.64 + 10,417.66 = 1,043.98 \text{ lb/pg}^2$$

La presión de $1,043.98 \text{ lb/pg}^2$ deberá de registrarse en el momento en que la primera gota de cemento comience a salir por la zapata.

$$H H P = 0.0245 \times 1,043.98 \times 20.06 = 513.08$$

F) Análisis hidráulico con la lechada en el interior de la T.R. y en el espacio anular (antes de la llegada del tapón al cople)

150 Bls en el E.A. \Rightarrow altura de lechada $150 \text{ bls} / 0.0401 \text{ bl/pie}$

7.3 PROBLEMAS PROPUESTOS

PRIMERA PARTE DISEÑO DE TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO (1,2)

1. Calcule el esfuerzo producido en el cuerpo de una T.R. de 10.75 pg, grado J-55, con un espesor de pared nominal de 0.35 pg y un peso de 45.5 lb/pie.

2. Una sección de tubería de 8.625 pg y grado P-110 tiene un espesor de pared de 0.450 pg; calcular la presión de cedencia interna de la tubería

3. Calcule y grafique las relaciones al colapso para los siguientes pesos de tubería de 7.625 pg y grado N-80:

Sección	Peso lb/pie	Espesor pared pg
1	26.4	0.328
2	29.7	0.375
3	33.7	0.430
4	39.0	0.500
5	45.3	0.595
6	47.1	0.625
7	52.8	0.712

4. Una carga de tensión de 400,000 lbs es aplicada a una tubería de 43.5 lb/pie, clase S-95y $\phi = 9 \frac{5}{8}$. Determine la P. interior y la P. al colapso efectiva de la tubería en cuestión.

5. Determine el máximo esfuerzo axial para una junta de tubería de revestimiento de 40 pies, 10.75 pg, 40.5 lb/pie, teniéndose roscas redondas cortas API y si la T.R. es sometida a una carga axial de 300,000 lbf en posición direccional de la vecindad del pozo.

6. Diseñar una Tubería Superficial para las siguientes condiciones

Profundidad	3,500 pies
ϕ T.R.	13.375 pg
Gff en la base T.R.	14.0 lb/gal
long. sección mínima	1,000 pies

7. Diseñar una Tubería de Revestimiento Intermedia para las siguientes condiciones:

Profundidad	10,000 pies
Diámetro de T.R.	10 $\frac{3}{4}$ pg
Grad. fract.	16.8 lb/gal
Presión normal form.	0.433 lb/pg ² pie
Densidad lodo máx.	16.0 lb/gal
Presión de superficie	5,000 lb/pg ²
Densidad del gas	0.65 gr/cm ³
Factor diseño tensión	1.8
Factor diseño colapso	1.125
Factor diseño P.I.	1.25
Factor de fractura	1.0 lb/gal

8. Realizar el diseño de una tubería Intermedia y un Liner para las siguientes condiciones:

	Intermedia	Liner
Diám. tubería pg	9.625	7
Diám. mínimo aceptable pg	8.84	6.184
Prof. asentamiento pies	1 500	2 000
Long. mínima aceptable pies	1 500	2 000
Densidad lodo lb/gal	9.7	12.0
Traslape pies	--	200
Cima cemento pies	1 000	1 500
Presión superficial lb/pg ²	2 000	2 000
Grad. Fractura Lb/gal	16.2	17.2
Densidad máxima antic. lb/gal	10.0	12.0

9. Realizar el diseño de una sarta de producción para las condiciones dadas a continuación:

Profundidad pies	3 000
Diám. tubería pg	4.5
Densidad lodo lb/gal	12.8
Presión de fondo lb/pg ²	6 000
Cima del cemento pies	4 000
Densidad cemento lb/gal	16.0

10. Una tubería de revestimiento intermedia de 9 5/8 fue diseñada obteniéndose el siguiente programa de tuberías a utilizar:

Profundidad	Grado	Peso
0 - 975 mts	N-80	40 lb/pie
975 - 2,200	P-110	47
2,200 - 3,040	P-110	53.5

Se utilizó un lodo de densidad = 1.56 gr/cc
 Cuál será el comportamiento de la resistencia a la presión al colapso que se presenta a la profundidad de 1,800 mts
 Calcule el factor de diseño a la tensión para una junta de extremos planos.

7.4 SEGUNDA PARTE PROBLEMAS PROPUESTOS CEMENTACIONES (1,2)

1. Calcular el rendimiento y la densidad para las dos clases de cemento A y B definidas por el API cuando se mezclan con una cantidad normal de agua.

2. Se desea incrementar la densidad de un cemento de clase H a 18.5 lb/gal, utilizando Barita. Calcule el peso de la barita que deberá de ser adicionado por cada saco de cemento. Utilice los requerimientos de agua para cemento de clase H y Barita dados en la tabla 3.9 así mismo calcule el rendimiento de la lechada y el % de la mezcla.

3. Diseñe la cementación de una T.R. de 6 s/s combinada de N-80 24 lb/pie y L-55 de 24 lb/pie en agujero de 8 s/s a la profundidad de 2,000 pies. Considere un gradiente de fractura de formación de 0.73 lb/pg²/pie

- Calcular el volumen total de cemento que se deberá de emplear.
- Qué altura tendrá la columna de cemento en el espacio anular.
- Calcular la presión hidrostática total de los fluidos, en el instante en que la primera gota del bache lavador sale por la zapata. El espacio entre el cople y la zapata es de 29.52 mts. comprobar si el valor del gradiente de los fluidos, no es mayor al gradiente de fractura de la formación y así es posible emplear la técnica de cementación con flujo turbulento.

Se dispone de los siguientes datos:

Tubería de 7 s/s, J-55 de 36 lb/pie cementada a	490 mts
Agujero de 8 s/s de	490 - 2000 mts
Densidad de la lechada de cemento	15 lb/gal
n de la lechada de cemento	0.94
k de la lechada de cemento	0.0017 lb/pie ²
Densidad del lodo de perforación	11.5 lb/gal
Bache lavador c/dispersante (dens. 1 gr/cm ³)	10 bls
Capacidad del E.A. 8 s/s - 6 s/s	15.46 lt/min
Capacidad T.R. 6 s/s	17.76 lt/min

4. Se va a recementar el intervalo disparado de 8,020 a 8,045 pies, se requiere que la herramienta cementadora se ancle a 8,000 pies, de acuerdo a la longitud del intervalo disparado, utilice 2 sacos de cemento por pie del intervalo, un bache lavador de 15 bls. de agua salada de densidad de 9.3 lb/gal para la lechada del cemento se deberán de emplear 4.23 gal. de agua, por saco que se vaya a usar y para efectuar la operación de recementación se usara agua de densidad de 8.33 lb/gal. El pozo esta bajo control de un fluido de densidad de 10.2 lb/gal.

Utilice un margen de seguridad de 300 lb/pg² abajo de la presión de fractura de la formación.

Datos:

T.R. de 7 s/s ϕ int de 6.625

Tub de perf. de 3 1/2 ϕ int. 2.764 c/cap de 0.0074 bl/pie
 gradiente de fractura de la formación 0.868 lb/pg²/pie y diám. de orificio del empacador (cementador) 3.62 pg

Calcule que presión deberá de manejarse en la superficie (presión de operación).

CAPÍTULO VIII

DISEÑO DE SARTAS DE PERFORACIÓN

8.1 PROBLEMAS RESUELTOS (1,8)

1. Calcule el factor de flotación para las sig. densidades de lodo 9 y 13 lb/ gal y así mismo el peso flotado para una sección de 900 pies de lastrabarrenas de 7 pg X 2.75 pg para c/u de las densidades.

SOLUCIÓN

$$Fwr = (1 - \rho_1 / \rho_a)$$

$$\text{Para } \rho_1 = 9 \text{ lb/gal} \Rightarrow Fwr = (1 - \frac{9}{65.5}) = 0.8626$$

$$\text{Para } \rho_1 = 13 \text{ lb/gal} \Rightarrow Fwr = (1 - \frac{13}{65.5}) = 0.8015$$

Peso flotado:

$$\text{Peso Tub} = \frac{\pi/4 * (7^2 - 2.75^2)}{0.2945} = 110.51 \text{ lb/pie}$$

$$1er. \text{ peso flotado} = 110.51 \text{ lb/pie} * 900 \text{ pies} * 0.8626 = 85,793 \text{ lbs.}$$

$$2o. \text{ peso flotado} = 110.51 \text{ lb/pie} * 900 \text{ pies} * 0.8015 = 79,716 \text{ lbs}$$

2. Se requiere utilizar Lastrabarrenas de 8 * 3 pg, en un pozo con lodo de 13.8 lb/gal. Cuántos pies de Lastrabarrenas se requieren como mínimo para alcanzar un peso de flotabilidad de 60,000 lbs.

SOLUCIÓN

Sabemos que: Peso Flotación = Peso tub. * Long. tub. * Factor Flot.

a) Determinación del peso de la tubería y factor de flotación.

$$Fwr = (1 - \rho_1 / \rho_a); \quad ALB = WLB * 0.2945 \Rightarrow WLB = \frac{ALB}{0.2945}$$

$$Fwr = (1 - \frac{13.8}{65.5}) = 0.7893; \quad WLB = \frac{\pi/4 (8^2 - 3^2)}{0.2945} = 146.68 \frac{\text{lb}}{\text{pie}}$$

b) Determinación de la longitud de los lastrabarrenas:

$$\text{Long. Lb.} = \frac{\text{Peso de flotación}}{\text{Peso tub.} * \text{Factor flot.}}$$

$$\text{Long. LB} = \frac{60,000 \text{ lbs}}{146.68 \text{ lb/pie} * 0.7893}$$

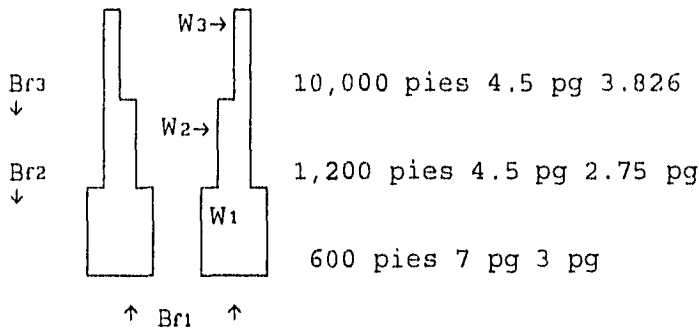
Long. mínima de Lastrabarrenas = 518.25 pies

$$\frac{518.25 \text{ pies}}{30 \text{ pies/tub.}} = 17.3 \text{ tubos} = 18 \text{ tubos lastrabarrena como mínimo.}$$

3. Dibujar una gráfica de tensión y determinar la carga sobre el gancho para la siguiente sarta de perforación:

Drill collar = 600 pies 7 pg X 3 pg
 Tubería ultrapesada = 1,200 pies 4.5 pg X 2.75 pg
 Tub. de perforación = 10,000 pies 4.5 pg X 3.826 pg
 Densidad del lodo = 13 lb/gal

SOLUCIÓN



$$P_1 = (13)(0.052)(11,800) = 7,976.8 \text{ psi}$$

$$A = \pi/4 * (7^2 - 3^2) = 31.416 \text{ pg}^2$$

$$Br_1 = -250,598.563 \text{ lbf}$$

$$P_2 = (13)(0.052)(11,200) = 7,521.2 \text{ psi}$$

$$A = \pi/4 * ((7^2 - 4.5^2) + (3^2 - 2.75^2)) = 23.709 \text{ pg}^2$$

$$Br_2 = 179,507.1485$$

$$P_3 = (13)(0.052)(10,000) = 6,760 \text{ psi}$$

$$A = \pi/4 * (3.826^2 - 2.75^2) = 5.557 \text{ pg}^2$$

$$Br_3 = 37,567.358$$

$$W_1 = \frac{(31.416 * 600)}{144} \frac{(65.5 * 1,000)}{(3.785)(35.285)} = 64,192.0199 \text{ lbs}$$

$$W_2 = \left(\frac{\pi/4 * (4.5^2 - 2.75^2) * 1,200}{144} \right) * \left(\frac{65.5 * 1,000}{3.785 * 35.258} \right) = 40,725.89 \text{ lbs.}$$

$$W_3 = \left(\frac{\pi/4 * (4.5^2 - 3.826^2) * 1,000}{144} \right) * (490.44) = 150,109.98 \text{ lbs.}$$

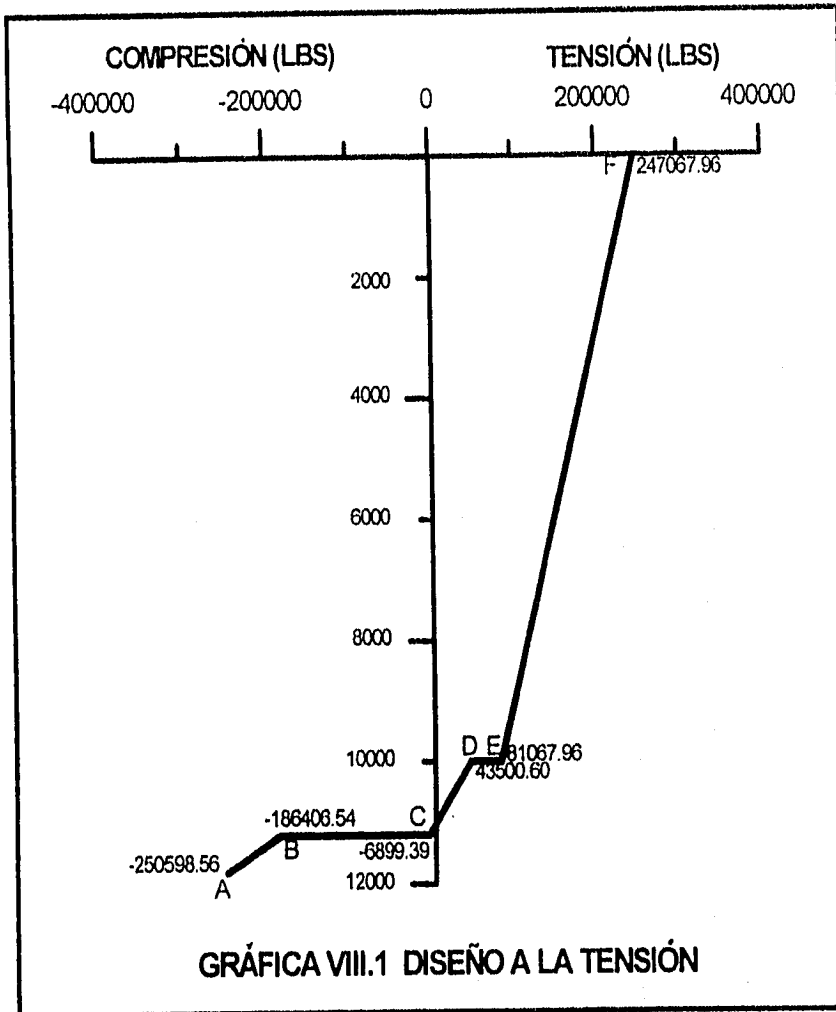
$$ABW = Br_3 + Br_2 + W_1 - Br_1 = 37,567.358 + 179,507.1485 + 64,192.0199 + (-250,598.563) = 30,667.964 \text{ lbf}$$

Peso de la herramienta en el fondo del pozo

Análisis de los esfuerzos a la tensión:

- (A) $\Rightarrow Br_1 = -250,598.56$ lbs.
- (B) $\Rightarrow Br_1 + W_1 = -250,598.56 + 64,192.01 = -186,406.55$ lbs.
- (C) $\Rightarrow Br_1 + W_1 + Br_2 = -186,406.55 + 179,507.15 = -6,899.40$ lbs.
- (D) $\Rightarrow Br_1 + W_1 + Br_2 + W_2 = -6,899.40 + 40,725.89 = 33,826.89$ lbs.
- (E) $\Rightarrow Br_1 + W_1 + Br_2 + W_2 + Br_3 = 33,826.89 + 37,567.36 = 71,393.85$ lbs.
- (F) $\Rightarrow Br_1 + W_1 + Br_2 + W_2 + Br_3 + W_3 = 71,393.85 + 150,109.98 = 221,503.83$ #

Carga al gancho = 221,503.83 lbs.



Gráfica a la tensión VIII.1

4. Determinar el grado de la T.P. requerida para las siguientes condiciones:

Usar T.P. de clase 1, de un sólo peso y grado, no considerar condiciones de reventón. Determinar el factor de diseño a la tensión actual en la base de la sarta, utilizar coples cortos que no excedan los requerimientos de la tensión.

Profundidad	=	13,000 pies
Long. Lastraba.	=	600 pies
Tub. de perf.	=	4.5 pg (3.826 pg ϕ Int.)
Lastrabarrenas	=	ϕ ext 7 pg , ϕ unt 3 pg y 107 lb/pie (aire)
factores de	Tensión	= 1.3
diseño	de Colapso	= 1.3
	Empuje	= 100,000 lbs
	ρ lodo	= 12 lb/gal
	Zonas pruebas prod.	= 2,400 pies
	Long. cuñas	= 16 pg

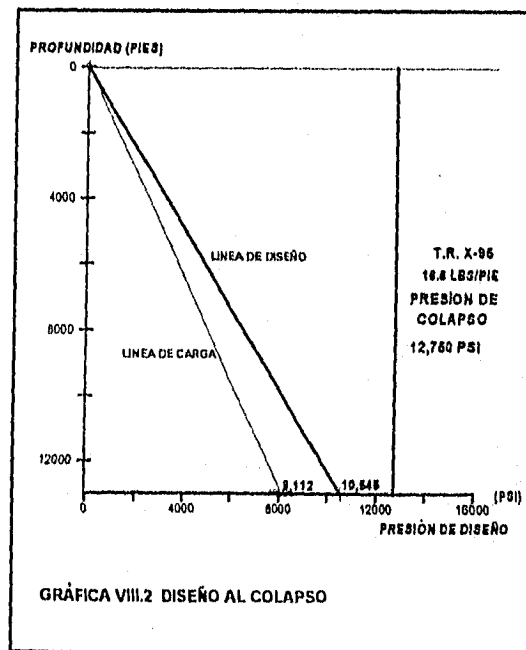
SOLUCIÓN

Como no se considera la P. interior, se construye la línea de carga al colapso, obteniéndose la máxima carga en el fondo de la T.P.

Línea de carga máxima = $0.052 \times 12 \text{ lb/gal} \times 13,000 \text{ pies} = 8,112 \text{ psi}$

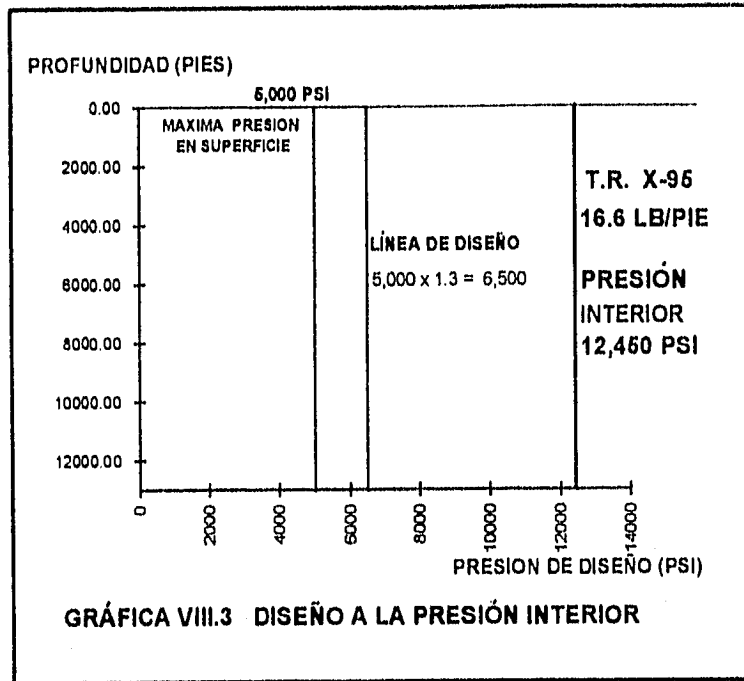
Línea de diseño = $8,112 \text{ psi} \times 1.3 = 10,545.6 \text{ psi}$

Con los datos anteriores, recurró a las tablas de propiedades de las T.P. y selecciono una tubería de grado X-95, peso 16.6 lbs/pie, P.colapso 12,750 psi y P. interior 12,450 psi

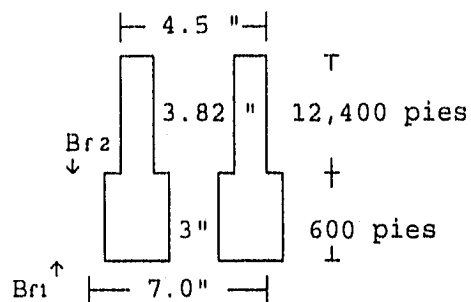


Gráfica VIII.2 Diseño al Colapso

La línea de diseño y carga a la presión interior se grafican a continuación en el grafico VIII.3



Diseño a la Tensión



La fuerza de flotación que actúa en el fondo de los lastrabarrenos es:

$$Br_1 = -(P \cdot A) = -(0.052 \cdot 13,000 \cdot 12) \cdot (\pi/4 (7^2 - 3^2)) = -254,846 \text{ lbs.}$$

La fuerza de flotación que actúa en la cima de los lastrabarrenos es:

$$Br_2 = P \cdot A$$

$$Br_2 = (0.052 \cdot 12,400 \cdot 12) \cdot (\pi/4 \cdot (7^2 - 4.5^2) + \pi/4 \cdot (3.826^2 - 3^2)) = 209,003 \text{ lbs.}$$

Peso de los lastrabarrenos:

$$W_1 \cdot L_1 = 107 \text{ lb/pie} \cdot 600 \text{ pies} = 64,200 \text{ lbs}$$

Peso de la tubería de perforación acoplada:

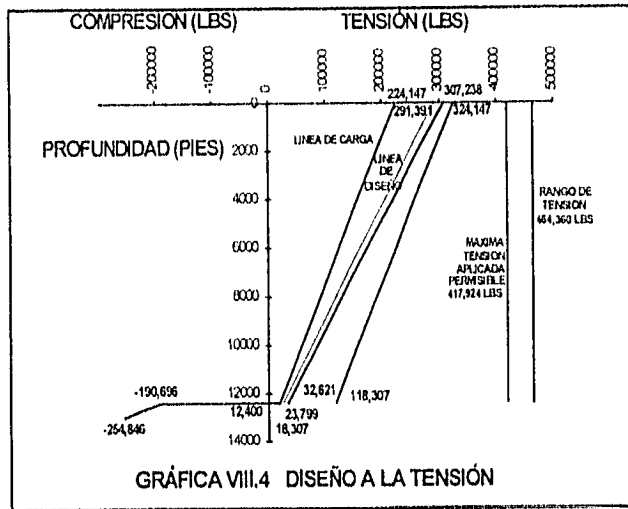
$$W_2 \cdot L_2 = 16.6 \text{ lb/pie} \cdot 12,400 \text{ pies} = 205,840 \text{ lbs}$$

$$(A) = Br_1 = -254,846 \text{ lbs}$$

$$(B) = Br_1 + W_1 \cdot L_1 = -254,846 + 64,200 = -190,646 \text{ lbs}$$

$$(C) = Br_1 + W_1 \cdot L_1 + Br_2 = -190,646 + 209,003 = 18,357 \text{ lbs.}$$

$$(D) = Br_1 + W_1 \cdot L_1 + Br_2 + W_2 \cdot L_2 = 18,357 + 205,840 = 224,197 \text{ lbs.}$$



Gráfica VIII.4 Diseño a la Tensión

Carga máxima permisible de cuñas y línea de diseño.

$$\frac{S_H}{S_T} = \left(1 + \frac{Dk}{2Ls} + \frac{Dk^2}{2Ls} \right)^{1/2} = \left(1 + \frac{4.5 \cdot 4}{2 \cdot 16} + \frac{4.5 \cdot 4^2}{2 \cdot 16} \right)^{1/2}$$

$$= (1 + 0.5625 + 0.3164)^{1/2} = 1.3707$$

$T_s = T_l \cdot (S_H/S_T)$ de la gráfica VIII.4 el valor de T_l es 224,147 lbs

$$T_s = 224,197 \cdot 1.3707 = 307,306.83 \text{ lbs.}$$

El rango de tensión de la tubería es calculado con la sección transversal de la tubería y el esfuerzo de cedencia de 95,000 psi.

$$\text{Area de la T.P.} = \text{Peso de la T.P.} \cdot 0.2945 = 16.6 \cdot 0.2945 = 4.88 \text{ pg}^2$$

$$\text{Esfuerzo a la tensión} = \text{Area} \cdot \text{esfuerzo de cedencia}$$

$$= 4.88 \text{ pg}^2 \cdot 95,000 \text{ psi} = 464,360 \text{ lbs.}$$

estos valores se muestran en el gráfico anterior

La máxima tensión permisible aplicada T_a equivale al 90% del valor de cedencia.

$$T_a \leq 0.9 \cdot T_y = 0.9 \cdot 464,360 \text{ lbs} \quad T_a \leq 417,924 \text{ lbs.}$$

El factor de diseño a la tensión = $\frac{\text{máxima carga permisible}}{\text{carga actual}}$

$$f = 417,924/224,197 = 1.8641$$

Los coples adecuados, son seleccionados de las tablas del apéndice para un espacio de 6.375 pg y un rango a la tensión de 939,000 lbs.

5. Una sarta de perforación de grado E tiene una carga de tensión de 165,000 lbs a 3,600 pies. Determine la pata de perro máxima permisible que no cause daño por fatiga. Los pesos de T.P. de 4.5 pg son 16.6 lb/pie (3.826 pg ϕ_{int})

SOLUCIÓN

Aplicando la expresión que determina la pata de perro permisible:

$$C = \frac{432,000}{\pi} \frac{\sigma_b}{E \cdot \phi_{ext}} \frac{\tanh(K \cdot L)}{K \cdot L} \quad K = \sqrt{\frac{T}{E \cdot I}}$$

C = Pata de perro permisible [°/100 pies]
 E = Modulo de young (psi) 30×10^6 psi para el acero
 L = mitad de la distancia entre juntas
 T = carga por tension lb
 I = momento de inercia en la T.P. $\pi/64 (\phi_{ext}^4 - \phi_{int}^4)$

$$\text{Area} = 16.6 \text{ lb/pie} \cdot 0.2945 = 4.88 \text{ pg}^2$$

$$\sigma_t = 165,000 / 4.88 = 33,811.4 \text{ psi}$$

$$\sigma_b = 19,500 - \frac{10}{67} \cdot (33,811.4) - \left(\frac{0.6}{670}\right)^2 \cdot (33,811.4 - 33,500)^2$$

$$\sigma_b = 14,454 \text{ psi}$$

$$K = \sqrt{\frac{165,000}{(30 \times 10^6) [\pi/64 \cdot (4.5^4 - 3.826^4)]}} = 0.02392$$

$$C = \frac{432,000}{\pi} \cdot \frac{14,454}{(30 \times 10^6) \cdot 4.5} \cdot \frac{\tanh(0.02392) (180)}{(0.02392) (180)}$$

$$C = 3.42^\circ / 100 \text{ pies}$$

6. Un contratista de perforación diseño como límite de carga lateral máxima un valor de 2,000 lbs para las juntas. Considerando una carga a la tensión de 140,000 lbs ejercidas sobre una tubería de perforación de 5 pg, rango 2. Determinar la máxima pata de perro aceptable.

SOLUCIÓN

Aplicando la ecuación para determinar la máxima pata de perro permisible para una carga lateral.

$$C = \frac{108,000 \cdot F}{\pi \cdot L \cdot T} = \frac{108,000 \cdot 2,000}{\pi (180) (140,000)}$$

$$= 2.73^\circ / 100 \text{ pies}$$

Patatas de perro mayores a $2.73^\circ / 100$ pies causarán cargas laterales excedentes a las 2,000 lbs.

7. Diseñe la columna de Tubería de perforación para dos grados diferentes de T.P. y en función de los cálculos desarrollados proponga la máxima profundidad a la que podrá trabajar dicha tubería; en caso de suscitarse un problema en el pozo a la máxima profundidad para la cual fué diseñada la tubería, se deberá aplicar una tensión (o margen de jalón) máxima. ¿Cuál será esta máxima tensión? con este valor calculado, ud. podrá ahora rediseñar su su tubería con lo cual tendra nuevas longitudes, se podrá programar la tubería para perforar a mayor profundidad?

Datos:

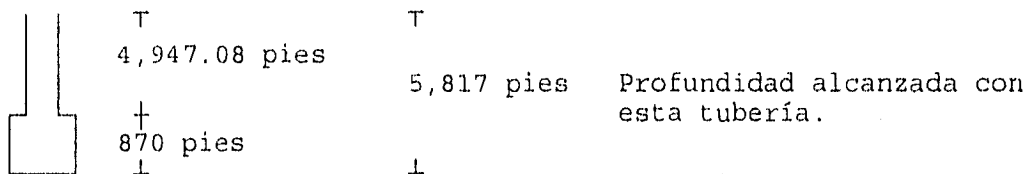
- T.P. Grado E de 4 1/2 pg 16.6 lb/pie Tensión 260,100 lbs.
- T.P. grado X-95 de 4 1/2 pg 16.6 lb/pie Tensión 329,460 lbs.
- L.B. 870 pies 7 3/4" * 2", 150 lb/pie; lodo de 10 lb/gal
- Fst = 1.3

SOLUCIÓN

Para una tubería Grado E

$$L_{dp} = \frac{0.9 * Pt}{Fst * F_{wr} * W_{dp}} - \frac{LLB * W_{LB}}{W_{dp}} \quad F_{wr} = 1 - \frac{10}{65.33} = 0.8469$$

$$L_{dp} = \frac{0.9 * 260,100}{1.3 * 0.8469 * 16.6} - \frac{870 * 150}{16.6} = 4,947.08 \text{ pies}$$



Máxima tensión para esta longitud de T.P. de 4,947 pies

$$MOP = Pa - P \quad ; \quad Fst = Pa/P \quad ; \quad Pa = Fst * P \quad Pa = \text{Carga máxima permisible}$$

$$P = (L_{dp} * W_{dp} + LLB * W_{LB}) * F_{wr} \quad ; \quad Pa = 0.9 * Pt \quad Pt = \text{Carga de la tensión teórica}$$

$$P = (4,947 * 16.6 + 870 * 150) * 0.8469 = 180,068 \text{ lbs.}$$

$$Pa = 1.3 * 180,068 = 234,088 \text{ lbs.}$$

$$Pa = 0.9 * 260,100 = 234,090 \text{ lbs.}$$

Máximo jalón esperado : MOP = 234,090 - 180,068 = 54,022 lbs

Con el valor del máximo jalón esperado se rediseña la longitud de la T.P.

$$L_{dp} = \frac{0.9 * Pt - MOP}{W_{dp} * F_{wr}} - \frac{LLB * W_{LB}}{W_{dp}}$$

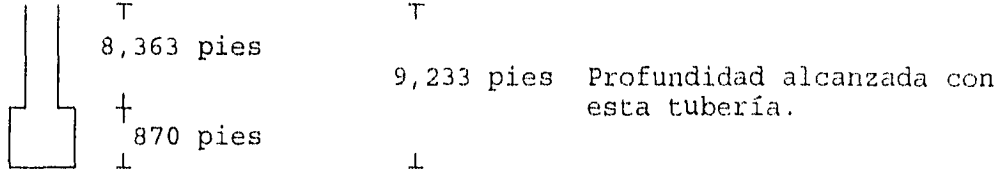
$$L_{dp} = \frac{0.9 * 260,100 - 54,022}{16.6 * 0.8469} - \frac{870 * 150}{16.6} = 4,947 \text{ pies}$$

Se observa que nos da la misma longitud para la máxima tensión esperada.

Para una tubería de Grado X-95 :

Cálculo de la longitud de la T.P. en función del factor de seguridad

$$L_{dp} = \frac{0.9 * 329,460}{1.3 * 16.6 * 0.8469} - \frac{870 * 150}{16.6} = 8,363 \text{ pies}$$



Máxima tensión esperada con esta longitud :

$$P = (8,363 * 16.6 + 870 * 150) * 0.8469 = 228,088 \text{ lbs}$$

$$P_a = 1.3 * 228,088 = 296,514 \text{ lbs.}$$

$$P = 0.9 * 329,460 = 296,514 \text{ lbs.}$$

Máximo jalón esperado :

$$MOP = 296,514 - 228,088 = 68.426 \text{ lbs.}$$

Con el valor anterior se rediseña la longitud de la T.P.

$$\text{Para T.P. X-95} \quad L_{dp} = \frac{0.9 * 329,460 - 68,426}{0.8469 * 16.6} - \frac{870 * 150}{16.6}$$

$$L_{dp} = 8,363 \text{ pies}$$

La máxima profundidad a perforar se alcanzará utilizando la tubería antes diseñada para las condiciones establecidas.

8.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1)

1. Una sarta de perforación tiene 600 pies de lastrabarreras de $\phi_{int} = 6.5$ pg y $\phi_{ext} = 2.25$ pg. Cuál será el peso de flotación en lodos de 14.2 y 18.6 lb/gal.

2. Cuántos pies de Lastrabarreras de 6 X 2 pg deberán de ser utilizados en un lodo de 11.4 lb/gal para obtener 45,000 lbs de peso de flotabilidad.

3. Un operador quiere utilizar tres Lastrabarreras de 10 X 3 pg. (90 pies) abajo de otras lastrabarreras de 8 X 3.25 pg. Cuántos Lastrabarreras de 8 pg deben de correrse para obtener 60,000 lbs de peso de flotabilidad; por medio del factor de flotabilidad.

4. Una sarta de perforación tiene las siguientes características:

Lastrabarreras	= 600 pies 7 X 3 pg
Tub. ultrapesada	= 1,200 pies , ϕ_{ext} 4.5 pg
Tub. de perforación	= 10,000 pies, ϕ_{ext} 4.5 pg y 16.6 lb/pie
Densidad lodo	= 13.8 lb/gal

Determinar el peso sobre Barrera, considerando que los lastrabarreras solo pueden ser corridos por compresión, utilice el método de presión/área.

5. Un juego de lastrabarreras de 7 X 3 pg. tiene una longitud de 600 pies considerando que estos serán corridos en un lodo de 9.5 lb/gal a 3,000 , 6,000 , 9,000 , 12,000 y 15,000 pies calcule el peso sobre barrera y grafique los resultados.

La sarta de perforación es de 4.5 pg y 16.6 lbs/pie

6. Una sarta de perforación de clase 1 y 3,600 pies será sometida a las siguientes cargas de tensión 140,000 , 180,000 , 210,000 y 250,000 lbs. Determinar la máxima pata de perro permisible que no cause daño por fatiga para una T.P. de ϕ_{ext} 3.5 pg, ϕ_{int} 2.992 y 9.5 lb/pie, gráfique sus resultados

7. Se requiere diseñar una sarta de perforación para las siguientes condiciones

Profundidad T.P.	= 16,000 pies
Long. Lastrab.	= 900 pies ϕ_{ext} 7 pg , ϕ_{int} 2.75 pg
tub. ultrapesada	= 1,200 pies ϕ_{ext} 4.5, pg ϕ_{int} 2.34, 42 lb/pie
Densidad lodo	= 16.2 lb/gal
Factor dis. tensión	= 1.3
Factor dis. colapso	= 1.3
Margen de Jalón	= 100,000 lbs
Prof. pozo	= 10,100 pies
Long. cuñas	= 16 pg.

8. Si el peso de una sección de tubos lastrabarrenas es de 79,000lbs al aire libre, ¿Cuánto pesara sumergida en un lodo de 12 lb/gal y cuál será el máximo peso disponible sobre la barrena ?.

9. Determinar la T.P. requerida para las siguientes condiciones:

- 1) Se requiere una tubería grado X-95
- 2) Diseñar al colapso y a la tensión

Datos:

Prof. del pozo = 15,000 pies

Diám. del agujero = 7" ϕ

Densidad de lodo = 12 lb/gal

Lastrabarrenas = 800 pies de 6" $\phi_{int.}$ x 2" $\phi_{ext.}$

Factores de diseño = 1.3

CAPÍTULO IX

HIDRÁULICA

9.1 PROBLEMAS RESUELTOS (1,2,8)

1. La siguiente sarta de perforación será corrida dentro de un pozo: Lastrabarreras = 107 lb/pie 7 X 3 pg Long.= 600 pies
 Tub. perf.= 4 1/2 pg y 16.6 lb/pie utilizando las siguientes profundidades y densidades determinar el peso de flotación de la sarta.

DATOS

P _{lodo} (lb/gal)	Prof. pozo (pies)
11.7	11,300
16.9	10,400
9.0	9,800
11.2	8,942

SOLUCIÓN

Factor flotación	peso de la sarta (lbs)	Peso de flotación
0.8214	241,820	198,631
0.7420	226,880	168,345
0.8626	216,920	187,115
0.8290	212,637	176,278

SOLUCIÓN

a) El peso de la sarta de perforación, en el aire, es :
 Lastrabarreras 600 pies X 107 lb/pie = 64,200 lbs
 T.perf. a Prof: 10,700 pies * 16.6 lb/pie = 177,620
241,820 lbs

b) determinando el factor de flotación:

BF ₁ = (1 - 11.7/65.5) = 0.8214	Ws ₂ = 241,820
BF ₂ = (1 - 16.9/65.5) = 0.74198	Ws ₂ = 226,880
BF ₃ = (1 - 9.0/65.5) = 0.8626	Ws ₃ = 216,920
BF ₄ = (1 - 11.2/65.5) = 0.8290	Ws ₄ = 212,637

c) Peso de flotación de la sarta

$$Wfs = (0.8214) (241,820) = 198,631 \text{ lbs}$$

2. Determinar la longitud de tubería, que se podrá sacar de un pozo, para alcanzar el límite de equilibrio entre la presión hidrostática y la presión de formación; por no haber sustituido el volumen del acero que se sacó, por un volumen de lodo (igual al volumen de acero) que equivale a esa longitud.

Datos del pozo: Densidad lodo = 17.8 lb/gal
 Prof. pozo = 10,000 pies
 P.formación = 9,000 lb/pg²
 T.perf. =

SOLUCIÓN

a) Determinación de la presión eliminada al sacar la tubería:

$$P_{form.} = P_h + P_{TP}$$

$$P_{TP} = P_{form.} - P_h$$

$$P_h = 0.052 * 17.8 \text{ lb/gal} * 10,000 \text{ pies} = 9622.4 \text{ lb/pg}^2$$

$$P_{TP} = P_{form.} - P_h = 9,000 - 9622.4 = -266.4 \text{ lb/pg}^2$$

b) Altura equivalente por la columna de lodo:

$$Ph = 0.052 * \rho * h \Rightarrow h = \frac{266.4}{0.052 * 17.8} = 287.49 \text{ pies}$$

c) Cantidad de lodo = altura lodo * capacidad de la T.P.
 = 287.49 pies * (0.0642 bl/pie) = 18.46 bls

d) Para calcular la longitud de la tubería

$$\text{Long.T.P.} = \frac{\text{bls lodo que ocupan ese volumen}}{\text{Capacidad de la T.P.}}$$

3. Calcule PV, YP, n, y K para las siguientes lecturas del viscosímetro:

Datos		Solución			
θ_{300}	θ_{600}	$PV = \theta_{600} - \theta_{300}$	$YP = \theta_{300} - PV$	$n = 3.32 \text{Log} \left(\frac{\theta_{600}}{\theta_{300}} \right)$	$k = \frac{\theta_{300}}{(511)^n}$
30	51	21	9	0.765	0.254
24	42	18	6	0.807	0.157
67	118	51	16	0.816	0.303
51	93	42	9	0.866	0.230
25	34	9	16	0.443	1.578

4. Una sección de tubería de perf. de 10,000 pies, $\phi_{ext} = 4 \frac{1}{2}$ pg y $\phi_{int.} = 3.826$ pg, Dens. lodo = 14.2 lb/gal, $P_v = 27$ $Y_p = 11$
 Calcule y gráfique las pérdidas por fricción para gastos de 50, 100, 150, 200, 250 y 350 gal/min utilice el modelo de Bingham.

SOLUCIÓN

a) Cálculo de las velocidades para c/u de los gastos

$$V = \frac{50}{2.448(3.826)^2} = 1.40 \text{ pie/seg}$$

$$V = \frac{100}{2.448(3.826)^2} = 2.79 \text{ pie/seg}$$

b) Determinación de la velocidad crítica a la cual el flujo laminar se convierte en flujo turbulento:

$$V_c = \frac{1.08(27) + 1.08 \sqrt{27^2 + 12.34(3.826)^2 * 11 * 14.2}}{14.2 * 3.826}$$

$$V_c = 3.92 \text{ pie/seg.}$$

c) Para cada V_a se determina el tipo de flujo al que se desplaza para que a su vez sea determinada la caída de presión por fricción:

Para $Q_1 \Rightarrow 1.40 < 3.92 \therefore$ El flujo es laminar

$Q_2 \Rightarrow 2.79 < 3.92 \therefore$ el flujo es laminar

$Q_3 \Rightarrow 4.19 > 3.92 \therefore$ el flujo es turbulento

$Q_4 \Rightarrow 5.58 > 3.92$ Flujo turbulento

$Q_4 \Rightarrow 6.98 > 3.92$ flujo turbulento $Q_5 \Rightarrow 9.77 > 3.92$ flujo turbulento

Ec. ΔP_{tp} para flujo Laminar:

$$P_{bs} = \frac{27 \cdot 10,000 \cdot 1.40}{1,500 \cdot (3.826)^2} + \frac{11 \cdot 10,000}{225 \cdot 3.826}; P_{bs} = 145 \text{ psi}$$

Ecuac. ΔP_{tp} para flujo turbulento:

$$P_{bs} = \frac{(14.2)^{0.75} (4.19)^{1.75} (27)^{0.25} \cdot 10,000}{1,800 \cdot (3.826)^{1.25}} = 212.4 \text{ Psi}$$

Gasto (gal/min)	Va (pie/seg)	Tipo de flujo	Caída de P. fricción
50	1.40	Laminar	145 psi
100	2.79	Laminar	212.4
150	4.19	Turbul.	162.1
200	5.58	Turbul.	351
250	6.98	Turbul.	518.9
350	9.77	turbul.	935

5. Determine la presión de bomba para el siguiente sistema:

Datos: Sarta de perf. $\phi_{ext}=4\frac{1}{2}$ pg, $\phi_{int}=3.826$ pg, $D=12,000$ pies

Lastrabarrenas $\phi_{ext} = 7$ pg; $\phi_{int} = 3$ pg $D = 900$ pies

Prof. del pozo = 13,200 pies

Propiedades del lodo $\rho_1=15.0$ lb/gal, $\mu=38$ cp, $\nu=10$ lb/100 ft²

Gasto = 7.5 bl/min

Prof. T.R. = 10,400 pies

Agujero abierto = 8.5 pg

Toberas = 3 de 10/32

SOLUCIÓN

a) La presión de bomba se puede calcular con la determinación de las caídas de presión por fricción a través del sistema circulatorio.

$$P_B = P_{RDP} + P_{Rb} + P_{REA}$$

Determinación de las caídas de presión dentro la tubería ΔP_{RDP} :

Primero se determina la velocidad del fluido en la tubería

$$\bar{v}_{tp} = \frac{q}{2.448 \cdot d^2} = \frac{315}{2.448 \cdot (3.826)^2} = 8.79 \text{ pie/seg}$$

$$V_c = \frac{1.08 \cdot \mu_p + 1.08 \sqrt{\mu_p^2 + 12.34 \cdot d^2 \cdot \gamma_p \cdot \rho}}{\rho \cdot d}$$

$$= \frac{1.08 \cdot 38 + 1.08 \sqrt{38^2 + 12.34 \cdot 3.826^2 \cdot 10 \cdot 15}}{15 \cdot 3.826}$$

$$V_c = 3.81 \text{ pies/seg.}$$

Como la velocidad media es mayor a la velocidad crítica, entonces se utiliza la ecuación para flujo turbulento.

$$\Delta P_{FDP} = \frac{p^{0.75} \cdot \bar{v}^{1.75} \cdot \mu_D^{0.25} \cdot L}{1,800 \cdot d^2} = \frac{15^{0.75} \cdot 8.79^{1.75} \cdot 38^{0.25} \cdot 1,2000}{1,800 \cdot 3.826^2}$$

$$\Delta P_{FDP} = 387 \text{ psi.}$$

Determinación de ΔP_{FLB} :

$$\bar{v}_{LB} = \frac{315}{2.448 \cdot 3^2} = 14.29 \text{ pies/seg} \quad \text{siendo mayor que la velocidad crítica}$$

$$\Delta P_{FLB} = \frac{15^{0.75} \cdot 14.29^{1.75} \cdot 38^{0.25} \cdot 900}{1,800 \cdot 3.826^2} \quad \Delta P_{FLB} = 110 \text{ psi.}$$

Determinación de la ΔP_{FB} : $C_d = 0.95$

$$A_t = 3\pi/4 \cdot (d^2) = 3\pi/4 \cdot (10/32)^2 = 0.23 \text{ pg}^2$$

$$\Delta P_{FB} = \frac{Q \cdot p^2}{C_d^2 \cdot A_t^2 \cdot 12,028} = \frac{315^2 \cdot 15}{0.95^2 \cdot 0.23^2 \cdot 12,028} = 2,592 \text{ psi.}$$

Determinación de las caídas de presión en el Espacio Anular; cálculo de la ΔP_{REALB} :

$$\bar{v} = \frac{315}{2.448 \cdot (8.5^2 - 7^2)} = 5.53 \text{ pie/seg}$$

$$V_c = \frac{1.08 + 1.08 \cdot \sqrt{38^2 + 9.26(8.5^2 - 7^2) \cdot 10 \cdot 15}}{15 \cdot (8.5 - 7)} = \frac{199.45}{22.5}$$

$$V_c = 8.86 \text{ pies/seg}$$

Como la velocidad media es menor a la velocidad crítica, se utiliza la ecuación para flujo laminar.

$$\Delta P_{REALB} = \frac{\mu_p \cdot L \cdot \bar{v}}{1,000 \cdot (d_h - d_p)^2} + \frac{\gamma_p \cdot L}{200(d_h - d_p)}$$

$$\Delta P = \frac{38 \cdot 900 \cdot 5.53}{1,000 \cdot (8.5 - 7)^2} + \frac{10 \cdot 900}{200 \cdot (8.5 - 7)} = 450 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{FEADP} \Rightarrow \bar{v} = \frac{315}{2.448 \cdot (8.5^2 - 4.5^2)} = 2.47 \text{ pie/seg} < V_c \therefore \text{el flujo es laminar}$$

$$\Delta P_{FEADP} = \frac{38 \cdot 12,000 \cdot 2.47}{1,000 (8.5 - 4.5)^2} + \frac{10 \cdot 12,000}{200 (8.5 - 4.5)} = 221 \text{ psi.}$$

$$\therefore P_B = 387 \text{ psi} + 110 \text{ psi} + 2,592 \text{ psi} + 450 \text{ psi} + 221 \text{ psi.}$$

$$P_B = 3,760 \text{ lb/pg}^2$$

6. Una barrena de inyectoras es puesta en operación bajo las siguientes condiciones; Calcule la potencia hidráulica, fuerza de impacto y caída de presión en la barrena.

$P_{lodo} = 12.7 \text{ lb/gal}$
 $Gasto = 200 \text{ gal/min}$
 $Tamaño de Toberas = 3 \text{ de } 10/32$

SOLUCIÓN

a) Primero se determina el área de las toberas

$$A_t = 3\pi/4 \cdot (10/32)^2 = 0.23 \text{ pg}^2$$

b) Determinación de la caída de presión en la barrena:

$$\Delta P_b = \frac{200 \cdot 12.7^2}{0.95^2 \cdot 0.23^2 \cdot 12,028} = 885 \text{ psi.}$$

c) Cálculo de la potencia hidráulica utilizada por la barrena:

$$HHP = \frac{P_b \cdot Q}{1,714} = \frac{885 \text{ psi} \cdot 200 \text{ gal/min}}{1,714} = 103 \text{ hp}$$

d) Fuerza de impacto hidráulica:

$$F_i = 0.01823 \cdot C_d \cdot Q \cdot \sqrt{P \cdot P_b} \\ = 0.01823 \cdot 0.95 \cdot 200 \cdot \sqrt{127 \cdot 885} \therefore F_i = 1,161 \text{ lbs.}$$

7. Un pozo esta siendo perforado bajo las siguientes condiciones:

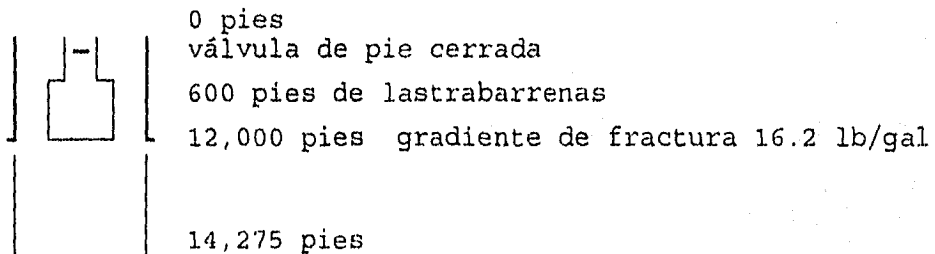
T.R. = 12,000 pies y $\phi_{int}=8.75 \text{ pg}$
 Agujero abierto = 14,275 pies y $\phi_{ext} = 8.375 \text{ pg}$
 T.P. = 4.5 pg
 L.B. = 600 pies y $\phi_{ext} = 6.75 \text{ pg}$
 Prop.lodo = 15.0 lb/gal, 36 cp. y 15 lb/100 pie²
 Grad. fractura = 16.2 lb/gal a 12,000 pies

Calcule la presión de surgencia bajo las siguientes condiciones:

- 1) Barrena a 12,000 pies
- 2) velocidad carrera 93 pies/min
- 3) Modelo de Bingham
- 4) Flujo laminar anular
- 5) Válvula de alivio en la T.P.

Calcule la densidad equivalente en la base de la T.R.

SOLUCIÓN



La máxima presión de surgencia ocurrirá cuando la barrena llegue a la zapata de la T.R. y ésta se calcula con la siguiente expresión:

$$P_s = \frac{\mu_p \cdot L \cdot v_{ea}}{1,500 (dh^2 - dp^2)} + \frac{\gamma_p \cdot L}{225 \cdot (dh - dp)} ; v_c = Q/A ; k = 0.45$$

$$v_{ea} = v_a - k \cdot v_c ; v_{ea} = \frac{Q}{2.448(dh^2 - dp^2)} ; v_c = \frac{Q}{2.448(d^2)}$$

$$\therefore Q = v_c \cdot 2.448 \cdot d^2 = 1.55 \cdot 2.448 \cdot 4.5^2 = 76.84 \text{ gal/min}$$

$$\frac{dp}{dh} = \frac{4.5}{8.75} = 0.51 ; \frac{6.75}{8.75} = 0.77$$

Las velocidades anulares alrededor de la T.P. y Lastrabarrenas será:

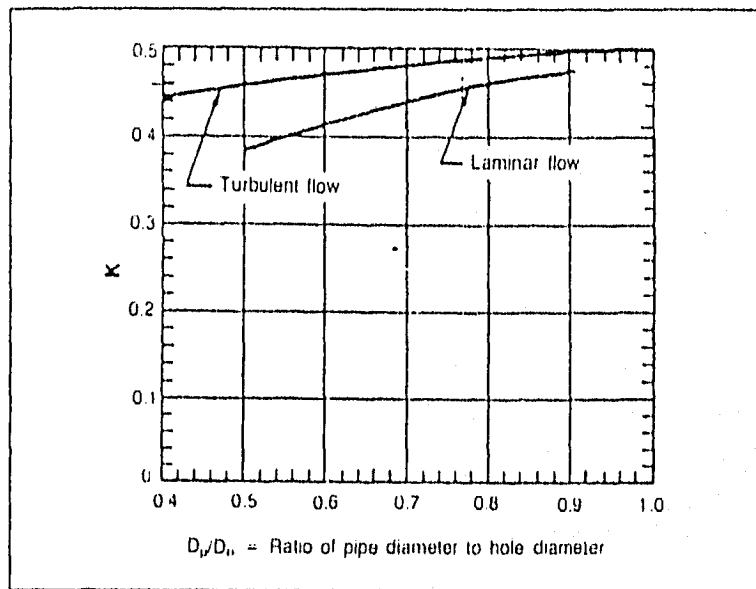
$$v_{eatp} = \frac{76.84}{2.448(8.75^2 - 4.5^2)} = 0.56 \text{ pie/seg}$$

$$v_{ealb} = \frac{76.84}{2.448(8.75^2 - 6.75^2)} = 1.01 \text{ pie/seg}$$

Con la relación de diámetros y considerando flujo laminar, se recurre a la gráfica IX.1 y se determina el valor de la constante de pegadura del lodo k.

Para $dp/dh = 0.51 \rightarrow$ de la gráfica $k = 0.39$

$dp/dh = 0.77 \rightarrow$ de la gráfica $k = 0.46$



Gráfica IX.1 Constante de adherencia de lodo K relativa a la geometría anular

Las velocidades efectivas anulares alrededor de la T.P. y L.B. serán:

$$v_{eatp} = 0.56 \text{ pie/seg} - 0.39 \cdot (-1.55 \text{ pie/seg}) = 1.16 \text{ pie/seg}$$

$$v_{ealb} = 1.01 \text{ pie/seg} - 0.46 \cdot (-1.55 \text{ pie/seg}) = 1.72 \text{ pie/seg}$$

La presión de surgencia causada por la T.P. es la siguiente:

$$P_{Stp} = \frac{36 \cdot 11,400 \cdot 1.16}{1,500 \cdot (8.75^2 - 4.5^2)} + \frac{15 \cdot 11,400}{225 \cdot (8.75 - 4.5)} = 185 \text{ psi.}$$

La presión de surgencia causada por los lastrabarreras es la siguiente:

$$P_{Stb} = \frac{36 \cdot 600 \cdot 1.72}{1,500 \cdot (8.75^2 - 6.75^2)} + \frac{15 \cdot 600}{225 \cdot (8.75 - 6.75)} = 20.79 \text{ psi}$$

$$P \text{ total de surgencia} = 185 + 20.79 = 206 \text{ psi.}$$

La densidad equivalente del lodo será:

$$EMW = \frac{\text{Presión} \cdot 19.23}{12,000} + \rho_{\text{lodo}}$$

$$\frac{206 \cdot 19.23}{12,000} + 15.0 = 15.33 \text{ lb/gal}$$

8. Calcule la velocidad de deslizamiento de los recortes para las siguientes condiciones; Utilice la correlación de Chien.

Diámetro del pozo = 12.25 pg
 Tub. de Perf. = 5 pg
 Lodo = 10 lb/gal
 Recortes = 0.30 pg y Dens. = 22 lb/gal
 Gasto = 380 gal/min
 Lecturas Viscosímetro Fann $\theta_{600} = 50$
 $\theta_{300} = 30$

SOLUCIÓN

Utilizando la correlación de Chien:

$$V_s = 0.0075 \cdot \left(\frac{\mu_a}{\rho_f \cdot dp} \right) \cdot \left[\sqrt{\frac{36,800 \cdot dp}{\left(\frac{\mu_a}{\rho_f \cdot dp} \right) \left(\frac{\rho_p - \rho_f}{\rho_f} \right)} + 1} - 1 \right]$$

En lodo bentonítico se recomienda que la viscosidad plástica sea utilizada como viscosidad aparente.

$$\mu_p = \theta_{600} - \theta_{300} = 50 - 30 = 20 \text{ cp}$$

$$V_s = 0.0075 \cdot \left(\frac{20}{10 \cdot 0.30} \right) \cdot \left(\sqrt{\frac{36,800 \cdot 0.30}{\left(\frac{20}{10 \cdot 0.30} \right) \left(\frac{22 - 10}{10} \right)} + 1} - 1 \right)$$

$$V_s = 0.05 \cdot (\sqrt{1,656 \cdot 1.2 + 1} - 1) = 1.23 \text{ pies/seg}$$

9. La densidad de lodo de un pozo ha sido incrementada de 10 a 12 lb/gal. Si la bomba es detenida cuando la interfase entre dos lodos esta a una profundidad de 8,000 pies dentro de la sarta de perforación, ¿Qué presión deberá ser aplicada en la superficie por los preventores anulares para prevenir el flujo del pozo? ¿Cuál es la densidad equivalente a 4 000 pies después de que los preventores son cerrados?.

SOLUCIÓN

a) $P_{sup} = P_{EA} - P_{TP}$

$$P_{EA} = 0.052 \cdot 8,000 \cdot 12 = 4,992 \text{ psi}$$

$$P_{TP} = 0.052 \cdot 8,000 \cdot 10 = 4,160 \text{ psi}$$

$$\therefore P_{sup} = 4,992 \text{ psi} - 4,160 \text{ psi} = 832 \text{ psi}$$

b) La densidad equivalente será:

$$P = 0.052 \cdot 10 \cdot 4,000 + 832 = 2,912 \text{ psi}$$

$$\therefore P_e = \frac{2,912}{0.052 \cdot 4,000} = 14.0 \text{ lb/gal}$$

10. Un pozo está siendo perforado a una profundidad vertical de 12,200 pies, circulando un lodo de 12 lb/gal a razón de 9 bls/min cuando comienza a fluir. 50 bls de lodo son ganados en las presas en un periodo de 5 minutos antes de detener las bombas y cerrar los preventores. Después de que la presión es estabilizada se tiene registrada una presión en la T.P. de 400 psi y una presión en la T.R. de 550 psi.

Datos: T.P. 5" ϕ , 19.5 lb/pie; Capacidad con el E.A. 0.00775 bl/pie
Lastrabarreras ϕ_{int} 3" 600 pies Capacidad con el E.A. 0.035 bl/pie

- Determine la densidad del fluido invasor considerando que éste entra como un tapón
- Determine la densidad de la mezcla del fluido invasor y el lodo.
- Determine si el fluido invasor es líquido o gas.
- Determine la presión que deberá de ser observada a la profundidad de 4,000 pies de profundidad, de acuerdo al tipo de fluido que se haya determinado a esa profundidad.

SOLUCIÓN

$P_{T.P.} = 400 \text{ PSI}$
 $P_{T.R.} = 550 \text{ PSI}$
 $Q = 9 \text{ bls/min}$
 $C_{atp} = 89.9 \text{ bls/min}$
 $P_L = 12 \text{ lb/gal}$
 $C_{alb} = 21 \text{ bls}$

a) Densidad del fluido invasor

$$P_K = P_M - \frac{P_c - P_{dp}}{0.052 \cdot L_k}$$

Considerando que el fluido invasor entra como una bala, entonces el volumen del bache invasor es menor que la capacidad total anular frente a los Drill Collars por lo tanto:

$$L_k = 50 \text{ bls} / 0.035 \text{ bl/pie} = 1,429 \text{ pies}$$

$$\therefore P_k = 12.0 - \frac{550 - 400}{0.052 \cdot 1,429} = 9.98 \text{ lb/gal}$$

b) Una densidad de fluido invasor menor a 4.0 lb/gal indicará que el fluido invasor es predominantemente gas y si es mayor a 8.0 lb/gal nos indicará que el fluido invasor es líquido, por lo tanto el fluido invasor en este caso es líquido.

c) Considerando que el fluido invasor se mezcló con el lodo durante el tiempo de detección.

$$V_k = 50 \text{ bls} + 9.0 \text{ bls/min} \cdot 5 \text{ min} = 95.0 \text{ bls.}$$

La longitud de la zona mezclada será :

$$L_k = L_{tdc} + \frac{(V_k - \frac{L_{tlb}}{C_{alb}})}{C_{atp}} = 600 + \frac{(95.0 - 21.0)}{0.00775} = 10,1458 \text{ pies}$$

La densidad media de la mezcla será :

$$P_k = 12 - \frac{550 - 400}{0.052 \cdot 10,148} = 11.72 \text{ lb/gal}$$

d) La presión observada a 4,000 pies donde se localiza la mezcla de lodo y fluido invasor será :

$$P_m = 0.052 \cdot 4,000 \cdot 11.72 = 2,438 \text{ psi}$$

11. Determine la presión en el fondo de los lastrabarrenas si las pérdidas por fricción en la T.P. es de 900 psi, el gasto es de 350 gal/min, la densidad de lodo es de 10 lb/gal, la profundidad del pozo es de 8,000 pies, el diámetro interior de los drill collars 2.75 pg y la potencia desarrollada por la bomba es de 2,600 psi.

SOLUCIÓN

$$\Delta P_{rtp} = 900 \text{ psi}$$

$$P_b = 2,600 \text{ psi}$$

$$Q = 350 \text{ gal/min}$$

$$P_1 = 10 \text{ lb/gal}$$

$$V_{1b} = \frac{350}{2.448 \cdot 2.75^2} = 18.9 \text{ pis/seg}$$

Aplicando la expresión de balance de energía para un sistema de flujo

$$P_2 = P_1 + 0.052 \cdot P \cdot D - 8.074 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot \bar{v}^2 + \Delta P_p - \Delta P_f$$

$$P_2 = \Delta P_{FLB}$$

$$P_2 = 0 + 0.052 \cdot 10 \cdot 8,000 - 8.074 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 18.9^2 + 2,600 - 900$$

$$P_{LB} = 4,160 - 2.88 + 2,600 - 900 = 5,857 \text{ psi}$$

12. Una bomba es operada a un gasto de 800 gal/min y una presión de 3 000 psi, la densidad del lodo es 15 lb/gal y el área total de las toberas de la barrena es de 0.589 pg²

- Determine la potencia desarrollada por la bomba.
- Calcule las pérdidas de potencia por efectos de la viscosidad y que sucede con esta energía.
- Calcule la fuerza de impacto de las toberas del fluido al alcanzar el fondo del pozo

SOLUCIÓN

$$a) \text{ HHP} = \frac{P(\text{psi}) \cdot Q(\text{gal/min})}{1,714} = \frac{800 \text{ gal/min} \cdot 3,000 \text{ pies}}{1,714} = 1,400 \text{ hp}$$

$$b) \Delta P_b = \frac{P \cdot Q^2}{10,858 \cdot a_n^2} = \frac{15 \cdot 800^2}{10,858 \cdot 0.589^2} = 2,548.54 \text{ lb/pg}^2$$

$$\text{HHP} = \frac{2,598.54 \cdot 800}{1,714} = 1,190 \text{ hp}$$

$$\text{Potencia desarrollada por la bomba} = 1,400 - 1,190 = 210 \text{ hp}$$

$$c) F_t (\text{lb}) = \frac{P \cdot V_n \cdot Q}{1,930} ; \quad V_n = \frac{0.32 \cdot Q}{a_n}$$

$$V_n = \frac{0.32 \cdot 800}{0.589} = 434.6 \text{ pies/seg}$$

$$F_t = \frac{15 \cdot 434.6 \cdot 800}{1,930} = 2,702 \text{ lbr}$$

13. Un fluido plástico de Bingham tiene una viscosidad plástica de 50 cp y un punto de cedencia de 12 lb/100 pie²; considerando que el patrón de flujo es laminar, calcule el gradiente de presión por fricción resultante de :

- Un gasto de 50 gal/min a través de una T.P. de $\phi_{\text{int}} = 3.826 \text{ pg}$.
- Un gasto de 90 gal/min a través del E.A. de 10 x 7 "

SOLUCIÓN

a) Gradiente de presión en la T.P.:

$$\Delta P_{\text{rtp}} = \frac{\mu_p \cdot \bar{V}}{1,500 \cdot d} + \frac{y_p}{225 \cdot d} ; \quad \bar{V} = \frac{Q}{2.448 \cdot d^2}$$

$$\bar{V} = \frac{50 \text{ gal/min}}{2.448 \cdot (3.826 \text{ pg})^2} = 1.395 \text{ pie/seg}$$

$$\Delta P_{\text{rtp}} = \frac{50 \cdot 1.395}{1,500 \cdot 3.826} + \frac{12}{225 \cdot 3.826} = 0.0171 \text{ psi/pie}$$

b) Gradiente de presión en el E.A. :

$$\bar{V} = \frac{50}{2.448 \cdot (10^2 - 7^2)} = 0.4005 \text{ pie/seg}$$

$$\Delta P_{\text{rea}} = \frac{50 \cdot 0.4005}{1,000 \cdot (10 - 7)^2} + \frac{12}{200 \cdot (10 - 7)} = 0.0022 \text{ psi/pie}$$

14. Un pozo es perforado a 5 000 pies, utilizando agua de 8.33 lb/gal y viscosidad de 1 cp como fluido de perforación.

T.P. $\phi_{int} = 4.5''$ $\phi_{ext} = 3.826''$

Agujero $\phi = 6.5''$ y $Q = 500$ gal/min considere rugosidad = 0

- Determine el patrón de flujo dentro de la T.P.
- Determine las pérdidas de presión por fricción para 1,000 pies de T.P.
- Determine el patrón de flujo entre la T.P. y el agujero
- Determine las pérdidas de presión por fricción en 1,000 pies de E.A.

SOLUCIÓN

$$a) \bar{v}_{tp} = \frac{500}{2.448 \cdot 3.826^2} = 13.95 \text{ pies/seg}$$

$$N_{Re} = \frac{928 \cdot \rho \cdot \bar{v} \cdot d}{\mu} = \frac{928 \cdot 8.33 \cdot 13.95 \cdot 3.826}{1} = 412,674$$

Como $N_{Re} > 2,100$ se tiene flujo turbulento

$$b) \Delta P_{tp} = \frac{8.33^{0.75} \cdot 13.95^{1.75} \cdot 1^{0.25}}{1,800 \cdot (3.826)^{1.25}} = 51.23 \text{ psi/1,000 pies}$$

$$c) \bar{v}_{ea} = \frac{500}{2.448 \cdot (6.5^2 - 4.5^2)} = 9.284 \text{ pies/seg}$$

$$N_{Re} = \frac{757 \cdot 8.33 \cdot 9.284 \cdot (6.5 - 4.5)}{1} = 117,086$$

Como $N_{Re} = 117,086 > 2,100$ Se tiene flujo turbulento.

$$d) \Delta P_{rea} = \frac{(8.33)^{0.75} \cdot (9.284)^{1.75} \cdot 1^{0.25} \cdot 1,000}{1,396 \cdot (6.5 - 4.5)^{1.25}} = 72.92 \text{ psi/pie}$$

15. Aplicando el principio de Máxima fuerza de impacto y Máximo Caballaje Hidráulico, obtenga los gastos óptimos, área de toberas y fuerza de impacto, a partir de los siguientes datos:

Prof. Pozo = 12,000 pies $\phi_{ext} = 9$ pg Dens.lodo = 15 lb/gal

Area Toberas = 0.7453 pg² $\mu_p = 40$ cp. $Y_p = 14$ lb/100 pies²

Pmáx. operación bomba = 3,500 lb/pg²

A 12,000 pies se obtuvieron los siguientes datos:

	q (gal/min)	$P_{sup.}$ (lb/pg) ²	
q1	418	2,700	p1
	350	2,000	
	300	1,540	
q2	250	1,140	p2

SOLUCIÓN

A) Aplicando el principio de máxima potencia hidráulica.

$$P_b = \Delta P_b + \Delta P_f \quad ; \quad \Delta P_f = \frac{P_p}{(m + 1)} \quad ; \quad m = \frac{\text{Log}(P_1/P_2)}{\text{Log}(q_1/q_2)}$$

$$A_t = \sqrt{\frac{P \cdot q^2}{C_d^2 \cdot P_b \cdot 12028}}$$

$$P_b = 1,952 \text{ lb/pg}^2$$

$$m = \frac{\text{Log}\left(\frac{2,700}{1,140}\right)}{\text{Log}\left(\frac{418}{250}\right)} = 1.68$$

$$\Delta P_f = \frac{3,000}{1.18+1} = 1,119 \text{ psi}$$

$$\Delta P_b = P_p - P_f = 3,000 - 1,119 = 1,881 \text{ psi}$$

$$A_t = \sqrt{\frac{15 \cdot (418)^2}{(0.95)^2 \cdot 1,881 \cdot 12028}} = 0.358 \quad 0.358 = 3/4 \cdot \pi \cdot (x/32)^2$$

Usar tres toberas de 12/32

$$Q_{\max} = \sqrt{\frac{0.358^2 \cdot 0.95^2 \cdot 1,881 \cdot 12028}{15}} = 441 \text{ gal/min}$$

$$\text{Máxima potencia hidráulica} = \frac{1,881 \cdot 418}{1714} = 479 \text{ psi}$$

b) Aplicando el principio de máxima fuerza de impacto.

$$\Delta P_f = \frac{2 \cdot P_p}{m+2} = \frac{2 \cdot 3,500}{1.68+1} = 2,612 \text{ psi}$$

$$\Delta P_b = 3,000 - 2,612 \text{ psi} = 388 \text{ psi}$$

$$A_t = \sqrt{\frac{15 \cdot 418^2}{0.95^2 \cdot 388 \cdot 12028}} = 0.788 \text{ pg}^2 \quad ; \quad 0.788 = \frac{3}{4} \left(\frac{x}{32}\right)^2 \quad x = \frac{18}{32}$$

Tres toberas de 18/32

Máxima fuerza de impacto

$$F_j = 0.01823 \cdot C_d \cdot q \cdot \sqrt{P \cdot \Delta P_b}$$

$$= 0.01823 \cdot 0.95 \cdot 418 \cdot \sqrt{15 \cdot 388} = 5,523 \text{ lbs.}$$

9.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Calcule el peso de la sarta para las siguientes tuberías de revestimiento; la tubería deberá de ser llenada con lodo como el que se circula dentro del pozo, la densidad del lodo será 13.8 lb/gal

Peso T.R. (lb/pie)	Longitud dela sección (pies)
29.7	4,000
33.7	6,000
39.0	2,400

2. Considere que un sistema de lodo base gel está siendo bombeado a través de una T.P. $\phi_{int} = 4.196$ pg. Calcule y gráfique las velocidades críticas para las sig. densidades de lodo 10, 12, 14, 16, y 18 lb/gal Utilice los datos de viscosidad plástica de la tabla 12.1 del apéndice y el modelo de lodos de Bingham.

3. Calcule la densidad del lodo requerida para fracturar un estrato a 5 000 pies, si la presión de fractura es de 3 800 psi.

4. Un pozo es perforado a 12 000 pies usando un lodo de 12 lb/gal cuando una formación permeable es atravesada por la barrena conteniendo una presión de fluido de 7 000 psi

- a) Si la circulación es detenida, que presión hidrostática deberá de ser ejercida por el lodo frente a la formación permeable.
- b) Fluirá el pozo si los preventores se quedan abiertos.
- c) Determine la presión superficial en la T.P. si los preventores son cerrados
- d) Si salmuera de la formación con densidad específica de 1.1 entra al Espacio Anular a una profundidad de 11,000 pies antes de que los preventores sean cerrados, cuál deberá de ser la presión superficial anular despues de que el pozo es cerrado.

5. Se ha detectado pérdida de circulación y un total de 4 000 lbs de carga al gancho fuerón ganadas antes de que esta carga se estabilizara. Calcule la profundidad del nivel del fluido del pozo. El pozo contiene lodo de 14.5 lb/gal y la sarta de perforación se compone de 9,400 pies de T.P. de 5" ϕ y 600 pies de drill collars de 7" ϕ , el peso de la T.P. en el aire es de 19.5 lb/pie y el peso de los drill collars es de 100 lb/pie en el aire. La T.R. tiene un diámetro interior de 12.347" ϕ y esta asentada a 4 000 pies
 Agujero 9,875" ϕ 4,000 a 10,000 pies
 Densidad del acero 490 lb/pies

6. El máximo peso que deberá de ser aplicado a una barrena para perforar un intervalo es de 60 000 lbs la sarta de perforación deberá de ser compuesta de T.P. de 5" ϕ , 19.5 lb/pie y los drill collars de 2.75 x 8" ϕ la máxima densidad del lodo esperada será de 13.0 lb/gal.

Calcule la mínima longitud de Drill collars para prevenir la tendencia a la flotación de la sarta de perforación.

7. Un lodo de 10 lb/gal es circulado a razón de 600 gal/min; si la barrena contiene dos toberas de 15/32" y una de 17/32" y la presión de bomba es de 3 000 psi, cuál es la pérdida total de presión por fricción en el pozo.

8. Calcule la presión de bomba requerida para bombear un fluido de 9 lb/gal del nivel del mar a una elevación de 1 000 pies. Considere que los cambios de presión por efectos de inercia y viscosidad son despreciables.

9. El siguiente comportamiento de esfuerzo cortante fué observado

Razón de corte (segundos ⁻¹)	Esfuerzo cortante (dinas/cm ²)
20	11.0
30	15.2
40	19.1
50	22.9
60	26.5

- Hacer una gráfica en coordenadas cartesianas del esfuerzo cortante (ordenadas) vs razón de corte (abscisas) y otra en papel logarítmico
- Puede el comportamiento del fluido ser modelado aproximadamente por el modelo de Bingham, Newtoniano, o de leyes de potencia.
- Calcule la viscosidad aparente para cada razón de corte.
- Calcule el punto de cedencia, la viscosidad plástica y el índice de consistencia para cada razón de corte.

10. Un viscosímetro rotacional contiene un fluido que nos indica una lectura en el dial de 20 y una velocidad en el rotor de 300 rpm y una lectura en el dial de 40 para una velocidad en el rotor de 600 rpm.

- Es el fluido en el viscosímetro Fann un fluido Newtoniano? porque?
- Cuál es la viscosidad aparente a 300 rpm en poises, centipoises y lb/pie²

11. Un fluido se reporta con una viscosidad plástica de 40 cp y un punto de cedencia de 7 lb/100 pies². Calcule el índice de consistencia y el índice de comportamiento de flujo para este fluido.

12. Un fluido Newtoniano de 9,2 lb/gal tiene una viscosidad de 30 cp. y esta siendo circulado a razón de 100 gal/min en un pozo vertical que se compone de T.R. de 6" ϕ y una sarta de perforación de 4.5" ϕ . Calcule la presión de circulación y estática en el espacio anular a 15 000 pies, considere que el patrón de flujo es laminar.

13. Las siguientes lecturas fueron tomadas de un viscosímetro rotacional

<u>N</u>	<u>θ_N</u>
3	4.5
6	5.5
100	9.0
200	14.5
300	19.0
600	32.5

- a) Utilizando el modelo de la ley de potencias, calcule el gradiente de presión por fricción resultante de un gasto de 50 gal/min en una tubería de perforación de 2.9" ϕ interior, considere que el patrón de flujo es laminar.
- b) Calcule la razón de corte en la pared de la T.P., cuáles serán las dos lecturas del viscosímetro que den los mejores factores de n y k para el gradiente de presión calculado.

14. Calcule la densidad equivalente abajo de la zapata de la T.R. a 4 000 pies cuando el lodo tiene una densidad de 10 lb/gal y un gel de 70 lb/100 pies² antes de fluir.

T.R. $\phi_{int.} = 7.825"$ y la T.P. $\phi_{int.} = 5"$

15. Una lechada de cemento tiene un índice de comportamiento de 0.3 y un índice de consistencia de 9 000 cp. Calcule el gasto requerido para alcanzar flujo turbulento en el E.A. de 8.097"x4.5". También estime las pérdidas de presión por fricción y la razón de corte en la pared para este gasto.

16. Una barrena es utilizada con tres toberas de 12/32"; el perforador ha registrado que cuando un lodo de 10 lb/gal es bombeado a un gasto de 500 gal/min, una presión de bombeo de 3,000 psi es observada y cuando la bomba es operada con un gasto de 250 gal/min la presión de bombeo registrada es de 800 psi; la potencia de la bomba es de 1 000 hp y tiene una eficiencia del 90%. El mínimo gasto para levantar los recortes es de 240 gal/min, y la máxima presión superficial permisible es de 3,000 psi.

- a) Determine las condiciones apropiadas de bombeo y los diámetros de toberas para la máxima potencia de la barrena.
- b)Cuál será la potencia máxima de la barrena para las condiciones seleccionadas.
- c)Cuál será fuerza de impacto que deberá de ser obtenida a las condiciones seleccionadas.
- d) Que velocidad en las toberas deberá de ser obtenida a las condiciones seleccionadas.

17. Se desea estimar las condiciones apropiadas de bombeo y los tamaños de toberas para una máxima fuerza de impacto a cada 1 000 pies entre la T.R. superficial a 4 000pies y la T.R. intermedia a 10 000 pies con las siguientes condiciones.

<u>Profundidad</u> <u>(pies)</u>	<u>Densidad</u> <u>de lodo</u> <u>(lb/gal)</u>	<u>Viscosidad</u> <u>plástica</u> <u>(cp)</u>	<u>Punto de</u> <u>cedencia,</u> <u>(lb/100 ft²)</u>
5,000	10.0	25	5.0
6,000	10.0	25	5.0
7,000	10.0	25	5.0
8,000	11.0	30	6.0
9,000	12.0	35	8.0

Potencia de la bomba, hp	1,250
Eficiencia de la bomba	0.85
Presión Máxima de bombeo, psi	3,200
Velocidad mínima anular, pies/min	100
T.P., pg ϕ_{ext} x ϕ_{int}	4.5" x 3.826
Drill collars	7.5" x 2.75
Diámetro del pozo	10.05
T.R. ϕ_{int} , pg	10.05
Equipo superficial equivalente a 140 pies de T.P.	

18. Calcule la presión de surgencia en un agujero de 7.875 pg abajo de una sarta de perforación de 12,000 pies, compuesta de 11,400 pies de T.P. de 5" diám. (4.3" ϕ_{int}), 600 pies de Drill collars de 6.25" diám. (2.75 pg ϕ_{int}) y la barrena contiene tres toberas de 12/32 pg. La sarta de perforación es bajada en un lodo de 14 lb/gal con un índice de comportamiento de 0.8 y un índice de consistencia de 250 cp a una velocidad máxima de 3.5 pies/seg.

19. Calcule la densidad equivalente abajo de la zapata de una T.R. de 7 pg a 10 000 pies, la T.R. se corrió a una velocidad de 3 pies/seg en un agujero de 8.5 pg; considere que el fondo de la T.R. esta cerrado y el lodo tiene una densidad de 13 lb/gal y una viscosidad plástica de 28 cp y un punto de cedencia de 9 lb/100 ft².

20. Calcule la relación de transporte de recortes de 0.375 pg (diámetro y espesor) con un peso específico de 2.5 en un lodo de 14 lb/gal que es bombeado con una velocidad anular de 90 pies/min en un espacio anular de 6.5 x 3.5 pg. Los siguientes datos del lodo se obtuvieron usando un viscosímetro rotacional

Velocidad del rotor (rpm)	Lectura del dial (grados)
3	4.0
6	6.6
100	26.0
200	44.0
300	60.0
600	100.0

- a) Calcule la relación de transporte usando la correlacion de Moore.
- b) Calcule la relación de transporte usando la correlación de Chien.
- c) Calcule la relación de transporte usando la correlacion de Walker y Mayes.

CAPÍTULO X

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO SUPERFICIAL

10.1 PROBLEMAS RESUELTOS (1,2)

1. Un equipo de 2,000 Hp esta operando a una elevación de 2,800 pies, con una temperatura ambiente de 95 °F. Determine la potencia disponible en el cigueñal.

SOLUCIÓN

La potencia total disponible del motor es de 2,000 hp, por lo tanto la potencia disponible en el cigueñal será, ésta potencia total menos las pérdidas de potencia generadas por la altitud y la temperatura.

$$\Delta H_{\text{altura}} = \frac{3\% \text{ pérdida}}{1,000 \text{ pies}} \cdot 2,000 \text{ pies} \cdot 2,000 \text{ hp} = 120 \text{ hp}$$

$$\Rightarrow 2,000 \text{ hp} - 120 \text{ hp} = 1,880 \text{ hp}$$

$$\Delta H_{\text{temp.}} = \frac{1\%}{1,000 \text{ pies}} \cdot (95 \text{ °F} - 85 \text{ °F}) \cdot 1,880 \text{ hp} = 18.8 \text{ hp}$$

$$\text{Potencia disponible en el cigueñal} = 1,880 - 18.8 = 1,861.2 \text{ hp}$$

2. Un equipo de perforación tiene la siguiente configuración en su sistema mecánico motriz:

	Motor No.			
	1	2	3	Factor Eficiencia
No. de ejes	3	4	5	0.97
No. de cadenas	2	3	4	0.95
Total de elementos	5	7	9	0.70 Convertidor

Máxima carga al gancho = 450,000 lbs

Máximo velocidad de izaje = 93 pies/min

Determine la mínima potencia de salida, aceptable de las máquinas.

SOLUCIÓN

$$\text{HP} = \frac{\text{Fuerza} \cdot \text{velocidad}}{33,000} = \frac{450,000 \text{ lb} \cdot 93 \text{ pies/min}}{33,000} = 1,268.18 \text{ hp}$$

La eficiencia promedio del sistema combinada desde el malacate hasta el convertidor es :

$$E = \left[\frac{(0.96)^5 + (0.96)^7 + (0.96)^9}{3} \right] = 0.75$$

Potencia requerida por el convertidor:

$$\text{HPc} = \frac{\text{HPd}}{E} = \frac{1,268.18 \text{ hp}}{0.75} = 1,690.90 \text{ hp}$$

La potencia requerida para levantar la carga al gancho de 450,000 lbs a razón de 93 pies/min es:

$$HPE = \frac{1,690.90}{0.70} = 2,415.58 \text{ hp}$$

3. Un Block viajero de 750 ton. será utilizado bajo las siguientes condiciones; Determine el factor de seguridad.

Longitud T.R. (pies)	Peso (lbs)	
3,200	47.0	Peso del lodo = 15.6 lb/gal
4,100	53.0	
2,900	43.0	
10,200		

SOLUCIÓN

Primero determinamos el peso de las T.R. en el aire:

$$\begin{aligned} 47.0 \text{ lb/pie} \cdot 3,200 \text{ pies} &= 150,400 \text{ lbs} \\ 53.0 \text{ lb/pie} \cdot 4,100 \text{ pies} &= 217,300 \text{ lbs} \\ 43.0 \text{ lb/pie} \cdot 2,900 \text{ pies} &= 124,700 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\text{Factor de flotación } F_b = 1 - 15.6/65.5 = 0.76$$

El peso flotado para cada una de las tuberías :

$$\begin{aligned} 150,400 \text{ lbs} \cdot 0.76 &= 114,580 \text{ lbs} = 52 \text{ ton.} \\ 217,300 \text{ lbs} \cdot 0.76 &= 165,546 \text{ lbs} = 75 \text{ ton.} \\ 124,700 \text{ lbs} \cdot 0.76 &= 95,000 \text{ lbs} = 43 \text{ ton.} \end{aligned}$$

De la tabla de factores de seguridad:

$$\begin{aligned} 0 \leq 52 \leq 150 &\Rightarrow \text{Factor de seguridad es} = 4.0 \\ 0 \leq 75 \leq 150 &\Rightarrow \text{Factor de seguridad es} = 4.0 \\ 0 \leq 43 \leq 150 &\Rightarrow \text{Factor de seguridad es} = 4.0 \end{aligned}$$

Por lo tanto el Factor de seguridad del sistema es 4.0

TABLA X.1

FACTORES DE SEGURIDAD DE TRABAJO DEL BLOCK VIAJERO

<u>Relación de cargas Calculadas (Ton.)</u>	<u>Esfuerzo a la tensión Factores seguridad diseño</u>
0 - 150	4.00
151 - 500	$4.00 - \left(\frac{R - 150}{350}\right)$
501 - Adelante	3.00

4. Calcule las toneladas/milla del cable, requeridas para perforar de 16,000 a 17,000 pies, bajo las siguientes consideraciones:

T.P. = 4 1/2" ϕ , 16.6 lbs/pie

Drill Collars ϕ_{ext} = 6.5 pg , ϕ_{int} = 2.5 pg , 600 pies

Densidades del lodo 13.4 lb/gal a 16,000 pies

13.6 lb/gal a 16,250 pies

13.8 lb/gal a 16,750 pies

Penetración por barrena de 250 pies Longitud por lingada

Capacidad del block viajero 50 ton. 93 pies

SOLUCIÓN

Para determinar las ton/milla del cable se utiliza la siguiente expresión:

$$T_R = \frac{D \cdot (L_s + D) W_m}{10,560,000} + \frac{D \cdot (M + 1/2C)}{2,640,000}$$

$$W_{tp} = 16.6 \text{ lb/pie} \cdot (1 - 13.4/65.5) = 13.20 \text{ lb/pie}$$

$$A_{dc} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(6.5^2 - 2.5^2)}{0.2945} = 96.00 \text{ lb/pie}$$

$$W_{dc} = 96.00 \text{ lb/pie} \cdot (1 - 13.4/65.5) = 76.36 \text{ lb/pie}$$

$$C = W_{dc} - W_{tp} = 76.36 - 13.2 = 63.16 \text{ lb/pie}$$

$$T_{R1} = \frac{16,000 \cdot (93 + 16,000) \cdot 13.2}{10,560,000} + \frac{16,000 \cdot (3,000 + 0.5(600 \cdot 63.16))}{2,640,000}$$

$$T_{R1} = 452.15 \text{ ton/milla}$$

$$C = W_{dc} - W_{tp} = 76.06 - 13.15 = 62.90 \text{ lb/pie}$$

$$T_{R2} = \frac{16,250 \cdot (93 + 16,250) (13.6)}{10,560,000} + \frac{16,250 \cdot (3,000 + 0.5(600 \cdot 62.9))}{2,640,000}$$

$$T_{R2} = 476.65 \text{ ton/milla}$$

$$C = 75.77 - 13.10 = 62.67 \text{ lb/pie}$$

$$T_{R3} = \frac{16,750 \cdot (93 + 16,750) \cdot 13.8}{10,560,000} + \frac{16,750 \cdot (3,000 + 0.5(600 \cdot 62.67))}{2,640,000}$$

$$T_{R3} = 507 \text{ ton/milla}$$

5. Determine el gasto volumétrico por embolada, por minuto y las emboladas y minutos para desplazar en el espacio anular y tubería de perforación para el siguiente pozo:

Bomba Duplex:	T.P.	L.B.
Camisa 5" ϕ	4 1/2" Diám.	7" Diám.
Carrera 16" ϕ	11,700 pies	600 pies
Vastago 2.5"	Cap. 0.01422 bl/pie	Cap. 0.088 bls/pie
Emb/min 60		
Eficiencia 85 %	Espacio anular	
	9 7/8" Diám.	
Espacio Anular	Cap. 0.075 bls/pie (4 1/2" • 9 5/8")	
	Cap. 0.0471 bls/pie (7" • 9 5/8")	

SOLUCIÓN

Primero se determina el gasto volumétrico por embolada:

$$Qd = \frac{Ls(2 \cdot D - d) \cdot E}{148} = \frac{16 \cdot (2 \cdot (5) - (2.5)) \cdot 0.85}{148} = 4.02 \text{ gal/emb.}$$
$$= 0.096 \text{ bls/emb.}$$

Gasto volumétrico por minuto:

$$(0.096 \text{ bls/emb}) \cdot 60 \text{ emb/min} = 5.76 \text{ bls/min}$$

Capacidad total de la T.P.:

$$0.0142 \text{ bls/pie} \cdot 11,700 \text{ pies} = 166.3 \text{ bls.}$$

$$\frac{166.3 \text{ bls}}{5.76 \text{ bls/min}} = 28.8 \text{ min.} \quad ; \quad \frac{166.3 \text{ bls}}{0.096 \text{ bls/emb}} = 1,733 \text{ emb.}$$

Capacidad total en los L.B. :

$$0.0088 \text{ bls/pie} \cdot 600 \text{ pies} = 5.28 \text{ bls}$$

$$\frac{5.28 \text{ bls}}{5.76 \text{ bls/min}} = 0.9 \text{ min} \quad ; \quad \frac{5.28 \text{ bls}}{0.096 \text{ bls/emb}} = 55 \text{ emb.}$$

Desplazamiento por el Espacio Anular :

$$\text{Con la T.P.} \quad 0.075 \text{ bls/pie} \cdot 11,700 \text{ pies} = 877.5 \text{ bls.}$$

$$\frac{877.5 \text{ bls}}{5.76 \text{ bls/min}} = 152.3 \text{ min} \quad ; \quad \frac{5.28 \text{ bls}}{0.096 \text{ bls/emb}} = 9,141 \text{ emb.}$$

$$\text{Con los L.B.} \quad 0.0471 \text{ bls/pie} \cdot 600 \text{ pies} = 28.26 \text{ bls.}$$

$$\frac{28.26 \text{ bls}}{5.76 \text{ bls/min}} = 4.9 \text{ min} \quad ; \quad \frac{28.26 \text{ bls}}{0.096 \text{ bls/emb}} = 295 \text{ emb.}$$

El tiempo total para desplazar el interior de la tuberías, así como el espacio anular será:

$$28.8 + 0.9 + 4.9 + 152.3 = 186.9 \text{ min}$$

El número de emboladas para desplazar el interior de las tuberías, así como el espacio anular será :

$$1,733 + 55 + 295 + 9,141 = 11,224 \text{ emboladas.}$$

6. Seleccione el rango de presión para un conjunto de preventores para las siguientes condiciones:

Presión de fondo = 16.8 lb/gal (equivalente)
 Profundidad = 14 200 pies
 Factor de diseño 75% carga máxima
 Densidad del gas 2.0 lb/gal (equivalente)

SOLUCIÓN

Primero se determina la máxima presión de formación anticipada:

$$P_f = 0.052 \cdot 16.8 \text{ lb/gal} \cdot 14,200 \text{ pies} = 12,405.80 \text{ psi}$$

Cálculo de la presión hidrostática del gas :

$$P_{hg} = 0.052 \cdot 2.0 \text{ lb/gal} \cdot 14,200 \text{ pies} = 1,476.8 \text{ psi}$$

La presión de trabajo de los preventores será la diferencia entre la presión de formación y la presión hidrostática del gas.

$$12,405.12 - 1,476.8 \text{ psi} = 10,928 \text{ psi}$$

∴ El rango de los preventores será de :

$$5,000 - 10,000 \text{ psi}$$

7. Los siguientes datos fueron obtenidos de una máquina Diesel operando con un freno Prony

Velocidad de la máquina (rpm)	torque (pie, lb)	Consumo de Diesel (gal/hr)
1,200	1,400	25.3
1,000	1,550	19.7
800	1,650	15.7
600	1,700	12.1

- Calcule la potencia al freno para cada velocidad de la máquina.
- Calcule la eficiencia total de la máquina para cada velocidad.

SOLUCIÓN

a) La potencia la freno se determina con la siguiente expresión:

$$P_f (\text{hp}) = \frac{W (\text{rad/min}) \cdot t (\text{pie-lbf})}{33,000 (\text{pie-lb/min/hp})} \quad ; \quad W = 2\pi V (\text{rpm})$$

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 2\pi \cdot 1,200 = 7,540 & ; & & Pr_1 &= \frac{7,540 \cdot 1,400}{33,000} = 320 \text{ hp} \\
 W_2 &= 2\pi \cdot 1,000 = 6,283 & ; & & Pr_2 &= \frac{6,283 \cdot 1,550}{33,000} = 295 \text{ hp} \\
 W_3 &= 2\pi \cdot 800 = 5,027 & ; & & Pr_3 &= \frac{5,027 \cdot 1,650}{33,000} = 252 \text{ hp} \\
 W_4 &= 2\pi \cdot 600 = 3,770 & ; & & Pr_4 &= \frac{3,770 \cdot 1,700}{33,000} = 194 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

b) La eficiencia total de la máquina para cada velocidad es:

$$Et = P/Q_1 \quad ; \quad Q_1 = W_r \cdot H$$

Como el tipo de combustible es Diesel, su densidad es de 7.2 lb/gal y su valor calorífico será $H = 19,000$ Btu/lbm; Así el consumo de combustible es:

$$W_{r1} = 25.3 \text{ gal/hr} \cdot 7.2 \text{ lb/gal} \cdot 1 \text{ hr}/60 \text{ min} = 3.036 \text{ lb/min}$$

$$W_{r2} = 19.7 \cdot 7.2 \cdot 1/60 = 2.364 \text{ lb/min}$$

$$W_{r3} = 15.7 \cdot 7.2 \cdot 1/60 = 1.884 \text{ lb/min}$$

$$W_{r4} = 12.1 \cdot 7.2 \cdot 1/60 = 1.452 \text{ lb/min}$$

La energía total calorífica consumida por la máquina será:

$$Q_1 = \frac{3.036 \text{ (lb/min)} \cdot 19,000 \text{ (Btu/lbm)} \cdot 779 \text{ (pie-lb/Btu)}}{33,000 \text{ (pie-lb/min/hp)}} = 1,362 \text{ hp}$$

$$Q_2 = \frac{2.364 \cdot 19,000 \cdot 779}{33,000} = 1,060 \text{ hp}$$

$$Q_3 = \frac{1.884 \cdot 19,000 \cdot 779}{33,000} = 885 \text{ hp}$$

$$Q_4 = \frac{1.452 \cdot 19,000 \cdot 779}{33,000} = 651 \text{ hp}$$

La eficiencia total para cada velocidad es:

$$Et_1 = 320 \text{ (hp)} / 1,362 \text{ (hp)} = 0.235$$

$$Et_2 = 295 / 1,060 = 0.2783$$

$$Et_3 = 252 / 885 = 0.285$$

$$Et_4 = 194 / 651 = 0.298$$

8. Calcule la tensión en la línea rápida, cuando ésta levanta una carga de 500 000 lbf, para 6, 8, 10 y 12 líneas tendidas entre la corona y el block viajero.

SOLUCIÓN

Para determinar la tensión de la línea rápida se utiliza la expresión y la tabla X.2 :

$$T_f = \frac{L}{N \cdot E_b}$$

TABLA X.2

EFICIENCIAS DEL SISTEMA
DE POLEAS

$$T_f = \frac{500,000}{6 \cdot 0.886} = 94,056 \text{ lbs}$$

<u>No. Lineas</u>	<u>E_b</u>	<u>T_f (lbs)</u>
6	0.886	94,056
8	0.850	73,529
10	0.817	56,433
12	0.785	53,078

9. Un malacate debe soportar una carga de 200,000 lbs; el malacate puede proporcionar una fuerza máxima de 800 hp. Diez líneas son tendidas entre la corona y la polea viajera; La línea muerta es anclada a una pierna de la torre de perforación.

- Calcule la tensión estática en la línea rápida, cuando se esta impidiendo el movimiento hacia arriba.
- Calcule los máximos caballos de fuerza del gancho.
- Calcule la velocidad máxima del malacate.
- Calcule la carga de la torre cuando el movimiento hacia arriba es impedido
- Calcule la carga máxima equivalente de la torre.
- Calcule el factor de eficiencia de la torre.

SOLUCIÓN

- a) La tensión estática en la línea rápida será:

$$F_t = \frac{200,000}{0.810 \cdot 10} = 24,691 \text{ lbs} \quad \text{La eficiencia se obtuvo de la tabla X.2}$$

- b) La potencia del gancho será:

$$P_h = E \cdot P_i = 0.810 \cdot (800 \text{ hp}) = 648 \text{ hp}$$

- c) Máxima velocidad del malacate:

$$V_b = \frac{P_h}{W} = \frac{648 \text{ hp} \left(\frac{33,000 \text{ pie-lb/min}}{1 \text{ hp}} \right)}{200,000 \text{ lbs}} = 106.9 \text{ pies/min}$$

d) Carga de la torre :

$$F_d = \left(\frac{1 + E + E_n}{E_n} \right) \cdot W = \left(\frac{1 + 0.810 + 0.818 \cdot (10)}{0.810 \cdot 10} \right) 200,000$$
$$= 244,691 \text{ lbs.}$$

e) Carga máxima equivalente de la torre :

$$F_{de} = \left(\frac{n + 4}{n} \right) \cdot W = \left(\frac{10 + 4}{10} \right) \cdot 200,000 = 280,000 \text{ lbs}$$

f) Factor de eficiencia de la torre :

$$E_d = \frac{F_d}{F_{de}} = \frac{244,691}{280,000} = 0.874 = 87.4 \%$$

10. Considere que una bomba triplex tiene camisas de 6", una longitud de carrera de 11 pg, opera a 120 emb/min, con una presión de descarga de 3,000 psi.

- Calcule el factor de bomba en unidades de gal/emb
- Calcule el gasto en gal/min
- Calcule la potencia desarrollada por la bomba.

SOLUCIÓN

a) El factor de bomba será :

$$F_p = \frac{D^2 \cdot L \cdot \eta}{98} = \frac{6^2 \cdot 11 \cdot 1}{98} = 4.041 \text{ gal/emb}$$

b) El gasto en gal/min será :

$$Q_b = 4.041 \text{ gal/emb} \cdot 120 \text{ emb/min} = 485 \text{ gal/min}$$

c) La potencia proporcionada por la bomba será :

$$H_p = \frac{\Delta P \cdot Q_b}{1714} = \frac{3,000 \text{ psi} \cdot 485 \text{ gal/min}}{1,714} = 849 \text{ hp}$$

11. Una sarta de perforación esta compuesta de T.P. con una longitud de 9,000 pies, $\phi_{ext.} = 5$ pg y 19.5 lb/pie, y 1,000 pies de lastrarbarrenas con $\phi_{int.}$ de 3 pg, Calcule:

- La capacidad de la T.P. en Bls.
- Capacidad de los Lastrarbarrenas en Bls.
- Número de emboladas de la bomba requeridas para bombear lodo, desde la superficie hasta la barrena, si la bomba es de doble acción y tiene un ϕ_{camisa} de 6", $\phi_{vástago}$ de 2.5 pg, una longitud de carrera de 16 pg y opera con una eficiencia volumétrica del 85 %
- La Capacidad de los lastrarbarrenas en bls/pie, si el diámetro externo es de 8 pg
- La capacidad de la T.P. en bls/pie, si el diámetro interior de la T.P. es de 4.276 pg

SOLUCIÓN

a) Capacidad de la T.P. :

$$A_{tp} = \pi/4 \cdot (d_1^2) = \pi/4 \cdot (4.276^2) = 14.36 \text{ pg}^2$$

$$C_{tp} = 14.36 \text{ pg}^2 \cdot \frac{12 \text{ pg}}{1 \text{ pie}} \cdot \frac{1 \text{ gal}}{231 \text{ pg}^3} \cdot \frac{1 \text{ bl}}{42 \text{ gal}} \cdot 9,000 \text{ pies}$$

$$C_{tp} = 159.85 \text{ bls}$$

b) Capacidad de los lastrabarrenas :

$$C_{lb} = \frac{3^2}{1,029.4} \cdot 1,000 = 8.74 \text{ bls}$$

c) El número de emboladas es :

$$F_b = \frac{\pi}{4} \cdot L_s \cdot E_v \cdot (2D - d) = \frac{\pi}{4} \cdot 16 \cdot 0.85 \cdot (2 \cdot 6^2 - 2.5^2)$$

$$F_b = 1,404.61 \text{ pg}^3/\text{emb} \cdot 1 \text{ gal}/231 \text{ pg}^3 \cdot 1 \text{ bl}/42 \text{ gal}$$

$$= 0.14477 \text{ bls}/\text{emb}$$

$$= \frac{(159.85 + 8.74) \text{ bls}}{0.14477 \text{ bls}/\text{emb}} = 1,164.49 \text{ emboladas}$$

d) La capacidad de los lastrabarrenas es :

$$C_{lb} = \frac{(8^2 - 3^2)}{1,029.4} = 0.0534 \text{ bls}/\text{pie}$$

e) La capacidad de la T.P. es :

$$C_{tp} = \frac{(5^2 - 4.276^2)}{1,029.4} = 0.0065 \text{ bls}/\text{pie}$$

10.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Considerando que un equipo de 3,000 hp, esta trabajando a una temperatura ambiente de 85 °F; Calcule y grafique la potencia disponible a las siguientes altitudes: nivel del mar, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 5 000 y 6 000 pies.

2. Un equipo proporciona 2,500 hp y esta trabajando a una temperatura ambiente de 100 °F y una altitud de 4,000 pies; determine la potencia disponible con estas condiciones, tomando en cuenta las siguientes características:

Eficiencia de la flecha y las cadenas	= 0.96
Eficiencia del convertidor de torque	= 0.75
Carga al gancho	= 350,000 lbs
Velocidad de izaje	= 93 pies/min
Eficiencia del block viajero	= 1.0

3. Una sarta de revestimiento de 47.0 lbs/pie, deberá de ser instalada a 12,000 pies, en un lodo de 17.2 lb/gal. Si el factor de seguridad del Block y aparejo de poleas es de 2.25 y el equipo tiene una capacidad de 500 ton. será suficiente para ejecutar el trabajo.

4. Calcule la tensión de la línea rápida para el siguiente sistema, considere una eficiencia de 0.98 para cada par de poleas.

Carga (lbs)	No de Líneas
450,000	10
275,000	6
575,000	12
340,000	6

5. Un lodo de 17.5 lb/gal es utilizado para perforar a 16,700 pies y la sarta de perforación se compone de:

T.P. 19.5 lbs/pie y 5 pg diám.

D.C. 8 • 3 pg 540 pies

Un block de 650 ton será utilizado para jalar lingadas de 93 pies. Determine el No de ton/milla desarrollados en un viaje redondo.

6. Determine el No de emboladas para desplazar la capacidad de la sarta de perforación y el espacio anular para el siguiente pozo.

T.P. 11,700 pies , 4 1/2" diám.
capacidad 0.01422 bls/pie

D.C. 7" • 3" Diám. , 600 pies
capacidad 0.0088 bls/pie

E.A. 9 7/8" diám.
capacidad (4 1/2" • 9 5/8") 0.0751 bls/pie
capacidad (7" • 9 5/8") 0.0471 bls/pie

14. Una bomba de 1,000 hp opera con una eficiencia volumétrica del 90 % ; Para esta bomba la máxima presión de descarga para varios diámetros de camisa será :

<u>ϕ Camisa (pg)</u>	<u>Máxima presión de descarga (psi)</u>
7.50	1,917
7.25	2,068
7.00	2,229
6.75	2,418
6.50	2,635
6.00	3,153

Grafique la presión de bombeo Vs gasto, a la máxima potencia hidráulica en papel logarítmico y coordenadas cartesianas.

15. Los registros de lodo situaron una muestra de Carburo de Calcio en la sarta de perforación cuando se realizó una conexión. La reacción del Carburo de Calcio con el lodo forma gas acetileno. El acetileno es detectado por un detector de gas colocado en la temblorina, después de bombear 4,500 emboladas.

T.P. \Rightarrow 5" ϕ , 19.0 lb/pie , 9,500 pies

D.C. \Rightarrow ϕ_{int} = 2.875" , 500 pies

La bomba es duplex, ϕ_{camisa} = 6" , vástago de 2" ϕ , Ev = 80%

Carrera 14 pg

- Determine el número de emboladas requeridas para desplazar el gas desde la superficie hasta la barrena.
- Determine el número de emboladas requeridas para desplazar el gas de la barrena a la temblorina.
- Si la velocidad de penetración de la barrena es de 20 pies/hr y la velocidad de bombeo de 60 emb/min; como cuántos pies serán perforados por la barrena, antes de que la formación de gas expulsada por la destrucción de la roca por la barrena, viaje del fondo a la superficie.

CAPÍTULO XI

PREDICCIÓN DEL TIEMPO Y COSTO DE PERFORACIÓN

11.1 PROBLEMAS RESUELTOS (1,2)

1. Una arenisca de 60 pies de espesor, será disparada con una densidad de 4 disparos por pie, si la zona esta a 20,000 pies de profundidad; ¿cuál será el cargo por los disparos si el costo por cada 20 disparos equivale a \$ 375.00 ?

SOLUCIÓN

El número total de disparos a lo largo del intervalo será:

$$60 \text{ pies} \cdot 4 \text{ disparos/pie} = 240 \text{ disparos}$$

$$\frac{240 \text{ disparos}}{20 \text{ disparos}} = 12 \cdot \$ 375.00 = \$ 4,500 \text{ @ } 20,000 \text{ pies}$$

2. Una tubería que será recuperada de un intervalo del pozo tiene un valor \$ 30/pie; Un promedio de 20 hrs será disponible para recuperar 200 pies de tubería.

El costo por pie perforado, para desviar el pozo y recuperar el intervalo desperdiciado es alrededor de \$150.00/pie. Serán las operaciones de pesca redituables, si los costos de operación son de \$ 500/hr y los costos de abandono del agujero desperdiciado son de \$5/pie.

SOLUCIÓN

Evaluando el costo total de la pesca será :

$$\text{Costo de la tubería a recuperar} = \$30.00/\text{pie} \cdot 200 \text{ pies} = \$6000.00$$

$$\text{Costo de operación del equipo} = \$500.00/\text{hr} \cdot 20 \text{ hrs} = \$ 10,000.00$$

$$\therefore \text{Costo total pesca} = \$ 10,000 + \$ 6,000 = \$ 16,000$$

Evaluando el costo total de la desviación :

$$\text{Costo por perforación} = \$150/\text{pie} \cdot 200 \text{ pies} = \$ 30,000$$

$$\text{Costo de abandono del pozo} = \$5/\text{pie} \cdot 200 \text{ pies} = \$ 1,000$$

$$\therefore \text{Costo total desviado} = \$ 30,000 + 1,000 = \$ 31,000$$

De los resultados se concluye que los trabajos de pesca si se efectúan en el tiempo disponible si son redituables, dejando de serlo si éstos se prolongan durante varios días.

3. — Determinación de los costos de perforación para el siguiente registro de barrenas utilizadas en la perforación de un pozo a 2,140 mts. de profundidad.

CÁLCULO DEL COSTO POR METRO PERFORADO

$$C = \frac{B + R(T+t)}{M}$$

COSTO DEL EQUIPO POR HORA: \$ 3,541.66

C = Costo por metro en \$
 B = Costo de barrena en \$
 R = Costo del equipo en \$/hrs.
 A = B + R(T + t)

T = Tiempo perforado en Hrs.
 t = Tiempo en viaje redondo en Hrs.
 M = Metros perforados por barrena

REGISTRO DE BARRENAS

SOLUCIÓN

No. BARRENA	MARCA	DIAMETRO	TIPO	INICIO (#)	TERMINO (#)	METROS PERF. M	HORAS PERFOR. T	HORAS EN VIAJE t	HORAS TOTALES (T+t)	COSTO DEL EQUIPO R(T+t)	COSTO DE LA BARRENA B	COSTO POR INTERVALO A	COSTO/MT INTERVALO C	COSTO TOTAL ACUMULADO A1+A2+...+An	COSTO POR METRO ACUM C1+C2+...+Cn	VELOCIDAD DE PENETRACION
1	VAREL	15"	2-1-1	0.00	30.00	30.00	5.00	1.00	6.00	21,249.96	31,588.33	52,838.29	1,761.28	52,838.29	1,761.28	6.00
2	SMITH	12 1/4"	1-1-1	30.00	80.00	50.00	9.00	2.00	11.00	38,958.26	23,846.00	62,804.26	1,256.09	115,642.55	3,017.36	5.55
3	SMITH	12 1/4"	5-2-7	80.00	302.00	222.00	47.00	3.00	50.00	177,083.00	118,726.00	295,809.00	1,332.47	411,451.55	4,349.83	4.72
4	VAREL	20"	2-1-1	30.00	302.00	204.00	46.00	2.00	48.00	169,999.68	27,145.00	197,144.68	966.40	608,596.23	5,316.23	13.60
5	SMITH	12 1/4"	5-2-7	302.00	592.00	290.00	92.00	3.00	95.00	336,457.70	118,726.00	455,183.70	1,569.60	1,063,779.93	6,885.83	3.15
6	SMITH	12 1/4"	5-2-7	592.00	835.00	243.00	67.00	4.00	71.00	251,457.86	118,726.00	370,183.86	1,523.39	1,433,963.79	8,409.22	3.62
7	SMITH	12 1/4"	5-2-7	835.00	964.00	129.00	65.00	8.00	73.00	258,541.18	118,726.00	377,267.18	2,924.55	1,811,230.97	11,333.77	1.98
8	SMITH	12 1/4"	5-2-7	964.00	1,004.00	40.00	16.00	7.00	23.00	81,458.18	118,726.00	200,184.18	5,004.60	2,011,415.15	16,338.38	2.50
9	SMITH	8 1/2"	1-2-1	1,004.00	1,025.00	21.00	11.00	5.75	16.75	59,322.81	14,003.00	73,325.81	3,491.71	2,084,740.96	19,830.08	1.90
10	SMITH	8 1/2"	6-1-7	1,025.00	1,447.00	422.00	95.00	5.50	100.50	355,936.83	61,272.00	417,208.83	988.65	2,501,949.78	20,818.73	4.44
11	SMITH	8 1/2"	3-4-1	1,447.00	1,460.00	13.00	6.00	10.00	16.00	56,666.56	14,003.00	70,669.56	5,436.12	2,572,619.35	26,254.85	2.16
12	SMITH	8 1/2"	5-1-7	1,460.00	1,743.00	283.00	66.00	6.00	72.00	254,999.52	61,272.00	316,271.52	1,117.57	2,888,890.87	27,372.41	4.28
13	SMITH	8 1/2"	6-1-7	1,743.00	1,784.00	41.00	18.00	7.00	25.00	88,541.50	61,272.00	149,813.50	3,653.99	3,038,704.37	31,026.40	2.27
14	SMITH	8 1/2"	6-1-7	1,784.00	1,935.00	151.00	55.00	6.25	61.25	216,926.68	61,272.00	278,198.68	1,842.38	3,316,903.04	32,868.78	2.74
15	SMITH	8 1/2"	6-1-7	1,935.00	2,000.00	65.00	27.00	7.50	34.50	122,187.27	61,272.00	183,459.27	2,822.45	3,500,362.31	35,691.23	2.40
16	SMITH	8 1/2"	6-1-7	2,000.00	2,140.00	140.00	50.00	8.50	58.50	207,187.11	61,272.00	268,459.11	1,917.57	3,768,821.42	37,608.79	2.80
														3,768,821.42	37,608.79	

4. – La siguiente tabla muestra una ESTIMACIÓN DE COSTOS para evaluar la corrida de dos tipos diferentes de Registros Eléctricos, relacionados con la inspección de tuberías de Revestimiento de 9 5/8" de diámetro, así como las condiciones a considerar.

CAMPO : NUEVO

POZO : A1

TRABAJO : INSPECCIÓN DE TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO DE 9 5/8" DIÁM.

INTERVALO : 1,500 – 500 mts.

FECHA : FEBRERO 15 DE 1996

Nº	SERVICIO	UNIDAD DE OBRA	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD		PRECIO TOTAL		NOTAS :
				\$	USD	\$	USD	
	MFC							
1	CARGO BÁSICO	UNIDAD	1	0	2,850	0	2,850	1. – Si los dos registros se efectúan en el mismo viaje al pozo, solo hay un cargo básico y un cargo por kilometraje
2	CARGO POR PROFUNDIDAD	METROS	1500	0	2.13	0	3,195	
3	CARGO POR REGISTRO	METROS	1000	0	2.13	0	2,130	2. – Se cotiza el USIT como registro de corrosión. Si se necesita el registro de evaluación de cemento, el cargo por registro se aumenta al doble
4	KILOMETRAJE UNIDAD REGISTRO	KILOMETRO	2250	0	2.23	0	5,018	
5	KILOMETRAJE CAMIONETA	KILOMETRO	2250	0	1.02	0	2,295	3. – El personal se provee por tres días. El tiempo adicional se cobrará a 500 USD por día.
	TOTAL USIT						15,488	
1	CARGO BASICO	UNIDAD	1	0	2,850	0	2,850	4. – Por cada día en exceso de 3 que las herramientas pasen en el pozo, se aplicara un cargo diario de 100 USD por herramienta y 500 USD por la unidad de registro
2	CARGO POR PROF. EVAL. DE CORROSIÓN	METROS	1500	0	3.08	0	4,620	
3	CARGO POR REG. EVAL. DE CORROSIÓN	METROS	1000	0	3.08	0	3,080	
4	KILOMETRAJE UNIDAD REGISTRO	KILOMETRO	2250	0	2.23	0	5,018	
5	KILOMETRAJE CAMIONETA	KILOMETRO	2250	0	1.02	0	2,295	
	TOTAL						17,863	

5. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE UN VOLUMEN DE LODO DE PERFORACIÓN, REQUERIDO PARA ESTABILIZAR UN AGUJERO DE 5 7/8" DIÁM. DE 816 A 2,200 MTS.

Al finalizar los trabajos de perforación se tuvo la necesidad de lavar el pozo, para tomar una serie de registros de presión y temperatura, lo que trajo como consecuencia la desestabilización de las paredes del agujero, propiciando derrumbes del mismo de 816 a 2,200 mts., motivo por el cual a la compañía contratista de perforación se le dio la instrucción de acondicionar un fluido de perforación con agregados químicos que permitió:

- A) Lograr repasar y reconocer el pozo y dejarlo terminado íntegramente.
- B) Estabilizar y enjarrar las paredes del pozo, permitiendo instalar una tubería de revestimiento corta (Liner) de 4 1/2" diám. a la profundidad total, asegurando la terminación y el estado mecánico del pozo.

Se acordó pagar este volumen de lodo a la contratista en base a la cantidad (dosificación) de materiales químicos utilizados en la preparación de lodo.

Las cantidades de materiales agregados fueron:

Bentonita	436	sacos de 50	kg c/u	=	21,800.00 kg
Carbonato de Sodio	29	sacos de 25	kg c/u	=	725.00 kg
Lignito modificado	30	sacos de 22.68	kg c/u	=	680.40 kg
Diesel					25,000.00 lt

A la compañía contratista se le solicitó presentar el análisis de precio unitario de cada uno de los materiales requeridos para preparar el fluido de perforación y de esta manera generar el pago de dicho volumen de lodo; para lo cual presentó el siguiente análisis:

La Cía. contratista de perforación cuantificó el volumen de agua empleado en base a la relación presentada por su dosificación:

Por cada 75 kg. de Bentonita se utiliza 1 m³ de agua.

Como ellos emplearon 21,800 kg. de Bentonita, determinaron que:

$$\begin{array}{l} 75 \text{ kg} \Rightarrow 1 \text{ m}^3 \\ 21,800 \text{ kg} \Rightarrow x \text{ m}^3 \end{array} \quad \therefore \quad \frac{21,800 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^3}{75 \text{ kg}} = 290.67 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

COMPAÑÍA CONTRATISTA DE PERFORACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	CTO. UNIT.	IMPORTE	
BENTONITA	KG	28,800	0,44	9 592,00	
CARBONATO DE SODIO	KG	725	3,40	2 465,00	
DIESEL	LTS	25,000	1,73	43 250,00	
LÍGNITO MODIFICADO	KG	680.40	4,94	3 361,18	
AGUA	M ³	290.67	25,38	7 376,04	
SUMA				66 044,22	
MANO DE OBRA	CANTIDAD	SALARIO	CTO.UNIT.	RENDIM.	IMPORTE
SUMA					0,00
HERRAMIENTA MAQ.Y EQUIPO	COSTO HORARIO	RENDIMIENTO	IMPORTE		
SUMA					0,00
COSTO DIRECTO			TOTAL	66 044,22	
Factores de Indirectos, Financiamiento y Utilidad			PORCENTAJE	IMPORTE	
Costo Indirecto %I • CD			23.96 %	15 823,50	
Costo de financiamiento % F • (CD+CI)			1.38 %	1 129.77	
Costo por utilidad % U • (CD + CI + F)			9.16 %	7 601.38	
PRECIO UNITARIO (CD + CI + CF + U)			\$	90 598.86	
PAGO POR LOTE DEL VOLUMEN DE LODO					

El personal de supervisión de los trabajos de perforación se encargo de analizar y revisar el precio unitario presentado por la contratista, realizandose los ajustes correspondientes.

MATERIAL	VOLUMEN ESPECIFÍCO	CANTIDAD UTILIZADA	VOLUMEN DESPLAZADO
Bentonita	0.3772 lts/kg	21,800 kg	8.22 m ³
Carbonato de Sodio	1.8195 lts/kg	725 kg	1.32 m ³
Lignito modificado	1.2005 lts/kg	680.4 kg	0.82 m ³
Diesel		25,000 Lts	25.00 m ³
VOLUMEN TOTAL			35.36 m ³

Del volumen de agua empleado para la preparación de lodo, según el registro de la contratista, obtenemos el volumen efectivo de agua utilizado:

$$290.67 \text{ m}^3 - 35.36 \text{ m}^3 = 255.31 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

Por lo que el análisis de precios unitarios resulta de la siguiente manera:

COMPAÑÍA CONTRATISTA DE PERFORACIÓN					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNIT.	IMPORTE	
BENTONITA	KG	28,800	0,44	9 592,00	
CARBONATO DE SODIO	KG	725	3,40	2 465,00	
DIESEL	LTS	25,000	1,73	43 250,00	
LÍGNITO MODIFICADO	KG	680.40	4,94	3 361,18	
AGUA	M ³	255.31	25,38	6 479,77	
SUMA				65 147,95	
MANO DE OBRA	CANTIDAD	SALARIO	CTO.UNIT.	RENDIM.	IMPORTE
SUMA				0,00	
HERRAMIENTA MAQ.Y EQUIPO	COSTO HORARIO		RENDIMIENTO	IMPORTE	
SUMA				0,00	
COSTO DIRECTO			TOTAL	65 147,95	
Factores de Indirectos, Financiamiento y Utilidad			PORCENTAJE	IMPORTE	
Costo Indirecto %I • CD			23.96 %	15 609,45	
Costo de financiamiento % F • (CD+CI)			1.38 %	1 114,46	
Costo por utilidad % U • (CD + CI + F)			9.16 %	7 499,46	
PRECIO UNITARIO (CD + CI + CF + U)			\$	89 371,32	
PAGO POR LOTE DEL VOLUMEN DE LODO					

6. - Una Compañía Contratista de Perforación se encargo de ejecutar un contrato de perforación de dos pozos exploratorios de tipo gradiente; la forma de pago de dichos trabajos se generó en base a un catálogo de conceptos que enmarcó la relación de volúmenes de obra, así como la relación de materiales suministrados por la contratista. Al final de cada mes la compañía en mención tuvo que presentar una estimación de los volúmenes y materiales de obra generados e instalados durante ese período. A continuación se presentan las estimaciones generadas durante los trabajos de perforación de dichos pozos, así como un resumen del costo por etapas y del tiempo de perforación, con la finalidad de dar una idea de como se controla, evalúa, y genera el pago de los trabajos de un contrato de perforación.

HOJA 1 DE 1

CONTRATO No 951021
 CONTRATISTA PETRODESA
 PROYECTO PERFORACION DE 2 POZOS
 TIPO GRADIENTE
 % ANT. ADICIONAL: _____

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 30 DE NOVIEMBRE DE 1995

CUENTA No	No.	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR		VOLUMEN ESTIMACION NOVIEMBRE	PRECIOS ORIGINALES	
					EJECUTADA POR EJECUTAR	EJECUTADA POR EJECUTAR		UNITARIO	IMPORTE
7.1	1	TRASLADO DEL EQPO DE PERF DE SU LUGAR DE ORIGEN ALA PRIMERA LOC	1.00	LOTE	1.00		1.00	132,474.05	132,474.05
7.2	2	TRASLADO DEL EQPO DE PERF DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE			1.00	46,738.02	0.00
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EQPO DE PERF DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE	1.00			120,070.67	0.00
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 44.5 mm (1 7/8")	49.00	METRO	20.00		20.00	1,884.97	37,509.49
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8")	38.00	METRO	19.00		19.00	153.24	2,911.56
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (12 1/2")	5.50	METRO ^ 3	2.65		2.65	1,655.39	4,386.78
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DSE 311.1 mm (12 1/2")	366.00	METRO	180.00		180.00	1,190.62	214,311.60
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	389.00	METRO	190.00		190.00	64.52	12,258.80
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.7 mm (9 5/8")	25.00	METRO ^ 3	10.34		10.34	8,373.91	85,582.23
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 215.9 mm (8 1/2")	1,200.00	METRO	204.00	364.00	204.00	971.98	198,253.92
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	1,590.00	METRO		795.00		24.68	0.00
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	40.00	METRO ^ 3		20.00		16,307.87	0.00
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 127.8 mm (5 7/8")	2,400.00	METRO		1,200.00		1,059.91	0.00
7.14 A	14	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CON 311.1 mm (12 1/2")	160.00	METRO ^ 3	91.40		91.40	125.14	11,437.80
7.14 B	15	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 (8 1/2")	200.00	METRO ^ 3	156.39		156.39	234.96	36,745.32
7.14 C	16	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 (5 7/8")	200.00	METRO ^ 3		100.00		174.25	0.00
7.15	17	EQUIPO OPERANDO	1,296.00	HORA	73.25	574.25	73.25	1,225.94	89,805.11
7.16	18	EQUIPO EN ESPERA	864.00	HORA	126.00	306.00	126.00	591.42	87,118.92
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLOGICO	50.00	METRO		25.00		18,880.29	0.00
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ^ 3	9.00		9.00	7,750.10	69,750.92
7.19.1	21	COPEL FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	17,446.44	17,446.44
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	8,787.69	8,787.69
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8")	4.00	JUEGO	2.00		2.00	535.00	1,070.00
7.19.4	24	COPEL FLOTADOR DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA		1.00	1.00	6,241.79	0.00
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA		1.00	1.00	1,931.48	0.00
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7")	40.00	JUEGO		20.00		367.82	0.00
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8") PARA 2000 PSI CON SALIDAS 2 1/16"	2.00	PIEZA	1.00		1.00	36,191.95	36,191.95
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.38 mm (2 1/16") DIAM. API 2 000	4.00	PIEZA		2.00		1,048.68	0.00
7.19.9	29	CARRETE ADAPTADOR DE 10" x 8" DIAM. ANSI 600	2.00	PIEZA		1.00		48,257.84	0.00
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7")	2.00	JUEGO		1.00		5,408.97	0.00
7.19.11	31	VALVULA DE COMPUERTA DE 263.2 mm (8")	2.00	PIEZA		1.00		42,452.34	0.00
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2")	4.00	PIEZA		2.00		6,700.65	0.00
7.19.13	33	BRIDA COMPANERA DE 50.8 mm (2") ANSI 600	4.00	PIEZA		2.00		1,511.71	0.00
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8") x 114.3 mm (4 1/2") CON TUERCAS	95.00	PIEZA	48.00		48.00	28.91	0.00
7.19.15	35	ESPARRAGOS DE 41.75 mm (1 1/2") x 222.25 mm (8 3/4") CON TUERCAS	32.00	PIEZA	16.00		16.00	43.42	0.00
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 28.57 mm (1 1/8") x 203.2 mm (8") CON TUERCAS	24.00	PIEZA	12.00		12.00	33.21	0.00
7.19.17	37	ANILLO METALICO R- 53 AISI 316	2.00	PIEZA		1.00		781.52	0.00
7.19.18	38	ANILLO METALICO R- 23 AISI 316	12.00	PIEZA	2.00	4.00	2.00	267.50	535.00
7.19.19	39	ANILLO METALICO R- 49 AISI 316	2.00	PIEZA		1.00		639.25	0.00
7.19.20	40	SUMINISTRO DE TR LISA 177.8 mm (7")	1,600.00	METRO	809.58		809.58	428.00	346,599.24
41									0.00
42									0.00
IMPORTE FINAL DE ESTA ESTIMACION								NS	1,394,297.69
IMPORTE FINAL ACUMULADO DE LA ESTIMACION ANTERIOR								NS	0.00
IMPORTE ACUMULADO FINAL CON ESTA ESTIMACION								NS	1,394,297.69
IMPORTE TOTAL INICIAL DEL CONTRATO								NS	9,825,451.34
DIFERENCIA DEL IMPORTE INICIAL - FINAL DEL CONTRATO								NS	8,431,153.65
PORCENTAJE DE AVANCE FINANCIERO DEL CONTRATO									14.19

ELABORO: JOSE A. BALDERAS V.

CONTRATO No. 051021
 CONTRATISTA: PETRODESA
 PROYECTO PERFORACION DE 2 POZOS
 TIPO GRADIENTE
 % ANT ADICIONAL

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS, INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 31 DICIEMBRE DE 1995

CUENTA No.	No.	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR				VOLUMEN ESTIMACION DICIEMBRE	PRECIOS ORIGINALES	
					POZO EAZ-1		POZO EAZ-2			UNITARIO	IMPORTE
					EJECUTADA	POR EJECUTAR	EJECUTADA	POR EJECUTAR			
7.1	1	TRASLADO DEL EOPO DE PERF. DE SU LUGAR DE ORIGEN ALA PRIMERA LOC.	1.00	LOTE	1.00					102,474.95	0.00
7.2	2	TRASLADO DEL EOPO DE PERF. DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE				1.00		46,738.02	0.00
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EOPO DE PERF. DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE		1.00				120,070.67	0.00
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CDN BARRENA DE 44.5 mm (1 7/8")	40.00	METRO	20.00			20.00		1,864.97	0.00
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8")	38.00	METRO	19.00			19.00		153.24	0.00
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 3397. mm (12 1/4")	5.50	METRO ^3	2.65			2.85		1,655.39	0.00
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DSE 311.1 mm (12 1/4")	360.00	METRO	180.00			180.00		1,190.62	0.00
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	390.00	METRO	190.00			190.00		64.52	0.00
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.7 mm (9 5/8")	25.00	METRO ^3	10.34			14.66		8,373.91	0.00
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 215.9 mm (8 1/2")	1,200.00	METRO	598.00			600.00	394.00	971.98	362,660.12
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	1,500.00	METRO	799.20			700.80	799.20	24.69	19,724.28
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	40.00	METRO ^3	16.00			20.00	16.00	16,307.87	260,925.92
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 127.07 mm (5 7/8")	2,400.00	METRO	433.00	757.00		1,200.00	433.00	1,059.91	456,941.53
7.14 A	14	SUMNISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CON 311.1 mm (12 1/4")	160.00	METRO ^3	91.40			60.00		125.14	0.00
7.14 B	15	SUMNISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 (8 1/2")	200.00	METRO ^3	216.89			100.00	60.50	234.06	14,215.08
7.14 C	16	SUMNISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 (5 7/8")	200.00	METRO ^3		100.00		100.00		174.25	0.00
7.15	17	EQUIPO OPERANDO	1,296.00	HORA	141.50	506.50		648.00	88.25	1,225.04	83,870.41
7.16	18	EQUIPO EN ESPERA	884.00	HORA	230.25	201.75		432.00	104.25	801.42	72,060.53
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLOGICO	50.00	METRO	3.00	22.00		25.00	3.00	16,880.29	50,640.87
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ^3	17.50			10.00	8.50	7,750.10	65,875.85
7.19.1	21	COUPLE FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00			1.00		17,446.44	0.00
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00			1.00		8,787.59	0.00
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8")	4.00	JUEGO	2.00			2.00		535.00	0.00
7.19.4	24	COUPLE FLOTADOR DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00			1.00	1.00	5,341.79	8,341.79
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00			1.00	1.00	1,931.49	1,931.49
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7")	40.00	JUEGO	20.00			20.00	20.00	397.82	7,956.40
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8") PARA 2000 PSI CON SALIDAS 2 1/16"	2.00	PIEZA	1.00			1.00		36,191.96	0.00
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.38 mm (2 1/16") DIAM. API 2 000	4.00	PIEZA	2.00			2.00	2.00	1,046.69	2,093.38
7.19.9	29	CARRETE ADACTADOR DE 10" x 6" DIAM. ANSI 600	2.00	PIEZA	1.00	1.00		1.00		48,267.84	0.00
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7")	2.00	JUEGO	1.00			1.00	1.00	5,408.97	5,408.97
7.19.11	31	VALVULA DE CDMPUERTA DE 203.2 mm (8")	2.00	PIEZA		1.00		1.00		42,452.34	0.00
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2")	4.00	PIEZA		2.00		2.00		6,700.65	0.00
7.19.13	33	BRIDA COMPANERA DE 50.8 mm (2") ANSI 600	4.00	PIEZA		2.00		2.00		1,511.71	0.00
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8") x 114.3 mm (4 1/2") CON TUERCAS	96.00	PIEZA	16.00	32.00		48.00		28.81	0.00
7.19.15	35	ESPARRAGOS DAE 31.75 mm (1 1/4") x 222.25 mm (8 3/4") CON TUERCAS	32.00	PIEZA		16.00		16.00		43.42	0.00
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 26.57 mm (1 1/8") x 203.2 mm (8") CON TUERCAS	24.00	PIEZA		12.00		12.00		33.21	0.00
7.19.17	37	ANILLO METALICO R-53 AISI 316	2.00	PIEZA		1.00		1.00		781.92	0.00
7.19.18	38	ANILLO METALICO R-23 AISI 316	12.00	PIEZA	2.00	4.00		2.00		267.50	0.00
7.19.19	39	ANILLO METALICO R-49 AISI 316	2.00	PIEZA		1.00		1.00		639.25	0.00
7.19.20	40	SUMNISTRO DE TR USA 177.8 mm (7")	1,500.00	METRO	809.58			690.00		428.00	0.00
	41										0.00
	42										0.00
IMPORTE FINAL DE ESTA ESTIMACION										NS	1,432,766.07
IMPORTE FINAL ACUMULADO DE LA ESTIMACION ANTERIOR										NS	1,394,297.69
IMPORTE ACUMULADO FINAL CON ESTA ESTIMACION										NS	2,827,063.76
IMPORTE TOTAL INICIAL DEL CONTRATO										NS	9,825,451.34
DIFERENCIA DEL IMPORTE INICIAL - FINAL DEL CONTRATO										NS	6,998,387.58
PORCENTAJE DEL AVANCE FINANCIERO DEL CONTRATO											28.77

ELABORO: JOSE A. BALDERAS V.

CONTRATO No 951021
 CONTRATISTA PETRODESA
 PROYECTO PERFORACION DE 2 POZOS
 TIPO GRADIENTE
 % ANT. ADICIONAL

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS, INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 31 DE ENERO DE 1996

CUENTA No	No.	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR				VOLUMEN ESTIMACION ENERO	PRECIOS ORIGINALES	
					POZO EAZ-1		POZO EAZ-2			UNITARIO	IMPORTE
					EJECUTADA	POR EJECUTAR	EJECUTADA	POR EJECUTAR			
7.1	1	TRASLADO DEL EQPO DE PERF DE SU LUGAR DE ORIGEN A LA PRIMERA LDC	1.00	LOTE	1.00					132,474.95	0.00
7.2	2	TRASLADO DEL EQPO DE PERF DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE		1.00				46,738.02	0.00
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EQPO DE PERF DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE			1.00			120,070.67	0.00
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 44.5 mm (1 7/8)	40.00	METRO	20.00		20.00			1,894.97	0.02
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8)	36.00	METRO	19.00		19.00			153.24	0.00
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8)	5.50	METRO ³	2.65		2.85			1,555.39	0.00
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DSE 311.1 mm (12 1/4)	360.00	METRO	180.00		180.00			1,190.62	0.00
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8)	380.00	METRO	190.00		190.00			84.52	0.00
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8)	25.00	METRO ³	10.34		14.66			8,373.91	0.00
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 215.9 mm (8 1/2)	1,200.00	METRO	598.00		600.00			971.98	0.00
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7)	1,590.00	METRO	799.20		790.80			24.66	0.00
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7)	40.00	METRO ³	16.00		20.00			15,307.87	0.00
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 127.87 mm (5 7/8)	2,400.00	METRO	1,191.00		1,200.00	758.00		1,059.91	803,411.78
7.14.A	14	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CON 311.1 mm (12 1/4)	180.00	METRO ³	91.40		89.00			125.14	0.00
7.14.B	15	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 (8 1/2)	200.00	METRO ³	218.89		100.00			234.95	0.00
7.14.C	16	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 (8 1/2)	200.00	METRO ³	1,818.22		100.00	1818.22		174.25	316,476.04
7.15	17	EQUIPO OPERANDO	1,298.00	HORA	253.50		648.00	112.00		1,225.94	137,305.28
7.16	18	EQUIPO EN ESPERA	864.00	HORA	372.25		432.00	142.00		691.42	59,181.64
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLÓGICO	50.00	METRO	3.00		25.00			16,880.29	0.00
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ³	25.51		10.00	8.01		7,750.10	62,078.30
7.19.1	21	COPEL FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8)	2.00	PIEZA	1.00		1.00			17,446.44	0.00
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8)	2.00	PIEZA	1.00		1.00			8,787.69	0.00
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8)	4.00	JUEGO	2.00		2.00			535.00	0.00
7.19.4	24	COPEL FLOTADOR DE 177.8 mm (7)	2.00	PIEZA	1.00		1.00			5,341.79	0.00
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7)	2.00	PIEZA	1.00		1.00			1,931.48	0.00
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7)	40.00	JUEGO	20.00		20.00			397.82	0.00
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8) PARA 2000 PSI CON SALIDAS 2 1/16"	2.00	PIEZA	1.00		1.00			39,191.05	0.00
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.38 mm (2 1/16) DIAM. API 2000	4.00	PIEZA	2.00		2.00			1,048.58	0.00
7.19.9	29	CARRETE ADAPTADOR DE 10" x 8" DIAM. ANSI 600	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		48,267.84	48,267.84
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7)	2.00	JUEGO	1.00		1.00			5,408.97	0.00
7.19.11	31	VALVULA DE COMPUERTA DE 203.2 mm (8)	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		42,452.34	42,452.34
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2)	4.00	PIEZA	2.00		2.00	2.00		6,700.55	13,401.10
7.19.13	33	BRIDA COMPANERA DE 50.8 mm (2) ANSI 600	4.00	PIEZA	2.00		2.00	2.00		1,511.71	3,023.42
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8) x 114.3 mm (4 1/2) CON TUERCAS	95.00	PIEZA	48.00		48.00	48.00		28.91	1,382.85
7.19.15	35	ESPARRAGOS DAE 31.75 mm (1 1/4) x 222.25 mm (8 3/4) CON TUERCAS	32.00	PIEZA	16.00		16.00	16.00		43.42	694.72
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 28.57 mm (1 1/8) x 203.2 mm (8) CON TUERCAS	24.00	PIEZA	12.00		12.00	12.00		33.21	398.52
7.19.17	37	ANILLO METALICO R-53 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		781.92	781.92
7.19.18	38	ANILLO METALICO R-23 AISI 316	12.00	PIEZA	2.00		5.00	4.00		287.50	1,070.00
7.19.19	39	ANILLO METALICO R-49 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		439.25	439.25
7.19.20	40	SUMINISTRO DE TR LISA 177.8 mm (7)	1,600.00	METRO	809.58		800.00			428.00	0.00
	41										0.00
	42										0.00
IMPORTE FINAL DE ESTA ESTIMACION										NS	1,529,565.53
IMPORTE FINAL ACUMULADO DE LA ESTIMACION ANTERIOR										NS	2,827,063.76
IMPORTE ACUMULADO FINAL CON ESTA ESTIMACION										NS	4,356,629.29
IMPORTE TOTAL INICIAL DEL CONTRATO										NS	9,825,451.34
DIFERENCIA DEL IMPORTE INICIAL - FINAL DEL CONTRATO										NS	5,468,822.05
PORCENTAJE DEL AVANCE FINANCIERO DEL CONTRATO											44.34

ELABORO: JOSE A. BALDERAS V.

CONTRATO No 951021
 CONTRATISTA PETRODESA
 PROYECTO PERFORACION DE 2 POZOS
 TIPO GRADIENTE
 % ANT. ADICIONAL

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS, INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 29 FEBRERO DE 1996

CUENTA No	No.	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR		VOLUMEN ESTIMACION FEBRERO	PRECIOS ORIGINALES	
					POZO EAZ-1	POZO EAZ-2		UNITARIO	IMPORTE
					EJECUTADA POR EJECUTAR	EJECUTADA POR EJECUTAR			
7.1	1	TRASLADO DEL EQPO. DE PERF. DE SU LUGAR DE ORIGEN A LA PRIMERA LOC	1.00	LOTE	1.00			152,474.95	0.00
7.2	2	TRASLADO DEL EQPO. DE PERF. DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE		1.00		46,736.02	0.00
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EQPO. DE PERF. DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE		1.00		120,076.67	0.00
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 44.5 mm (1 7/8")	40.00	METRO	20.00	20.00		1,884.97	0.00
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 259.7 mm (10 3/8")	38.00	METRO	19.00	19.00		153.24	0.00
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 3397. mm (12 1/4")	5.50	METRO ³	2.65	2.85		1,555.39	0.00
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DSE 311.1 mm (12 1/4")	360.00	METRO	180.00	180.00		1,190.62	0.00
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	380.00	METRO	190.00	189.4		64.52	0.00
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.7 mm (9 5/8")	25.00	METRO ³	10.34	10.59		8,373.91	0.00
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 215.9 mm (8 1/2")	1,200.00	METRO	508.00		500.00	971.98	0.00
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	1,500.00	METRO	799.20		725.00	24.68	0.00
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	40.00	METRO ³	10.00		20.00	15,307.67	0.00
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 127.87 mm (5 7/8")	2,400.00	METRO	1,191.00		1,200.00	1,059.91	0.00
7.14 A	14	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CON 311.1 mm (12 1/4")	180.00	METRO ³	91.40		80.00	125.14	0.00
7.14 B	15	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 (8 1/2")	200.00	METRO ³	216.89		100.00	234.90	0.00
7.14 C	16	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 (5 7/8")	200.00	METRO ³	1,062.22		100.00	174.25	8,015.50
7.15	17	EQUIPO OPERANDO	1,298.00	HORA	259.50		548.00	1,225.94	18,380.10
7.16	18	EQUIPO EN ESPERA	864.00	HORA	374.00		432.00	591.42	1,209.99
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLÓGICO	50.00	METRO	3.00		23.00	15,880.29	0.00
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ³	25.51		10.00	7,750.10	0.00
7.19.1	21	COPEL FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		17,448.44	0.00
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		5,787.69	0.00
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8")	4.00	JUEGO	2.00	2.00		535.00	0.00
7.19.4	24	COPEL FLOTADOR DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	6,341.79	0.00
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1,291.40	0.00
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7")	40.00	JUEGO	20.00		20.00	397.82	0.00
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8") PARA 2000 PSI; CON SALIDAS 2 1/2"	2.00	PIEZA	1.00	1.00		38,191.95	0.00
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.59 mm (2 1/8") DIAM. API 2 000	4.00	PIEZA	2.00	2.00		1,048.58	0.00
7.19.9	29	CARRETE ADAPTADOR DE 1 1/2" x 6" DIAM. ANSI 600	2.00	PIEZA	1.00		1.00	48,267.84	0.00
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7")	2.00	JUEGO	1.00	1.00		5,408.97	0.00
7.19.11	31	VALVULA DE COMPUERTA DE 203.2 mm (8")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		42,452.34	0.00
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2")	4.00	PIEZA	2.00	2.00		5,700.65	0.00
7.19.13	33	BRIDA COMPAÑERA DE 50.8 mm (2") ANSI 600	4.00	PIEZA	2.00	2.00		1,511.71	0.00
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8") x 114.3 mm (4 1/2") CON TUERCAS	95.00	PIEZA	48.00	16.00	32.00	28.01	0.00
7.19.15	35	ESPARRAGOS DAE 31.75 mm (1 1/4") x 222.25 mm (8 3/4") CON TUERCAS	32.00	PIEZA	16.00	16.00		43.42	0.00
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 28.37 mm (1 1/8") x 203.2 mm (8") CON TUERCAS	24.00	PIEZA	12.00	12.00		33.21	0.00
7.19.17	37	ANILLO METALICO R-53 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	781.92	0.00
7.19.18	38	ANILLO METALICO R-23 AISI 316	12.00	PIEZA	2.00	2.00	4.00	267.30	0.00
7.19.19	39	ANILLO METALICO R-49 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	659.25	0.00
7.19.20	40	SUMINISTRO DE TR USA 177.8 mm (7")	1,600.00	METRO	809.58		800.00	428.00	0.00
	41								0.00
	42								0.00
IMPORTE FINAL DE ESTA ESTIMACION								NS	27,514.59
IMPORTE FINAL ACUMULADO DE LA ESTIMACION ANTERIOR								NS	4,356,629.29
IMPORTE ACUMULADO FINAL CON ESTA ESTIMACION								NS	4,384,243.88
IMPORTE TOTAL INICIAL DEL CONTRATO								NS	9,829,451.34
DIFERENCIA DEL IMPORTE INICIAL - FINAL DEL CONTRATO								NS	5,441,207.47
PORCENTAJE DE AVANCE FINANCIERO DEL CONTRATO									44.62

ELABORO: JOSE A. BALDERAS V.

164

CONTRATO No 951021
 CONTRATISTA PETRODESA
 PROYECTO PERFORACION DE 2 POZOS
 TIPO GRADIENTE
 % ANT. ADICIONAL

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS, INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 29 FEBRERO DE 1996

CUESTA No	No	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR		VOLUMEN ESTIMACION FEBRERO	PRECIOS ORIGINALES			
					POZO EAZ-1	POZO EAZ-2		UNITARIO	IMPORTE		
					EJECUTADA	POR EJECUTAR					
7.1	1	TRASLADO DEL EOPO. DE PERF. DE SU LUGAR DE ORIGEN ALA PRIMERA LOC	1.00	LOTE	1.00				132,474.05	0.00	
7.2	2	TRASLADO DEL EOPO. DE PERF. DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE		1.00			48,738.02	0.00	
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EOPO DE PERF. DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE		1.00		1.00	120,076.67	120,076.67	
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 44.5 mm (1 1/4")	40.00	METRO	20.00				1,884.97	37,599.40	
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8")	38.00	METRO	19.00		19.00	20.00	153.24	2,911.58	
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8")	5.50	METRO ³	2.65		2.50	2.50	1,555.39	4,138.48	
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DSE 311.1 mm (12 1/4")	360.00	METRO	180.00		180.00	180.00	1,190.62	214,311.50	
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	390.00	METRO	190.00		189.40	189.40	64.52	12,220.09	
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.7 mm (9 5/8")	25.00	METRO ³	10.34		10.69	10.69	8,373.91	89,517.10	
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 215.9 mm (8 1/2")	1200.00	METRO	598.00		407.00	193.00	971.96	157,592.14	
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	1,590.00	METRO	799.20		795.00		24.08	0.00	
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	40.00	METRO ³	18.00		20.00		16,307.87	0.00	
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 127.87 mm (5 7/8")	2,400.00	METRO	1,191.00		1,200.00		1,059.91	0.00	
7.14.A	14	SUMNISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CON 311.1 mm (12 1/4")	160.00	METRO ³	81.40		80.00		125.14	0.00	
7.14.B	15	SUMNISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 (8 1/2")	200.00	METRO ³	218.89		100.00		234.06	0.00	
7.14.C	16	SUMNISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 (8 1/2")	200.00	METRO ³	1,082.22		100.00		174.25	0.00	
7.15	17	EQUIPO OPERANDO	1,296.00	HR	268.50		17.25	630.73	1,225.94	21,147.47	
7.15	18	EQUIPO EN ESPERA	854.00	HR	374.00		84.50	347.50	84.50	58,424.99	
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLOGICO	50.00	METRO	3.00		25.00		16,880.29	0.00	
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ³	25.51		10.00		7,750.10	0.00	
7.19.1	21	COPEL FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	17,448.44	17,448.44	
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	6,787.69	6,787.69	
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8")	4.00	JUEGO	2.00		2.00	2.00	535.00	1,070.00	
7.19.4	24	COPEL FLOTADOR DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	6,341.79	0.00	
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	1,931.46	0.00	
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7")	40.00	JUEGO	20.00		20.00	20.00	367.82	0.00	
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8") PARA 2000 PSI CON SALIDAS 2 1/16"	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	36,191.95	36,191.95	
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.38 mm (2 1/16") OIAM, API 2 000	4.00	PIEZA	2.00		2.00	2.00	1,048.68	2,097.36	
7.19.9	29	CARRETE ADAPTADOR DE 10" x 8" DIAM. ANSI 800	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	46,267.84	0.00	
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7")	2.00	JUEGO	1.00		1.00	1.00	5,408.97	0.00	
7.19.11	31	VALVULA DE COMPUERTA DE 203.2 mm (8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	42,452.34	0.00	
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2")	4.00	PIEZA	2.00		2.00	2.00	6,700.65	0.00	
7.19.13	33	BRIDA COMPANERA DE 50.8 mm (2") ANSI 800	4.00	PIEZA	2.00		2.00	2.00	1,511.71	0.00	
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8") x 114.3 mm (4 1/2") CON TUERCAS	98.00	PIEZA	48.00		16.00	32.00	16.00	28.81	460.69
7.19.15	35	ESPARRAGOS DE 31.75 mm (1 1/4") x 222.25 mm (8 3/4") CON TUERCAS	32.00	PIEZA	16.00		15.00		43.42	0.00	
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 28.57 mm (1 1/8") x 203.2 mm (8") CON TUERCAS	24.00	PIEZA	12.00		12.00		33.21	0.00	
7.19.17	37	ANILLO METALICO R-53 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	781.02	0.00	
7.19.18	38	ANILLO METALICO R-23 AISI 316	12.00	PIEZA	2.00		4.00	2.00	267.50	535.00	
7.19.19	39	ANILLO METALICO R-49 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00	539.25	0.00	
7.19.20	40	SUMNISTRO DE TR USA 177.8 mm (7")	1,600.00	METRO	809.58		800.00	800.00	428.00	0.00	
	41									0.00	
	42									0.00	

IMPORTE FINAL DE ESTA ESTIMACION	NS	814,616.90
IMPORTE FINAL ACUMULADO DE LA ESTIMACION ANTERIOR	NS	4,384,243.88
IMPORTE ACUMULADO FINAL CON ESTA ESTIMACION	NS	5,198,862.78
IMPORTE TOTAL INICIAL DEL CONTRATO	NS	9,825,451.34
DIFERENCIA DEL IMPORTE INICIAL - FINAL DEL CONTRATO	NS	4,625,588.56
PORCENTAJE DE AVANCE FINANCIERO DEL CONTRATO		52.91

ELABORO: JOSE A. BALDERAS V.

CONTRATO No 951021
 CONTRATISTA PETRODESA
 PROYECTO PERFORACION DE 2 POZOS
 TIPO GRADIENTE
 % ANT ADICIONAL

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS, INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 31 MARZO DE 1996

CUENTA No	No.	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR				VOLUMEN ESTIMACION MARZO	PRECIOS ORIGINALES	
					POZO EAZ-1		POZO EAZ-2			UNITARIO	IMPORTE
					EJECUTADA	POR EJECUTAR	EJECUTADA	POR EJECUTAR			
7.1	1	TRASLADO DEL EQPO. DE PERF. DE SU LUGAR DE ORIGEN A LA PRIMERA LOC.	1.00	LOTE	1.00				132,474.95	0.00	
7.2	2	TRASLADO DEL EQPO. DE PERF. DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE		1.00			45,738.02	0.00	
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EQPO DE PERF. DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE			1.00		120,070.67	0.00	
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 44.3 mm (1 7/8")	40.00	METRO	20.00		20.00		1,854.97	0.00	
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8")	38.00	METRO	19.00		19.00		153.24	0.00	
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (12 1/4")	5.50	METRO ^3	2.65		2.85		1,855.39	0.00	
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DSE 311.1 mm (12 1/4")	360.00	METRO	180.00		180.00		1,120.62	0.00	
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	380.00	METRO	190.00		190.00		64.52	0.00	
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.7 mm (9 5/8")	25.00	METRO ^3	10.34		10.69		8,373.91	0.00	
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CDN BARRENA DE 215.9 mm (8 1/2")	1208.00	METRO	598.00		602.00	409.00	971.26	397,539.82	
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	1,590.00	METRO	799.20		802.85	802.85	24.89	19,809.40	
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	40.00	METRO ^3	18.00		24.64	24.64	15,307.87	401,825.92	
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 127.87 mm (5 7/8")	2,400.00	METRO	1,191.00		589.00	511.00	589.00	1,059.91	624,286.99
7.14.A	14	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CDN 311.1 mm (12 1/4")	160.00	METRO ^3	91.40		0.00			125.16	0.00
7.14.B	15	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 (8 1/2")	200.00	METRO ^3	216.89		0.00			234.66	0.00
7.14.C	16	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 (5 7/8")	200.00	METRO ^3	1,862.22			100.00		174.25	0.00
7.15	17	EQUIPO OPERANDC	1,296.00	HORA	286.50		44.00	604.00	26.75	1,225.94	32,793.20
7.16	18	EQUIPO EN ESPERA	864.00	HORA	374.00		54.25	250.75	56.75	691.42	39,228.09
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLOGICO	50.00	METRO	3.00		9.93	16.07	8.23	18,860.29	150,740.99
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ^3	25.51		0.00			7,750.10	0.00
7.19.1	21	COUPLE FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00			17,448.44	0.00
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00			8,787.69	0.00
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8")	4.00	JUEGO	2.00		2.00			535.00	0.00
7.19.4	24	COUPLE FLOTADOR DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00		1.00	6,341.76	6,341.79
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00		1.00	1,931.48	1,931.49
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7")	40.00	JUEGO	20.00		20.00		20.00	397.82	7,955.40
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8") PARA 2000 PSI CON SALIDAS 2 1/16"	2.00	PIEZA	1.00		1.00			36,121.98	0.00
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.38 mm (2 1/16") DIAM. API 2 000	4.00	PIEZA	2.00		2.00			1,046.88	0.00
7.19.9	29	GARRETE ADAPTADOR DE 10" x 8" DIAM. ANSI 600	2.00	PIEZA	1.00			1.00		46,287.84	0.00
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7")	2.00	JUEGO	1.00		1.00		1.00	5,458.97	5,405.97
7.19.11	31	VALVULA DE COMPUERTA DE 203.2 mm (8")	2.00	PIEZA	1.00			1.00		42,452.34	0.00
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2")	4.00	PIEZA	2.00			2.00		6,700.85	0.00
7.19.13	33	BRIDA COMPANERA DE 50.8 mm (2") ANSI 600	4.00	PIEZA	2.00			2.00		1,511.71	0.00
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8") x 114.3 mm (4 1/2") CON TUERCAS	96.00	PIEZA	48.00		15.00	32.00		28.81	0.00
7.19.15	35	ESPARRAGOS DAE 31.75 mm (1 1/2") x 222.25 mm (8 3/4") CDN TUERCAS	32.00	PIEZA	16.00			16.00		43.42	0.00
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 29.57 mm (1 1/8") x 203.2 mm (8") CON TUERCAS	24.00	PIEZA	12.00			12.00		33.21	0.00
7.19.17	37	ANILLO METALICO R-53 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00			1.00		781.92	0.00
7.19.18	38	ANILLO METALICO R-23 AISI 316	12.00	PIEZA	2.00		2.00	4.00		257.50	0.00
7.19.19	39	ANILLO METALICO R-49 AISI 316	2.90	PIEZA	1.00			1.00		539.25	0.00
7.19.20	40	SUMINISTRO DE TR LISA 177.8 mm (7")	1,600.00	METRO	809.58		813.49		613.49	428.00	348,128.72
	41										0.00
	42										0.00
IMPORTE FINAL DE ESTA ESTIMACION										NS	2,036,047.46
IMPORTE FINAL ACUMULADO DE LA ESTIMACION ANTERIOR										NS	5,198,862.78
IMPORTE ACUMULADO FINAL CON ESTA ESTIMACION										NS	7,234,910.24
IMPORTE TOTAL INICIAL DEL CONTRATO										NS	9,825,451.34
DIFERENCIA DEL IMPORTE INICIAL - FINAL DEL CONTRATO										NS	2,590,541.10
PORCENTAJE DE AVANCE FINANCIERO DEL CONTRATO											73.63

ELABORO: JOSE A. BALDERAS V.

CONTRATO No. _____
 CONTRATISTA _____
 PROYECTO _____
 % ANT ADICIONAL _____

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS, INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 30 ABRIL DE 1996

167

CUBIERTA No	No.	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR				VOLUMEN ESTIMACION ABRIL	PRECIOS ORIGINALES	
					POZO EA2-1		POZO EA2-2			UNITARIO	IMPORTE
					EJECUTADA	POR EJECUTAR	EJECUTADA	POR EJECUTAR			
7.1	1	TRASLADO DEL EOPO. DE PERF. DE SU LUGAR DE ORIGEN A LA PRIMERA LOC.	1.00	LOTE	1.00					132,474.95	0.00
7.2	2	TRASLADO DEL EOPO. DE PERF. DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE		1.00				46,738.02	0.00
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EOPO DE PERF. DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE			1.00			120,070.67	0.00
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 44.3 mm (1 7/8")	40.00	METRO	20.00		20.00			1,084.57	0.00
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8")	38.00	METRO	19.00		19.00			153.24	0.00
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8")	5.59	METRO ^ 3	2.65		2.59			1,655.39	0.00
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DSE 511.1 mm (20 1/2")	380.00	METRO	180.00		180.00			1,190.52	0.00
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	380.00	METRO	190.00		189.40			84.52	0.00
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	25.00	METRO ^ 3	10.34		10.69			6,373.91	0.00
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 215.9 mm (8 1/2")	1200.00	METRO	558.00					971.98	0.00
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	1,590.00	METRO	799.20		852.65			24.68	0.00
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	40.00	METRO ^ 3	16.00		24.64			18,307.87	0.00
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRENA DE 127.87 mm (5 7/8")	2,400.00	METRO	1,191.00		1377.00	788.00		1,059.91	835,209.08
7.14 A	14	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CON 311.1 mm (12 1/4")	160.00	METRO ^ 3	91.40		0.00			125.14	0.00
7.14 B	15	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 mm (8 1/2")	200.00	METRO ^ 3	216.89		0.00			234.96	0.00
7.14 C	16	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 mm (8 1/2")	200.00	METRO ^ 3	1,882.22		175.14		175.14	174.25	30,518.15
7.15	17	EQUIPO OPERANDO	1,298.00	HORA	268.50		183.75	447.00	143.75	1,225.94	175,228.88
7.16	18	EQUIPO EN ESPERA	864.00	HORA	374.00		194.25	237.75	53.00	691.42	36,845.26
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLGICO	30.00	METRO	3.00		26.93		12.00	16,880.29	202,563.49
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ^ 3	25.51		0.00			7,750.10	0.00
7.19.1	21	COPEL FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00			17,446.44	0.00
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00			5,787.59	0.00
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8")	4.00	JUEGO	2.00		2.00			535.00	0.00
7.19.4	24	COPEL FLOTADOR DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00			5,341.79	0.00
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00		1.00			1,931.48	0.00
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7")	40.00	JUEGO	20.00		20.00			397.82	0.00
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8") PARA 2900 PSI CON SALIDAS 2 1/16"	2.00	PIEZA	1.00		1.00			35,191.98	0.00
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.38 mm (2 1/16") DIAM. API 2 000	4.00	PIEZA	2.00		2.00			1,046.08	0.00
7.19.9	29	CARRETE ADAPTADOR DE 10" x 8" DIAM. ANSI 600	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		48,267.84	48,267.84
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7")	2.00	JUEGO	1.00		1.00			5,408.97	0.00
7.19.11	31	VALVULA DE COMPUERTA DE 203.2 mm (8")	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		42,452.34	42,452.34
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2")	4.00	PIEZA	2.00		2.00	2.00		8,700.55	13,401.30
7.19.13	33	BRIDA COMPAÑERA DE 50.8 mm (2") ANSI 600	4.00	PIEZA	2.00		2.00	2.00		1,511.71	3,023.42
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8") x 114.3 mm (4 1/2") CON TUERCAS	98.00	PIEZA	48.00		32.00	32.00		28.61	921.92
7.19.15	35	ESPARRAGOS DE 31.75 mm (1 1/2") x 222.25 mm (8 3/4") CON TUERCAS	32.00	PIEZA	16.00		16.00	16.00		43.42	694.72
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 28.57 mm (1 1/8") x 203.2 mm (8") CON TUERCAS	24.00	PIEZA	12.00		12.00	12.00		33.21	398.52
7.19.17	37	ANILLO METALICO R-53 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		781.92	781.92
7.19.18	38	ANILLO METALICO R-23 AISI 316	12.00	PIEZA	2.00		2.00	4.00		267.60	1,070.00
7.19.19	39	ANILLO METALICO R-49 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00		1.00	1.00		639.25	639.25
7.19.20	40	SUMINISTRO DE TR USA 177.8 mm (7")	1,602.00	METRO	609.58		806.13			428.00	0.00
	41										0.00
	42										0.00

IMPORTE FINAL CONTRATO 1,392,616.07

IMPORTE INICIAL TOTAL DEL CONTRATO NS 9,825,451.34
 DIFERENCIA IMPORTE FINAL - INICIAL (8,432,635.27)
 PORCENTAJE INCREMENTO CONTRATO (85.92)

CONTRATO No. 951021
 CONTRATISTA: PETRODESA
 PROYECTO: CONSTRUCCION DE 2 POZOS
 TIPO GRADIENTE
 % ANT. ADICIONAL:

RELACION DE VOLUMENES DE OBRA CONTRATADOS, INSTALADOS E INCREMENTADOS

FECHA: 31 MAYO DE 1996

CUENTA No	No.	CONCEPTO	CANTIDAD CONTRATADA	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA A EJECUTAR		VOLUMEN ESTIMACION MAYO	PRECIOS ORIGINALES	
					POZO EAZ-1	POZO EAZ-2		UNITARIO	IMPORTE
					EJECUTADA	POR EJECUTAR			
7.1	1	TRASLADO DEL EQPO. DE PERF. DE SU LUGAR DE ORIGEN A LA PRIMERA LOC.	1.00	LOTE	1.00			132,474.95	0.00
7.2	2	TRASLADO DEL EQPO. DE PERF. DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN	1.00	LOTE		1.00	1.00	48,738.02	48,738.02
7.3	3	TRANSPORTACION DEL EQPO DE PERF. DE UNA LOCALIZACION A OTRA	1.00	LOTE		1.00		120,070.67	0.00
7.4	4	PERFORACION VERTICAL CON BARRERA DE 44.5 mm (1 7/8")	40.00	METRO	20.00	20.00		1,884.87	0.00
7.5	5	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 330.7 mm (13 3/8")	38.00	METRO	19.00	19.00		153.24	0.00
7.6	6	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 330.7 mm (13 3/8")	3.50	METRO ³	2.63	2.50		1,655.30	0.00
7.7	7	PERFORACION VERTICAL CON BARRERA DSE 311.1 mm (12 1/4")	360.00	METRO	180.00	180.00		1,190.82	0.00
7.8	8	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.47 mm (9 5/8")	380.00	METRO	190.00	190.40		54.52	0.00
7.9	9	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 244.7 mm (9 5/8")	25.00	METRO ³	10.34	10.69		8,373.91	0.00
7.10	10	PERFORACION VERTICAL CON BARRERA DE 215.9 mm (8 1/2")	1200.00	METRO	598.00	602.00		971.98	0.00
7.11	11	INSTALACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	1,590.00	METRO	799.20	802.85		24.86	0.00
7.12	12	CEMENTACION DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 177.8 mm (7")	40.00	METRO ³	16.00	24.64		16,307.87	0.00
7.13	13	PERFORACION VERTICAL CON BARRERA DE 127.87 mm (5 7/8")	2,400.00	METRO	1,191.00	1377.00		1,059.91	0.00
7.14 A	14	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION CON 311.1 mm (12 1/4")	180.00	METRO ³	91.40	0.00		125.14	0.00
7.14 B	15	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION DE 215.9 (8 1/2")	200.00	METRO ³	216.89	0.00		234.98	0.00
7.14 C	16	SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION 215.9 (5 7/8")	200.00	METRO ³	1,862.22	97.54		174.25	0.00
7.15	17	EQUIPO OPERANDO	1,296.00	HORA	268.50	470.00	289.00	1,225.94	354,296.96
7.16	18	EQUIPO EN ESPERA	864.00	HORA	374.00	228.50	31.50	691.42	21,779.73
7.17	19	CORTE DE NUCLEO LITOLÓGICO	50.00	METRO	3.00	20.93		16,660.20	0.00
7.18	20	COLOCACION DE TAPON DE CEMENTO	20.00	METRO ³	25.51	0.00		7,750.10	0.00
7.19.1	21	COPEL FLOTADOR DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		17,440.44	0.00
7.19.2	22	ZAPATA GUIA DE 244.47 mm (9 5/8")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		8,787.56	0.00
7.19.3	23	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 244.47 mm (9 5/8")	4.00	JUEGO	2.00	2.00		535.00	0.00
7.19.4	24	COPEL FLOTADOR DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		6,341.70	0.00
7.19.5	25	ZAPATA GUIA DE 177.8 mm (7")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		1,931.48	0.00
7.19.6	26	CENTRADORES Y ANILLOS PARA T.R. DE 177.8 mm (7")	40.00	JUEGO	20.00	20.00		357.82	0.00
7.19.7	27	CABEZAL PARA T.R. DE 247.47 mm (9 5/8") PARA 2000 PSI CON SALDAS 2 1/8"	2.00	PIEZA	1.00	1.00		36,121.05	0.00
7.19.8	28	BRIDA CIEGA DE 52.38 mm (2 1/8") DIAM. API 2 000	4.00	PIEZA	2.00	2.00		1,046.88	0.00
7.19.9	29	CARRETE ADAPTADOR DE 10" x 8" DIAM. ANSI 600	2.00	PIEZA	1.00	1.00		48,287.84	0.00
7.19.10	30	JUEGO DE MEDIAS LUNAS ENTRE CABEZAL Y TR DE 177.8 mm (7")	2.00	JUEGO	1.00	1.00		5,406.97	0.00
7.19.11	31	VALVULA DE COMPUERTA DE 203.2 mm (8")	2.00	PIEZA	1.00	1.00		42,452.34	0.00
7.19.12	32	VALVULA DE COMPUERTA DE 50.8 mm (2")	4.00	PIEZA	2.00	2.00		6,700.65	0.00
7.19.13	33	BRIDA COMPAÑERA DE 50.8 mm (2") ANSI 600	4.00	PIEZA	2.00	2.00		1,511.71	0.00
7.19.14	34	ESPARRAGOS DE 15.87 mm (5/8") x 114.3 mm (4 1/2") CON TUERCAS	96.00	PIEZA	48.00	48.00		26.91	0.00
7.19.15	35	ESPARRAGOS DAE 31.75 mm (1 1/4") x 222.25 mm (8 3/4") CON TUERCAS	32.00	PIEZA	16.00	16.00		43.42	0.00
7.19.16	36	ESPARRAGOS DE 28.57 mm (1 1/8") x 203.2 mm (8") CON TUERCAS	24.00	PIEZA	12.00	12.00		33.21	0.00
7.19.17	37	ANILLO METALICO R-53 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00	1.00		781.92	0.00
7.19.18	38	ANILLO METALICO R-23 AISI 316	12.00	PIEZA	6.00	6.00		287.50	0.00
7.19.19	39	ANILLO METALICO R-49 AISI 316	2.00	PIEZA	1.00	1.00		639.25	0.00
7.19.20	40	SUMINISTRO DE TR USA 177.8 mm (7")	1,600.00	METRO	809.58	806.13		429.00	0.00
41									0.00
42									0.00

IMPORTE FINAL DE ESTA ESTIMACION NS 422,814.41

IMPORTE FINAL ACUMULADO DE LA ESTIMACION ANTERIOR NS 8,611,925.45
 IMPORTE ACUMULADO FINAL CON ESTA ESTIMACION NS 9,034,739.85
 IMPORTE TOTAL INICIAL DEL CONTRATO NS 9,825,451.34
 DIFERENCIA DEL IMPORTE INICIAL - FINAL DEL CONTRATO NS 790,711.48
 PORCENTAJE DE AVANCE FINANCIERO DEL CONTRATO 91.95

ELABORO: JOSE A. BALDERAS V.

168

**COSTO POR ETAPAS DEL POZO TIPO GRADIENTE "EAz-1"
CAMPO AZUFRES
CONTRATO 951021**

CONCEPTO	IMPORTE	PORCENTAJE QUE REPRESENTA
PRIMERA ETAPA (PERFORACION DEL AGUJERO DE 17 1/2")		
a) PERFORACIÓN	37,699.40	47.07%
b) INSTALACION Y CEMENTACION DE T.R. (13 3/8")	7,298.34	9.11%
c) EQUIPO OPERANDO	6,742.67	8.42%
d) EQUIPO EN ESPERA	28,348.22	35.40%
	80,088.63	1.83%
SEGUNDA ETAPA (PERFORACION DEL AGUJERO DE 12 1/2")		
a) PERFORACIÓN	214,311.60	43.50%
b) INSTALACION Y CEMENTACION DE T.R. (9 5/8")	98,845.03	20.00%
c) EQUIPO OPERANDO	43,214.39	8.77%
d) EQUIPO EN ESPERA	42,003.77	8.53%
e) SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION	11,437.80	2.32%
f) SUMINISTRO DE MATERIALES	36,191.96	7.35%
g) COLOCACION DE TAPONES DE CEMENTO	19,375.25	3.93%
h) SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA T.R. (9 5/8")	27,304.13	5.54%
	492,683.92	11.24%
TERCERA ETAPA (PERFORACIÓN DEL AGUJERO DE 8 1/2")		
a) PERFORACIÓN	581,244.04	34.95%
b) INSTALACION Y CEMENTACION DE T.R. (7")	280,650.18	16.88%
c) EQUIPO OPERANDO	123,513.46	7.43%
d) EQUIPO EN ESPERA	88,847.47	5.34%
e) SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACION	50,980.47	3.08%
f) SUMINISTRO DE MATERIALES	354,537.57	21.32%
g) COLOCACION DE TAPONES DE CEMENTO	116,251.50	6.99%
h) SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA T.R. 7"	16,229.87	0.98%
i) CORTE DE NUCLEO LITOLÓGICO	50,640.87	3.05%
	1,662,875.23	37.93%
CUARTA ETAPA (PERFORACIÓN DEL AGUJERO DE 8 1/2")		
a) PERFORACIÓN	1,262,352.81	62.61%
b) EQUIPO OPERANDO	155,694.38	7.72%
c) EQUIPO EN ESPERA	99,391.63	4.93%
d) SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACIÓN	324,491.84	16.09%
e) SUMINISTRO DE MATERIALES	112,112.19	5.58%
f) COLOCACION DE TAPONES DE CEMENTO	62,076.30	3.08%
	2,016,121.14	45.99%
TRASLADO DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN DE SU LUGAR DE ORIGEN A LA PRIMERA LOCALIZACIÓN	132,474.95	3.02%
COSTO TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO TIPO GRADIENTE " EAz-1	4,384,243.87	

NOTA:

- 1) EL DUEÑO SUMINISTRO LAS TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8") Y 244.5 mm (9 5/8").

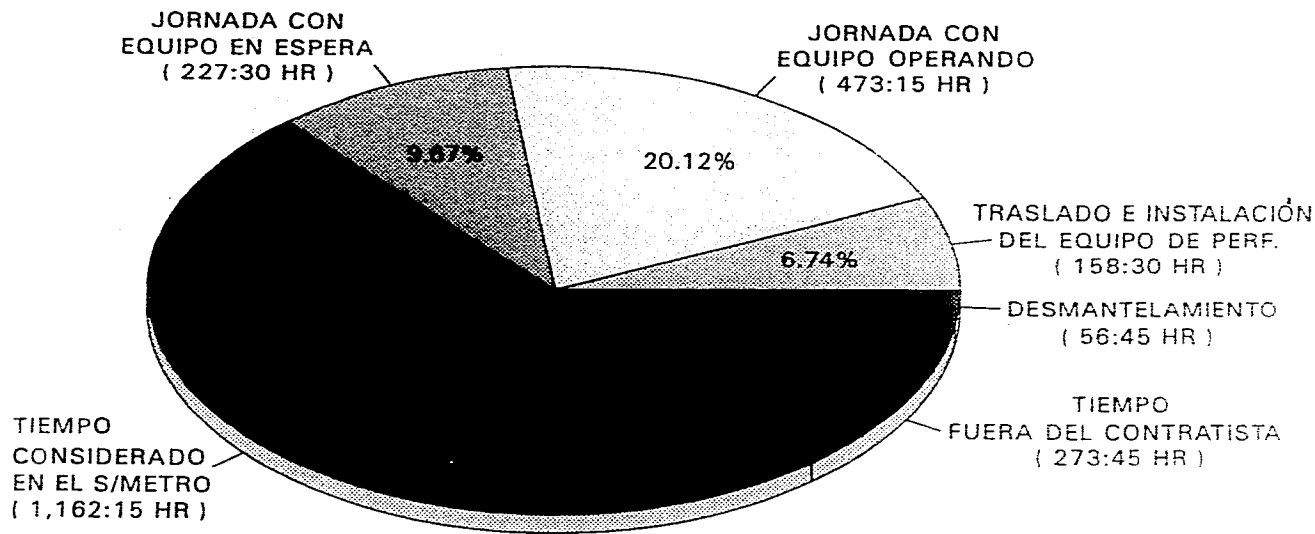
COSTO POR ETAPAS DEL POZO TIPO GRADIENTE * EA2-2 *
CAMPO AZUFRES
CONTRATO 961021

CONCEPTO	IMPORTE	PORCENTAJE QUE REPRESENTA
PRIMERA ETAPA (PERFORACIÓN DEL AGUJERO DE 17 1/4")		
a) PERFORACIÓN	37,699.40	49.03%
b) INSTALACIÓN Y CEMENTACION DE T.R. (13 3/8")	7,050.04	9.17%
c) EQUIPO OPERANDO	5,516.73	7.18%
d) EQUIPO EN ESPERA	26,619.67	34.62%
	76,885.84	1.85%
SEGUNDA ETAPA (PERFORACIÓN DEL AGUJERO DE 12 1/4")		
a) PERFORACIÓN	214,311.60	49.83%
b) INSTALACION Y CEMENTACION DE T.R. (9 5/8")	101,737.19	23.66%
c) EQUIPO OPERANDO	15,630.74	3.83%
d) EQUIPO EN ESPERA	31,805.32	7.40%
f) SUMINISTRO DE MATERIALES	39,281.28	9.13%
h) SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA T.R. (9 5/8")	27,304.13	6.35%
	430,070.25	9.25%
TERCERA ETAPA (PERFORACIÓN DEL AGUJERO DE 8 1/2")		
a) PERFORACIÓN	585,131.96	37.78%
b) INSTALACION Y CEMENTACION DE T.R. (7")	421,635.32	27.22%
c) EQUIPO OPERANDO	32,703.90	2.12%
d) EQUIPO EN ESPERA	39,238.09	2.53%
f) SUMINISTRO DE MATERIALES	353,582.60	22.83%
h) SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA T.R. 7"	16,229.67	1.05%
i) CORTE DE NUCLEO LITOLÓGICO	100,100.12	6.46%
	1,548,711.74	33.30%
CUARTA ETAPA (PERFORACIÓN DEL AGUJERO DE 8 1/4")		
a) PERFORACIÓN	1,459,496.07	60.12%
b) EQUIPO OPERANDO	527,460.89	21.73%
c) EQUIPO EN ESPERA	58,943.58	2.43%
d) SUMINISTRO DE FLUIDO DE PERFORACIÓN	16,996.35	0.70%
e) SUMINISTRO DE MATERIALES	111,851.23	4.60%
f) CORTE DE NUCLEO LITOLÓGICO	253,204.35	10.43%
	2,427,752.24	52.21%
TRASLADO DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN DEL ULTIMO POZO A SU LUGAR DE ORIGEN		
	46,738.02	1.01%
TRANSPORTACION DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN DE UNA LOCALIZACIÓN A OTRA		
	120,070.67	2.58%
COSTO TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO TIPO GRADIENTE * EA2-2 *		4,850,228.75

NOTA:

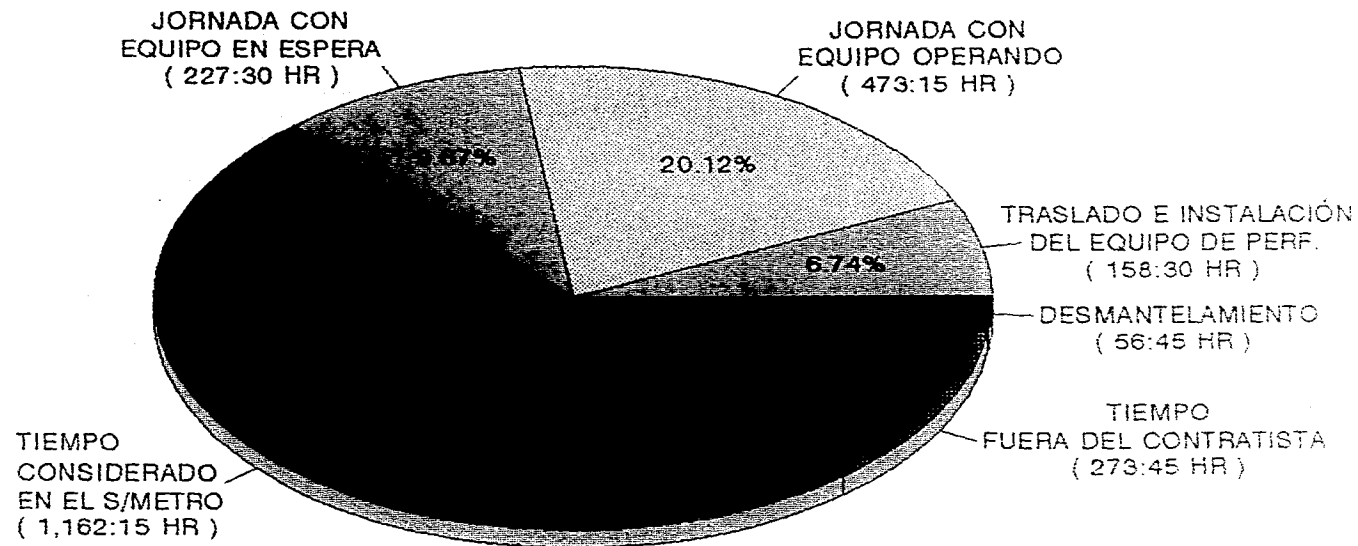
- 1) EL DUEÑO SUMINISTRO LAS TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO DE 339.7 mm (13 3/8"), 244.5 mm (9 5/8") Y LINER DE 114.3 mm (4 1/4").

**DIÁGRAMA DE TIEMPOS DE PERFORACIÓN
POZO TIPO GRADIENTE " EAz-2 "
CAMPO AZUFRES**



DURACION TOTAL DE ACTIVIDADES : 98 DIAS NATURALES

DIÁGRAMA DE TIEMPOS DE PERFORACIÓN POZO TIPO GRADIENTE " EAZ-2 " CAMPO AZUFRES



DURACION TOTAL DE ACTIVIDADES : 98 DIAS NATURALES

11.2 PROBLEMAS PROPUESTOS (1,2)

1. Determine el costo total para correr una Tubería de Revestimiento de 7" diám. de 29.0 lbs/pie, si el costo es de \$ 17.0/pie

2. Calcule los costos para preparar y mantener un Lodo de perforación Lignosulfonado con un volumen de 700 bls y una densidad de 15.0 lb/gal , si el costo para preparar es de \$ 40.0/bl y el costo diario por mantenimiento es de \$ 2.66/bl y compárelo con un lodo de emulsión inversa, si el costo de preparación de éste es de \$ 178/bl y el costo diario de mantenimiento es de \$1.93/bl.

3. Una barrena de 9 1/2" diám., tipo 1-2-1, perforó 260.00 m en 27 hrs; considerando un tiempo de viaje de 6 hrs, Un factor de tiempo de conexión de 0.009259 hrs/m perforado y un costo de la barrena de \$ 750.00 y del equipo de \$ 1,250.00/hr. Determine el costo por metro perforado y el tiempo de viaje redondo de la barrena.

4. A partir del siguiente registro de barrenas, determine:

- a) El costo total de las barrenas.
- b) La velocidad media de penetración.
- c) El costo promedio por pie perforado
- d) El costo acumulado de perforación.

No. de Bna.	Diámetro (pg)	Tipo	Intervalo (mts)	tiempo Perf. (hrs)	Tiempo tránsito (hrs)	costo bna. (\$)
1	12 1/4	6-1-7	0 - 87	25	4	47,227.78
2	12 1/4	6-1-7	87 - 300	69	3	47,227.78
3	17 1/2	1-1-1	0 - 205	48	10.25	68,342.25
4	15.0	2-1-1	205 - 301	41	2	31,588.33
5	12 1/4	3-2-1	301 - 460	62	3	44,225.00
6	12 1/4	6-2-7	460 - 706	70	7	49,535.28
7	12 1/4	3-2-1	706 - 1,197	95	4	44,225.00
8	12 1/4	3-2-1	1,197 - 1,500	84	4	44,225.00
9	8 1/2	6-2-7	1,500 - 1,782	68	3.5	22,826.00
10	8 1/2	6-2-7	1,782 - 2,076	71	5.5	22,826.00
11	8 1/2	6-2-7	2,076 - 2,303	55	6	22,826.00
12	8 1/2	6-2-7	2,303 - 2,600	69	7	22,826.00

5. Se requiere determinar el precio unitario por día de la utilización del equipo de aire para perforar, si el análisis de costos es el siguiente:

MATERIALES (Fluido de perforación aereado)

Espumante	10 Lts.	\$ 113.70/lts
Anticorrosivo	13 Lts.	\$ 551.17/lts
Hule para cabeza rotatoria		\$ 872.10/pza

MANO DE OBRA

Un supervisor y sistema de suministro de aire	\$ 1,870/día
Dos técnicos operadores de equipo suministro de aire	\$ 3,400/día
Viáticos y hospedaje del personal del equipo	\$ 643/día

HERRAMIENTA MAQUINARIA Y EQUIPO

Renta del equipo y sistema de suministro de aire (desarmado sin usar)	\$ 2,380/día
Renta del equipo y sistema de suministro de aire (en espera)	\$ 4,760/día
Renta del equipo y sistema de suministro de aire (en operación)	\$ 9,520/día
Consumo de combustible de 144 lts/hr	\$ 0.9935/lt
Consumo de lubricantes, 1 cambio de 47 lts.	\$ 6.94/lt
Mantenimiento del equipo de aire	\$ 476/día

FACTORES DE COSTOS

Indirectos	23.72 %	
Financiamiento	1.45 %	Precio unitario (CD + CI + CF + U)
Utilidad	16.08 %	

CAPÍTULO XII

APÉNDICE

12.1 NOMENCLATURA Y UNIDADES UTILIZADAS

An	=	Area total de toberas	(pg ²)
\bar{V} , \bar{V}_0	=	Velocidad promedio	(pies/min)
BHP	=	Presión de fondo del pozo	(lb/pg ²)
BHCP	=	Presión de circulación fondo	(lb/pg ²)
BHHP	=	Potencia hidráulica de la barrena	(hp)
Ct	=	Costo total	(\$)
C _R	=	Costo del equipo	(\$/hr)
C _F	=	Costo de perforación	(\$/pie)
C _B	=	Costo de la barrena	(\$)
C _B	=	Constante cojinetes	(adim)
C _n	=	Coefficiente de toberas	95 %
C _r	=	Constante del diente	
D	=	Profundidad	(pies)
D _h	=	Diámetro del pozo	(pg)
d _i	=	Diámetro interior, T.P., D.C., Agujero	(pg)
d _e	=	Diámetro exterior T.P., D.C.	(pg)
d	=	Exponente d	(Adim)
dc	=	Exponente dc	(Adim)
E, E _v	=	Eficiencia y eficiencia volumétrica	
EMW	=	Densidad equivalente del lodo	(lb/gal)
F _d	=	Piezaje perforado	(pies)
F _B	=	Factor de flotación	(adim)
f	=	Factor de fricción de Fannin	

Gfr	=	Gradiente de fractura (psi/pie)
Gf	=	Gradiente de formación (psi/pie)
Gm	=	Gradiente del lodo (lb/gal/pie)
HHP	=	Potencia hidráulica (hp)
L	=	Longitud de tuberías o pozo (pies)
N	=	Velocidad de rotación (rpm)
Nopt	=	Velocidad óptima (rpm)
NRE	=	Número de Reynolds (Adim)
OMW	=	Densidad original de lodo (lb/gal)
P	=	Presión (lb/pg ²)
Pc	=	Presión de colapso (lb/pg ²)
Pff	=	Presión de fractura (lb/pg ²)
Pf	=	Presión de formación (lb/pg ²)
Ph	=	Presión hidrostática (lb/pg ²)
Pi	=	Presión de inyección (lb/pg ²)
Q	=	Gasto (gal/min)
Qopt	=	Gasto óptimo (gal/min)
R	=	Resistividad (ohm-m)
Rob	=	Resistividad observada (ohm-m)
Rn	=	Resistividad normal (ohm-m)
Ro	=	Resistividad de la lutita (ohm-m)
Rw	=	Resistividad del agua (ohm-m)
T	=	Tensión (lb/pg ²)
TVD	=	Profundidad vertical verdadera (pies)
Tr	=	Tiempo de rotación (hrs)
Tt	=	Tiempo de recorrido (hrs)
tb	=	Vida de la barrena (hrs)

t_d	=	Tiempo de perforación (hrs)
V	=	Volumen de fluidos (bls)
V_c	=	Velocidad crítica (pies/seg)
W	=	Peso de las tuberías (lb/pie)
W_i	=	Peso inicial de lodo (lb/gal)
W_f	=	Peso final del lodo (lb/gal)
Y_p	=	Punto de cedencia (lb/100 pie ²)
β	=	Desgaste de los cojinetes
ΔP	=	Caídas de presión (lb/pg ²)
ρ	=	Densidad (lb/gal)
ν	=	Viscosidad (cp)
ν_a	=	Viscosidad aparente
τ_B	=	Desgaste del diente

12.2 TABLAS

En el presente capítulo se anexan tablas de los diferentes tipos de materiales de cementos y dosificaciones de agua, como apoyo al capítulo referente a las cementaciones de tuberías.

También se anexan las tablas de Tuberías de Perforación y de Tuberías de Revestimiento como material de referencia; las tablas incluyen tamaños API, Pesos, Grados y Conexiones. La base de estas tablas son de publicaciones previamente elaboradas por el fabricante de acuerdo al diseño de fabricación.

Las clases de tuberías de perforación son indicadas en la notación del grado, por ejemplo una tubería Premium, grado E se denota como E75-P

Así mismo las tablas de T.R. son incluidas como material de referencia del capítulo VII.

Cabe señalar que muchas tablas se incluyeron directamente al final de los problemas que las requerían para facilitar la comprensión y el manejo más fácilmente de la resolución del problema.

TABLA XII.1 PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES CEMENTANTES

MATERIAL	DENSIDAD	PESO	PESO	VOLUMEN ABSOLUTO	
	(LB/PIES)	ESPECIFICO	ABSOLUTO	(GAL/LBM)	(PIES/LBM)
CEMENTOS API	94	3.14	94	0.0382	0.0051
CEMENTO NORMAL	90	3.23	97	0.0371	0.0050
CEMENTO DE ALUMINIA	90	3.20	96	0.0375	0.0050
TRINITE	75	2.80	75.0	0.0429	0.0057
CARBON ACTIVADO	14	1.57	47.1	0.0765	0.0102
BARITA	135	4.23	126.9	0.0284	0.0038
BENTONITA (GEL)	60	2.65	79.5	0.0453	0.0060
CLORURO DE CALCIO/HOJUELAS	56.4	1.96	58.8	0.0612	0.0082
CLORURO DE CALCIO					
POLVORA	50.5	1.96	58.8	0.0612	0.0082
CAL-SELLO.CEMENTO YESO	75	2.70	81.0	0.0444	0.0059
CFR-1	40.3	1.63	48.9	0.0736	0.0098
CFR-2	43	1.30	39.0	0.0688	0.0092
DETA (LIQUIDO)	59.5	0.95	28.5	0.1258	0.0168
DIACEL A	60.3	2.62	78.6	0.0458	0.0061
TIERRA DIATOMACEA	16.7	2.10	63.0	0.0572	0.0076
DIACEL LWL	29.0	1.36	40.8	0.0882	0.0118
ACEITE DIESEL No 1	51.1	0.82	24.7	0.1457	0.0195
ACEITE DIESEL No 2	53.0	0.85	25.5	0.1411	0.0188
GILSONITA	50	1.07	32	0.1122	0.0150
HALAD-9	37.2	1.22	36.6	0.0984	0.0131
HALAD-14	39.5	1.31	39.3	0.0916	0.0122
HEMATITA	193	5.02	150.5	0.0239	0.0032
HR-4	35	1.56	46.8	0.0760	0.0103
HR-7	30	1.30	39	0.0923	0.0123
HR-12	23.2	1.22	36.6	0.0984	0.0131
HR-L (LIQUIDO)	76.6	1.23	36.9	0.0976	0.0130
CAL HIDRATADA	31	2.20	66	0.0545	0.0073
HIDROMITE	68	2.15	64.5	0.0538	0.0072
LA-2 LATEX	68.5	1.10	33	0.1087	0.0145
LAP-1 LATEX	50	1.25	37.5	0.0960	0.0128
LR-11 RESINA	79.1	1.27	38.1	0.0945	0.0126
NF-1 (LIQUIDO)	61.1	0.98	29.4	0.1225	0.0164
NF-P	40	1.30	39.0	0.0923	0.0123
PERLITA REGULAR	8	2.20	66.0	0.0546	0.0073
PERLITA SEIS	38	-	-	0.0499	0.0067
POZMIX A	74	2.46	74	0.0487	0.0065
POZMIX D	47	2.50	73.6	0.0489	0.0065
SAL (CLORURO DE SODIO)	71	2.17	65.1	0.0553	0.0074
SAL EN SOLUCION A 77 F EN AGUA FRESCA					
6% 0.5 LB/GAL	-	-	-	0.0384	0.0051
12% 1.0 LB/GAL	-	-	-	0.0399	0.0053
18% 1.5 LB/GAL	-	-	-	0.0412	0.0055
24% 2.0 LB/GAL	-	-	-	0.0424	0.0057
SATURADO, 3.1 LB/GAL	-	-	-	0.0445	0.0059
SAL (EN SOLUCION A 140 F CON AGUA FRESCA)					
SATURADO, 3.1 LB/GAL	-	-	-	0.0458	0.0061
ARENA OTAWA	100	2.63	78.9	0.0456	0.0061
SILICE DE FLUOR	70	2.63	78.9	0.0456	0.0061
SILICE GRUESO	100	2.63	78.9	0.0456	0.0061
ADITIVO TUF	-	1.23	36.9	0.0976	0.0130
TAPON TUF	48	1.28	38.4	0.0938	0.0125
AGUA	62.4	1.00	30.0	0.1200	0.0160

179

TABLA XII.2 REQUERIMIENTOS DE AGUA DE MATERIALES CEMENTANTES

MATERIAL	REQUERIMIENTOS DE AGUA
CEMENTO API CLASE A Y B	5.2 gal (0.70 pie3)/94 lbm/saco
CEMENTO API CLASE C	6.3 gal (0.84 pie3)/94 lbm/saco
CEMENTO API CLASE D Y E (RETARDADOR)	4.3 gal (0.58 pie3)/94 lbm/saco
CEMENTO API CLASE G	5.0 gal (0.67 pie3)/94 lbm/saco
CEMENTO API CLASE H	4.3 a 5.2 gal/94 lbm/saco
CEMENTO COMPUESTO	6.3 gal (0.84 pie3)/94 lbm/saco
CEMENTO NORMAL	4.5 gal (0.60 pie3)/94 lbm/saco
CEMENTO DE ALUMINIA	4.5 gal (0.60 pie3)/94 lbm/saco
HLC	7.7 a 10.9 gal/87 lb/saco
CEMENTO TRINITY	7.7 gal (1.03 pie3)/75 lbm/saco (máximo)
CARBON ACTIVADO	0 a 1 lb/saco de cemento
BARITA	2.4 gal (0.32 pie3)/100 lbm/saco
BENTONITA	1.3 gal (0.174 pie3)/2% en cemento
CLORURO DE CALCIO	NADA
YESO SEMIHIDRATADO	4.8 gal (0.64 pie3)/100 lbm/saco
CFR-1	NADA
CFR-2	NADA
DIACEL A	NADA
DIACEL D	3.3 a 7.2 gal /10% en cemento
DIACEL LWL	NADA (arriba del 0.7%) 0.8 a 1.0 gal/1% en cemento
GILSONITA	2.0 gal (0.267 pie3)/50 lbm/pie3
HALAD-9	NADA (arriba 0.5%) 0.4 a 0.5 gal/saco de cemento sobre 0.5%
HALAD 14	NADA
HEMATITA	0.36 gal (0.048 pie3)/100 lbm/saco
HR-4	NADA
HR-7	NADA
HR-12	NADA
HR-20	NADA
CAL HIRATADA	0.153 gal (0.020 pie3)/lbm
HIDROMITE	3.0 gal (0.40 pie3)/100 lbm/saco
LA-2 LATEX	0 a 0.8 gal/saco de cemento
LAP-1 LATEX	1.7 gal (0.027 pie3)/1% de cemento
NF-P	NADA
PERLITA REGULAR	4.0 gal (0.535 pie3)/8 lbm/pie3
PERLITA SEIS	6.0 gal (0.80 pie3)/38 lbm/pie3
POZMIX A	3.5 gal (0.48 pie3)/74 lbm/pie3
SAL (NaCl)	NADA
ARENA OTAWA	NADA
SILICE DE FLUOR (SSA-1)	1.5 Gal (0.20 Pie3)/35% EN CEMENTO (32.9 LBM)
SILICE GRUESO	NADA
ADITIVO TUF	NADA
TAPON TUF	NADA

TABLAS DE TUBERÍAS DE PERFORACIÓN

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Esfuerzo a la tensión (1,000 psi)	Espesor de Pared (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
2.375	4.85	4.90	E75-1	75.	0.190	OH	3.125	10500.	11040.	1.807	206.
2.375	4.85	4.90	E75-P	75.	0.152	OH	3.125	9600.	8550.	1.807	206.
2.375	4.85	4.90	E75-2	75.	0.152	OH	3.125	7800.	6020.	1.807	206.
2.375	4.85	4.90	E75-3	75.	0.119	OH	3.125	6600.	4260.	1.807	206.
2.375	4.85	5.00	E75-1	75.	0.190	SL-H90	3.250	10500.	11040.	1.850	202.
2.375	4.85	5.00	E75-P	75.	0.152	SL-H90	3.250	9600.	8550.	1.850	202.
2.375	4.85	5.00	E75-2	75.	0.152	SL-H90	3.250	7800.	6020.	1.850	202.
2.375	4.85	5.00	E75-3	75.	0.119	SL-H90	3.250	6600.	4260.	1.850	202.
2.375	4.85	5.10	E75-1	75.	0.190	WO	3.375	10500.	11040.	1.807	195.
2.375	4.85	5.10	E75-P	75.	0.152	WO	3.375	9600.	8550.	1.807	195.
2.375	4.85	5.10	E75-2	75.	0.152	WO	3.375	7800.	6020.	1.807	195.
2.375	4.85	5.10	E75-3	75.	0.119	WO	3.375	6600.	4260.	1.807	195.
2.375	4.85	5.30	E75-1	75.	0.190	NC26IF	3.375	10500.	11040.	1.625	313.
2.375	4.85	5.30	E75-P	75.	0.152	NC26IF	3.375	9600.	8550.	1.625	313.
2.375	4.85	5.30	E75-2	75.	0.152	NC26IF	3.375	7800.	6020.	1.625	313.
2.375	4.85	5.30	E75-3	75.	0.119	NC26IF	3.375	6600.	4260.	1.625	313.
2.375	6.65	6.80	E75-1	75.	0.280	PAC	2.875	15470.	15600.	1.250	238.
2.375	6.65	6.80	E75-P	75.	0.224	PAC	2.875	14150.	13380.	1.250	238.
2.375	6.65	6.80	E75-2	75.	0.224	PAC	2.875	11490.	11480.	1.250	238.
2.375	6.65	6.80	E75-3	75.	0.175	PAC	2.875	9730.	10030	1.250	238.
2.375	6.65	6.90	E75-1	75.	0.280	OH	3.250	15470.	15600.	1.250	294.
2.375	6.65	6.90	E75-P	75.	0.224	OH	3.250	14150.	13380.	1.250	294.
2.375	6.65	6.90	E75-2	75.	0.224	OH	3.250	11490.	11480.	1.250	294.
2.375	6.65	6.90	E75-3	75.	0.175	OH	3.250	9730.	10030	1.250	294.
2.375	6.65	7.00	E75-1	75.	0.280	NC26IF	3.375	15470.	15600.	1.625	313.
2.375	6.65	7.00	E75-P	75.	0.224	NC26IF	3.375	14150.	13380.	1.625	313.
2.375	6.65	7.00	E75-2	75.	0.224	NC26IF	3.375	11490.	11480.	1.625	313.
2.375	6.65	7.00	E75-3	75.	0.175	NC26IF	3.375	9730.	10030	1.625	313.
2.375	6.65	7.00	X95-1	95.	0.280	SL-H90	3.250	19600.	19760.	1.670	270.
2.375	6.65	7.00	X95-P	95.	0.224	SL-H90	3.250	17920.	16950.	1.670	270.
2.375	6.65	7.00	X95-2	95.	0.224	SL-H90	3.250	14560.	14540.	1.670	270.
2.375	6.65	7.00	X95-3	95.	0.175	SL-H90	3.250	12320.	12050.	1.670	270.
2.375	6.65	7.10	X95-1	95.	0.280	NC26IF	3.375	19600.	19760.	1.625	313.
2.375	6.65	7.10	X95-P	95.	0.224	NC26IF	3.375	17920.	16950.	1.625	313.
2.375	6.65	7.10	X95-2	95.	0.224	NC26IF	3.375	14560.	14540.	1.625	313.
2.375	6.65	7.10	X95-3	95.	0.175	NC26IF	3.375	12320.	12050.	1.625	313.
2.375	6.65	7.00	G105-1	105.	0.280	SL-H90	3.250	21660.	21849.	1.670	270.
2.375	6.65	7.00	G105-P	105.	0.224	SL-H90	3.250	19810.	18730.	1.670	270.
2.375	6.65	7.00	G105-2	105.	0.224	SL-H90	3.250	16090.	16080.	1.670	270.
2.375	6.65	7.00	G105-3	105.	0.175	SL-H90	3.250	13620.	13040.	1.670	270.
2.375	6.65	7.10	G105-1	105.	0.280	NC26IF	3.375	21660.	21840.	1.625	313.
2.375	6.65	7.10	G105-P	105.	0.224	NC26IF	3.375	19810.	18730.	1.625	313.
2.375	6.65	7.10	G105-2	105.	0.224	NC26IF	3.375	16090.	16080.	1.625	313.
2.375	6.65	7.10	G105-3	105.	0.175	NC26IF	3.375	13620.	13040.	1.625	313.
2.875	6.85	6.90	E75-1	75.	0.217	OH	3.750	9910.	10470.	2.253	223.
2.875	6.85	6.90	E75-P	75.	0.174	OH	3.750	9060.	7670.	2.253	223.
2.875	6.85	6.90	E75-2	75.	0.174	OH	3.750	7360.	5270.	2.253	223.
2.875	6.85	6.90	E75-3	75.	0.135	OH	3.750	6230.	3600.	2.253	223.
2.875	6.85	7.10	E75-1	75.	0.217	SL-H90	3.875	9910.	10470.	2.296	260.
2.875	6.85	7.10	E75-P	75.	0.174	SL-H90	3.875	9060.	7670.	2.296	260.
2.875	6.85	7.10	E75-2	75.	0.174	SL-H90	3.875	7360.	5270.	2.296	260.
2.875	6.85	7.10	E75-3	75.	0.135	SL-H90	3.875	6230.	3600.	2.296	260.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Esfuerzo a la tensión (1,000 psi)	Espesor de Pared (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
2.875	6.85	7.30	E75-1	75.	0.217	WO	4.125	9910.	10470.	2.253	277.
2.875	6.85	7.30	E75-P	75.	0.174	WO	4.125	9060.	7670.	2.253	277.
2.875	6.85	7.30	E75-2	75.	0.174	WO	4.125	7360.	5270.	2.253	277.
2.875	6.85	7.30	E75-3	75.	0.135	WO	4.125	6230.	3600.	2.253	277.
2.875	6.85	7.50	E75-1	75.	0.217	NC311F	4.125	9910.	10470.	2.000	447.
2.875	6.85	7.50	E75-P	75.	0.174	NC311F	4.125	9060.	7670.	2.000	447.
2.875	6.85	7.50	E75-2	75.	0.174	NC311F	4.125	7360.	5270.	2.000	447.
2.875	6.85	7.50	E75-3	75.	0.135	NC311F	4.125	6230.	3600.	2.000	447.
2.875	10.40	10.30	E75-1	75.	0.362	PAC	3.125	16530.	16510.	1.375	269.
2.875	10.40	10.30	E75-P	75.	0.290	PAC	3.125	15110.	14220.	1.375	269.
2.875	10.40	10.30	E75-2	75.	0.290	PAC	3.125	12280.	12250.	1.375	269.
2.875	10.40	10.30	E75-3	75.	0.226	PAC	3.125	10390.	10800.	1.375	269.
2.875	10.40	10.40	E75-1	75.	0.362	NC261F	3.375	16530.	16510.	1.625	313.
2.875	10.40	10.40	E75-P	75.	0.290	NC261F	3.375	15110.	14220.	1.375	313.
2.875	10.40	10.40	E75-2	75.	0.290	NC261F	3.375	12280.	12250.	1.375	313.
2.875	10.40	10.40	E75-3	75.	0.226	NC261F	3.375	10390.	10800.	1.375	313.
2.875	10.40	10.60	E75-1	75.	0.362	OH	3.875	16530.	16510.	1.963	382.
2.875	10.40	10.60	E75-P	75.	0.290	OH	3.875	15110.	14220.	1.963	382.
2.875	10.40	10.60	E75-2	75.	0.290	OH	3.875	12280.	12250.	1.963	382.
2.875	10.40	10.60	E75-3	75.	0.226	OH	3.875	10390.	10800.	1.963	382.
2.875	10.40	10.60	E75-1	75.	0.362	SL-H90	3.875	16530.	16510.	2.006	382.
2.875	10.40	10.60	E75-P	75.	0.290	SL-H90	3.875	15110.	14220.	2.006	382.
2.875	10.40	10.60	E75-2	75.	0.290	SL-H90	3.875	12280.	12250.	2.006	382.
2.875	10.40	10.60	E75-3	75.	0.226	SL-H90	3.875	10390.	10800.	2.006	382.
2.875	10.40	10.90	E75-1	75.	0.362	NC311F	4.125	16530.	16510.	1.963	345.
2.875	10.40	10.90	E75-P	75.	0.290	NC311F	4.125	15110.	14220.	1.963	345.
2.875	10.40	10.90	E75-2	75.	0.290	NC311F	4.125	12280.	12250.	1.963	345.
2.875	10.40	10.90	E75-3	75.	0.226	NC311F	4.125	10390.	10800.	1.963	345.
2.875	10.40	11.20	E75-1	75.	0.362	XH	4.250	16530.	16510.	1.750	505.
2.875	10.40	11.20	E75-P	75.	0.290	XH	4.250	15110.	14220.	1.750	505.
2.875	10.40	11.20	E75-2	75.	0.290	XH	4.250	12280.	12250.	1.750	505.
2.875	10.40	11.20	E75-3	75.	0.226	XH	4.250	10390.	10800.	1.750	505.
2.875	10.40	10.90	X95-1	95.	0.362	SL-H90	4.000	20930.	20910.	1.875	443.
2.875	10.40	10.90	X95-P	95.	0.290	SL-H90	4.000	19140.	18020.	1.875	443.
2.875	10.40	10.90	X95-2	95.	0.290	SL-H90	4.000	15550.	15520.	1.875	443.
2.875	10.40	10.90	X95-3	95.	0.226	SL-H90	4.000	13160.	13680.	1.875	443.
2.875	10.40	11.10	X95-1	95.	0.362	NC311F	4.125	20930.	20910.	1.875	495.
2.875	10.40	11.10	X95-P	95.	0.290	NC311F	4.125	19140.	18020.	1.875	495.
2.875	10.40	11.10	X95-2	95.	0.290	NC311F	4.125	15550.	15520.	1.875	495.
2.875	10.40	11.10	X95-3	95.	0.226	NC311F	4.125	13160.	13680.	1.875	495.
2.875	10.40	11.90	G105-1	105.	0.362	SL-H90	4.000	23140.	23110.	1.875	443.
2.875	10.40	11.90	G105-P	105.	0.290	SL-H90	4.000	21150.	19910.	1.875	443.
2.875	10.40	11.90	G105-2	105.	0.290	SL-H90	4.000	17190.	17160.	1.875	443.
2.875	10.40	11.90	G105-3	105.	0.226	SL-H90	4.000	14540.	14880.	1.875	443.
2.875	10.40	11.10	G105-1	105.	0.362	NC311F	4.125	23140.	23110.	1.875	495.
2.875	10.40	11.10	G105-P	105.	0.290	NC311F	4.125	21150.	19910.	1.875	495.
2.875	10.40	11.10	G105-2	105.	0.290	NC311F	4.125	17190.	17160.	1.875	495.
2.875	10.40	11.10	G105-3	105.	0.226	NC311F	4.125	14540.	14880.	1.875	495.
2.875	10.40	11.30	S135-1	135.	0.362	SL-H90	4.125	29750.	29720.	1.500	571.
2.875	10.40	11.30	S135-P	135.	0.290	SL-H90	4.125	27200.	25600.	1.500	571.
2.875	10.40	11.30	S135-2	135.	0.290	SL-H90	4.125	22100.	22060.	1.500	571.
2.875	10.40	11.30	S135-3	135.	0.226	SL-H90	4.125	18700.	18230.	1.500	571.
2.875	10.40	11.50	S135-1	135.	0.362	NC311F	4.375	29750.	29720.	1.500	623.
2.875	10.40	11.50	S135-P	135.	0.290	NC311F	4.375	27200.	25600.	1.500	623.
2.875	10.40	11.50	S135-2	135.	0.290	NC311F	4.375	22100.	22060.	1.500	623.
2.875	10.40	11.50	S135-3	135.	0.226	NC311F	4.375	18700.	18230.	1.500	623.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Esfuerzo a la Tensión (1,000 PSI)	Espesor de Pared (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
3.500	9.50	10.00	E75-1	75.	0.254	OH	4.500	9520.	10040.	2.804	392.
3.500	9.50	10.00	E75-P	75.	0.203	OH	4.500	8710.	7100.	2.804	392.
3.500	9.50	10.00	E75-2	75.	0.203	OH	4.500	7080.	4790.	2.804	392.
3.500	9.50	10.00	E75-3	75.	0.159	OH	4.500	5990.	3230.	2.804	392.
3.500	9.50	10.20	E75-1	75.	0.254	SL-H90	4.625	9520.	10040.	2.847	366.
3.500	9.50	10.20	E75-P	75.	0.203	SL-H90	4.625	8710.	7100.	2.847	366.
3.500	9.50	10.20	E75-2	75.	0.203	SL-H90	4.625	7080.	4790.	2.847	366.
3.500	9.50	10.20	E75-3	75.	0.159	SL-H90	4.625	5990.	3230.	2.847	366.
3.500	9.50	10.30	E75-1	75.	0.254	NC38WO	4.750	9520.	11040.	2.804	419.
3.500	9.50	10.30	E75-P	75.	0.203	NC38WO	4.750	8710.	8550.	2.804	419.
3.500	9.50	10.30	E75-2	75.	0.203	NC38WO	4.750	7080.	6020.	2.804	419.
3.500	9.50	10.30	E75-3	75.	0.159	NC38WO	4.750	5990.	4260.	2.804	419.
3.500	9.50	10.60	E75-1	75.	0.254	NC38IF	4.750	9520.	11040.	2.563	587.
3.500	9.50	10.60	E75-P	75.	0.203	NC38IF	4.750	8710.	8550.	2.563	587.
3.500	9.50	10.60	E75-2	75.	0.203	NC38IF	4.750	7080.	6020.	2.563	587.
3.500	9.50	10.60	E75-3	75.	0.159	NC38IF	4.750	5990.	4260.	2.563	587.
3.500	13.30	13.60	E75-1	75.	0.368	NC31SH	4.125	13800.	14110.	2.000	447.
3.500	13.30	13.60	E75-P	75.	0.294	NC31SH	4.125	12620.	12020.	2.000	447.
3.500	13.30	13.60	E75-2	75.	0.294	NC31SH	4.125	10250.	10250.	2.000	447.
3.500	13.30	13.60	E75-3	75.	0.230	NC31SH	4.125	8670.	8040.	2.000	447.
3.500	13.30	14.00	E75-1	75.	0.368	OH	4.750	13800.	14110.	2.414	559.
3.500	13.30	14.00	E75-P	75.	0.294	OH	4.750	12620.	12020.	2.414	559.
3.500	13.30	14.00	E75-2	75.	0.294	OH	4.750	10250.	10250.	2.414	559.
3.500	13.30	14.00	E75-3	75.	0.230	OH	4.750	8670.	8040.	2.414	559.
3.500	13.30	14.00	E75-1	75.	0.368	NC38IF	4.750	13800.	14110.	2.457	587.
3.500	13.30	14.00	E75-P	75.	0.294	NC38IF	4.750	12620.	12020.	2.457	587.
3.500	13.30	14.00	E75-2	75.	0.294	NC38IF	4.750	10250.	10250.	2.457	587.
3.500	13.30	14.00	E75-3	75.	0.230	NC38IF	4.750	8670.	8040.	2.457	587.
3.500	13.30	14.20	E75-1	75.	0.368	HX	4.750	13800.	14110.	2.313	571.
3.500	13.30	14.20	E75-P	75.	0.294	HX	4.750	12620.	12020.	2.313	571.
3.500	13.30	14.20	E75-2	75.	0.294	HX	4.750	10250.	10250.	2.313	571.
3.500	13.30	14.20	E75-3	75.	0.230	HX	4.750	8670.	8040.	2.313	571.
3.500	13.30	14.20	X95-1	95.	0.368	SL-H90	4.750	17480.	17880.	2.438	595.
3.500	13.30	14.20	X95-P	95.	0.294	SL-H90	4.750	15980.	15220.	2.438	595.
3.500	13.30	14.20	X95-2	95.	0.294	SL-H90	4.750	12990.	12420.	2.438	595.
3.500	13.30	14.20	X95-3	95.	0.230	SL-H90	4.750	10990.	9480.	2.438	595.
3.500	13.30	14.60	X95-1	95.	0.368	NC38IF	5.000	17480.	17880.	2.438	649.
3.500	13.30	14.60	X95-P	95.	0.294	NC38IF	5.000	15980.	15220.	2.438	649.
3.500	13.30	14.60	X95-2	95.	0.294	NC38IF	5.000	12420.	12420.	2.438	649.
3.500	13.30	14.60	X95-3	95.	0.230	NC38IF	5.000	10990.	9480.	2.438	649.
3.500	13.30	14.20	G105-1	105.	0.368	SL-H90	4.750	19320.	19760.	2.438	595.
3.500	13.30	14.20	G105-P	105.	0.294	SL-H90	4.750	17660.	16820.	2.438	595.
3.500	13.30	14.20	G105-2	105.	0.294	SL-H90	4.750	14350.	13450.	2.438	595.
3.500	13.30	14.20	G105-3	105.	0.230	SL-H90	4.750	12140.	10160.	2.438	595.
3.500	13.30	14.70	G105-1	105.	0.368	NC38IF	5.000	19320.	19760.	2.313	708.
3.500	13.30	14.70	G105-P	105.	0.294	NC38IF	5.000	17660.	16820.	2.313	708.
3.500	13.30	14.70	G105-2	105.	0.294	NC38IF	5.000	14350.	13450.	2.313	708.
3.500	13.30	14.70	G105-3	105.	0.230	NC38IF	5.000	12140.	10160.	2.313	708.
3.500	13.30	14.90	S135-1	135.	0.368	NC38IF	5.000	24840.	25400.	2.000	836.
3.500	13.30	14.90	S135-9	135.	0.294	NC38IF	5.000	22710.	21830.	2.000	836.
3.500	13.30	14.90	S135-2	135.	0.294	NC38IF	5.000	18450.	16310.	2.000	836.
3.500	13.30	14.90	S135-3	135.	0.230	NC38IF	5.000	15610.	11930.	2.000	836.
3.500	13.30	14.90	S135-1	135.	0.368	SL-H90	5.000	24840.	25400.	2.000	789.
3.500	13.30	14.90	S135-9	135.	0.294	SL-H90	5.000	22710.	21630.	2.000	789.
3.500	13.30	14.90	S135-2	135.	0.294	SL-H90	5.000	18450.	16310.	2.000	789.
3.500	13.30	14.90	S135-3	135.	0.230	SL-H90	5.000	15610.	11930.	2.000	789.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Espesor de Pared (PG)		Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
3.500	13.30	15.30	S135-1	135.	0.368	NC44FH	5.375	24840.	11040.	25400.	897.
3.500	13.30	15.30	S135-P	135.	0.294	NC44FH	5.375	22710.	8550.	21630.	897.
3.500	13.30	15.30	S135-2	135.	0.294	NC44FH	5.375	18450.	6020.	16310.	897.
3.500	13.30	15.30	S135-3	135.	0.230	NC44FH	5.375	15610	4260.	11930.	897.
3.500	15.50	16.60	E75-1	75.	0.449	NC38IF	5.000	16840.	16770.	2.414	649.
3.500	15.50	16.60	E75-P	75.	0.359	NC38IF	5.000	15390.	14470.	2.414	649.
3.500	15.50	16.60	E75-2	75.	0.359	NC38IF	5.000	12510.	12480.	2.414	649.
3.500	15.50	16.60	E75-3	75.	0.280	NC38IF	5.000	10580	11010.	2.414	649.
3.500	15.50	16.80	X95-1	95.	0.449	NC38IF	5.000	21330.	21250.	2.313	708.
3.500	15.50	16.80	X95-P	95.	0.359	NC38IF	5.000	19500.	18330.	2.313	708.
3.500	15.50	16.80	X95-2	95.	0.359	NC38IF	5.000	15840.	15810.	2.313	708.
3.500	15.50	16.80	X95-3	95.	0.280	NC38IF	5.000	13410.	13950.	2.313	708.
3.500	15.50	17.00	G105-1	105.	0.449	NC38IF	5.000	23570.	23480.	2.000	836.
3.500	15.50	17.00	G105-P	105.	0.359	NC38IF	5.000	21550.	20260.	2.000	836.
3.500	15.50	17.00	G105-2	105.	0.359	NC38IF	5.000	17510.	17480.	2.000	836.
3.500	15.50	17.00	G105-3	105.	0.280	NC38IF	5.000	14820	15410.	2.000	836.
3.500	15.50	17.80	S135-1	135.	0.449	NC44FH	5.500	30310.	15600.	30190.	980.
3.500	15.50	17.80	S135-P	135.	0.359	NC44FH	5.500	27710.	13380.	26050.	980.
3.500	15.50	17.80	S135-2	135.	0.359	NC44FH	5.500	22510.	11480.	22470.	980.
3.500	15.50	17.80	S135-3	135.	0.280	NC44FH	5.500	19050.	10030	18960.	980.
4.000	11.85	12.10	E75-1	75.	0.262	OH	5.250	8600.	8410.	3.287	621.
4.000	11.85	12.10	E75-P	75.	0.210	OH	5.250	7860.	5730.	3.287	621.
4.000	11.85	12.10	E75-2	75.	0.210	OH	5.250	6390.	3620.	3.287	621.
4.000	11.85	12.10	E75-3	75.	0.163	OH	5.250	5400.	2570.	3.287	621.
4.000	11.85	13.10	E75-1	75.	0.262	H-90	5.500	8600.	8410.	2.668	913.
4.000	11.85	13.10	E75-P	75.	0.210	H-90	5.500	7860.	5730.	2.668	913.
4.000	11.85	13.10	E75-2	75.	0.210	H-90	5.500	6390.	3620.	2.668	913.
4.000	11.85	13.10	E75-3	75.	0.163	H-90	5.500	5400.	2570.	2.668	913.
4.000	11.85	13.30	E75-1	75.	0.262	NC46WO	5.750	8600.	8410.	3.313	783.
4.000	11.85	13.30	E75-P	75.	0.210	NC46WO	5.750	7860.	5730.	3.313	783.
4.000	11.85	13.30	E75-2	75.	0.210	NC46WO	5.750	6390.	3620.	3.313	783.
4.000	11.85	13.30	E75-3	75.	0.163	NC46WO	5.750	5400.	2570.	3.313	783.
4.000	11.85	13.50	E75-1	75.	0.262	NC46IF	6.000	8600.	8410.	3.125	901.
4.000	11.85	13.50	E75-P	75.	0.210	NC46IF	6.000	7860.	5730.	3.125	901.
4.000	11.85	13.50	E75-2	75.	0.210	NC46IF	6.000	6390.	3620.	3.125	901.
4.000	11.85	13.50	E75-3	75.	0.163	NC46IF	6.000	5400.	2570.	3.125	901.
4.000	14.00	14.40	E75-1	75.	0.330	SH	4.625	10830.	11350.	2.438	512.
4.000	14.00	14.40	E75-P	75.	0.264	SH	4.625	9900.	9040.	2.438	512.
4.000	14.00	14.40	E75-2	75.	0.264	SH	4.625	8040.	6440.	2.438	512.
4.000	14.00	14.40	E75-3	75.	0.206	SH	4.825	6810.	4630.	2.438	512.
4.000	14.00	15.00	E75-1	75.	0.330	OH	5.500	10830.	11350.	3.125	759.
4.000	14.00	15.00	E75-P	75.	0.264	OH	5.500	9900.	9040.	3.125	759.
4.000	14.00	15.00	E75-2	75.	0.264	OH	5.500	8040.	6440.	3.125	759.
4.000	14.00	15.00	E75-3	75.	0.206	OH	5.500	6810.	4630.	3.125	759.
4.000	14.00	15.10	E75-1	75.	0.330	NC40FH	5.250	10830.	11350.	2.688	711.
4.000	14.00	15.10	E75-P	75.	0.264	NC40FH	5.250	9900.	9040.	2.688	711.
4.000	14.00	15.10	E75-2	75.	0.264	NC40FH	5.250	8040.	6440.	2.688	711.
4.000	14.00	15.10	E75-3	75.	0.206	NC40FH	5.250	6810.	4630.	2.688	711.
4.000	14.00	15.90	E75-1	75.	0.330	NC46IF	6.000	10830.	11350.	3.125	901.
4.000	14.00	15.90	E75-P	75.	0.264	NC46IF	6.000	9900.	9040.	3.125	901.
4.000	14.00	15.90	E75-2	75.	0.264	NC46IF	6.000	8040.	6440.	3.125	901.
4.000	14.00	15.90	E75-3	75.	0.206	NC46IF	6.000	6810.	4630.	3.125	901.
4.000	14.00	15.30	X95-1	95.	0.330	NC40FH	5.250	13720.	14380	2.563	776.
4.000	14.00	15.30	X95-P	95.	0.264	NC40FH	5.250	12540.	10780.	2.563	776.
4.000	14.00	15.30	X95-2	95.	0.264	NC40FH	5.250	10190.	7410.	2.563	776.
4.000	14.00	15.30	X95-3	95.	0.206	NC40FH	5.250	8620.	5070.	2.563	776.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado		Espesor de Pared (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
4.000	14.00	15.60	X95-1	95.	0.330	H-90	5.500	13720.	14380.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	X95-P	95.	0.264	H-90	5.500	12540.	10780.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	X95-2	95.	0.264	H-90	5.500	10190.	7410.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	X95-3	95.	0.206	H-90	5.500	8620.	5070.	2.688	913.
4.000	14.00	16.20	X95-1	95.	0.330	NC46IF	6.000	13720.	14380.	3.125	901.
4.000	14.00	16.20	X95-P	95.	0.264	NC46IF	6.000	12540.	10780.	3.125	901.
4.000	14.00	16.20	X95-2	95.	0.264	NC46IF	6.000	10190.	7410.	3.125	901.
4.000	14.00	16.20	X95-3	95.	0.206	NC46IF	6.000	8620.	5070.	3.125	901.
4.000	14.00	15.60	G105-1	105.	0.330	H-90	5.500	15160.	15900.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	G105-P	105.	0.264	H-90	5.500	13860.	11610.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	G105-2	105.	0.264	H-90	5.500	11260.	7850.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	G105-3	105.	0.206	H-90	5.500	9530.	5230.	2.688	913.
4.000	14.00	15.90	G105-1	105.	0.330	NC40IF	5.500	15160.	15900.	2.313	897.
4.000	14.00	15.90	G105-P	105.	0.264	NC40IF	5.500	13860.	11610.	2.313	897.
4.000	14.00	15.90	G105-2	105.	0.264	NC40IF	5.500	11260.	7850.	2.313	897.
4.000	14.00	15.90	G105-3	105.	0.206	NC40IF	5.500	9530.	5230.	2.313	897.
4.000	14.00	16.20	G105-1	105.	0.330	NC46FH	6.000	15160.	15900.	3.125	901.
4.000	14.00	16.20	G105-P	105.	0.264	NC46FH	6.000	13860.	11610.	3.125	901.
4.000	14.00	16.20	G105-2	105.	0.264	NC46FH	6.000	11260.	7850.	3.125	901.
4.000	14.00	16.20	G105-3	105.	0.206	NC46FH	6.000	9530.	5230.	3.125	901.
4.000	14.00	15.60	S135-1	135.	0.330	H-90	5.500	19490.	20170.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	S135-P	135.	0.264	H-90	5.500	17820.	13870.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	S135-2	135.	0.264	H-90	5.500	14480.	8840.	2.688	913.
4.000	14.00	15.60	S135-3	135.	0.206	H-90	5.500	12250.	5810.	2.688	913.
4.000	14.00	16.10	S135-1	135.	0.330	NC40FH	5.500	19490.	20170.	1.875	1080.
4.000	14.00	16.10	S135-P	135.	0.264	NC40FH	5.500	17820.	13870.	1.875	1080.
4.000	14.00	16.10	S135-2	135.	0.264	NC40FH	5.500	14480.	8840.	1.875	1080.
4.000	14.00	16.10	S135-3	135.	0.206	NC40FH	5.500	12250.	5810.	1.875	1080.
4.000	14.00	16.40	S135-1	135.	0.330	NC46FH	6.000	19490.	20170.	2.875	1048.
4.000	14.00	16.40	S135-P	135.	0.264	NC46FH	6.000	17820.	13870.	2.875	1048.
4.000	14.00	16.40	S135-2	135.	0.264	NC46FH	6.000	14480.	8840.	2.875	1048.
4.000	14.00	16.40	S135-3	135.	0.206	NC46FH	6.000	12250.	5810.	2.875	1048.
4.000	15.70	16.80	E75-1	75.	0.380	NC40FH	5.250	12470.	12900.	2.563	776.
4.000	15.70	16.80	E74-P	75.	0.304	NC40FH	5.250	11400.	10910.	2.563	776.
4.000	15.70	16.80	E75-2	75.	0.304	NC40FH	5.250	9260.	8560.	2.563	776.
4.000	15.70	16.80	E75-3	75.	0.238	NC40FH	5.250	7840.	6490.	2.563	776.
4.000	15.70	17.10	E75-1	75.	0.380	H-90	5.500	12470.	12900.	2.688	913.
4.000	15.70	17.10	E74-P	75.	0.304	H-90	5.500	11400.	10910.	2.688	913.
4.000	15.70	17.10	E75-2	75.	0.304	H-90	5.500	9260.	8560.	2.688	913.
4.000	15.70	17.10	E75-3	75.	0.238	H-90	5.500	7840.	6490.	2.688	913.
4.000	15.70	17.50	E75-1	75.	0.380	NC46FH	6.000	12470.	12900.	3.095	901.
4.000	15.70	17.50	E74-P	75.	0.304	NC46FH	6.000	11400.	10910.	3.095	901.
4.000	15.70	17.50	E75-2	75.	0.304	NC46FH	6.000	9260.	8560.	3.095	901.
4.000	15.70	17.50	E75-3	75.	0.238	NC46FH	6.000	7840.	6490.	3.095	901.
4.000	15.70	17.20	X95-1	95.	0.380	H-90	5.500	15790.	16340.	2.688	913.
4.000	15.70	17.20	X95-P	95.	0.304	H-90	5.500	14440.	13820.	2.688	913.
4.000	15.70	17.20	X95-2	95.	0.304	H-90	5.500	11730.	10150.	2.688	913.
4.000	15.70	17.20	X95-3	95.	0.238	H-90	5.500	9930.	7840.	2.688	913.
4.000	15.70	17.30	X95-1	95.	0.380	NC40FH	5.500	15790.	16340.	2.313	897.
4.000	15.70	17.30	X95-P	95.	0.304	NC40FH	5.500	14440.	13820.	2.313	897.
4.000	15.70	17.30	X95-2	95.	0.304	NC40FH	5.500	11730.	10150.	2.313	897.
4.000	15.70	17.30	X95-3	95.	0.238	NC40FH	5.500	9930.	7840.	2.313	897.
4.000	15.70	17.80	X95-1	95.	0.380	NC46FH	6.000	15790.	16340.	3.125	897.
4.000	15.70	17.80	X95-P	95.	0.304	NC46FH	6.000	14440.	13820.	3.125	897.
4.000	15.70	17.80	X95-2	95.	0.304	NC46FH	6.000	11730.	10150.	3.125	897.
4.000	15.70	17.80	X95-3	95.	0.238	NC46FH	6.000	9930.	7840.	3.125	897.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Espesor de Pared (PG)	Espacio libre (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
4.000	15.70	17.20	G105-1	105.	0.380	H-90	5.500	17460.	18050.	2.688	913.
4.000	15.70	17.20	G105-P	105.	0.304	H-90	5.500	15960.	15180.	2.688	913.
4.000	15.70	17.20	G105-2	105.	0.304	H-90	5.500	12970.	10910.	2.688	913.
4.000	15.70	17.20	G105-3	105.	0.238	H-90	5.500	10970.	7920.	2.688	913.
4.000	15.70	17.30	G105-1	105.	0.380	NC40FH	5.500	17460.	18050.	2.313	897.
4.000	15.70	17.30	G105-P	105.	0.304	NC40FH	5.500	15960.	15180.	2.313	897.
4.000	15.70	17.30	G105-2	105.	0.304	NC40FH	5.500	12970.	10910.	2.313	897.
4.000	15.70	17.30	G105-3	105.	0.238	NC40FH	5.500	10970.	7920.	2.313	897.
4.000	15.70	17.80	G105-1	105.	0.380	NC46FH	6.000	17460.	18050.	3.125	901.
4.000	15.70	17.80	G105-P	105.	0.304	NC46FH	6.000	15960.	15180.	3.125	901.
4.000	15.70	17.80	G105-2	105.	0.304	NC46FH	6.000	12970.	10910.	3.125	901.
4.000	15.70	17.80	G105-3	105.	0.238	NC46FH	6.000	10970.	7920.	3.125	901.
4.000	15.70	18.10	S135-1	135.	0.380	NC46FH	6.000	22440.	23210.	1.875	1048.
4.000	15.70	18.10	S135-P	135.	0.304	NC46FH	6.000	20520.	18630.	1.875	1048.
4.000	15.70	18.10	S135-2	135.	0.304	NC46FH	6.000	16670.	12930.	1.875	1048.
4.000	15.70	18.10	S135-3	135.	0.238	NC46FH	6.000	14110.	8940.	1.875	1048.
4.500	13.75	14.10	E75-1	75.	0.271	OH	5.750	7900.	7200.	3.770	554.
4.500	13.75	14.10	E75-P	75.	0.217	OH	5.750	7230.	4710.	3.770	554.
4.500	13.75	14.10	E75-2	75.	0.217	OH	5.750	5870.	2960.	3.770	554.
4.500	13.75	14.10	E75-3	75.	0.169	OH	5.750	4970.	2090.	3.770	554.
4.500	13.75	14.80	E75-1	75.	0.271	NC50WO	6.125	7900.	7200.	3.750	849.
4.500	13.75	14.80	E75-P	75.	0.217	NC50WO	6.125	7230.	4710.	3.750	849.
4.500	13.75	14.80	E75-2	75.	0.217	NC50WO	6.125	5870.	2960.	3.750	849.
4.500	13.75	14.80	E75-3	75.	0.169	NC50WO	6.125	4970.	2090.	3.750	849.
4.500	13.75	15.20	E75-1	75.	0.271	H-90	6.000	7900.	7200.	3.125	938.
4.500	13.75	15.20	E75-P	75.	0.217	H-90	6.000	7230.	4710.	3.125	938.
4.500	13.75	15.20	E75-2	75.	0.217	H-90	6.000	5870.	2960.	3.125	938.
4.500	13.75	15.20	E75-3	75.	0.169	H-90	6.000	4970.	2090.	3.125	938.
4.500	13.75	15.40	E75-1	75.	0.271	NC50IF	6.375	7900.	7200.	3.625	944.
4.500	13.75	15.40	E75-P	75.	0.217	NC50IF	6.375	7230.	4710.	3.625	944.
4.500	13.75	15.40	E75-2	75.	0.217	NC50IF	6.375	5870.	2960.	3.625	944.
4.500	13.75	15.40	E75-3	75.	0.169	NC50IF	6.375	4970.	2090.	3.625	944.
4.500	16.60	16.80	E75-1	75.	0.337	NC38SH	5.000	9830.	10390.	2.563	587.
4.500	16.60	16.80	E75-P	75.	0.270	NC38SH	5.000	8990.	7550.	2.563	587.
4.500	16.60	16.80	E75-2	75.	0.270	NC38SH	5.000	7300.	5170.	2.563	587.
4.500	16.60	16.80	E75-3	75.	0.210	NC38SH	5.000	6180.	3520.	2.563	587.
4.500	16.60	17.10	E75-1	75.	0.337	OH	5.875	9830.	10390.	3.625	714.
4.500	16.60	17.10	E75-P	75.	0.270	OH	5.875	8990.	7550.	3.625	714.
4.500	16.60	17.10	E75-2	75.	0.270	OH	5.875	7300.	5170.	3.625	714.
4.500	16.60	17.10	E75-3	75.	0.210	OH	5.875	6180.	3520.	3.625	714.
4.500	16.60	17.90	E75-1	75.	0.337	H-90	6.000	9830.	10390.	3.125	938.
4.500	16.60	17.90	E75-P	75.	0.270	H-90	6.000	8990.	7550.	3.125	938.
4.500	16.60	17.90	E75-2	75.	0.270	H-90	6.000	7300.	5170.	3.125	938.
4.500	16.60	17.90	E75-3	75.	0.210	H-90	6.000	6180.	3520.	3.125	938.
4.500	16.60	18.00	E75-1	75.	0.337	NC50IF	6.375	9830.	10390.	3.625	944.
4.500	16.60	18.00	E75-P	75.	0.270	NC50IF	6.375	8990.	7550.	3.625	944.
4.500	16.60	18.00	E75-2	75.	0.270	NC50IF	6.375	7300.	5170.	3.625	944.
4.500	16.60	18.00	E75-3	75.	0.210	NC50IF	6.375	6180.	3520.	3.625	944.
4.500	16.60	18.20	E75-1	75.	0.337	FH	6.000	9830.	10390.	2.875	976.
4.500	16.60	18.20	E75-P	75.	0.270	FH	6.000	8990.	7550.	2.875	976.
4.500	16.60	18.20	E75-2	75.	0.270	FH	6.000	7300.	5170.	2.875	976.
4.500	16.60	18.20	E75-3	75.	0.210	FH	6.000	6180.	3520.	2.875	976.
4.500	16.60	18.40	E75-1	75.	0.337	NC46XH	6.250	9830.	10390.	3.125	901.
4.500	16.60	18.40	E75-P	75.	0.270	NC46XH	6.250	8990.	7550.	3.125	901.
4.500	16.60	18.40	E75-2	75.	0.270	NC46XH	6.250	7300.	5170.	3.125	901.
4.500	16.60	18.40	E75-3	75.	0.210	NC46XH	6.250	6180.	3520.	3.125	901.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Espesor de Pared (PG)	Espacio libre (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
4.500	16.60	18.00	X95-1	95.	0.337	H-90	6.000	12450.	12750.	3.125	938.
4.500	16.60	18.00	X95-P	95.	0.270	H-90	6.000	11380.	8850.	3.125	938.
4.500	16.60	18.00	X95-2	95.	0.270	H-90	6.000	9250.	5770.	3.125	938.
4.500	16.60	18.00	X95-3	95.	0.210	H-90	6.000	7830.	2930.	3.125	938.
4.500	16.60	18.30	X95-1	95.	0.337	FH	6.000	12450.	12750.	2.875	976.
4.500	16.60	18.30	X95-P	95.	0.270	FH	6.000	11380.	8850.	2.875	976.
4.500	16.60	18.30	X95-2	95.	0.270	FH	6.000	9250.	5770.	2.875	976.
4.500	16.60	18.30	X95-3	95.	0.210	FH	6.000	7830.	2930.	2.875	976.
4.500	16.60	18.30	X95-1	95.	0.337	NC50IF	6.375	12450.	12750.	3.625	939.
4.500	16.60	18.30	X95-P	95.	0.270	NC50IF	6.375	11380.	8850.	3.625	939.
4.500	16.60	18.30	X95-2	95.	0.270	NC50IF	6.375	9250.	5770.	3.625	939.
4.500	16.60	18.30	X95-3	95.	0.210	NC50IF	6.375	7830.	2930.	3.625	939.
4.500	16.60	18.70	X95-1	95.	0.337	NC46XH	6.250	12450.	12750.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.70	X95-P	95.	0.270	NC46XH	6.250	11380.	8850.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.70	X95-2	95.	0.270	NC46XH	6.250	9250.	5770.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.70	X95-3	95.	0.210	NC46XH	6.250	7830.	2930.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.00	G105-1	105.	0.337	H-90	6.000	13760.	13820.	3.125	938.
4.500	16.60	18.00	G105-P	105.	0.270	H-90	6.000	12580.	9460.	3.125	938.
4.500	16.60	18.00	G105-2	105.	0.270	H-90	6.000	10220.	6010.	3.125	938.
4.500	16.60	18.00	G105-3	105.	0.210	H-90	6.000	8650.	4110.	3.125	938.
4.500	16.60	18.30	G105-1	105.	0.337	FH	6.000	13760.	13820.	2.625	976.
4.500	16.60	18.30	G105-P	105.	0.270	FH	6.000	12580.	9460.	2.625	976.
4.500	16.60	18.30	G105-2	105.	0.270	FH	6.000	10220.	6010.	2.625	976.
4.500	16.60	18.30	G105-3	105.	0.210	FH	6.000	8650.	4110.	2.625	976.
4.500	16.60	18.30	G105-1	105.	0.337	NC50IF	6.375	13760.	13820.	3.625	939.
4.500	16.60	18.30	G105-P	105.	0.270	NC50IF	6.375	12580.	9460.	3.625	939.
4.500	16.60	18.30	G105-2	105.	0.270	NC50IF	6.375	10220.	6010.	3.625	939.
4.500	16.60	18.30	G105-3	105.	0.210	NC50IF	6.375	8650.	4110.	3.625	939.
4.500	16.60	18.70	G105-1	105.	0.337	NC46XH	6.250	13760.	13820.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.70	G105-P	105.	0.270	NC46XH	6.250	12580.	9460.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.70	G105-2	105.	0.270	NC46XH	6.250	10220.	6010.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.70	G105-3	105.	0.210	NC46XH	6.250	8650.	4110.	2.875	1048.
4.500	16.60	18.30	S135-1	135.	0.337	H-90	6.000	17690.	16800.	2.875	1085.
4.500	16.60	18.30	S135-P	135.	0.270	H-90	6.000	16180.	10990.	2.875	1085.
4.500	16.60	18.30	S135-2	135.	0.270	H-90	6.000	13140.	6490.	2.875	1085.
4.500	16.60	18.30	S135-3	135.	0.210	H-90	6.000	11120.	4420.	2.875	1085.
4.500	16.60	18.60	S135-1	135.	0.337	NC50IF	6.375	17690.	16800.	3.375	1110.
4.500	16.60	18.60	S135-P	135.	0.270	NC50IF	6.375	16180.	10990.	3.375	1110.
4.500	16.60	18.60	S135-2	135.	0.270	NC50IF	6.375	13140.	6490.	3.375	1110.
4.500	16.60	18.60	S135-3	135.	0.210	NC50IF	6.375	11120.	4420.	3.375	1110.
4.500	16.60	18.90	S135-1	135.	0.337	NC46XH	6.250	17690.	16800.	2.625	1184.
4.500	16.60	18.90	S135-P	135.	0.270	NC46XH	6.250	16180.	10990.	2.625	1184.
4.500	16.60	18.90	S135-2	135.	0.270	NC46XH	6.250	13140.	6490.	2.625	1184.
4.500	16.60	18.90	S135-3	135.	0.210	NC46XH	6.250	11120.	4420.	2.625	1184.
4.500	16.60	19.10	S135-1	135.	0.337	FH	6.250	17690.	16800.	2.375	1235.
4.500	16.60	19.10	S135-P	135.	0.270	FH	6.250	16180.	10990.	2.375	1235.
4.500	16.60	19.10	S135-2	135.	0.270	FH	6.250	13140.	6490.	2.375	1235.
4.500	16.60	19.10	S135-3	135.	0.210	FH	6.250	11120.	4420.	2.375	1235.
4.500	20.00	21.60	E75-1	75.	0.430	NC50IF	6.375	12540.	12960.	3.452	1031.
4.500	20.00	21.60	E75-P	75.	0.344	NC50IF	6.375	11470.	10980.	3.452	1031.
4.500	20.00	21.60	E75-2	75.	0.344	NC50IF	6.375	9320.	8660.	3.452	1031.
4.500	20.00	21.60	E75-3	75.	0.218	NC50IF	6.375	7880.	6580.	3.452	1031.
4.500	20.00	21.70	E75-1	75.	0.337	FH	6.000	12540.	12960.	2.875	976.
4.500	20.00	21.70	E75-P	75.	0.270	FH	6.000	11470.	10980.	2.875	976.
4.500	20.00	21.70	E75-2	75.	0.270	FH	6.000	9320.	8660.	2.875	976.
4.500	20.00	21.70	E75-3	75.	0.210	FH	6.000	7880.	6580.	2.875	976.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Espesor de Pared (PG)	Espacio libre (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
4.500	20.00	21.70	E75-1	75.	0.430	H-90	6.000	12540	12960.	2.875	1085.
4.500	20.00	21.70	E75-P	75.	0.344	H-90	6.000	11470.	10980.	2.875	1085.
4.500	20.00	21.70	E75-2	75.	0.344	H-90	6.000	9320	8660.	2.875	1085.
4.500	20.00	21.70	E75-3	75.	0.268	H-90	6.000	7880.	6580.	2.875	1085.
4.500	20.00	22.10	E75-1	75.	0.430	NC46XH	6.250	12540.	12960.	2.875	1048.
4.500	20.00	22.10	E75-P	75.	0.344	NC46XH	6.250	11470.	10980.	2.875	1048.
4.500	20.00	22.10	E75-2	75.	0.344	NC46XH	6.250	9320.	8660.	2.875	1048.
4.500	20.00	22.10	E75-3	75.	0.268	NC46XH	6.250	7880.	6580.	2.875	1048.
4.500	20.00	21.70	X95-1	95.	0.430	H-90	6.000	15890.	16420.	3.125	938.
4.500	20.00	21.70	X95-P	95.	0.344	H-90	6.000	14520.	13900.	3.125	938.
4.500	20.00	21.70	X95-2	95.	0.344	H-90	6.000	11800.	10280.	3.125	938.
4.500	20.00	21.70	X95-3	95.	0.268	H-90	6.000	9990.	7590.	3.125	938.
4.500	20.00	22.00	X95-1	95.	0.430	NC50IF	6.375	15890.	16420.	3.250	1110.
4.500	20.00	22.00	X95-P	95.	0.344	NC50IF	6.375	14520.	13900.	3.250	1110.
4.500	20.00	22.00	X95-2	95.	0.344	NC50IF	6.375	11800.	10280.	3.250	1110.
4.500	20.00	22.00	X95-3	95.	0.268	NC50IF	6.375	9990.	7590.	3.250	1110.
4.500	20.00	22.30	X95-1	95.	0.430	FH	6.000	15890.	16420.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.30	X95-P	95.	0.344	FH	6.000	14520.	13900.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.30	X95-2	95.	0.344	FH	6.000	11800.	10280.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.30	X95-3	95.	0.268	FH	6.000	9990.	7590.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.60	X95-1	95.	0.430	NC46XH	6.250	15890.	16420.	2.625	1184.
4.500	20.00	22.60	X95-P	95.	0.344	NC46XH	6.250	14520.	13900.	2.625	1184.
4.500	20.00	22.60	X95-2	95.	0.344	NC46XH	6.250	11800.	10280.	2.625	1184.
4.500	20.00	22.60	X95-3	95.	0.268	NC46XH	6.250	9990.	7590.	2.625	1184.
4.500	20.00	21.90	G105-1	105.	0.430	H-90	6.000	17560.	18150.	2.875	1085.
4.500	20.00	21.90	G105-P	105.	0.344	H-90	6.000	16050.	15340.	2.875	1085.
4.500	20.00	21.90	G105-2	105.	0.344	H-90	6.000	13040.	11050.	2.875	1085.
4.500	20.00	21.90	G105-3	105.	0.268	H-90	6.000	11040.	8040.	2.875	1085.
4.500	20.00	22.00	G105-1	105.	0.430	NC50IF	6.375	17560.	18150.	3.375	1110.
4.500	20.00	22.00	G105-P	105.	0.344	NC50IF	6.375	16050.	15340.	3.375	1110.
4.500	20.00	22.00	G105-2	105.	0.344	NC50IF	6.375	13040.	11050.	3.375	1110.
4.500	20.00	22.00	G105-3	105.	0.268	NC50IF	6.375	11040.	8040.	3.375	1110.
4.500	20.00	22.30	G105-1	105.	0.430	FH	6.000	17560.	18150.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.30	G105-P	105.	0.344	FH	6.000	16050.	15340.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.30	G105-2	105.	0.344	FH	6.000	13040.	11050.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.30	G105-3	105.	0.268	FH	6.000	11040.	8040.	2.375	1235.
4.500	20.00	22.80	G105-1	105.	0.430	NC46XH	6.250	17560.	18150.	2.375	1307.
4.500	20.00	22.80	G105-P	105.	0.344	NC46XH	6.250	16050.	15340.	2.375	1307.
4.500	20.00	22.80	G105-2	105.	0.344	NC46XH	6.250	13040.	11050.	2.375	1307.
4.500	20.00	22.80	G105-3	105.	0.268	NC46XH	6.250	11040.	8040.	2.375	1307.
4.500	20.00	23.00	S135-1	135.	0.430	NC50IF	6.625	22580.	23330.	2.875	1416.
4.500	20.00	23.00	S135-P	135.	0.344	NC50IF	6.625	20640.	18840.	2.875	1416.
4.500	20.00	23.00	S135-2	135.	0.344	NC50IF	6.625	16770.	13120.	2.875	1416.
4.500	20.00	23.00	S135-3	135.	0.268	NC50IF	6.625	14190.	9100.	2.875	1416.
4.500	20.00	23.00	S135-1	135.	0.430	NC46XH	6.250	22580.	23330.	2.125	1419.
4.500	20.00	23.00	S135-P	135.	0.344	NC46XH	6.250	20640.	18840.	2.125	1419.
4.500	20.00	23.00	S135-2	135.	0.344	NC46XH	6.250	16770.	13120.	2.125	1419.
4.500	20.00	23.00	S135-3	135.	0.268	NC46XH	6.250	14190.	9100.	2.125	1419.
5.000	19.50	20.90	E75-1	75.	0.362	NC50XH	6.375	9500.	10000.	3.625	944.
5.000	19.50	20.90	E75-P	75.	0.290	NC50XH	6.375	8690.	7070.	3.625	944.
5.000	19.50	20.90	E75-2	75.	0.290	NC50XH	6.375	7060.	4760.	3.625	944.
5.000	19.50	20.90	E75-3	75.	0.226	NC50XH	6.375	5970.	3210.	3.625	944.
5.000	19.50	22.10	E75-1	75.	0.362	5.5XH	7.000	9500.	10000.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.10	E75-P	75.	0.290	5.5XH	7.000	8690.	7070.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.10	E75-2	75.	0.290	5.5XH	7.000	7060.	4760.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.10	E75-3	75.	0.226	5.5XH	7.000	5970.	3210.	3.625	1448.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Espesor de Pared (PG)	Espacio libre (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
5.000	19.50	21.40	X95--1	95.	0.362	NC50XH	6.375	12040.	12010.	3.375	1110.
5.000	19.50	21.40	X95--P	95.	0.290	NC50XH	6.375	11000.	8230.	3.375	1110.
5.000	19.50	21.40	X95--2	95.	0.290	NC50XH	6.375	8940.	5230.	3.375	1110.
5.000	19.50	21.40	X95--3	95.	0.226	NC50XH	6.375	7570.	3630.	3.375	1110.
5.000	19.50	22.40	X95-1	95.	0.362	5.5FH	7.000	12040.	12010.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.40	X95-P	95.	0.290	5.5FH	7.000	11000.	8230.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.40	X95-2	95.	0.290	5.5FH	7.000	8940.	5230.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.40	X95-3	95.	0.226	5.5FH	7.000	7570.	3630.	3.625	1448.
5.000	19.50	21.90	G105-1	105.	0.362	NC50XH	6.500	13300.	12990.	3.125	1269.
5.000	19.50	21.90	G105--P	105.	0.290	NC50XH	6.500	12160.	8760.	3.125	1269.
5.000	19.50	21.90	G105-2	105.	0.290	NC50XH	6.500	9880.	5410.	3.125	1269.
5.000	19.50	21.90	G105-3	105.	0.226	NC50XH	6.500	8360.	3770.	3.125	1269.
5.000	19.50	22.40	G105-1	105.	0.362	5.5FH	7.000	13300.	12990.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.40	G105-P	105.	0.290	5.5FH	7.000	12160.	8760.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.40	G105-2	105.	0.290	5.5FH	7.000	9880.	5410.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.40	G105-3	105.	0.226	5.5FH	7.000	8360.	3770.	3.625	1448.
5.000	19.50	22.50	S135-1	135.	0.362	NC50XH	6.625	17110.	15700.	2.625	1551.
5.000	19.50	22.50	S135-P	135.	0.290	NC50XH	6.625	15640.	10050.	2.625	1551.
5.000	19.50	22.50	S135-2	135.	0.290	NC50XH	6.625	12710.	5970.	2.625	1551.
5.000	19.50	22.50	S135-3	135.	0.226	NC50XH	6.625	10750.	3960.	2.625	1551.
5.000	19.50	23.20	S135-1	135.	0.362	5.5FH	7.250	17110.	15700.	3.375	1619.
5.000	19.50	23.20	S135-P	135.	0.290	5.5FH	7.625	15640.	10050.	3.375	1690.
5.000	19.50	23.20	S135-2	135.	0.290	5.5FH	7.625	12710.	5970.	3.375	1690.
5.000	19.50	23.20	S135-3	135.	0.226	5.5FH	7.625	10750.	3960.	3.375	1690.
5.000	25.60	26.90	E75-1	75.	0.500	NC50XH	6.375	13120.	13500.	3.375	1110.
5.000	25.60	26.90	E75-P	75.	0.440	NC50XH	6.375	12000.	11460.	3.375	1110.
5.000	25.60	26.90	E75-2	75.	0.440	NC50XH	6.375	9750.	9420.	3.375	1110.
5.000	25.60	26.90	E75-3	75.	0.375	NC50XH	6.375	8250.	7250.	3.375	1110.
5.000	25.60	28.10	E75-1	75.	0.500	5.5FH	7.000	13120.	13500.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.10	E75-P	75.	0.440	5.5FH	7.000	12000.	11460.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.10	E75-2	75.	0.440	5.5FH	7.000	9750.	9420.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.10	E75-3	75.	0.375	5.5FH	7.000	8250.	7250.	3.375	1619.
5.000	25.60	27.80	X95-1	95.	0.500	NC50XH	6.500	16620.	17100.	2.875	1416.
5.000	25.60	27.80	X95-P	95.	0.440	NC50XH	6.500	15200.	14510.	2.875	1416.
5.000	25.60	27.80	X95-2	95.	0.440	NC50XH	6.500	12350.	11270.	2.875	1416.
5.000	25.60	27.80	X95-3	95.	0.375	NC50XH	6.500	10450.	8460.	2.875	1416.
5.000	25.60	28.30	X95-1	95.	0.500	5.5FH	7.000	16620.	17100.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.30	X95-P	95.	0.440	5.5FH	7.000	15200.	14510.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.30	X95-2	95.	0.440	5.5FH	7.000	12350.	11270.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.30	X95-3	95.	0.375	5.5FH	7.000	10450.	8460.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.30	G105-1	105.	0.500	NC50XH	6.625	18380.	18900.	2.625	1551.
5.000	25.60	28.30	G105-P	105.	0.440	NC50XH	6.625	16800.	16040.	2.625	1551.
5.000	25.60	28.30	G105-2	105.	0.440	NC50XH	6.625	13650.	12160.	2.625	1551.
5.000	25.60	28.30	G105-3	105.	0.375	NC50XH	6.625	11550.	9020.	2.625	1551.
5.000	25.60	28.30	G105-1	105.	0.500	5.5FH	7.250	18380.	18900.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.30	G105-P	105.	0.440	5.5FH	7.250	16800.	16040.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.30	G105-2	105.	0.440	5.5FH	7.250	13650.	12160.	3.375	1619.
5.000	25.60	28.30	G105-3	105.	0.375	5.5FH	7.250	11550.	9020.	3.375	1619.
5.000	25.60	29.20	S135-1	135.	0.500	5.5FH	7.250	23620.	24300.	3.125	1778.
5.000	25.60	29.20	S135-P	135.	0.440	5.5FH	7.250	21600.	20540.	3.125	1778.
5.000	25.60	29.20	S135-2	135.	0.440	5.5FH	7.250	17550.	14590.	3.125	1778.
5.000	25.60	29.20	S135-3	135.	0.375	5.5FH	7.250	14850.	10410.	3.125	1778.
5.500	21.90	23.80	E75-1	75.	0.361	FH	7.000	8610.	8440.	3.875	1266.
5.500	21.90	23.80	E75-P	75.	0.289	FH	7.000	7880.	5760.	3.875	1266.
5.500	21.90	23.80	E75-2	75.	0.289	FH	7.000	6400.	3640.	3.875	1266.
5.500	21.90	23.80	E75-3	75.	0.225	FH	7.000	5420.	2580.	3.875	1266.

Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal (LB/PIE)	Peso con Cople (LB/PIE)	Grado	Espesor de Pared (PG)	Espacio libre (PG)	Tipo de Junta	Espacio libre (PG)	Presión Interna (PSI)	Presión Colapso (PSI)	Diámetro de Trabajo (PG)	Esfuerzo de la Junta (1,000 LBS)
5.500	21.90	24.40	X95-1	95.	0.361	FH	7.000	10910.	10000.	3.625	1448.
5.500	21.90	24.40	X95-P	95.	0.289	FH	7.000	9980.	6530.	3.625	1448.
5.500	21.90	24.40	X95-2	95.	0.289	FH	7.000	8110.	4040.	3.625	1448.
5.500	21.90	24.40	X95-3	95.	0.225	FH	7.000	6860.	2810.	3.625	1448.
5.500	21.90	25.30	G105-1	105.	0.361	FH	7.250	12060.	10740.	3.375	1619.
5.500	21.90	25.30	G105-P	105.	0.289	FH	7.250	11030.	6860.	3.375	1619.
5.500	21.90	25.30	G105-2	105.	0.289	FH	7.250	8960.	4230.	3.375	1619.
5.500	21.90	25.30	G105-3	105.	0.225	FH	7.250	7580.	2860.	3.375	1619.
5.500	21.90	26.40	S135-1	135.	0.361	FH	7.500	15510.	12710.	2.875	1925.
5.500	21.90	26.40	S135-P	135.	0.289	FH	7.500	14180.	7520.	2.875	1925.
5.500	21.90	26.40	S135-2	135.	0.289	FH	7.500	11520.	4580.	2.875	1925.
5.500	21.90	26.40	S135-3	135.	0.225	FH	7.500	9750.	2870.	2.875	1925.
5.500	24.70	26.30	E75-1	75.	0.415	FH	7.000	9900.	10460.	3.875	1265.
5.500	24.70	26.30	E75-P	75.	0.332	FH	7.000	9050.	7670.	3.875	1265.
5.500	24.70	26.30	E75-2	75.	0.332	FH	7.000	7360.	5260.	3.875	1265.
5.500	24.70	26.30	E75-3	75.	0.259	FH	7.000	6230.	3600.	3.875	1265.
5.500	24.70	27.80	X95-1	95.	0.415	FH	7.250	12540.	12920.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	X95-P	95.	0.332	FH	7.250	11470.	9000.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	X95-2	95.	0.332	FH	7.250	9320.	5890.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	X95-3	95.	0.259	FH	7.250	7890.	4000.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	G105-1	105.	0.415	FH	7.250	13860.	14000.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	G105-P	105.	0.332	FH	7.250	12680.	9620.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	G105-2	105.	0.332	FH	7.250	10300.	6140.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	G105-3	105.	0.259	FH	7.250	8720.	4190.	3.375	1619.
5.500	24.70	27.80	S135-1	135.	0.415	FH	7.500	17830.	17050.	2.875	1925.
5.500	24.70	27.80	S135-P	135.	0.332	FH	7.500	16300.	11200.	2.875	1925.
5.500	24.70	27.80	S135-2	135.	0.332	FH	7.500	13250.	6610.	2.875	1925.
5.500	24.70	27.80	S135-3	135.	0.259	FH	7.500	11210.	4520.	2.875	1925.
6.625	25.20	27.30	E75-1	75.	0.330	FH	8.000	6540.	4810.	4.875	1448.
6.625	25.20	27.30	E75-P	75.	0.264	FH	8.000	5980.	2930.	4.875	1448.
6.625	25.20	27.30	E75-2	75.	0.264	FH	8.000	4110.	1870.	4.875	1448.
6.625	25.20	27.30	E75-3	75.	0.206	FH	8.000	4110.	1170.	4.875	1448.

ROSCAS Y COPLES EXTREMOS PLANOS												Resistencia a la Presión Interna (psi) y Resistencia a la Tensión de la Junta (1,000 lbs.)															
Diámetro exterior (PG)	Peso Nominal Roscas y Coples (LB/PIE)	Grado	Espesor de Pared (PG)	Diámetro Interior (PG)	Diámetro de Trabajo (PG)	Diámetro Exterior del Copie (PG)	Diámetro Exterior del Copie sobre el Copie (PG)	Diámetro de Trabajo de la Caja (PG)	Resistencia al Coplejo (PSI)	Resistencia a la tensión del Cuerpo (1,000 LBS)	Extremos Planos	Cople Redonda					Cople Espacio					Resistencia a la Tensión de la Junta (1,000 lbs.)					
												Corra	Larga	Mismo Grado	Mayor Grado	Mismo Grado	Mayor Grado	Redonda	Cople Regular	Libre Colpe	Mayor Copie	Espacio Copie	Extremos Planos	Junta Estándar	Junta Opcional		
8 3/8	36.00	N-80	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,100	827	6,490	-	6,490	6,490	6,490	5,900	6,340	-	688	895	885	883	895	917	917	
	40.00	N-80	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	5,520	925	7,300	-	7,300	7,300	7,300	5,900	6,340	-	788	1,001	1,001	883	1,001	992	932	
	44.00	N-80	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	6,950	1,021	8,120	-	8,120	8,120	8,120	5,900	6,340	-	887	1,105	1,105	883	1,103	1,060	932	
	49.00	N-80	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	8,580	1,129	9,040	-	9,040	9,040	9,040	5,900	6,340	-	997	1,222	1,222	883	1,103	1,060	932	
	36.00	C-90	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,250	930	7,300	-	7,300	7,300	-	6,340	-	-	749	928	-	883	-	917	917	
	40.00	C-90	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	5,870	1,040	8,220	-	8,220	8,220	-	6,340	-	-	858	1,038	-	883	-	962	932	
	44.00	C-90	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	7,490	1,149	9,130	-	9,130	9,130	-	6,340	-	-	955	1,146	-	883	-	1,060	932	
	49.00	C-90	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	9,340	1,271	10,170	-	10,170	10,170	-	6,340	-	-	1,085	1,268	-	883	-	1,060	932	
	36.00	C-95	0.400	7.825	7.700	9.625	9.125	7.700	9.120	4,350	982	7,710	-	7,710	7,710	-	6,340	-	-	789	976	-	927	-	963	935	
	40.00	C-95	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	6,020	1,068	8,870	-	8,870	8,870	-	6,340	-	-	904	1,092	-	927	-	1,042	979	
	44.00	C-95	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	7,740	1,212	9,640	-	9,640	9,640	-	6,340	-	-	1,017	1,206	-	927	-	1,113	979	
	49.00	C-95	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	9,710	1,341	10,740	-	10,740	10,740	-	6,340	-	-	1,144	1,334	-	927	-	1,113	979	
40.00	P-110	0.450	7.725	7.600	9.625	9.125	7.600	9.120	6,390	1,271	10,040	-	10,040	10,740	10,740	6,340	6,340	-	1,055	1,258	1,288	1,103	1,288	1,240	1,165		
44.00	P-110	0.500	7.625	7.500	9.625	9.125	7.500	9.120	8,420	1,404	11,160	-	11,160	11,160	11,160	6,340	6,340	-	1,188	1,423	1,423	1,103	1,412	1,326	1,165		
49.00	P-110	0.557	7.511	7.386	9.625	9.125	7.386	9.120	10,740	1,553	12,830	-	12,830	11,230	11,230	6,340	6,340	-	1,335	1,574	1,574	1,103	1,412	1,326	1,165		
2 5/8	32.30	H-40	0.312	9.001	8.845	10.625	-	-	-	1,370	365	2,270	2,270	-	-	-	-	-	-	254	-	-	-	-	-	-	
	36.00	H-40	0.352	8.921	8.765	10.625	-	-	-	1,720	410	2,560	2,560	-	-	-	-	-	-	-	284	-	-	-	-	-	-
	36.00	J-55	0.352	8.921	8.765	10.625	10.125	-	-	2,020	564	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	354	453	639	639	639	639	-	-	
	40.00	J-55	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	2,570	630	3,950	3,950	3,950	3,950	3,950	3,950	3,950	452	520	714	714	714	714	770	770	
	36.00	K-55	0.352	8.921	8.765	10.625	10.125	-	-	2,020	564	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	3,520	423	489	755	755	755	755	-	-	
	40.00	K-55	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	2,570	630	3,950	3,950	3,950	3,950	3,950	3,950	3,950	485	561	843	843	843	843	975	975	
	40.00	C-75	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	2,990	859	5,390	-	5,390	5,390	-	4,990	-	-	694	926	-	926	-	975	975	
	43.50	C-75	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	3,730	942	5,930	-	5,930	5,930	-	4,990	-	-	778	1,016	-	934	-	975	975	
	47.00	C-75	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	4,610	1,018	6,440	-	6,440	6,440	-	4,990	-	-	852	1,098	-	934	-	1,032	1,032	
	53.50	C-75	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	6,350	1,165	7,430	-	7,430	7,430	-	4,990	-	-	995	1,257	-	934	-	1,173	1,032	
	40.00	L-80	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,090	916	5,750	-	5,750	5,750	-	5,140	-	-	727	947	-	934	-	975	975	
	43.50	L-80	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	3,810	1,005	6,330	-	6,330	6,330	-	5,140	-	-	813	1,039	-	934	-	975	975	
47.00	L-80	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	4,760	1,085	6,870	-	6,870	6,870	-	5,140	-	-	893	1,122	-	934	-	1,032	1,032		
53.50	L-80	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	6,620	1,244	7,930	-	7,930	7,930	-	5,140	-	-	1,047	1,286	-	934	-	1,173	1,032		
40.00	N-80	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,090	916	5,750	-	5,750	5,750	5,750	5,140	5,140	-	737	979	979	979	979	1,027	1,027		
43.50	N-80	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	3,810	1,005	6,330	-	6,330	6,330	6,330	5,140	5,140	-	825	1,074	1,074	983	1,074	1,027	1,027		
47.00	N-80	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	4,760	1,085	6,870	-	6,870	6,870	6,870	5,140	5,140	-	905	1,161	1,161	983	1,161	1,085	1,085		
53.50	N-80	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	6,620	1,244	7,930	-	7,930	7,930	7,930	5,140	5,140	-	1,062	1,329	1,329	983	1,329	1,235	1,109		
40.00	C-90	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,250	1,031	6,460	-	6,460	6,460	-	5,140	-	-	804	1,021	-	983	-	1,027	1,027		
43.50	C-90	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	4,010	1,130	7,120	-	7,120	7,120	-	5,140	-	-	889	1,119	-	983	-	1,027	1,027		
47.00	C-90	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	5,000	1,221	7,720	-	7,720	7,720	-	5,140	-	-	987	1,210	-	983	-	1,085	1,085		
53.50	C-90	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	7,120	1,399	8,920	-	8,920	8,920	-	5,140	-	-	1,157	1,395	-	983	-	1,235	1,109		
40.00	C-95	0.395	8.835	8.679	10.625	10.125	8.599	10.100	3,320	1,088	6,820	-	6,820	6,820	-	5,140	-	-	847	1,074	-	1,032	-	1,078	1,078		
43.50	C-95	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	4,120	1,193	7,510	-	7,510	7,510	-	5,140	-	-	948	1,178	-	1,032	-	1,078	1,078		
47.00	C-95	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	5,090	1,289	8,150	-	8,150	8,150	-	5,140	-	-	1,046	1,273	-	1,032	-	1,141	1,141		
53.50	C-95	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	7,340	1,477	9,410	-	9,410	9,410	-	5,140	-	-	1,220	1,458	-	1,032	-	1,267	1,164		
43.50	P-110	0.435	8.755	8.599	10.625	10.125	8.599	10.100	4,420	1,381	8,700	-	8,700	8,700	5,140	5,140	-	-	1,106	1,388	1,388	1,229	1,388	1,263	1,263		
47.00	P-110	0.472	8.681	8.525	10.625	10.125	8.525	10.100	5,300	1,463	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	
53.50	P-110	0.545	8.535	8.379	10.625	10.125	8.379	10.100	7,950	1,710	10,900	-	10,900	9,160	9,160	5,140	5,140	-	-	1,422	1,718	1,718	1,229	1,573	1,544	1,386	
10 3/4	32.75	H-40	0.279	10.192	10.036	11.750	-	-	-	640	367	1,820	1,820	-	-	-	-	-	-	205	-						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Diámetro exterior (PG)	Roscas y Coples (LB/PIE)	Grado	ROSCAS Y COPLÉS										EXTREMOS PLANOS														
			Espesor de Pared (PG)	Diámetro Interior (PG)	Diámetro de Trabajo (PG)	Diámetro Exterior del Cople (PG)	Diámetro del Cople libre (PG)	Diámetro de Trabajo (PG)	Diámetro Exterior de la Caja (PG)	Resistencia al Cortar (PSI)	Resistencia a la tensión del Cuerpo (1,000 LBS)	Resistencia a la Presión Interna (psi)						Resistencia a la Tensión de la Junta (1,000 lbs.)									
												Cople Regular		Espacio Cople		Rosca Redonda		Cople Regular		Espacio Cople		Rosca Redonda		Cople Regular		Espacio Cople	
Redonda	Mayor	Mayor	Mayor	Redonda	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
10 3/4	40.50	K-35	0.350	10.050	9.894	11.750	-	-	-	1.580	629	3,130	3,130	-	3,130	3,130	3,130	3,130	450	-	819	819	819	819	-	-	
	45.50	K-35	0.400	0.950	9.794	11.750	11.250	9.694	11.480	2.090	715	3,580	3,580	-	3,580	3,580	3,290	3,580	528	-	931	931	931	931	1,236	-	
	51.00	K-35	0.450	9.850	9.694	11.750	11.250	9.694	11.480	2.700	801	4,030	4,030	-	4,030	4,030	3,260	4,030	608	-	1,043	1,043	1,043	1,043	1,363	-	
	51.00	C-75	0.450	9.850	9.794	11.750	11.250	9.694	11.480	3.110	1,022	5,490	5,490	-	5,490	-	4,150	-	756	-	1,160	-	1,041	-	1,383	-	
	55.00	C-75	0.495	9.760	9.894	11.750	11.250	9,604	11.460	3.920	1,196	6,040	6,040	-	6,040	-	4,150	-	843	-	1,271	-	1,041	-	1,515	-	
	51.00	L-80	0.450	9.850	9.794	11.750	11.250	9,694	11.460	3.220	1,165	5,860	5,860	-	5,860	-	4,150	-	794	-	1,190	-	1,041	-	1,363	-	
	55.00	L-80	0.495	9.760	9.694	11.750	11.250	9,604	11.460	4.020	1,276	6,450	6,450	-	6,450	6,450	4,150	4,150	884	-	1,303	-	1,041	-	1,515	-	
	51.00	N-80	0.450	9.850	9.794	11.750	11.250	9,694	11.460	3.220	1,165	5,860	5,860	-	5,860	5,860	4,150	4,150	804	-	1,228	1,228	1,066	1,228	1,456	-	
	55.00	N-80	0.495	9.760	9.694	11.750	11.250	9,604	11.460	4.020	1,276	6,450	6,450	-	6,450	6,450	4,150	4,150	895	-	1,345	1,345	1,066	1,345	1,565	-	
	51.00	C-60	0.450	9.850	9,694	11.750	11.250	9,694	11.460	3.400	1,310	6,590	6,590	-	6,590	-	4,150	-	892	-	1,287	-	1,112	-	1,465	-	
	55.00	C-60	0.495	9.760	9,604	11.750	11.250	9,604	11.460	4.160	1,435	6,725	6,880	-	7,250	-	4,150	-	771	-	1,409	-	1,112	-	1,595	-	
	51.00	C-65	0.450	9.850	9,694	11.750	11.250	9,694	11.460	3.480	1,383	6,960	6,900	-	6,960	-	4,150	-	927	-	1,354	-	1,151	-	1,529	-	
	55.00	C-65	0.495	9.760	9,604	11.750	11.250	9,604	11.460	4.290	1,515	7,660	6,900	-	7,450	-	4,150	-	1,032	-	1,483	-	1,151	-	1,675	-	
	51.00	P-110	0.450	9.850	9,694	11.750	11.250	9,694	11.460	3.480	1,383	6,050	7,860	-	7,450	7,450	4,150	4,150	1,060	-	1,594	1,594	1,370	1,594	1,820	-	
	55.00	P-110	0.495	9.760	9,604	11.750	11.250	9,604	11.460	4.290	1,515	8,860	7,860	-	7,450	7,450	4,150	4,150	1,203	-	1,745	1,745	1,370	1,745	1,993	-	
	80.70	P-110	0.545	9.660	9,504	11.750	11.250	9,504	11.460	5.880	1,922	9,760	7,860	-	7,450	7,450	4,150	4,150	1,338	-	1,912	1,912	1,370	1,745	2,000	-	
	65.70	P-110	0.595	9.560	9,404	11.750	11.250	-	-	7.500	2,086	10,650	7,860	-	7,450	7,450	4,150	4,150	1,472	-	2,077	2,077	1,370	1,745	-	-	
11 3/4	42.00	H-40	0.333	11.984	10.928	12.750	-	-	-	1.040	478	1,980	1,980	-	-	-	-	-	307	-	-	-	-	-	-	-	
	47.00	J-55	0.375	11.000	10.884	12.750	-	-	-	1,510	737	3,070	3,070	-	3,070	3,070	-	-	477	-	607	607	-	-	-	-	
	54.00	J-55	0.435	10.880	10.724	12.750	-	-	-	2,070	850	3,580	3,580	-	3,580	3,580	-	-	568	-	931	931	-	-	-	-	
	60.00	J-55	0.489	10.772	10.616	12.750	-	-	-	2,660	952	4,010	4,010	-	4,010	4,010	-	-	649	-	1,042	1,042	-	-	-	-	
	47.00	K-55	0.375	11.000	10.884	12.750	-	-	-	1,510	737	3,070	3,070	-	3,070	3,070	-	-	509	-	935	935	-	-	-	-	
	54.00	K-55	0.435	10.880	10.724	12.750	-	-	-	2,070	850	3,580	3,580	-	3,580	3,580	-	-	606	-	1,079	1,079	-	-	-	-	
	60.00	K-55	0.489	10.772	10.616	12.750	-	-	-	2,660	952	4,010	4,010	-	4,010	4,010	-	-	695	-	1,208	1,208	-	-	-	-	
	60.00	C-75	0.489	10.772	10.616	12.750	-	-	-	3,070	1,208	5,460	5,460	-	5,460	-	-	-	869	-	1,361	-	-	-	-	-	
	60.00	L-80	0.489	10.772	10.616	12.750	-	-	-	3,180	1,364	5,830	5,820	-	5,830	-	-	-	913	-	1,399	-	-	-	-	-	
	60.00	N-80	0.489	10.772	10.616	12.750	-	-	-	3,180	1,364	5,830	5,820	-	5,830	-	-	-	924	-	1,440	1,440	-	-	-	-	
	60.00	C-90	0.489	10.772	10.616	12.750	-	-	-	3,360	1,557	6,550	5,820	-	6,300	-	-	-	1,011	-	1,517	-	-	-	-	-	
	60.00	C-95	0.469	10.772	10.616	12.750	-	-	-	3,440	1,644	6,920	5,820	-	6,300	-	-	-	1,065	-	1,596	-	-	-	-	-	
	60.00	P-110	0.489	10.772	10.616	12.750	-	-	-	3,610	1,803	6,010	5,820	-	6,300	6,300	-	-	1,242	-	1,877	1,877	-	-	-	-	
13 3/8	48.00	H-40	0.330	12.715	12.559	14.375	-	-	-	740	541	1,730	1,730	-	-	-	-	-	322	-	-	-	-	-	-	-	
	54.50	J-55	0.380	12.618	12.459	14.375	-	-	-	1,130	853	2,730	2,730	-	2,730	2,730	-	-	514	-	909	909	-	-	-	-	
	61.00	J-55	0.430	12.515	12.359	14.375	-	-	-	1,540	962	3,090	3,090	-	3,090	3,090	-	-	595	-	1,025	1,025	-	-	-	-	
	68.00	J-55	0.480	12.415	12.259	14.375	-	-	-	1,950	1,089	3,450	3,450	-	3,450	3,450	-	-	675	-	1,140	1,140	-	-	-	-	
	54.50	K-55	0.360	12.616	12.459	14.375	-	-	-	1,130	853	2,730	2,730	-	2,730	2,730	-	-	547	-	1,038	1,038	-	-	-	-	
	61.00	K-55	0.430	12.515	12.359	14.375	-	-	-	1,540	962	3,090	3,090	-	3,090	3,090	-	-	633	-	1,169	1,169	-	-	-	-	
	68.00	K-55	0.480	12.415	12.259	14.375	-	-	-	1,950	1,069	3,450	3,450	-	3,450	3,450	-	-	718	-	1,300	1,300	-	-	-	-	
	68.00	C-75	0.480	12.415	12.259	14.375	-	-	-	2,220	1,458	4,710	4,560	-	4,710	-	-	-	905	-	1,490	-	-	-	-	-	
	72.00	C-75	0.514	12.347	12.191	14.375	-	-	-	2,800	1,538	5,040	4,550	-	4,930	-	-	-	978	-	1,558	-	-	-	-	-	
	68.00	L-80	0.480	12.415	12.259	14.375	-	-	-	2,260	1,556	5,020	4,550	-	4,930	-	-	-	952	-	1,545	-	-	-	-	-	
	72.00	L-80	0.514	12.347	12.191	14.375	-	-	-	2,870	1,661	5,360	4,550	-	4,930	-	-	-	1,029	-	1,650	-	-	-	-	-	
	68.00	L-80	0.480	12.415	12.259	14.375	-	-	-	2,260	1,556	5,020	4,550	-	4,930	4,930	-	-	963	-	1,585	1,585	-	-	-	-	
	72.00	L-80	0.514	12.347	12.191	14.375	-	-	-	2,670	1,661	5,360	4,550	-	4,930	4,930	-	-	1,040	-	1,693	1,693	-	-	-	-	

12.3 BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. DRILLING ENGINEERING
Neal, J. Adams
Tulsa Penn Well 1980
The Petroleum Publishing Co.
2. APPLIED DRILLING ENGINEERING
Bourgoyne, Millheim
The Petroleum Publishing Co.
Tulsa Penn Well 1982
3. DRILLING PRACTICES MANUAL
Moore, Presston
The Petroleum Publishing Co.
Tulsa: Penn Well 1974
4. APUNTES DE TECNOLOGÍA DE LA PERFORACIÓN
Miguel Angel Benitez Hernández
Facultad de Ingeniería
FI 1984
5. APUNTES DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN
Rosa de Jesus Hernández A.
Facultad de Ingeniería
FI 1984
6. DISEÑO DE TUBERÍAS DE REVESTIMIENTO Y CEMENTACIONES
Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Desarrollo Profesional
México D.F. 1979
7. FRACTURE GRADIENT PREDICTION AND APPLICATION IN OILFIELDS
OPERATIONS
Eaton, Ben A.
JPT (oct 1969)
8. WELL DESIGN: DRILLING AND PRODUCTION
Craf, B.C. Holden
Pretice Hall Inc.

PREGUNTAS DE REPASO

1. La principal fuente de potencia del trabajo mecánico del equipo de perforación son:
 - A) Motores eléctricos
 - B) Motores de combustión interna
 - C) El fluido de perforación
 - D) Malacates

2. Los chorros del fluido de perforación que se producen cuando se bombea el lodo a través de las toberas o boquillas de la barrena ayudan a mantener el índice de perforación porque:
 - A) Perforan grandes hoyos debajo de la barrena
 - B) Mantienen el fondo del pozo caliente
 - C) Permite el levantamiento de los recortes
 - D) Mantiene el fondo del pozo limpio

3. La fuente de potencia del lodo es:
 - A) Los motores de la instalación
 - B) La mesa rotaria
 - C) La bomba de lodos
 - D) La central de distribución

4. El caballaje hidráulico se origina por:
 - A) El flujo del fluido y la presión
 - B) El flujo del fluido y el volumen
 - C) El flujo del fluido y la temperatura
 - D) El flujo de fluido y los galones/min.

5. La cantidad de lodo de perforación que fluye de la bomba de lodos comunmente se mide en:
 - A) Barriles/día o Galones/hora
 - B) Pie³/min o pie³/hr
 - C) Gal/min o Bls/min
 - D) Golpes/min o golpes/hr

6. La presión usualmente se mide en:
 - A) Libras/pg² (psi)
 - B) Libras/gal (ppg)
 - C) Lbs/pg³ (pci)
 - D) Lbs/pie³ (pcf)

7. Su bomba de doble acción (duplex), esta funcionando a 65 spm (golpes/min) y tiene camisas de 7 pg. Utilizando la tabla inferior, el gasto de la bomba es:

		TIPO DA-700 DOBLE ACCION						
		EPM	80	75	70	65	60	50
φ	CAMISA	GASTO (GAL/MIN)						
	8"	1048	983	917	852	786	655	
	7 1/2"	914	857	799	742	685	571	
	7"	787	738	689	640	590	492	
	6 1/2"	670	628	586	544	502	419	
	5 1/2"	461	432	403	374	346	388	

- A) 590 gpm
- B) 503 gpm
- C) 689 gpm
- D) 640 gpm

8. Utilizando la tabla de la pregunta anterior, si se disminuye la velocidad de la bomba a 50 rpm y el tamaño de la camisa a 6 1/2" el gasto de la bomba será:
 A) 419 gpm
 B) 502 gpm
 C) 640 gpm
9. Usando la fórmula : $HHP = \frac{\text{Presión (psi)} \cdot \text{Gasto (gpm)}}{1,714}$ y la tabla de la pregunta 7 , cuántos caballos de fuerza hidráulica produce la bomba DA-700, si tiene camisas de 8" y está funcionando a una velocidad de 50 rpm (el manómetro de la bomba marca 1,000 psi).
 A) 7000,000 hp
 B) 408 hp
 C) 70,000 hp
 D) 41 hp
10. Después de perforar por varias horas con la bomba funcionando bajo las condiciones descritas en la pregunta anterior, usted se da cuenta que el manómetro marca 700 psi. La potencia hidráulica de la bomba es:
 A) 29 hp
 B) 49,000 hp
 C) 490,000 hp
 D) 286 hp
11. La mayor parte posible de la potencia hidráulica producida por la bomba de lodos debe llegar a:
 A) La línea de retorno
 B) Las toberas de la barrena
 C) La temblorina
 D) La presa de succión
12. Toda la potencia hidráulica producida por la bomba debe enviarse a la barrena
 (Falso o Verdadero)
13. Antes de que el lodo llegue a la barrena, la mayoría de las pérdidas de presión y potencia ocurren en:
 A) La bomba de lodos
 B) El Stand Pipe
 C) El Kelly
 D) La Sarta de perforación
14. Una de las razones por las cuales ocurren pérdidas de presión y potencia mientras el lodo fluye por la sarta es porque:
 A) Las paredes de la tubería son lisas
 B) Las paredes de la tubería son rugosas
 C) Las paredes de la tubería amplifican los efectos de lodo

15. Las pérdidas de presión y potencia ocurren por:
- A) Fricción o resistencia a fluir
 - B) Desperdicios en la circulación o línea de retorno
 - C) Índices bajos de bombeo o velocidad mínima de bombeo
 - D) Poca capacidad de la bomba o camisa de diámetro chico
16. De las siguientes combinaciones, la que causa mayor cantidad de pérdidas de presión es:
- A) Una sarta de 5,000 pies de longitud y 5" ϕ , con un lodo en circulación de 9.5 lb/gal
 - B) Una sarta de 5,000 pies de longitud y 5" ϕ , con un lodo en circulación de 9.0 lb/gal
 - C) Una sarta de 10,000 pies de longitud, 4" ϕ , con un lodo en circulación de 10 lb/gal
 - D) Una sarta de 10,000 pies de longitud y 4" ϕ , con un lodo en circulación de 9.0 lb/gal
17. Mientras más rápido se bombea el lodo a través del sistema de circulación, más grandes son las pérdidas de circulación.
(Cierto o Falso)
18. En un programa Hidráulico, la presión y potencia que se originan en la bomba y que debe llegar a las toberas será:
- A) Ninguna
 - B) De 1/4 a 1/2
 - C) De 1/2 a 3/4
 - D) De 3/4 al total
19. Si un manómetro se coloca en la línea de retorno donde el lodo cae a la temblorina, marcaría aproximadamente:
- A) 150 psi
 - B) No se puede determinar con la información dada.
 - C) 5 a 10 psi
 - D) 0 psi
20. Si tiene una caja de toberas marcada con el número 11, el tamaño de las toberas de la caja es:
- A) 11/64 de pg
 - B) 11/32 de pg
 - C) 11/16 de pg
 - D) 11/8 de pg

12.4 CONCLUSIONES

En la actualidad la perforación de pozos para la extracción de gas, aceite, vapor o agua es una actividad que requiere del mayor cuidado posible, debido a los altos costos que representan su realización, de ahí la necesidad de diseñar de manera efectiva los programas de perforación y vigilar las operaciones realizadas durante la perforación en forma estricta para la buena ejecución de la misma; Son muchos los factores que intervienen durante la construcción de un pozo, los cuales van desde el diseño del estado mecánico del pozo, hasta los materiales, herramientas y equipos que se van a utilizar, otro factor importante es la mano de obra, ya que se requiere de personal con experiencia para este tipo de trabajos.

Como ya mencione durante los trabajos de perforación de un pozo, previamente se desarrolla un programa de perforación, el cual define el seguimiento de construcción del pozo, no obstante se llegan a presentar una serie de problemas impredecibles, que deberán de ser resueltos inmediatamente, ya que cualquier tipo de problema por mínimo que sea, pone en riesgo la seguridad del personal, del equipo y del mismo pozo, lo que trae como consecuencia el incremento considerable de los costos y tiempo de perforación, motivo por el cual el ingeniero encargado de campo debé saber manejar y determinar los parámetros de perforación que le permitirán trabajar con seguridad.

Los resultados del análisis del presente trabajo, complementados con experiencia operativa (de campo) permitirá tomar decisiones con mayores posibilidades de éxito, ya que a medida que se adquiera mayor experiencia .se conseguirá mayor precisión y nuevas aplicaciones en la solución de los diferentes problemas existentes durante la perforación.