

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS**

### **ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR TÉCNICA DE CAÑONEO PARA EL BLOQUE TARAPOA.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
PETRÓLEOS**

**FERNANDO VINICIO BUSTILLOS PESANTES**

**DIRECTOR: ING. GERARDO BARROS**

**Quito, Febrero 2008**

## DECLARACIÓN

Yo Fernando Vinicio Bustillos Pesantes, declaro bajo juramento que el presente trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada por ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**Fernando Vinicio Bustillos Pesantes**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Fernando Vinicio Bustillos Pesantes, bajo mi supervisión.

---

Ing. Gerardo Barros  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

Al culminar esta carrera quiero agradecer a Dios por haberme ayudado a alcanzar una de mis metas.

A mis padres, por su apoyo, fe y comprensión.

A mis hermanos por enseñarme que cuando se quiere se puede.

A mis profesores, por los conocimientos impartidos.

A la Compañía Andes Petroleum Company Limited en especial al Ing. Christian Castañeda mi director y guía, y a los Ings. René Mensias y Fabrizio Serrano por creer en la juventud.

Al Ing. Gerardo Barros, mi director de tesis, por su ayuda y apoyo.

A todos y cada uno de los que de alguna forma colaboraron para que este proyecto se lleve a cabo.

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, América y Sebastián.*

*A mis hermanos Edison, Orlando y Dannes.*

*A la mujer que se ha ganado mi respeto y amor, Mercy*

*A mis amigos.*

**Fernando**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN .....	XXIV
PRESENTACIÓN .....	XXV
CAPÍTULO 1. ....	1
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL BLOQUE TARAPOA Y CARACTERIZACIÓN DE SUS DIFERENTES CAMPOS.....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL BLOQUE TARAPOA.....	1
1.1.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA.....	1
1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FORMACIONES .....	4
1.2.1 FORMACIÓN TIYUYACU .....	4
1.2.2 ARENISCA BASAL TENA.....	4
1.2.3 ARENISCA M-1.....	5
1.2.4 ARENISCA U .....	5
1.2.4.1 U Inferior.....	5
1.2.4.2 U Superior .....	6
1.2.5 ARENISCA T.....	6
1.2.5.1 T Inferior. ....	7
1.2.5.2 T superior .....	7
1.3 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO FANNY.....	7
1.3.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA.....	7
1.3.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO .....	7
1.3.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO FANNY.....	8
1.4 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO DORINE.....	9

1.4.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA.....	9
1.4.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO .....	9
1.4.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO DORINE.....	9
1.5 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SHIRLEY .....	10
1.5.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA.....	10
1.5.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO .....	10
1.5.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO SHIRLEY .....	11
1.6 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO MARIANN .....	11
1.6.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA.....	11
1.6.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO .....	11
1.6.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO MARIANN .....	12
1.7 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO MARIANN 4A.....	12
1.7.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA.....	12
1.7.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO .....	13
1.7.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO MARIANN 4A.....	13
1.8 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO ALICE .....	14
1.8.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA.....	14
1.8.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO .....	14
1.8.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO ALICE .....	14
1.9 CARACTERÍSTICAS PETROFÍSICAS DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO .....	15
1.10 PRODUCCIÓN DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO .....	15
1.10.1 COMPORTAMIENTO DE PRODUCCIÓN DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO .....	16
CAPÍTULO 2. ....	17
2. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE CAÑONEO.....	17
2.1 ANTECEDENTES.....	17
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	18
2.2.1 EXPLOSIVOS .....	18
2.2.1.1 Tipos y Características .....	19
2.2.1.2 Selección de explosivos .....	20

2.2.2 CAÑONES .....	21
2.2.2.1 Clasificación de los Cañones por su Tamaño.....	22
2.2.2.1.1 Casing Gun .....	23
2.2.2.1.2 Through Tubing Gun .....	24
2.2.3 CARGAS .....	28
2.2.3.1 Cargas Configuradas.....	28
2.2.3.1.1 Tipos de Cargas.....	30
2.2.3.1.2 Elementos de una carga .....	31
2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE UN POZO .....	32
2.3.1 FACTORES GEOMÉTRICOS DEL DISPARO .....	34
2.3.1.1 Efecto de la Penetración y Densidad de carga en la Relación de Productividad.....	35
2.3.1.2 Efecto de la Fase en la Relación de Productividad.....	36
2.3.1.2.1 Fase Y Patrón De Agujeros.....	37
2.3.2 PRESIÓN DIFERENCIAL AL MOMENTO DEL DISPARO .....	39
2.3.2.1 Determinación de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ).....	41
2.3.2.1.1 Arenas consolidadas.....	41
2.3.2.1.2 Arenas no consolidadas.....	43
2.3.3 DAÑO GENERADO POR EL DISPARO .....	45
2.3.3 DAÑO CAUSADO POR EL FLUIDO DE LA TERMINACIÓN.....	46
2.3.4 DAÑO GENERADO POR EL FLUIDO DE LA PERFORACIÓN.....	47
2.4 TÉCNICAS DE CAÑONEO .....	48
2.4.1 DISPAROS BAJADOS CON CABLE ELÉCTRICO .....	48
2.4.1.1 Ventajas y Desventajas del Sistema Bajado con Cable Eléctrico.....	48
2.4.2 COILED TUBING .....	49
2.4.3 SLICKLINE .....	51
2.4.4 SISTEMA DE DISPARO BAJADO CON TUBERÍA.....	51
2.4.4.1 Ventajas y Desventajas del sistema TCP.....	54
2.4.5 SISTEMA DE DISPAROS PURE .....	55
2.4.6 SISTEMA DE DISPAROS CON MAXR.....	57



CAPÍTULO 3 .....	60
3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN DEL CAÑONEO .....	60
3.1 DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO .....	61
3.3 DATOS DEL POZO .....	61
3.4 DATOS DEL DISPARO REALIZADO .....	62
CAPÍTULO 4. ....	63
4. ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y DE COSTOS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE CAÑONEO .....	63
4.1 ANÁLISIS TÉCNICO .....	63
4.1.1 CAMPO DORINE .....	63
4.1.1.1 Arena M-1 .....	64
4.1.1.1.1 Datos Estadísticos .....	64
4.1.1.1.1.1 Técnica Usada.....	64
4.1.1.1.1.2 Carga Usada .....	68
4.1.1.1.2 Datos Técnicos Comparativos .....	70
4.1.1.1.2.1 Daño vs. Técnica.....	70
4.1.1.1.2.2 Daño vs. Carga.....	75
4.1.2 CAMPO FANNY 18B.....	79
4.1.2.1 Arena M-1 .....	79
4.1.2.1.1 Datos Estadísticos .....	79
4.1.2.1.1.1 Técnica Usada.....	79
4.1.2.1.1.2 Carga Usada .....	83
4.1.2.1.2 Datos Técnicos Comparativos .....	86
4.1.2.1.2.1 Daño vs. Técnica.....	86
4.1.2.1.2.2 Daño vs. Carga.....	90
4.1.2.2 Arena U inferior.....	92
4.1.2.2.1 Datos Estadísticos .....	92
4.1.2.2.1.1 Técnica Usada.....	92

4.1.2.2.1.2 Carga Usada .....	95
4.1.2.2.2 Datos Técnicos Comparativos .....	97
4.1.2.2.2.1 Daño vs. Técnica .....	97
4.1.2.2.2.2 Daño vs. Carga.....	100
4.1.2.3 Fanny Crudo Pesado.....	102
4.1.3 CAMPO ALICE.....	102
4.1.3.1 Arena M-1 .....	102
4.1.3.1.1 Datos Estadísticos .....	102
4.1.3.1.1.1 Técnica Usada.....	102
4.1.3.1.1.2 Carga Usada .....	105
4.1.3.1.2 Datos Técnicos Comparativos .....	107
4.1.3.1.2.1 Daño vs. Técnica .....	107
4.1.3.1.2.2 Daño vs. Carga.....	110
4.1.4 CAMPO SHIRLEY.....	112
4.1.4.1 Arena U inferior.....	113
4.1.4.1.1 Datos Estadísticos .....	113
4.1.4.1.1.1Técnica Usada.....	113
4.1.4.1.1.2 Cargas Usadas.....	113
4.1.4.1.2 Datos Técnicos Comparativos .....	114
4.1.4.1.2.1 Daño vs. Técnica .....	114
4.1.4.1.2.2 Daño vs. Carga.....	116
4.1.5 CAMPO MARIANN 4A .....	117
4.1.5.1 Datos Estadísticos .....	118
4.1.5.1.1 Técnica Usada .....	118
4.1.5.1.2 Carga Usada .....	119
4.1.5.2 Datos Técnicos Comparativos .....	120
4.1.5.2.1 Arena M-1 .....	120
4.1.5.2.1.1 Daño vs. Técnica y Carga .....	120
4.1.5.2.2 Arena U media .....	122
4.1.5.2.2.1 Daño vs. Técnica y Carga .....	122
4.1.6 CAMPO MARIANN.....	124

4.1.6.1 Datos Estadísticos .....	124
4.1.6.2 Datos Técnicos Comparativos .....	129
4.1.6.2.1 Arena U inferior .....	129
4.1.6.2.1.1 Daño vs. Técnica .....	129
4.1.6.2.1.2 Daño vs. Carga.....	132
4.1.6.2.2 Arena T inferior .....	134
4.1.6.2.2.1 Daño vs. Técnica .....	134
4.1.6.2.2.2 Daño vs. Carga.....	137
4.1.7 POZOS INYECTORES .....	138
4.1.7.1 Arena M-1 .....	139
4.1.7.1.1 Datos Estadísticos .....	139
4.1.7.1.1.1 Técnica Usada.....	139
4.1.7.1.1.2 Carga Usada .....	141
4.1.7.1.2 Datos Técnicos Comparativos .....	142
4.1.7.1.2.1 Índice de Inyecividad vs. Técnica .....	142
4.1.7.1.2.2 Índice de Inyecividad vs. Carga.....	143
4.1.8 POZOS RE-INYECTORES .....	144
4.1.8.1 Formación Tiyuyacu .....	145
4.1.8.1.1 Datos Estadísticos .....	145
4.1.8.1.1.1 Técnica Usada.....	145
4.1.8.1.1.2 Carga Usada .....	146
4.1.8.1.2 Datos Técnicos Comparativos .....	147
4.1.8.1.2.1 Índice de Inyecividad vs. Técnica .....	147
4.1.8.1.2.2 Índice de Inyecividad vs. Carga.....	148
4.2 ANALISIS ECONÓMICO.....	150
4.2.1 Campo Dorine .....	151
4.2.1.1 Arena M-1 .....	151
4.2.2 Campo Fanny 18B .....	153
4.2.2.1 Arena M-1 .....	153
4.2.2.2 Arena U inferior.....	154
4.2.3 Campo Mariann.....	156

4.2.3.1 Arena T inferior .....	156
4.2.3.2 Arena U inferior.....	157
CAPÍTULO 5. ....	162
5. ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS DE CAÑONEO Y SU SELECCIÓN MEDIANTE SOFTWARE.....	162
5.1 COMPAÑÍA SCHLUMBERGER .....	162
5.1.1 Descripción de SPAN .....	162
5.1.2 Presentación de Resultados .....	163
5.1.2.1 Campo Dorine.....	163
5.1.2.1.1 Arena M-1 .....	163
5.1.2.2 Campo Fanny 18B.....	164
5.1.2.2.1 Arena M-1 .....	164
5.1.2.2.2 Arena U inferior .....	165
5.1.2.3 Campo Alice .....	167
5.1.2.2.1 Arena M-1 .....	167
5.1.2.4 Campo Shirley .....	168
5.1.2.4. Arena U inferior .....	168
5.1.2.5 Campo Mariann 4A.....	169
5.1.2.5.1 Arena M-1 .....	169
5.1.2.5.2 Arena U media .....	170
5.1.2.6 Campo Mariann .....	171
5.1.2.6.1 Arena U inferior .....	171
5.1.2.6.2 Arena T inferior .....	172
5.1.2.7 Pozos Re-inyectores.....	174
5.1.2.7.1 Formación Tiyuyacu.....	174
5.2 COMPAÑÍA BAKER HUGHES .....	175
5.2.1 Descripción de WEM.....	175
5.2.2 Presentación de Resultados .....	177
5.2.2.1 Campo Dorine.....	177
5.2.2.2 Campo Fanny 18B.....	178

5.2.2.3 Campo Alice .....	178
5.2.2.4 Campo Shirley .....	179
5.2.2.5 Campo Mariann .....	179
5.2.2.6 Campo Mariann 4A.....	179
5.2.2.7 Pozos Inyectores .....	179
5.2.2.8 Pozos Re-inyectores.....	180
5.3 COMPAÑÍA HALLIBURTON .....	180
5.3.1 Presentación de Resultados .....	180
5.3.1.1 Campo Dorine.....	181
5.3.1.1.1 Arena M-1 .....	181
5.3.1.2 Campo Alice.....	181
5.3.1.2.1 Arena M-I.....	181
5.3.1.3 Campo Fanny.....	181
5.3.1.3.1 Arena M-I.....	181
5.3.1.3.2 Arena U inferior .....	182
5.3.1.3.3 Arena M-I reservorio con crudo pesado de 13 °API .....	182
5.3.1.4 Campo Shirley.....	182
5.3.1.4.1 Arena U inferior .....	182
5.3.1.5 Campo Mariann.....	183
5.3.1.5.1 Arena T inferior .....	183
5.3.1.5.2 Arena U inferior .....	183
5.3.1.6 Campo Mariann 4A.....	184
5.3.1.6.1 Arena U Media .....	184
5.3.1.6.2 Arena M-I.....	184
CAPÍTULO 6 .....	188
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	188
6.1 CONCLUSIONES .....	188
6.1.1 Conclusiones Generales .....	188
6.1.2 Conclusiones Específicas .....	190
6.1.2.1 Campo Dorine – Arena M-1 .....	190

6.1.2.2 Campo Fanny 18B – Arena M-1 .....	191
6.1.2.3 Campo Fanny 18B – Arena U inferior.....	191
6.1.2.4 Campo Fanny 18B – Arena M-1 (Crudo Pesado).....	192
6.1.2.5 Campo Alice – Arena M-1.....	192
6.1.2.6 Campo Shirley – Arena U inferior .....	193
6.1.2.7 Campo Mariann 4A – Arena M-1 .....	194
6.1.2.8 Campo Mariann 4A – Arena U media .....	194
6.1.2.9 Campo Mariann – Arena U inferior .....	195
6.1.2.10 Campo Mariann – Arena T inferior.....	195
6.1.2.11 Pozos Inyectores – Arena M-1.....	196
6.1.2.12 Pozos Re- inyectores – Formación Tiyuyacu .....	197
6.2 RECOMENDACIONES .....	197
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	200
GLOSARIO DE TÉRMINOS MENCIONADOS.....	202

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Propiedades Petrofísicas y de los fluidos de los Campos en estudio.....	15
Tabla 1.2 Producción de los Campos en Estudio.....	16
Tabla 2.1 Tipos y características de los Explosivos .....	19
Tabla 2.2 Especificación de un cañón.....	27
Tabla 2.3 Rangos típicos de presión de bajo-balance para limpieza de las perforaciones .....	42
Tabla 4.1 Técnicas Usadas en el Campo Dorine .....	64
Tabla 4.2 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Dorine ....	66
Tabla 4.3 Número de Técnicas Usadas en el Campo Dorine .....	67
Tabla 4.4 Cargas Usadas en el Campo Dorine.....	69
Tabla 4.5. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Dorine .....	70
Tabla 4.6 Daño vs. Técnica en el Campo Dorine .....	71
Tabla 4.7 Pozos completado con un sistema de control de arena en el Campo Dorine.....	72

Tabla 4.8 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Dorine.....	73
Tabla 4.9 Pozos completados con un sistema de control de arena en el Campo Dorine.....	73
Tabla 4.10 Daño vs. Carga en el Campo Dorine.....	76
Tabla 4.11 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Dorine.....	78
Tabla 4.12 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1.....	80
Tabla 4.13 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	81
Tabla 4.14 Número de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	83
Tabla 4.15 Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1.....	84
Tabla 4.16. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	85
Tabla 4.17 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena M-1.....	86
Tabla 4.18 Pozos completados con un sistema de control de arena en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	87
Tabla 4.19 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	88
Tabla 4.20 Pozos completados con un sistema de control de arena en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	88
Tabla 4.21 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	91
Tabla 4.22 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	92
Tabla 4.23 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	94
Tabla 4.24 Número de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior.	94
Tabla 4.25 Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	95
Tabla 4.26. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	96
Tabla 4.27 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	97
Tabla 4.28 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	98
Tabla 4.29 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena U inferior.....	101
Tabla 4.30 Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1.....	103

Tabla 4.31 Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1.....	104
Tabla 4.32 Número de Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1.....	105
Tabla 4.33 Cargas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1 .....	106
Tabla 4.34. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Alice en la Arena M-1 .....	107
Tabla 4.35 Daño vs. Técnica en el Campo Alice en la Arena M-1 .....	107
Tabla 4.36 Pozos completados con un sistema de control de Arena en el Campo Alice en la Arena M-1 .....	108
Tabla 4.37 Bajo-balance utilizado en TCP en el Campo Alice en la Arena M-1 .....	108
Tabla 4.38 Pozos con problemas de Arena en el Campo Alice en la Arena M-1 ....	109
Tabla 4.39 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Alice en la Arena M- 1 .....	111
Tabla 4.40 Técnicas Usadas en el Campo Shirley en la Arena U inferior .....	113
Tabla 4.41 Cargas Usadas en el Campo Shirley en la Arena U inferior.....	114
Tabla 4.42 Daño vs. Técnica en el Campo Shirley en la Arena U inferior .....	114
Tabla 4.43 Bajo-balance utilizado en TCP en el Campo Shirley en la Arena U inferior .....	115
Tabla 4.44 Daño vs. Carga en el Campo Shirley en la Arena U inferior.....	117
Tabla 4.45 Técnicas Usadas en el Campo Mariann 4A en Arenas U media y M-1 .	118
Tabla 4.46 Cargas Usadas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1	119
Tabla 4.47. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1 .....	120
Tabla 4.48 Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior ....	125
Tabla 4.49 Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior ....	126
Tabla 4.50 Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior ....	127
Tabla 4.51 Cargas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior.....	128
Tabla 4.52. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior.....	129
Tabla 4.53 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena U inferior.....	130
Tabla 4.54 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Mariann en la Arena U inferior .....	130



Tabla 4.55 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena U inferior.....	133
Tabla 4.56 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena T inferior .....	135
Tabla 4.57 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Mariann en la Arena T inferior .....	135
Tabla 4.58 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena T inferior .....	137
Tabla 4.59 Técnicas Usadas en los pozos inyectoros.....	139
Tabla 4.60 Técnicas Usadas en los pozos inyectoros.....	140
Tabla 4.61 Cargas Usadas en los pozos inyectoros .....	141
Tabla 4.62 Año hasta el cual fueron usadas las cargas en los pozos inyectores....	141
Tabla 4.63 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos inyectoros.....	142
Tabla 4.64 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos inyectoros .....	144
Tabla 4.65 Técnicas Usadas en los pozos re-inyectoros .....	145
Tabla 4.66 Cargas Usadas en los pozos re-inyectoros .....	146
Tabla 4.67 Año hasta el cual fueron usadas las cargas en los pozos re-inyectoros	147
Tabla 4.68 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos re-inyectoros .....	147
Tabla 4.69 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos re-inyectoros .....	149
Tabla 4.70 Pozo Tipo de la Arena M-1 en el Campo Dorine .....	151
Tabla 4.71 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena M-1 en el Campo Dorine .....	152
Tabla 4.72 Costo de Cañoneo de la Arena M-1 en el Campo Dorine .....	152
Tabla 4.73 Análisis Económico de la Arena M-1 en el Campo Dorine .....	152
Tabla 4.74 Pozo Tipo de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B .....	153
Tabla 4.75 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B .....	153
Tabla 4.76 Costo de Cañoneo de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B.....	154
Tabla 4.77 Análisis Económico de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B .....	154
Tabla 4.78 Pozo Tipo de la Arena U inferior en el Campo Fanny 18B .....	155
Tabla 4.79 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena U inferior del Campo Fanny 18B .....	155
Tabla 4.80 Costo de Cañoneo de la Arena U inferior en el Campo Fanny 18B .....	155
Tabla 4.81 Análisis Económico de la Arena U inferior en el Campo Fanny 18B .....	155

Tabla 4.82 Pozo Tipo de la Arena T inferior en el Campo Mariann.....	156
Tabla 4.83 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena T inferior en el Campo Mariann.....	156
Tabla 4.84 Costo de Cañoneo de la Arena T inferior en el Campo Mariann .....	157
Tabla 4.85 Análisis Económico de la Arena T inferior en el Campo Mariann.....	157
Tabla 4.86 Pozo Tipo de la Arena U inferior en el Campo Mariann .....	158
Tabla 4.87 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena U inferior en el Campo Mariann.....	158
Tabla 4.88 Costo de Cañoneo de la Arena U inferior en el Campo Mariann.....	158
Tabla 4.89 Análisis Económico de la Arena U inferior en el Campo Mariann.....	159
Tabla 4.90 Análisis Técnico - Económico de las Técnicas de Cañoneo - Bloque Tarapoa.....	161
Tabla 5.1 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Dorine .....	163
Tabla 5.2 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Fanny 18B .....	164
Tabla 5.3 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U inferior del Campo Fanny 18B.....	166
Tabla 5.4 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Alice.....	167
Tabla 5.5 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U inferior del Campo Shirley.....	168
Tabla 5.6 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Mariann 4A .....	169
Tabla 5.7 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U media del Campo Mariann 4A .....	170
Tabla 5.8 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U inferior del Campo Mariann.....	172
Tabla 5.9 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena T inferior del Campo Mariann.....	172

Tabla 5.10 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en los pozos Re- inyectores.....	174
Tabla 5.11 Sistemas de Cañoneo Recomendados por la compañía Schlumberger basados en la Simulación Realizada - Bloque Tarapoa.....	185
Tabla 5.12 Sistemas de Cañoneo Recomendados por la compañía Baker Hughes basados en la Simulación Realizada - Bloque Tarapoa.....	186
Tabla 5.13 Sistemas de Cañoneo Recomendados por la compañía Halliburton basados en la Simulación Realizada - Bloque Tarapoa.....	187

### INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Ubicación Geográfica del Bloque Tarapoa .....	2
Fig. 1.2 Campos del Bloque Tarapoa.....	3
Fig. 1.3 Columna Estratigráfica de la Sección Cretácica de la Cuenca Oriental .....	6
Fig. 1.4 Falla Fanny - Dorine .....	8
Fig. 2.1 Lineamientos de tiempo vs. Temperatura .....	21
Fig. 2.2 Casing Gun .....	23
Fig. 2.3 Tipos de cañones Casing Gun .....	24
Fig. 2.4 Through Tubing Gun .....	25
Fig. 2.4 Tipos de cañones Through Tubing.....	26
Fig. 2.6 Componentes de un Cañón.....	27
Figura 2.7 Efecto de cavidad.....	29
Figura 2.8 Cargas de Penetración Profunda .....	30
Figura 2.9 Cargas de Agujero Grande .....	30
Figura 2.10 Componentes de una carga .....	31
Fig. 2.11 Factores geométricos del sistema de disparos .....	34
Fig. 2.12. Efecto de la penetración y densidad en la RP.....	35
Fig. 2.13. Efecto de la fase en la RP.....	36
Fig 2.14. Patrón de agujeros para pistolas fase 0° y 60°.....	37
Fig. 2.15. Patrón de agujeros para pistolas fase 30° y 90°.....	37
Fig. 2.16. Patrón de agujeros para pistolas fase +/-45° y 180°.....	38

Fig. 2.17. Efecto de la presión diferencial previa al disparo .....	39
Fig. 2.18. Daño a la formación por el disparo.....	46
Fig. 2.19. Unidad de Coiled Tubing .....	50
Fig. 2.20. Sistema de Disparo Bajado con Tubería .....	53
Fig. 2.21 Operaciones de Disparo en condiciones de Bajo-balance Dinámico .....	55
Fig. 2.22 Sistema PURE .....	56
Fig. 2.23 Sistema MAXR .....	58
Fig. 2.24 Funcionamiento del Sistema MAXR.....	59

### INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 2.1 Bajo-balance óptimo vs. Permeabilidad.....	45
Gráfico 4.1 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Dorine.....	65
Gráfico 4.2 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Dorine..	65
Gráfico 4.3 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Dorine.....	68
Gráfico 4.4 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Dorine .....	69
Gráfico 4.5 Daño vs. Técnica en el Campo Dorine .....	71
Gráfico 4.6 Daño vs. Carga en el Campo Dorine .....	77
Gráfico 4.7 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Dorine .....	78
Gráfico 4.8 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1 ....	80
Gráfico 4.9 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	82
Gráfico 4.10 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1 ..	82
Gráfico 4.11 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	85
Gráfico 4.12 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	87
Gráfico 4.13 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena M-1 .....	91
Gráfico 4.14 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior.....	93
Gráfico 4.15 Representatividad de PURE del total analizado en el Campo Fanny 18B .....	93
Gráfico 4.16 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior.....	95

Gráfico 4.17 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	96
Gráfico 4.18 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena U inferior.....	98
Gráfico 4.19 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena U inferior .....	101
Gráfico 4.20 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1 .	103
Gráfico 4.21 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Alice en la Arena M-1.....	104
Gráfico 4.22 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1 .	105
Gráfico 4.23 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1 ....	106
Gráfico 4.24 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Alice en la Arena M-1 .....	112
Gráfico 4.25 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1 .....	118
Gráfico 4.26 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1 .....	119
Gráfico 4.27 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior .....	125
Gráfico 4.28 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior .....	126
Gráfico 4.29 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior .....	127
Gráfico 4.30 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior .....	128
Gráfico 4.31 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena U inferior .....	130
Gráfico 4.32 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena U inferior .....	133
Gráfico 4.33 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena T inferior.....	134
Gráfico 4.34 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena T inferior .....	138
Gráfico 4.35 Porcentaje de Técnicas Usadas en los pozos inyectoros.....	139
Gráfico 4.36 Representatividad de PURE en el total analizado en los pozos inyectoros.....	140
Gráfico 4.37 Porcentaje de Cargas Usadas en los pozos inyectoros.....	141

Gráfico 4.38 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos inyectores .....	142
Gráfico 4.39 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos inyectores.....	143
Gráfico 4.40 Porcentaje de Técnicas Usadas en los pozos re-inyectores.....	145
Gráfico 4.41 Porcentaje de Cargas Usadas en los pozos re-inyectores .....	146
Gráfico 4.42 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos re-inyectores.....	148
Gráfico 4.43 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos re-inyectores .....	149
Gráfico 5.1 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Dorine .....	164
Gráfico 5.2 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Fanny 18B .....	165
Gráfico 5.3 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U inferior del Campo Fanny 18B.....	166
Gráfico 5.4 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Alice.....	167
Gráfico 5.5 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U inferior del Campo Shirley.....	169
Gráfico 5.6 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Mariann 4A .....	170
Gráfico 5.7 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U media del Campo Mariann 4A.....	171
Gráfico 5.8 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U inferior del Campo Mariann.....	172
Gráfico 5.9 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena T inferior del Campo Mariann.....	173
Gráfico 5.10 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en los pozos Re- inyectores.....	174

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.1 Historial De Producción Del Campo Alice .....	205
---	-----

Anexo 1.2 Historial De Producción Del Campo Dorine .....	206
Anexo 1.3 Historial De Producción Del Campo Fanny .....	207
Anexo 1.4 Historial De Producción Del Campo Mariann .....	208
Anexo 1.5 Historial De Producción Del Campo Mariann 4A.....	209
Anexo 1.6 Historial De Producción Del Campo Shirley .....	210
Anexo 3.1 Campo Dorine .....	212
Anexo 3.2 Campo Fanny 18B .....	214
Anexo 3.3 Campo Alice .....	217
Anexo 3.4 Campos Mariann, Mariann 4A y Shirley .....	218
Anexo 3.5 Pozos Inyectores.....	219
Anexo 3.6 Pozos Re-inyectores .....	220

## RESUMEN

Este Proyecto tiene como objetivo principal, determinar la mejor técnica de cañoneo, con el análisis de los resultados obtenidos de técnicas ya aplicadas y además realizando simulaciones con datos promedios de las diferentes arenas del Bloque Tarapoa.

Para este fin se recopiló toda la información necesaria, creando una base de datos útil para nuestro estudio y simulación del cañoneo de pozos.

Se hizo comparaciones de sistemas y técnicas de cañoneo, tomando en consideración factores que determinan la eficiencia del cañoneo como es el daño de formación (S) para los pozos productores, y el índice de inyectividad para los pozos inyectores y re-inyectores. Se proporcionó también datos estadísticos del número de veces que fueron usadas las técnicas y cargas en los diferentes Campos.

Se analizó mediante una simulación, nuevos sistemas de cañoneo para futuros trabajos en el Bloque Tarapoa, para lo cual se necesitó la ayuda de los diferentes softwares de cañoneo que usan las compañías Schlumberger, Baker Hughes y Halliburton.

Finalmente se desarrolló las conclusiones y recomendaciones para las diferentes arenas de cada Campo, con la finalidad de realizar un trabajo de cañoneo eficiente, que permita obtener la mayor producción posible.



## PRESENTACIÓN

Para el efecto este proyecto de titulación se constituyó en 6 capítulos.

En el primer capítulo se presenta una descripción general del Bloque Tarapoa y caracterización de sus diferentes campos, dando a conocer en forma general y breve la geología de los campos, sus propiedades petrofísicas y la localización e historia..

El segundo capítulo presenta una descripción y fundamentos del sistema de cañoneo, utilizados como herramientas para llegar al objetivo planteado.

En el tercer capítulo se presenta una base de datos, la misma que contiene información necesaria para analizar los sistemas de cañoneo usados en el Bloque Tarapoa y para realizar una simulación que permita recomendar nuevos sistemas de cañoneo para futuros trabajos.

El cuarto capítulo tiene como objetivo analizar las diferentes técnicas y cargas ya aplicadas, tomando en consideración factores que determinan la eficiencia del cañoneo como es el daño de formación (S) para los pozos productores, y el índice de inyectividad para los pozos inyectores y re-inyectores; además se presenta la comparación técnica de un método de cañoneo asociado a su análisis económico para obtener conclusiones que conlleven a decidir si cierto método es el recomendado o no para una determinada formación.

En el quinto capítulo se hace un análisis de nuevos sistemas de cañoneo para futuros trabajos en el Bloque Tarapoa mediante una simulación, para lo cual se necesitó la ayuda de los diferentes softwares que usan las compañías Schlumberger, Baker Hughes y Halliburton para la simulación del cañoneo.

Finalmente, en el sexto capítulo se presenta las conclusiones que se obtuvieron del estudio realizado en este proyecto. Además, se presenta las recomendaciones que deberían ser tomadas en cuenta durante la planificación de un disparo.

## **CAPÍTULO 1.**

### **1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL BLOQUE TARAPOA Y CARACTERIZACIÓN DE SUS DIFERENTES CAMPOS.**

El presente capítulo tiene como objetivo describir en forma general y breve la geología de los campos, sus propiedades petrofísicas y la localización e historia.

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL BLOQUE TARAPOA**

##### **1.1.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA**

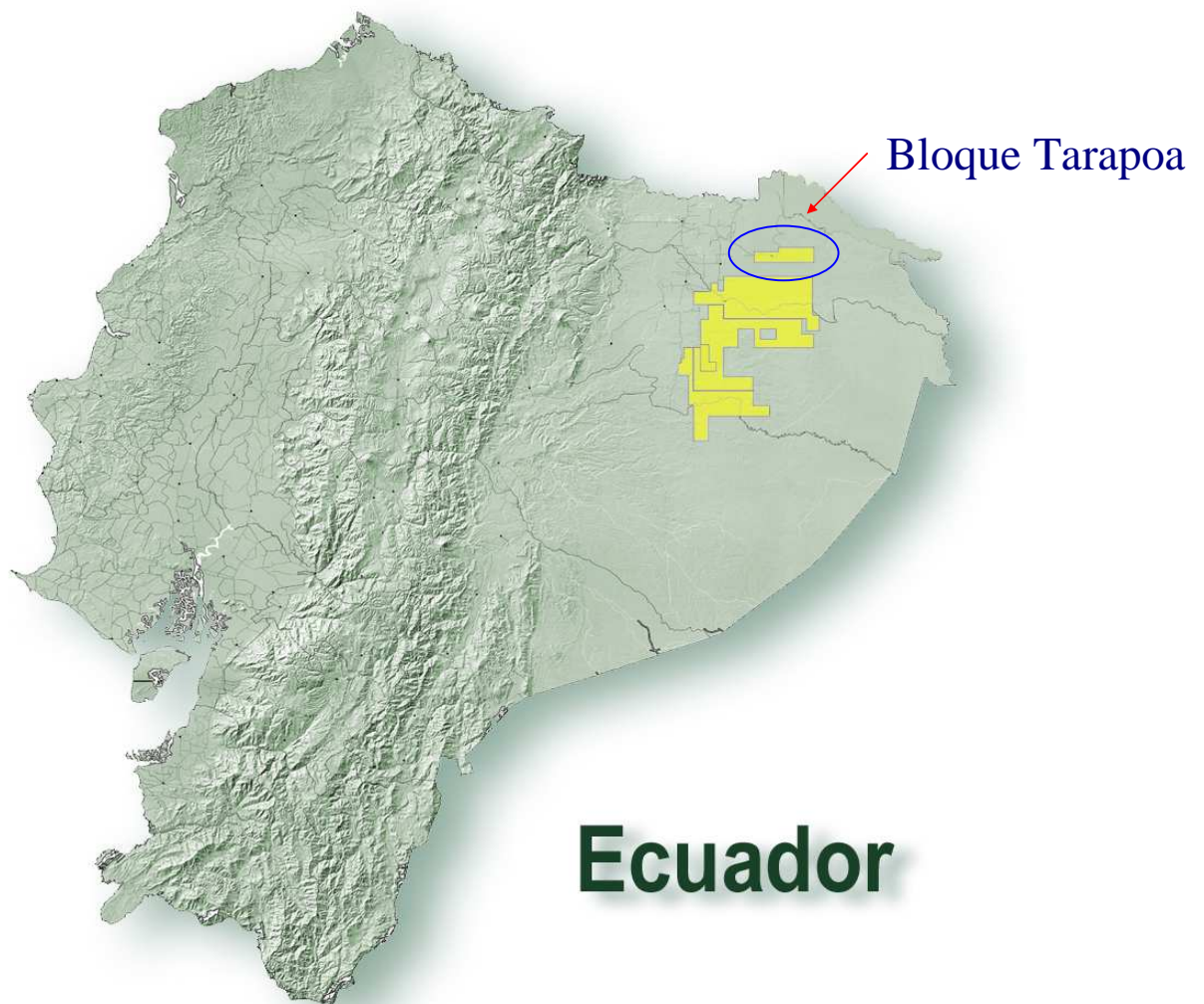
El Bloque Tarapoa se encuentra localizado en la parte oriental de la Cuenca Oriente, Provincia de Sucumbíos. Al Este está limitado por el escudo Guayanés y al Oeste por la Cordillera de los Andes. En la figura 1.1 se muestra la ubicación del Bloque Tarapoa.

Este Bloque se encuentra ubicado dentro de la concesión que se adjudicó la empresa Cayman Corporation con sus respectivos socios tales como City Investing Company y Southern Union Production Company en el año de 1970. Posteriormente en 1975 Cayman Corporation se retira de operación y en 1976 lo hace Sourthen Union Production, quedando entonces como única operadora City Investing Company. En este lapso de tiempo AEC Ecuador decide comprar las acciones de la entonces empresa City Investing Company, luego de lo cual se une con PanCanadian Energy Corporation, para formar la empresa EnCana Ecuador Ltd.

Finalmente el 28 de Febrero del 2006, Andes Petroleum Company Ltd, inicia sus operaciones en el Ecuador luego de haber adquirido oficialmente los activos de la EnCana Ecuador Ltd.

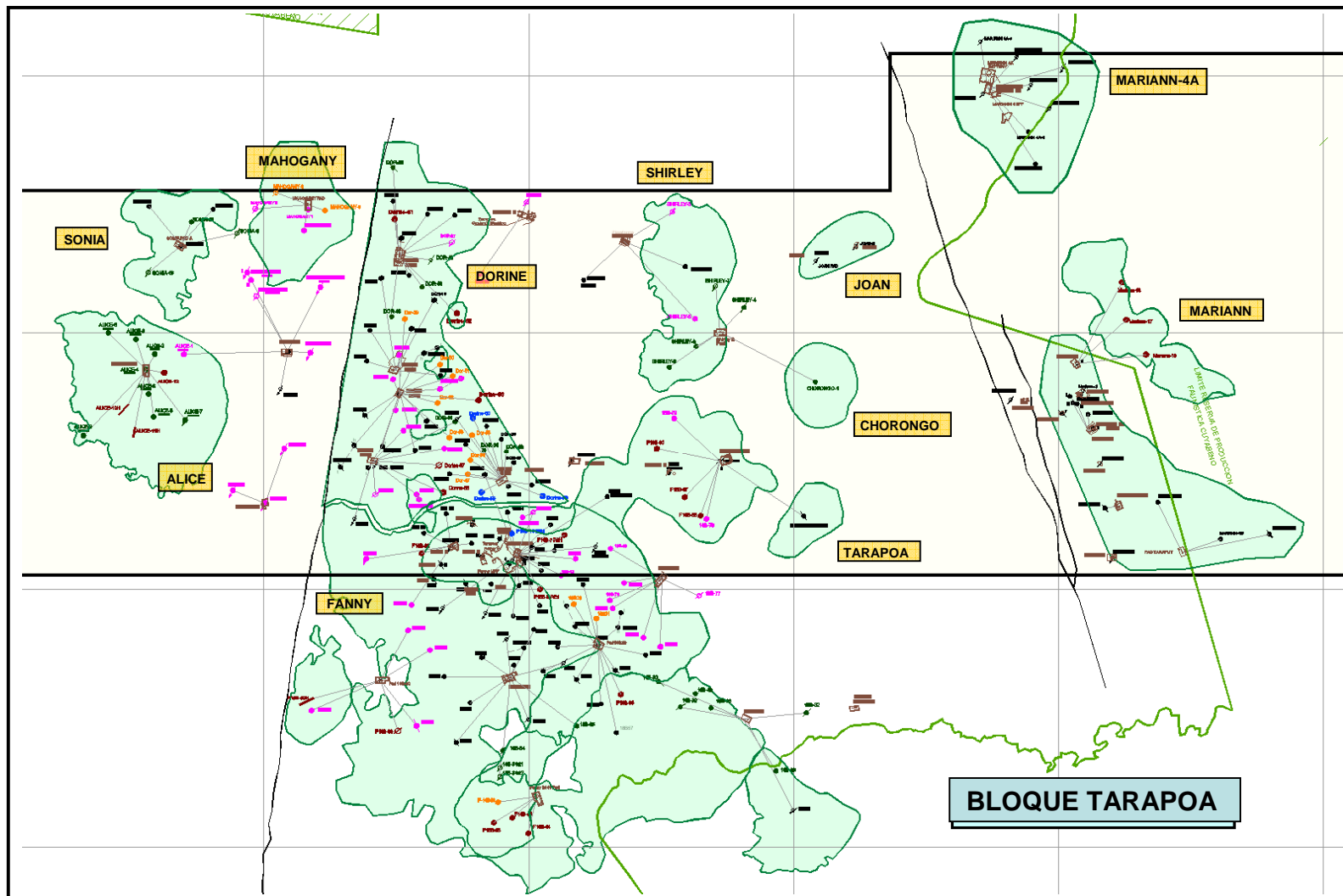
A finales de Octubre del 2007 se encuentra con una producción promedio de 45700 BPPD con un API promedio de 21,8° y un BSW aproximado del 90%.

**Fig. 1.1 Ubicación Geográfica del Bloque Tarapoa**



**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Fig. 1.2 Campos del Bloque Tarapoa



Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FORMACIONES**

### **1.2.1 FORMACIÓN TIYUYACU**

Esta formación está compuesta principalmente por arcillolita, intercalada con limolita, arenisca y dos cuerpos de conglomerados.

Desde el tope de esta formación hasta su primer conglomerado (Conglomerado Superior Tiyuyacu), la arcillolita es predominante e intercalada con limolita y arenisca.

La arenisca es cuarzosa, el tamaño de su grano va de fino a medio. Bajo el Conglomerado Superior Tiyuyacu aparece arcillolita intercalada con limolita y arenisca y por bajo del Conglomerado Inferior Tiyuyacu aparece arcillolita intercalada con limolita y arenisca

Su espesor varía entre los 420 m, en la zona de Lago Agrio, hasta los 551 m, en el campo Atacapi y una porosidad promedio de 14 %, con una permeabilidad comprendida entre 100 y 300 md.

### **1.2.2 ARENISCA BASAL TENA**

Esta arenisca se encuentra intercalada con limolita y arcillolita.

La arenisca presenta las siguientes características: cuarzosa, subtransparente, ocasionalmente blanca lechosa a blanca, tamaño de grano muy fino a fino, cemento calcáreo y matriz kaolinitica

La limolita presenta las siguientes características: gris clara, en menor cantidad gris verdosa y crema.

La arcillolita presenta las siguientes características: color chocolate, en menor cantidad café rojiza, ocasionalmente café amarillenta.

Las variaciones de espesor de arena van de 6 a 90 pies y una porosidad promedio de 17 %, con una permeabilidad comprendida entre 600 y 1000 md.

### **1.2.3 ARENISCA M-1**

Esta arenisca presenta las siguientes características: cuarzosa, subtransparente a subtranslúcida, ocasionalmente café clara, tamaño de grano fino a mediano, la forma de grano subangular a subredondeada.

Existe la presencia de manchas de hidrocarburo de color café oscuro, no presenta fluorescencia natural. En la parte inferior de esta sección tenemos arenisca intercalada con lutita y el grano de la arenisca ocasionalmente es grueso.

Las variaciones de espesor de arena van de 15 a 100 pies y una porosidad promedio de 27 %, con una permeabilidad comprendida entre 1000 y 4500 md obtenida de los registros.

### **1.2.4 ARENISCA U**

Esta zona es de color gris a gris oscuro con presencia de hidrocarburo, es cuarzosa de grano muy fino a medio, subredondeado, frecuentemente sedimentario y arcilloso. Su porosidad promedio es de 18%, con una permeabilidad comprendida entre 50 y 400 md.

**1.2.4.1 U Inferior.-** Areniscas cuarzosas de grano medio a fino, con pequeñas intercalaciones de lutitas y limonitas siendo esto más notable en el miembro superior, forma de grano de subredondeado a subangular. La calidad de este reservorio es de buena a excelente en el miembro principal y pobre a mala en el miembro superior. Las variaciones de espesor de arena van de 20 a 140 pies

**1.2.4.2 U Superior.** - Arenisca cuarzosa de grano fino a medio, intercalada con cuerpos lutíticos, forma de grano de subredondeado a subangular. La calidad de este reservorio es de pobre a bueno. Las variaciones de espesor de arena van de 30 a 130 pies.

**Fig. 1.3 Columna Estratigráfica de la Sección Cretácica de la Cuenca Oriental**

ERA	PERIODO	EDAD	FORMACION	MIEMBRO	LITOLOGIA	DESCRIPCION LITOLOGICA			
MESOZOICO	CRETACICO	CENOMANIANO - CAMPANIANO	TENA			ARCILLAS ROJAS			
				ARENISCA BASAL TENA		ARE. QZ. CEM. CALCAREO ARE. QZ.			
			NAPO	ARENISCA "M - 1"					
				LUT. NAPO SUP.		LUTITAS GRISES OSCURAS Y CALIZAS MICRITICAS			
				ARENISCA "M - 2"		ARE. QZ. GLAUC.			
				CALIZA "A"		CALIZA BIOMICRITICA			
				ARENISCA "U"		ARE. QZ. GLAUC.			
				CALIZA "B"		ARE. QZ. GLAUC.			
				ARENISCA "T"		ARE. QZ. GLAUC.			
				CALIZA "C"		CALIZA Y LUTITA GRIS - OSC.			
				ARENISCA BASAL NAPO		ARE. GLAUC. QZ.			
				HOLLIN	PRINCIPAL		ARE. QZ.		
			INFERIOR						
			PRE - CRETACICO						

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

### 1.2.5 ARENISCA T

Se trata de una arenisca cuarzosa, limpia de grano fino, con esporádicas capas de arcilla. Los poros en algunas muestras se encuentran rellenos con illita y caolinita. Su permeabilidad varía entre 100 y 400 md con una porosidad promedio de 15%.

Se divide en dos miembros: Superior e Inferior:



**1.2.5.1 T Inferior.** - Arenisca cuarzosa de grano medio a grueso de forma subangular a subredondeado. Presenta potencias que van de 20 a 118 pies y con una porosidad promedio de 15 %.

**1.2.5.2 T superior.** - Arenisca de grano fino a muy fino, ocasionalmente de grano medio, forma de grano subangular a subredondeado. Las variaciones de espesor de arena van de 15 a 50 pies y con una porosidad promedio de 14 %.

## **1.3 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO FANNY**

### **1.3.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA**

El Campo Fanny se encuentra en el Bloque Tarapoa en el flanco Este de la Cuenca Oriente, Provincia de Sucumbíos. Al Este está limitado por el escudo Guayanés y al Oeste por la Cordillera de los Andes, en el lado levantado de la falla normal. En la figura 1.2 se muestra la ubicación del campo Fanny dentro del Bloque Tarapoa.

Este Campo fue descubierto con la perforación del pozo Fanny-1 por parte de la compañía Cayman en Enero de 1.972.

### **1.3.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO**

El campo produce un crudo de 22.3° API del yacimiento M1 y un crudo de 19.6° API de la arena U Inferior. Adicionalmente se han encontrado pequeñas acumulaciones de hidrocarburos en las formaciones Napo T y Basal Tena. Todas las zonas son miembros de la formación Napo de la Cuenca Oriente. Las areniscas M1 y U inferior representan los yacimientos económicamente más importantes del Campo Fanny.

En lo concerniente a capas de la corteza terrestre, estratigrafía, el yacimiento se encuentra en la era Mesozoico del período Cretácico, lo cual se puede ver de mejor manera en la figura 1.3.

### 1.3.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO FANNY

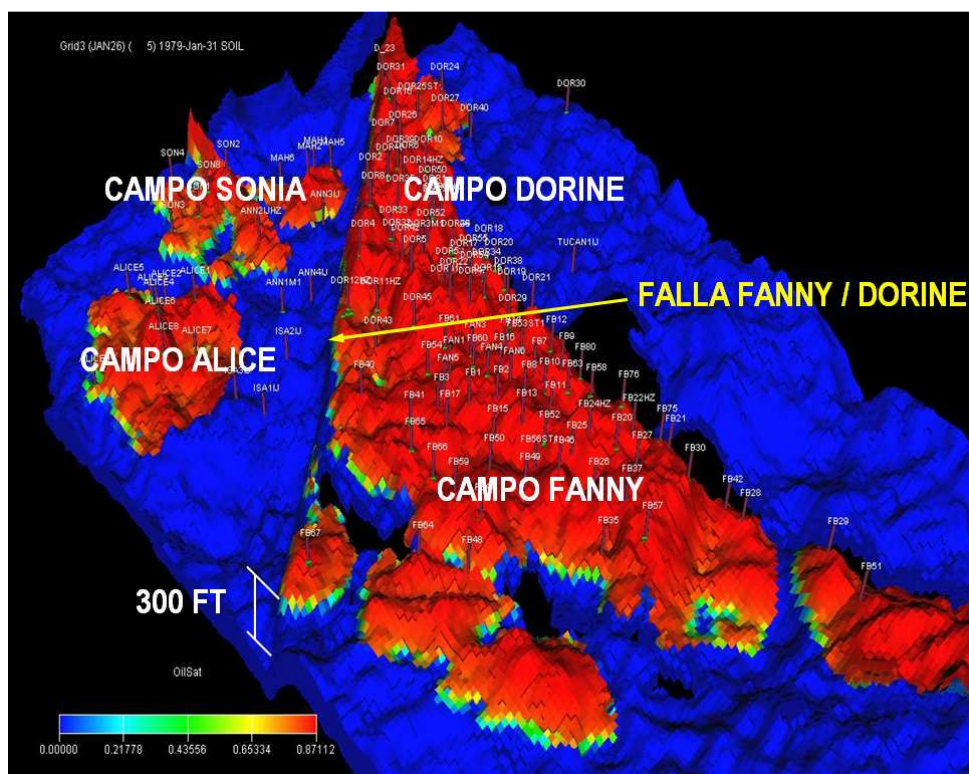
El Campo Fanny estructuralmente presenta en el lado Oeste la falla Fanny - Dorine en sentido Norte – Sur, la misma que divide al Campo Alice y al Campo Fanny. Esta falla es de tipo normal, teniendo como parte levantada al Campo Fanny, en la cual existe un salto de falla de aproximadamente 300 pies.

Por el Norte del Campo Fanny se encuentra el Campo Dorine, se consideran como campos diferentes por presentar estructuras diferentes.

A lo largo de las estructuras Dorine – Fanny en sentido Noroeste a Sureste está presente una trampa estratigráfica en donde se tiene una ausencia de arena, trampa determinada únicamente por estudios geofísicos.

En la figura 1.4 se muestra la falla Fanny – Dorine.

**Fig. 1.4 Falla Fanny - Dorine**



## **1.4 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO DORINE**

### **1.4.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA**

Al igual que el Campo Fanny el Campo Dorine está localizado en el flanco Este de la Cuenca Oriente, en la provincia de Sucumbíos, en el lado levantado de la falla no sellante Fanny-Dorine, su edad corresponde a la era Mesozoica del período Cretácico, se encuentra limitado al Este por el Escudo Guayanés, al Sur por el campo Fanny, y al Oeste por la Cordillera de los Andes.

En la figura 1.2 se muestra la ubicación del campo Dorine dentro del Bloque Tarapoa.

Este campo fue descubierto con la perforación del pozo Dorine 1 en septiembre de 1997 e inició su etapa de producción en abril de 1998.

### **1.4.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO**

El principal horizonte productor en este campo es el yacimiento M1 de la formación Napo (figura 1.3), que produce un crudo de una gravedad promedio de 22° API. Adicionalmente, se han encontrado pequeñas acumulaciones de hidrocarburos en las formaciones U, T y Basal Tena.

La acumulación de petróleo en el Campo Dorine corresponde a una combinación de trampas estratigráficas y estructurales.

### **1.4.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO DORINE**

En la estructura del Campo Dorine presenta al lado Oeste la falla Fanny - Dorine en sentido Norte – Sur, la misma que divide al Campo Sonia y al Campo Dorine. Esta falla es de tipo normal. En la figura 1.4 se muestra la falla Fanny – Dorine.

El mecanismo de entrapamiento para la arenisca M1 en el Campo Dorine se le interpreta como un cambio de facies litológica en la parte levantada de la estructura, que a su vez se convierte en una barrera estratigráfica impermeable combinada con el levantamiento regional

Esta trampa estratigráfica está presente a lo largo del lado oriental del Campo Dorine.

## **1.5 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SHIRLEY**

### **1.5.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA**

El campo Shirley está ubicado al noreste del campo Dorine en el Bloque Tarapoa en la cuenca Oriente del Ecuador. Este campo fue descubierto en 1999. En la figura 1.2 se muestra la ubicación del campo Shirley dentro del Bloque Tarapoa.

### **1.5.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO**

El principal horizonte productor en este campo constituye el yacimiento U de la formación Napo. Existen también modestas acumulaciones de hidrocarburos en los yacimientos T y M1 de esta misma formación al igual que en el yacimiento Basal Tena de la formación Tena. Es importante señalar que el pozo Shirley-2 (Dorine-30) no posee acumulación de hidrocarburos en los yacimientos U, T y Basal Tena. En la figura 1.3 se presenta la columna estratigráfica de las arenas en estudio.

El crudo correspondiente a la arena U es relativamente pesado y presenta una densidad API que varía entre 18° y 20°, mientras que el petróleo encontrado en el yacimiento Basal Tena muestra una gravedad API de aproximadamente 19°.

Las acumulaciones de petróleo en este campo corresponden a una combinación de trampas estratigráficas y estructurales

### **1.5.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO SHIRLEY**

El campo Shirley es una sutil estructura orientada en dirección Norte-Sur ubicada en la parte central del Bloque Tarapoa con presencia de hidrocarburos en las areniscas "T", "U", "M1" y "Basal Tena".

## **1.6 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO MARIANN**

### **1.6.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA**

Este Campo está localizado en el sector Sur-Este del Bloque Tarapoa.

El campo Mariann fue descubierto en el bloque Tarapoa en 1971 y fue puesto en producción en 1978. En la figura 1.2 se muestra la ubicación del campo Mariann dentro del Bloque Tarapoa.

### **1.6.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO**

Consiste de una serie de arcillas y limonitas intercaladas con areniscas marino marginales a continentales, conocidas como secuencias cíclicas.

Específicamente los reservorios de los cuales se produce petróleo son las areniscas U, T y M-1, que se pueden ver en la figura 1.3.

El crudo correspondiente a la arena U es relativamente pesado y presenta una densidad API que varía entre 18° y 20°. Por otro lado, la arena T produce un crudo relativamente liviano cuya densidad API bordea los 29° mientras que el petróleo

encontrado en el yacimiento M1 muestra una gravedad API de aproximadamente 22°.

### **1.6.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO MARIANN**

El Campo Mariann estructuralmente se encuentra alineada con los campos Cuyabeno-Sansahuari y más al Norte el campo VHR y presenta en el lado Oeste la falla que lo separa de los demás campos que está en sentido Norte – Sur. Esta falla es de tipo anticlinal, teniendo como parte levantada al Campo, en la cual existe un salto de falla de aproximadamente 200 pies.

## **1.7 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO MARIANN 4A**

### **1.7.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA**

Este Campo está localizado en el sector Nor-Este del Bloque Tarapoa. En la figura 1.2 se muestra la ubicación del campo Mariann 4A dentro del Bloque Tarapoa.

El primer pozo del Campo Mariann 4A, fue el pozo Mariann 4, perforado en el año de 1976. Durante la perforación y el análisis de ripios se encontró muestras saturadas con petróleo, a pesar de estos indicios, debido al pobre desarrollo en los reservorios localizados en las areniscas U Media y T Media de la formación Napo, el pozo fue abandonado sin Completación.

City la anterior compañía que operaba el campo acordó con Petroecuador sustituir la reactivación del pozo Mariann 4 por la perforación de un nuevo pozo que se denominó Mariann 4A-1, el cual está localizado en una mejor posición estructural, este se perforó en Marzo de 1998 encontrándose petróleo en las arenas M1, U Superior, U Media, U Inferior, T Superior y T Media de la formación Napo.

### **1.7.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO**

El Campo Mariann 4A presenta una estratigrafía Cretácica clásica correspondiente al flanco Este de la Cuenca Oriente, compuesta de lutitas y calizas.

Los reservorios más importantes del Campo de los cuales se produce petróleo son las areniscas U, T y M-1.

El crudo correspondiente a la arena U es relativamente pesado y presenta una densidad API que varía entre 19° y 23°.

Por otro lado, la arena T produce un crudo relativamente liviano cuya densidad API bordea los 30° mientras que el petróleo encontrado en el yacimiento M1 muestra una gravedad API de aproximadamente 20°.

### **1.7.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO MARIANN 4A.**

La estructura del campo Mariann 4A es parecida a la de Mariann ya que ambas son anticlinales fallados, la falla limitante al oeste de los anticlinales es inversa de alto ángulo con dirección NNO-SSE, con un salto de falla promedio de 226 pies hacia el oeste del Campo Mariann, el eje anticlinal en ambas estructuras tiene un predominio NNO-SSE, aunque en la estructura sur la dirección del eje anticlinal toma una dirección ONO-ESE en la parte sur.

Esta estructura también se encuentra alineada con los campos Cuyabeno-Sansahuari y más al Norte el campo VHR, aunque no compartan la misma falla; el tren de fallas empieza con una dirección NO-SE en Mariann hasta tomar una dirección N-S en VHR.

## **1.8 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO ALICE**

### **1.8.1 LOCALIZACIÓN E HISTORIA**

El campo Alice está ubicado en el área oeste del Bloque Tarapoa, en el lado hundido de la falla normal que limita los campos Fanny y Dorine en la cuenca Oriente del Ecuador. En la figura 1.2 se muestra la ubicación del campo Alice dentro del Bloque Tarapoa.

El campo Alice fue descubierto en Julio del 2002. El yacimiento M1 es el único horizonte productor en el Campo Alice.

### **1.8.2 GEOLOGÍA DEL CAMPO**

La arenisca M1 representa el ciclo deposicional más joven de la Formación Napo del Cretáceo, la cual consiste de una serie de lutitas, calizas y areniscas, que alcanza espesores superiores a los 50 pies.

El crudo correspondiente a la arena M1 muestra una gravedad API de aproximadamente 23.5°.

### **1.8.3 ESTRUCTURA DEL CAMPO ALICE**

En base a esta nueva definición, se decidió separar el Campo Sonia en dos estructuras diferentes: Sonia, que corresponde al área norte de la estructura y que fue originalmente considerada en el Plan de Desarrollo aprobado en Octubre del 2002 y el nuevo Campo que se lo denomina Alice, y que corresponde a la parte sur de la estructura, en donde se perforó el pozo original Alice-1.

El valor del contacto agua- petróleo completamente diferente entre el Campo Sonia y Alice, ha permitido re-definir estas estructuras, separándolas en dos completamente



independientes: Campo Alice y Campo Sonia, definidas tanto por barreras estratigráficas así como por contactos diferentes, lo cual se puede observar en la figura 1.4.

## 1.9 CARACTERÍSTICAS PETROFÍSICAS DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO

En la Tabla 1.1 se realizará una breve descripción regional de las características petrofísicas y de los fluidos de las areniscas productoras de las Áreas de los Campos a los que pertenecen los pozos de este estudio.

**Tabla 1.1 Propiedades Petrofísicas y de los fluidos de los Campos en estudio**

CAMPO	RESERVORIO	VALORES PROMEDIOS								
		$\Phi$ (%)	%API	$u_o$ (cp)	$B_o$ (bbls/STB)	$S_{wi}$ (%)	K (md)	Tr (°F)	Salinidad (ppm)	Pr (psi)
MARIANN	U	18	21	7.84	1.19	26	550	210	13,000	3,100
	T	19	30	1.93	1.26	31	400	215	9,000	3,200
MARIANN 4A	M-1	22	19	13.47	1.147	29	2,400	200	9,000	2,200
	U	17	25	4.09	1.186	31	480	210	13,000	3,200
FANNY	T	16	30.5	1.81	1.26	33	350	215	8,000	3,200
	M-1	24	21	9.57	1.1	27	2,500	198	16,300	2,400
DORINE	Ui	24	20	10.19	1.119	27	550	205	9,000	3,200
	M-1	29	13.5	41.10	1.12	24	1,280	201	16,995	2,600
ALICE	M-1	25	22	7.74	1.1	23	2,300	200	13,500	2,200
SHIRLEY	M-1	24	23.5	6.00	1.121	24	2,600	200	19,000	2,700
	U-inf	18	20	10.19	1.218	25	600	205	13,500	3,300
	Basal Tena	18	20	15.95	1.185	37	880	180	26,000	2,450

**Realizado por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

## 1.10 PRODUCCIÓN DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO

En la tabla 1.2 se muestra la producción de petróleo de los Campos en estudio tradicionalmente proviene de la formación Napo, existiendo reservorios de interés hidrocarburífero tales como la formación M1, U, T y Basal Tena.

**Tabla 1.2 Producción de los Campos en Estudio**

PRODUCCIÓN DE LOS CAMPOS @ OCTUBRE 2007					
CAMPO	DIARIA		ACUMULADA		
	PETRÓLEO (BLS)	AGUA (BLS)	PETRÓLEO (MMBLS)	AGUA (MMBLS)	GAS (MMMPCS)
MARIANN	985	10,797	11.3	60.4	2.63
MARIANN 4A	658	5,980	3.4	15.4	0.51
FANNY 18B	18,196	128,574	82	271	11.66
DORINNE	19,776	197,827	81	331.3	10.75
ALICE	4,300	39,920	5.4	16.7	0.73
SHIRLEY	775	7,123	1.8	6.9	0.24

**Realizado por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

### 1.10.1 COMPORTAMIENTO DE PRODUCCIÓN DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO

En el anexo 1 se muestra la historia de producción que han tenido los campos en estudio a través del tiempo.

## **CAPÍTULO 2.**

### **2. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE CAÑONEO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

Las operaciones con disparos constituyen un paso crucial para establecer la conectividad entre zonas del subsuelo y pozos que son terminados con tubería de revestimiento de acero cementada.

Para optimizar la producción o inyección, el cañoneo en los pozos de petróleo o gas debe diseñarse de modo que se minimice las futuras reparaciones y se alargue el máximo de vida útil del pozo, para lograr esto se debe tener diseños cuidadosos para obtener disparos conductores limpios.

Antes de 1932 los disparos a menudo consistían en orificios realizados en el acero que se lo realizaba con cortadores mecánicos. Luego a partir de 1932 se cañoneaba con balas, a partir de 1948 hasta la actualidad se viene utilizando las cargas configuradas que consiste en la detonación controlada de cargas, especialmente diseñadas y fabricadas para pozos entubados, produce orificios o perforaciones en la tubería de revestimiento de acero, en el cemento y en la formación adyacente de manera que los fluidos puedan fluir hacia el pozo y posteriormente ser levantados hacia la superficie.

Los métodos de transporte de los cañones también se han mantenido actualizados a la par de la tecnología y las técnicas de disparo.

A fines de la década 70 y principios de la del 80, las estrategias de disparo se limitaban a la utilización de cañones más pequeños que se bajaban a través de la

tubería de producción o cañones más grandes que se bajaban a través del revestidor, transportados principalmente con cable de acero.

Las cargas de cada tipo y tamaño de cañón se diseñaban con el fin de lograr el tamaño máximo del orificio, o bien una penetración profunda.

A mediados de los años ochenta, se ampliaron las opciones de transporte de los cañones con la utilización de los bajados junto con la tubería de producción (TCP, Tubing Conveyed perforating) que vino a ser un elemento esencial de muchas completaciones de pozos y una importante herramienta para efectuar disparos.

En la actualidad se utiliza diferentes métodos de transporte como Slickline, Coiled Tubing, Wire Line y TCP que describiremos más adelante en este Capítulo.

## **2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1 EXPLOSIVOS**

Las cargas para perforar la tubería dependen de los explosivos para generar la energía necesaria y tener una penetración efectiva de la tubería de revestimiento, cemento y formación.

Por esto, el desempeño de la carga está relacionado directamente con el desempeño del explosivo.

Debido a su enorme relación Energía – Peso se prefiere los explosivos sobre otra fuente de energía. Los explosivos actúan rápidamente, son confiables y pueden ser almacenados por largos periodos de tiempo. Además, se manejan con seguridad tomando las precauciones debidas.

### 2.2.1.1 Tipos y Características

Los explosivos de acuerdo a su velocidad de reacción pueden clasificarse en ALTOS y BAJOS.

**Tabla 2.1 Tipos y características de los Explosivos**

Explosivos Bajos	Explosivos Altos
Velocidad de reacción 330/1500 m/s	Velocidad de reacción >1500 m/s
Sensibles al calor (iniciados por llama o chispa)	Iniciados por calor o percusión

**Elaborado por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Schlumberger

Los explosivos altos que se usan más comúnmente en cañoneo de pozos son: RDX (Royal Demolition Explosive), HMX (High Melting Explosive), HNS (Hexanitrostilbene), PYX (Picrilaminodinitropiridina).

#### **Sensitividad**

La sensitividad es una medida de la energía mínima, presión o potencia requerida para iniciar un explosivo y nos refleja la facilidad con la que puede iniciarse.

Sensitividad al impacto.- Es la altura mínima de la cuál puede dejarse caer un peso sobre el explosivo para que detone.

Sensitividad a la chispa.- Es la cantidad de energía que debe tener una chispa para detonar un explosivo.

#### **Estabilidad**

La estabilidad se refiere a la habilidad de un explosivo para perdurar por largos periodos de tiempo o para soportar altas temperaturas sin descomponerse.

Los explosivos usados en los disparos deben tener una alta estabilidad para que puedan ser almacenados por un tiempo razonable y que puedan operar efectivamente después de exponerse a las temperaturas del pozo.

### **2.2.1.2 Selección de explosivos**

Para la selección de explosivos se debe seguir el lineamiento de tiempo vs. Temperatura lo cual se lo puede hacer utilizando la Figura 2.1.

Por ejemplo si se desea cañonear una zona que tiene una temperatura promedio de 200 °F sería suficiente bajar un explosivo RDX el cual daría un desempeño óptimo hasta 460 horas (Ver Figura 2.1) después de estar expuesto a dicha temperatura. El exceder estos rangos de tiempo máximo puede resultar en la autodetonación o en la degradación de la eficiencia de la carga.

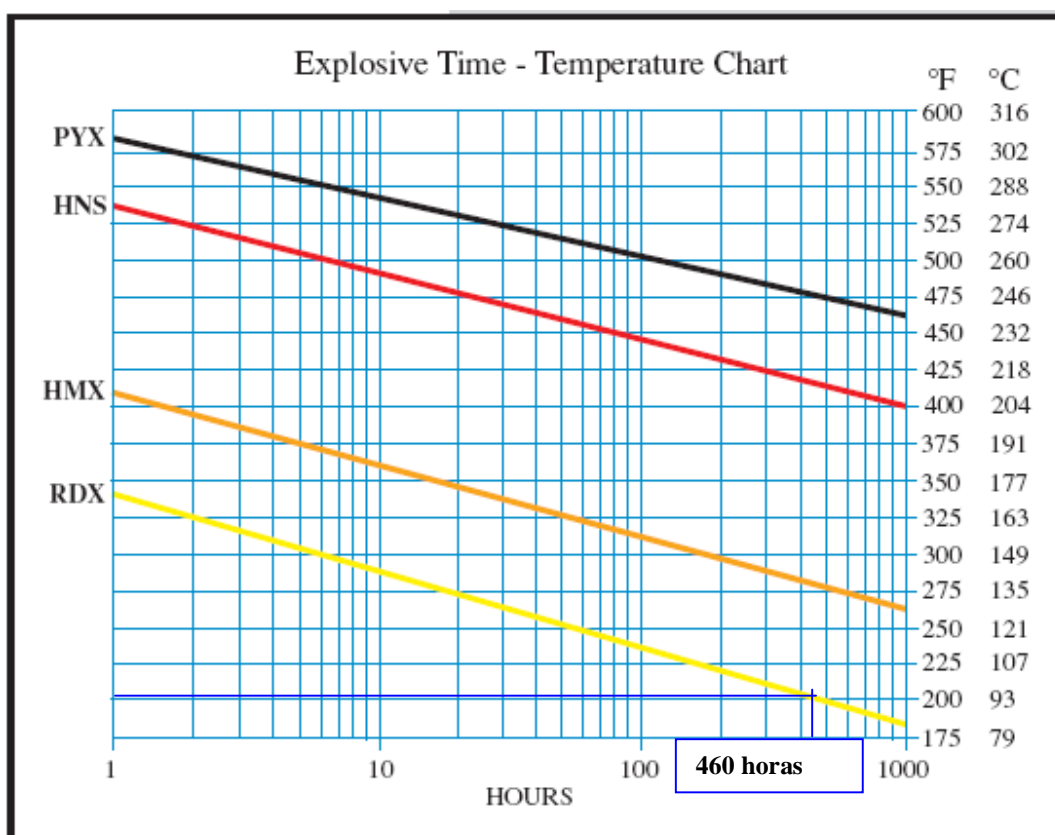
Los explosivos usados para el proceso de Cañoneo son diseñados principalmente para diferentes rangos de temperatura de pozos.

El RDX es usado para aplicaciones estándar, por otro lado el HNS puede ser usado en ambientes que sobrepasen los 400°F.

El rango de temperatura de un explosivo depende del tiempo de exposición a cierta temperatura. Los explosivos deben ser seleccionados en base a la temperatura del pozo y la duración calculada de exposición.

El HMX es similar al RDX pero con mayor poder de detonación, por eso su uso es más frecuente. Dada una temperatura de fondo no se debería exceder el tiempo de exposición para cada tipo de explosivo de manera de obtener un óptimo desempeño de la carga.

**Fig. 2.1 Lineamientos de tiempo vs. Temperatura**



**Modificado por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Baker Hughes

### 2.2.2 CAÑONES

Los componentes explosivos son montados en un portacargas o cañón el cuál puede ser un tubo, una lámina ó un alambre. Estos pueden ser de carga expuesta y no expuesta:

- De carga Expuesta: cuyas cargas no tiene recubrimiento (tubo de acero) y están en contacto con el fluido de Perforación del pozo.
- De carga No Expuesta: cuyas cargas están protegidas por un tubo de acero.

Los cañones se clasifican en:

- a. Recuperables (no expuestas)
- b. Semidesechables (expuestas)
- c. Desechables (expuestas y no expuestas)

Recuperables: En los sistemas recuperables (no expuestas), los residuos de los explosivos y lámina portadora son recuperados y prácticamente no queda basura en el pozo. En este sistema no están expuestos los explosivos a la presión y ambiente del pozo, lo cual lo hace más adecuado para ambientes hostiles.

Semidesechable: Este sistema es similar al desechable con la ventaja de que la cantidad de residuos dejados en el pozo es menor, ya que se recupera el portacargas.

Desechables: En los sistemas desechables, los residuos de las cargas, cordón detonante, detonador y el sistema portador (Lámina, alambre, uniones de cargas) se quedan dentro del pozo dejando una considerable cantidad de basura.

Una ventaja es que al no estar contenidas las cargas dentro de un tubo, pueden ser de mayor tamaño con lo que se obtiene una mayor penetración.

La principal desventaja es que los componentes explosivos están expuestos a la presión y fluido del pozo, por lo que, normalmente, este sistema está limitado por estas condiciones

### **2.2.2.1 Clasificación de los Cañones por su Tamaño**

Los cañones por su tamaño pueden clasificarse en dos grupos:

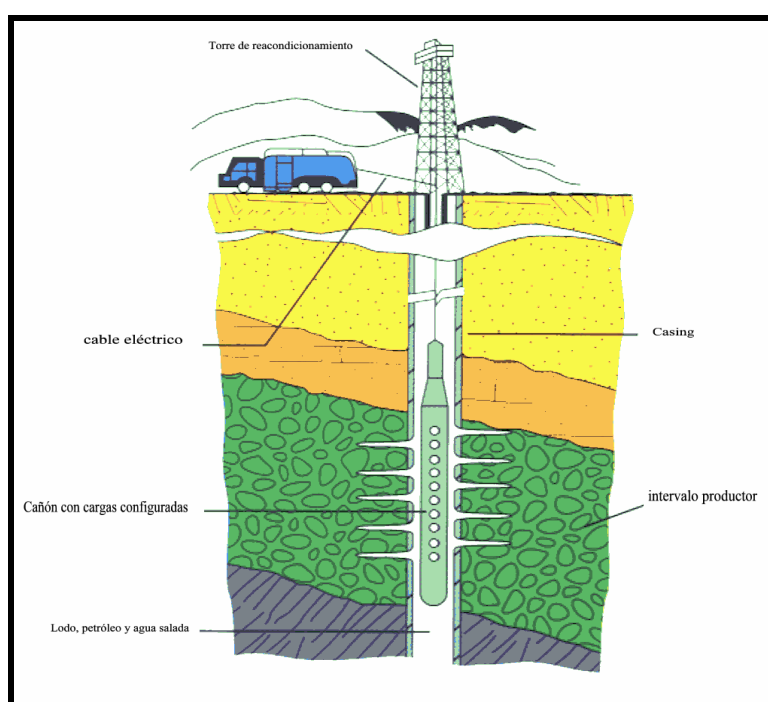
- Casing Gun
- Through Tubing Gun



### 2.2.2.1.1 Casing Gun

El Casing Gun está compuesto de un transportador de pared delgada en el cual las cargas están posicionadas en los llamados flejes que son tubos de carga que se usan para alojar las cargas. El fin de las cargas está sellado para protegerlas de fluidos y presiones.

**Fig. 2.2 Casing Gun**



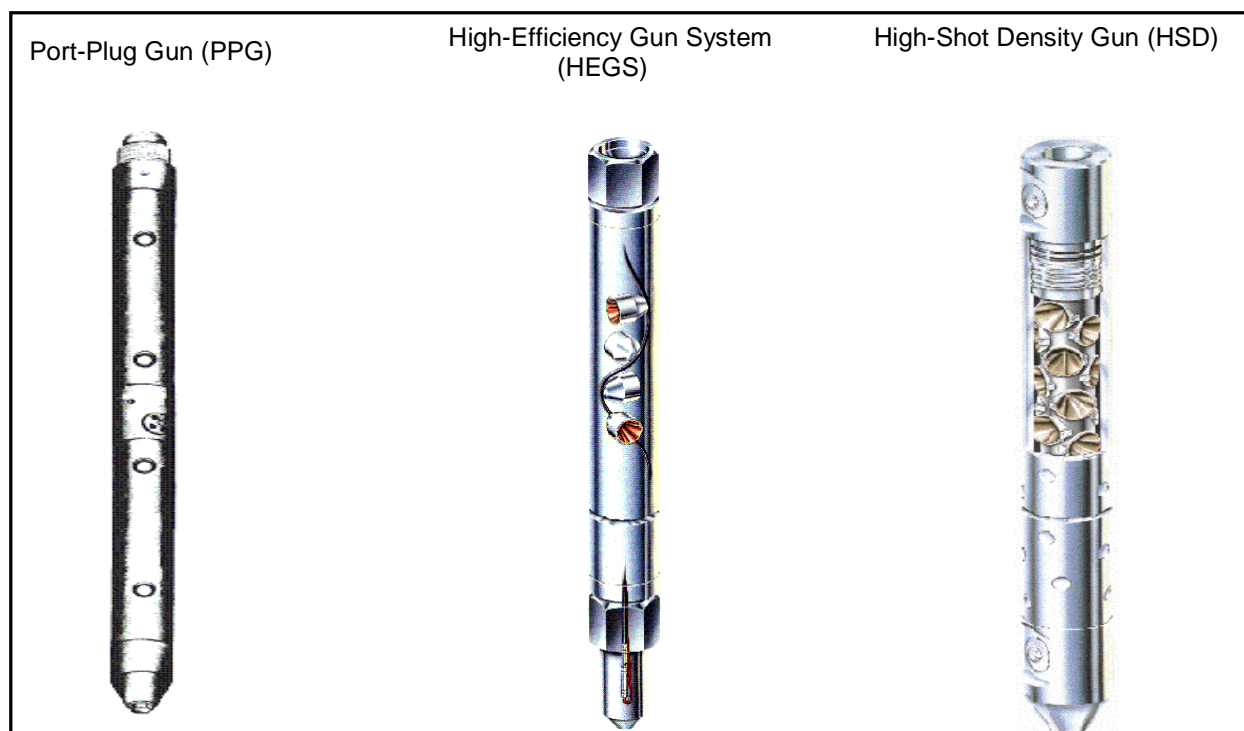
**Fuente:** Schlumberger

Los Casing Gun son similares a los Through Tubing solo que con un diámetro más grande.

Los Casing Guns pueden ser:

- Cañones Port plug - PPG
- High Efficiency Gun Shot - HEGS
- High Shot Density - HSD

**Fig. 2.3 Tipos de cañones Casing Gun**



**Fuente:** Schlumberger

#### 2.2.2.1.2 Through Tubing Gun

Este tipo de cañones utiliza transportadores de diámetro pequeño, menor al del Casing Gun.

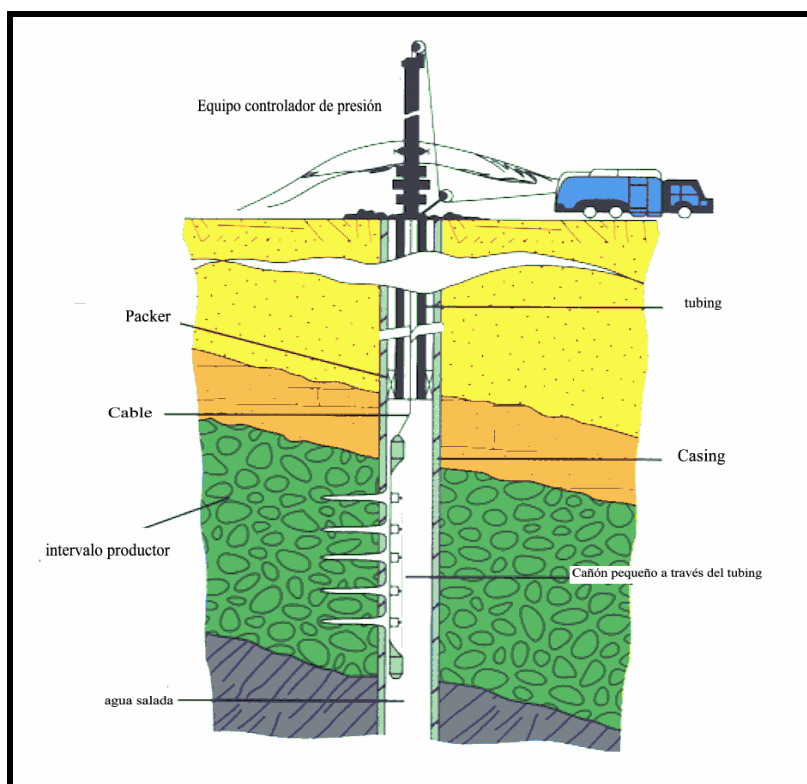
A causa de su pequeño diámetro se pueden usar sólo cargas pequeñas, lo que ocasiona una reducción del diámetro y penetración.

Fueron desarrollados para vencer problemas que puede causar el lodo, además de proveer una adecuada penetración sin dañar el casing. Tiene fases limitadas de 0° a 180° y una densidad de disparo que va de 1 a 6DPP (Disparos Por Pie). No son recuperables, si las cargas son disparadas a través de orificios fabricados.

Su carga puede ser de dos tipos, expuesta y no expuesta.

Pueden ser corridos cuando ya se tiene un arreglo de producción en el pozo, trabaja con diferencial de presión en bajo balance.

**Fig. 2.4 Through Tubing Gun**



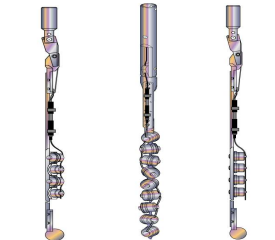
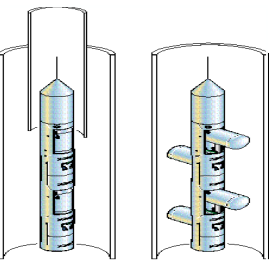

**Fuente:** Schlumberger

Tiene buena eficiencia de trabajo, tiempos de operación bajos. Puede disparar 30ft en una sola corrida.

Los cañones del tipo Through tubing pueden ser:

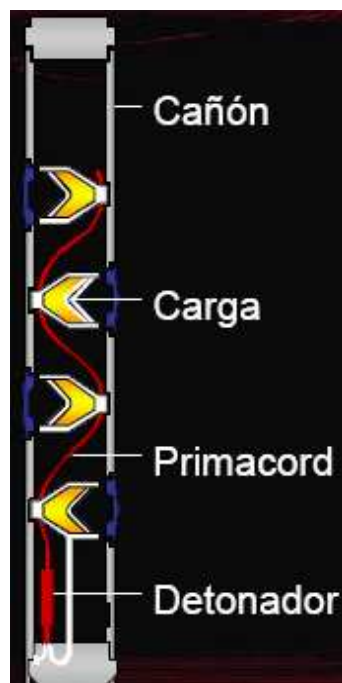
- Enerjet.
- Pivot.
- High Shot Density - HSD.

Fig. 2.4 Tipos de cañones Through Tubing

Tipos de cañones	Características	Underbalance	Through tubing	Carga de alta Penetración	DPP	Diámetro delcañón Tamaño del casing
<p>Enerjet</p>  <p>Retrievable Enerjet Expandable Enerjet Standard Enerjet</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cañones Through -tubing</li> <li>• Cañones de casing</li> <li>• Expandible o removible</li> <li>• Tres tamaños: 1 1/16plg, 2 1/8 - &amp; 2 1/2plg</li> <li>• Faseamiento O, 2, 3 o Espiral</li> <li>• Cargas HMX o HTX</li> <li>• Cargas de Penetración profunda</li> </ul>	Si	Si	No	6	Pequeño
<p>Pivot</p>  <p>OD running in 1.776 in.      OD deployment 3.75 in.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura 365F HMX</li> <li>• Presión 12,000 Psi</li> <li>• Longitud máxima 15 ft</li> <li>• Diámetro externo (OD) 1 - 1 1/16plg</li> <li>• Restricciones 1.78plg</li> <li>• Densidad de disparo y faseamiento o 4DPP, ±90°</li> <li>• Desviación máxima 45°</li> </ul>	Si	Si	No	4	Bueno
<p>HSD</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óptimo para tonos de espesores</li> <li>• Cargas de alto rendimiento</li> <li>• Grandes cañones e intervalos</li> </ul>	No	Si	Si	27	Mejor

Fuente: Schlumberger

Fig. 2.6 Componentes de un Cañón



Fuente: Halliburton

Tabla 2.2 Especificación de un cañón

Diámetro de Cañones OD (pulg)	Faseamiento (°)	Densidad de Disparo (DPP)	Presión de los cañones (Psi)	Temperatura (°F)
2	60	6	20000	400
2 ½	60	6	25000	400
2 7/8	60	6	25000	400
3 1/8	72	6	20000	400
3 ½	72	6	25000	400
3.67	72	6	25000	400
4	72	5	20000	400
4 ½	72	5	12000	400
4 ½	135/45	12	12000	400
4.72	72	5	20000	400
7	135/45	12	20000	400

Elaborado por: Fernando Bustillos

Fuente: Schlumberger

### **2.2.3 CARGAS**

Para nuestro estudio sólo tomaremos en cuenta las cargas configuradas o mejor conocidas como cargas tipo jet ya que son las que actualmente se utilizan para el cañoneo de pozos, las mismas que han remplazado a las cargas tipo bala.

#### **2.2.3.1 Cargas Configuradas**

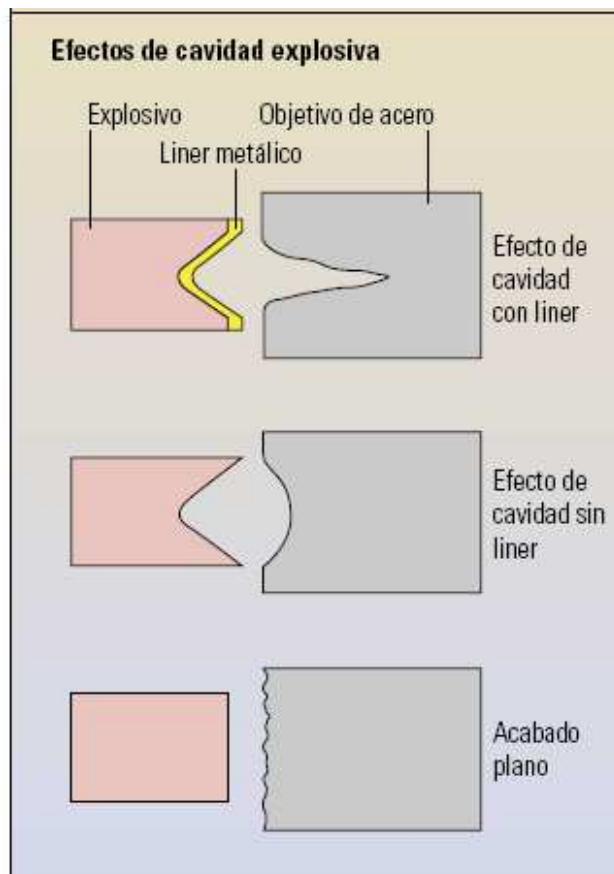
Estas cargas consisten de un explosivo de alta sensibilidad y pureza (primer), un casco, un liner cónico y altamente explosivo conectado con una cuerda de disparo (Figura 2.10). Cada componente debe estar fabricado con tolerancias exactas.

Cuando se detona el explosivo, el trazador de líneas del metal se comprime y se exprime adelante, formando un jet de las partículas del metal con una velocidad de la extremidad superior a 20.000 pies por segundo.

Este tipo de carga emplea una carga de fuerza explosiva. El objetivo de una carga es crear un canal en el casing, en el cemento y en la formación de una manera eficiente y económica.

Estas cargas son compuestas de material explosivo configurado en un extremo para formar una cavidad. En la formación (blanco de disparo) se produce el reverso o la imagen de espejo de la configuración de la carga.

Las cargas no forradas (no recubiertas) producen cráteres lisos y poco profundos. Un efecto plano, como lo muestra la Figura 2.7, no permite un efecto de Penetración óptimo. Algunas cargas usan un forro de metal, usualmente cobre. Se logra una gran Penetración en el acero cuando a la cavidad del explosivo se forra con metal (liner). Estas cargas producen en la formación huecos de configuración de forma de V estrecha como muestra la primera forma en la figura 2.7 con una cavidad que logra el propósito de penetración en la formación.

**Figura 2.7 Efecto de cavidad**

Fuente: Schlumberger

Esta es la base de las llamadas cargas configuradas. Estos dispositivos para cañonear con Jet, presentan un casco o forro exterior metálico de configuración cónica que contiene encerrado un explosivo, la carga explosiva principal.

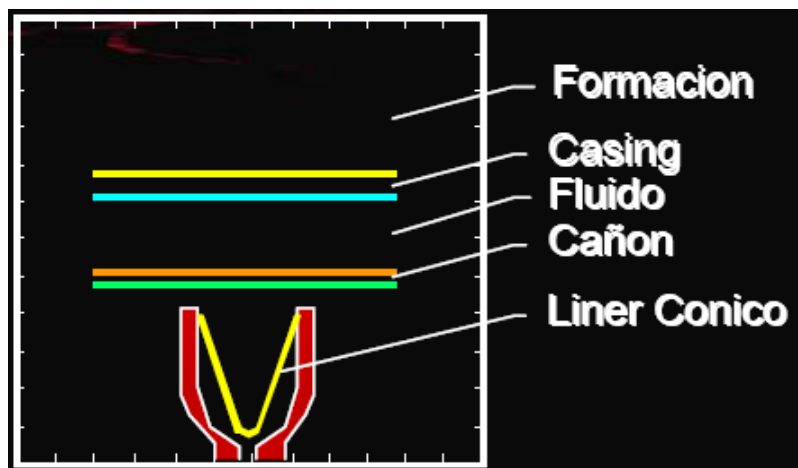
Con estos componentes, el primer charge (iniciador de la carga) y el liner cónico se forma un orificio, un canal en la tubería y el cemento por la acción caliente de un flujo delgado de polvo explosivo.

### 2.2.3.1.1 Tipos de Cargas

Los tipos de cargas configuradas pueden ser de dos tipos:

- Penetración Profunda (DP)

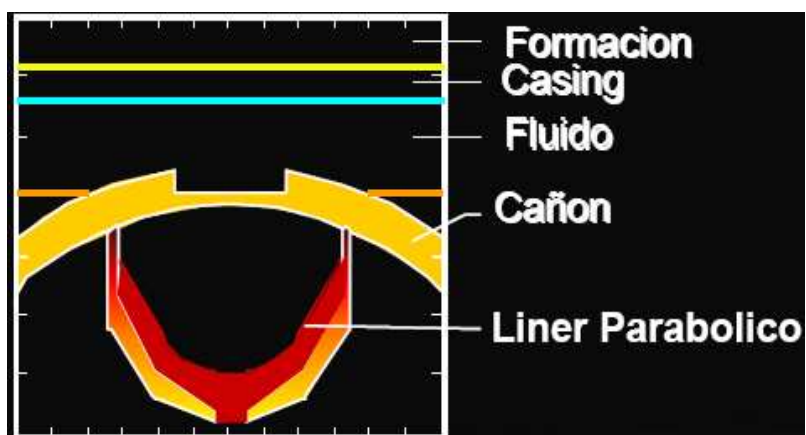
**Figura 2.8 Cargas de Penetración Profunda**



Fuente: Halliburton

- Agujero Grande (BH)

**Figura 2.9 Cargas de Agujero Grande**



Fuente: Halliburton



### 2.2.3.1.2 Elementos de una carga

Como elementos principales de una carga son:

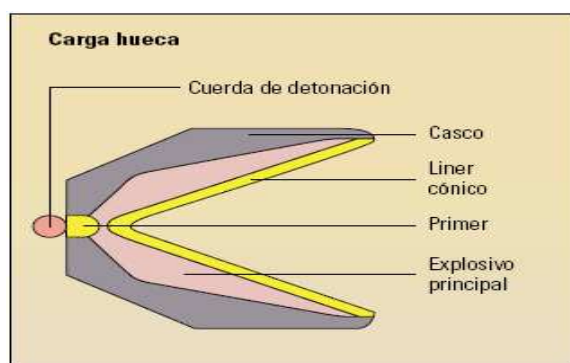
**Casco:** Puede ser de acero, zinc, aluminio o incluso cerámica o vidrio, que mantiene la fuerza de la detonación el tiempo suficiente como para que el Jet se forme.

**El liner cónico:** se encuentra en el centro de la carga. El colapso del liner bajo la fuerza de detonación de la carga principal es la acción crítica para la formación del Jet de cañoneo. El liner es una mezcla de polvos de metales pulverizados como el cobre, tungsteno, estaño, zinc y plomo que proporcionan al Jet una densidad suficiente y un gradiente de velocidad uniforme para obtener una Penetración profunda sin taponamiento.

**Explosivo Principal:** El explosivo constituye el elemento que libera su energía a grandes velocidades y es el elemento más importante de los componentes de la carga puesto que es el que produce la detonación y por ende la mayor o menor penetración.

**Cuerda de detonación:** No es más que un cable eléctrico que permite accionar todas las cargas del cañón o cañones.

**Figura 2.10 Componentes de una carga**



**Fuente:** Schlumberger

## 2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE UN POZO

El índice de productividad nos permite evaluar la potencialidad de un pozo y está representado matemáticamente por:

$$IP = \frac{q}{P_{ws} - P_{wf}} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

q= Caudal del fluido producido (bbls)

P<sub>ws</sub>= Presión del reservorio (psi)

P<sub>wf</sub>= Presión de fondo fluyente (psi)

Las unidades del IP, son unidades de caudal entre unidades de presión, típicamente bls/día\*psi.

El IP no es un parámetro estrictamente válido para la comparación del potencial entre pozos, aún entre aquellos ubicados en el mismo yacimiento. Por esta razón definimos el Índice de Productividad Específico (IPS), como el número de barriles de líquido producido por día por cada psi de abatimiento y por cada pie de espesor de la formación productora, se expresa en la ecuación 2.2.

$$IPS = \frac{IP}{h} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde h es el espesor de la zona disparada en pies. Las unidades del IPS son típicamente bls/día\*psi\*pie.

Otro criterio común empleado para determinar la productividad de un yacimiento es la Relación de Productividad (RP), el mismo que considera el efecto del diseño del

sistema de disparo como son la penetración, fase, densidad, diámetro del agujero, daño del lodo, etc., y está representado matemáticamente por:

$$RP = \frac{Q(\text{completado})}{Q(\text{openhole})} = \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)}{\left[\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) + s_t\right]} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde,

$Q_{\text{completado}}$  Es la rata de producción de una zona entubada y disparada

$Q_{\text{openhole}}$  Es la producción de la misma zona pero en agujero abierto

$S_t$  Es el factor de daño total

$r_e$  Es el radio de drenaje (pulg.)

$r_w$  Es el radio del pozo (pulg.)

Los principales factores que afectan la productividad del pozo son:

- Factores geométricos del disparo
- Presión diferencial al momento del disparo
- Tipo de pistolas y cargas (Descrito anteriormente)
- Daño generado por el disparo
- Daño causado por el fluido de la terminación
- Daño causado por el fluido de la perforación

Como se puede observar, los cinco primeros factores que afectan la productividad pueden ser manipulados durante el diseño del disparo.

Por lo tanto con el análisis de las condiciones del pozo y la selección del sistema de disparo adecuado, se obtendrá la máxima producción del pozo.

### 2.3.1 FACTORES GEOMÉTRICOS DEL DISPARO

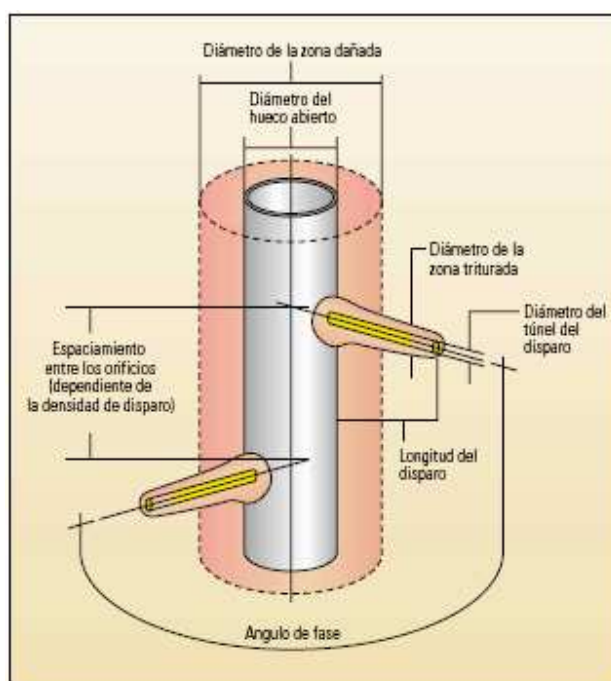
La geometría de los agujeros hechos por las cargas explosivas en la formación influye en la Relación de Productividad del pozo y está definida por los Factores Geométricos.

Estos determinan la eficiencia del flujo en un pozo disparado y son:

- Penetración
- Densidad de cargas por pie
- Fase angular entre perforaciones
- Diámetro del agujero (del disparo)

Otros factores geométricos que pueden ser importantes en casos especiales son: Penetración parcial, desviación del pozo, grado de inclinación de la formación y radio de drenaje.

**Fig. 2.11 Factores geométricos del sistema de disparos**



**Fuente:** Schlumberger

### 2.3.1.1 Efecto de la Penetración y Densidad de carga en la Relación de Productividad

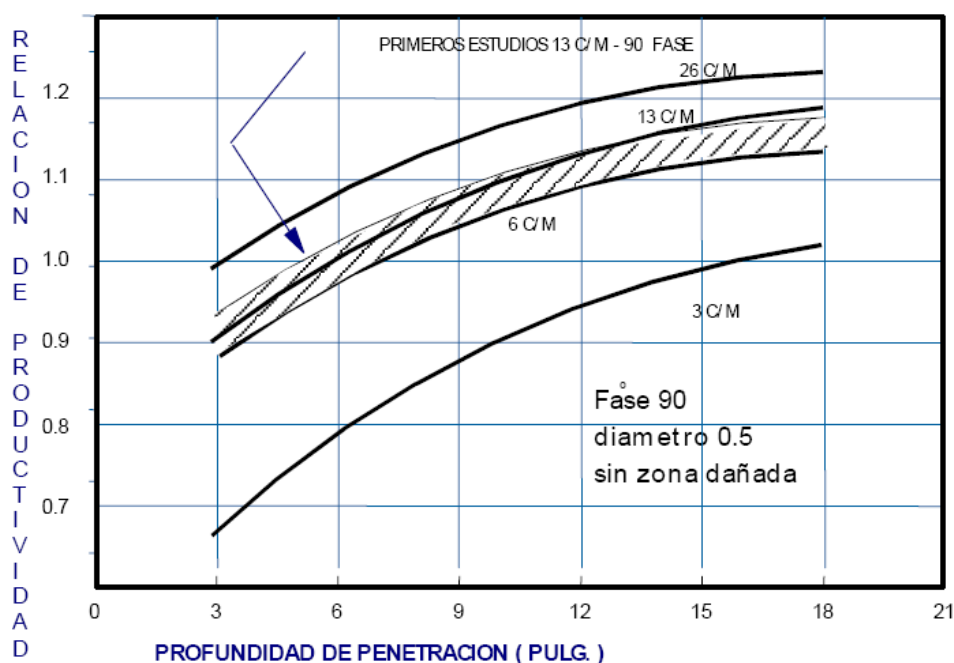
Como puede apreciarse en la figura 2.12, el efecto de la penetración y la densidad de cargas son muy pronunciados en las primeras pulgadas de penetración.

Arriba de 6 pulgadas la tendencia es menor pero es evidente la importancia de la penetración para mejorar la relación de productividad.

La densidad de cargas influye también en la relación de Productividad (RP) observando que para una densidad de 3 cargas/m es necesaria una penetración de 16 pulgadas para obtener una relación de Productividad de 1.0 mientras que para una densidad de 13 c/m se necesitan solo 6 pulgadas.

La figura supone un pozo sin daño, para el caso más real de un pozo con una zona de daño debida al fluido de perforación, la penetración mas allá de la zona de daño es relevante para mejorar la relación de Productividad.

**Fig. 2.12. Efecto de la penetración y densidad en la RP**



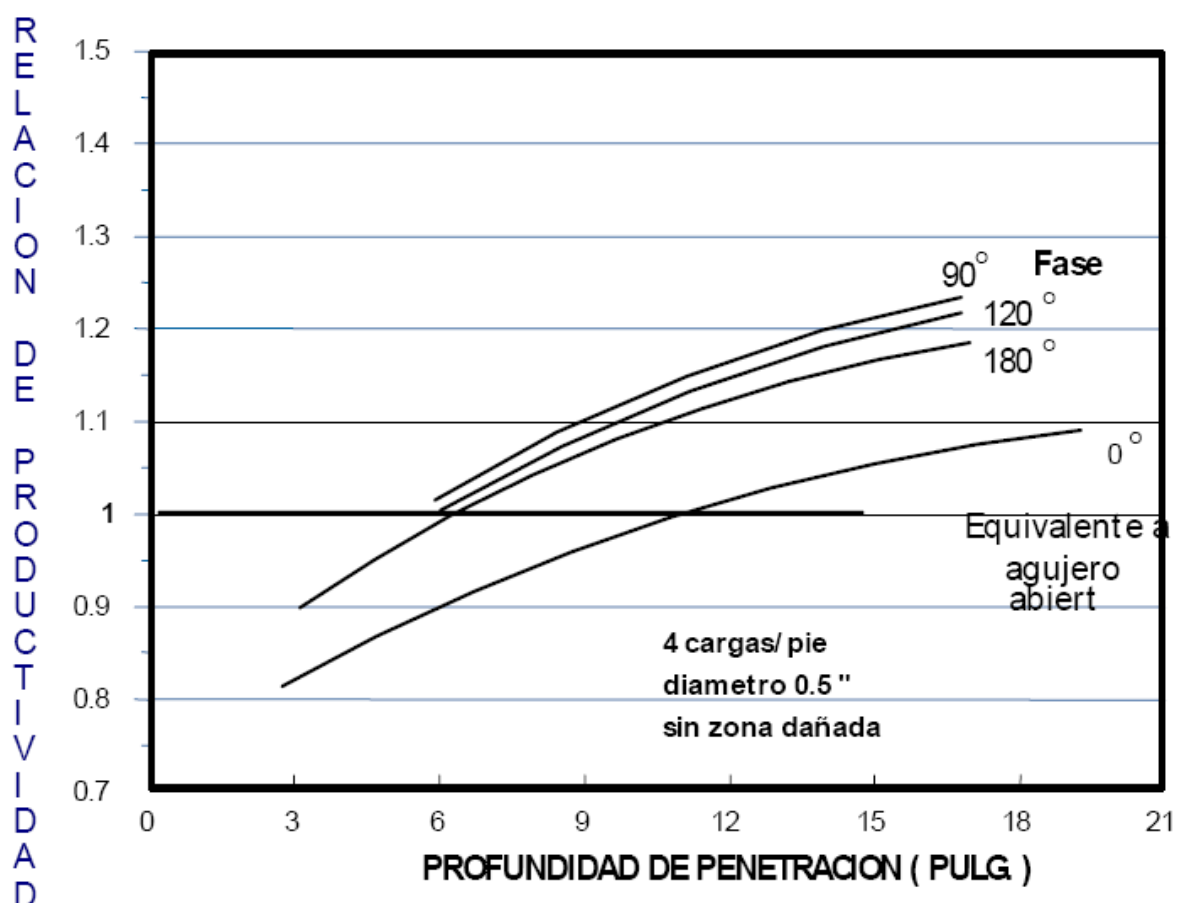
Fuente: Gerencia de Ingeniería. PEMEX

### 2.3.1.2 Efecto de la Fase en la Relación de Productividad

La fase angular entre perforaciones sucesivas es un factor importante. La figura 2.16 muestra una reducción de un 10 - 12 % en la relación de Productividad para sistemas de  $0^\circ$  y  $90^\circ$  con una misma penetración.

Suponiendo que se use un sistema de  $0^\circ$  de fase, con una penetración de 6 pulgadas, se obtiene una RP de 0.9 de la gráfica 2.13, mientras que para un sistema de  $90^\circ$  se obtiene una relación de Productividad de 1.02; esto representa una diferencia del 11% en la relación de Productividad.

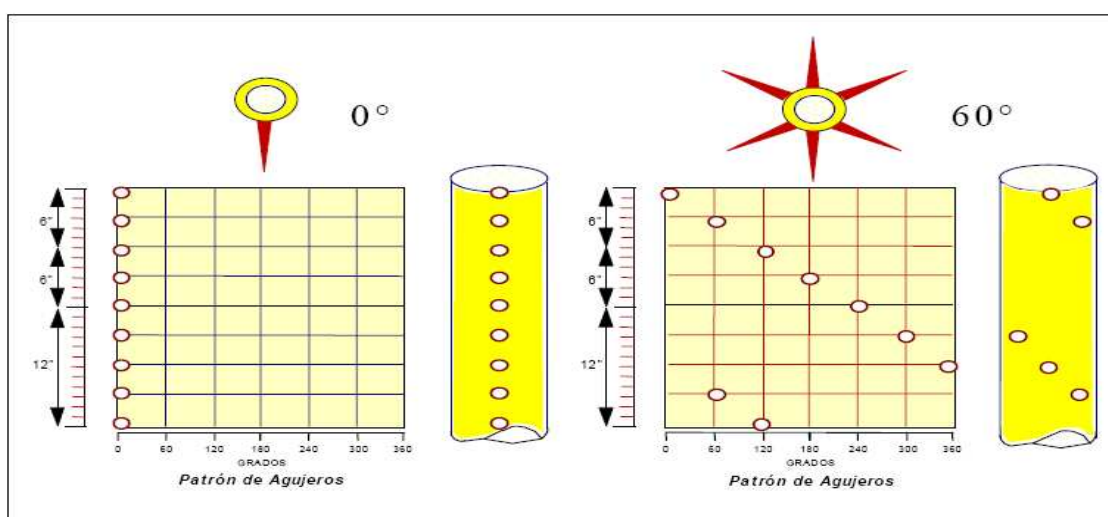
Fig. 2.13. Efecto de la fase en la RP



Fuente: Gerencia de Ingeniería. PEMEX

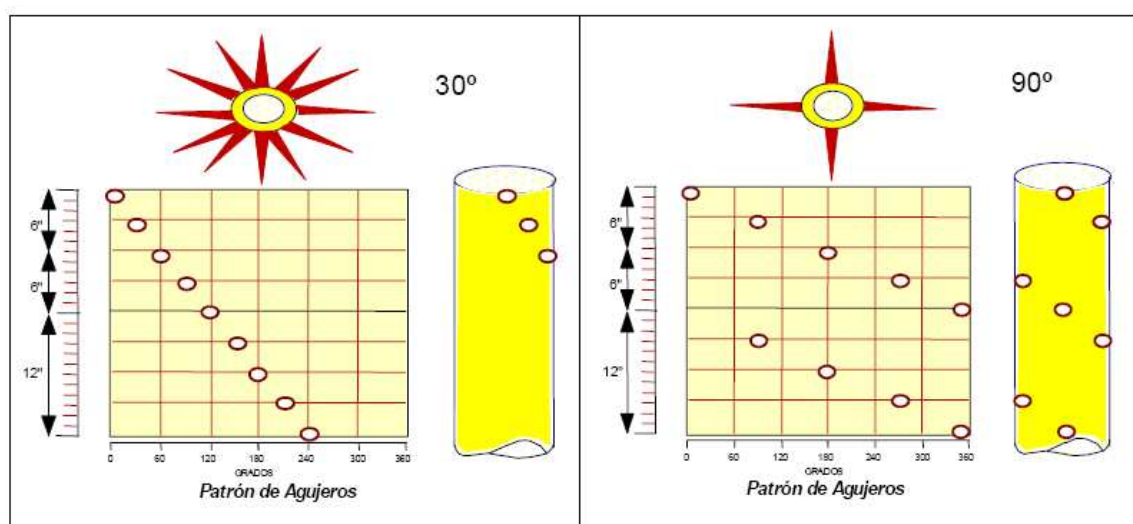
### 2.3.1.2.1 Fase Y Patrón De Agujeros

**Fig 2.14. Patrón de agujeros para pistolas fase 0° y 60°**



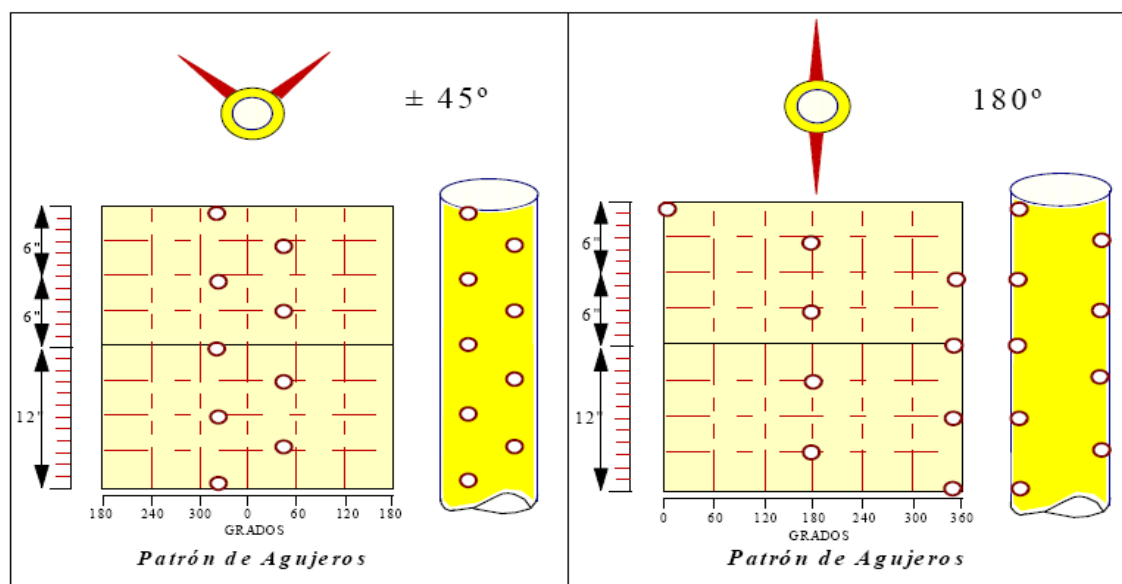
Fuente: Gerencia de Ingeniería. PEMEX

**Fig. 2.15. Patrón de agujeros para pistolas fase 30° y 90°**



Fuente: Gerencia de Ingeniería. PEMEX

**Fig. 2.16. Patrón de agujeros para pistolas fase  $\pm 45^\circ$  y  $180^\circ$**



**Fuente:** Gerencia de Ingeniería. PEMEX

La fase angular entre perforaciones y la densidad de disparos por pie son dos factores que están muy relacionados entre sí, por la configuración que deben tener las perforaciones para un disparo exitoso, la fase angular entre perforaciones tiene que ser tal que permita que en 1 pie (12 pulg), alcance ciertos disparos por pie, esto también dependiendo si son cargas del tipo de alta penetración o de agujero grande.

Las ultimas cargas van a ocupar mayor espacio entre perforaciones, lo que significa que no se puede alojar muchas cargas en un pie, y la fase angular debe ser bien distribuida evitando que se lo haga en un solo sentido como es el caso de la fase de  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $45^\circ$ .

La configuración entre perforaciones que ofrecen las compañías de servicios tiene un patrón de agujeros establecido.



### 2.3.2 PRESIÓN DIFERENCIAL AL MOMENTO DEL DISPARO

El modo en que el pozo es terminado ejerce una gran influencia en su productividad. Existen dos técnicas que pueden aplicarse durante la ejecución de los disparos:

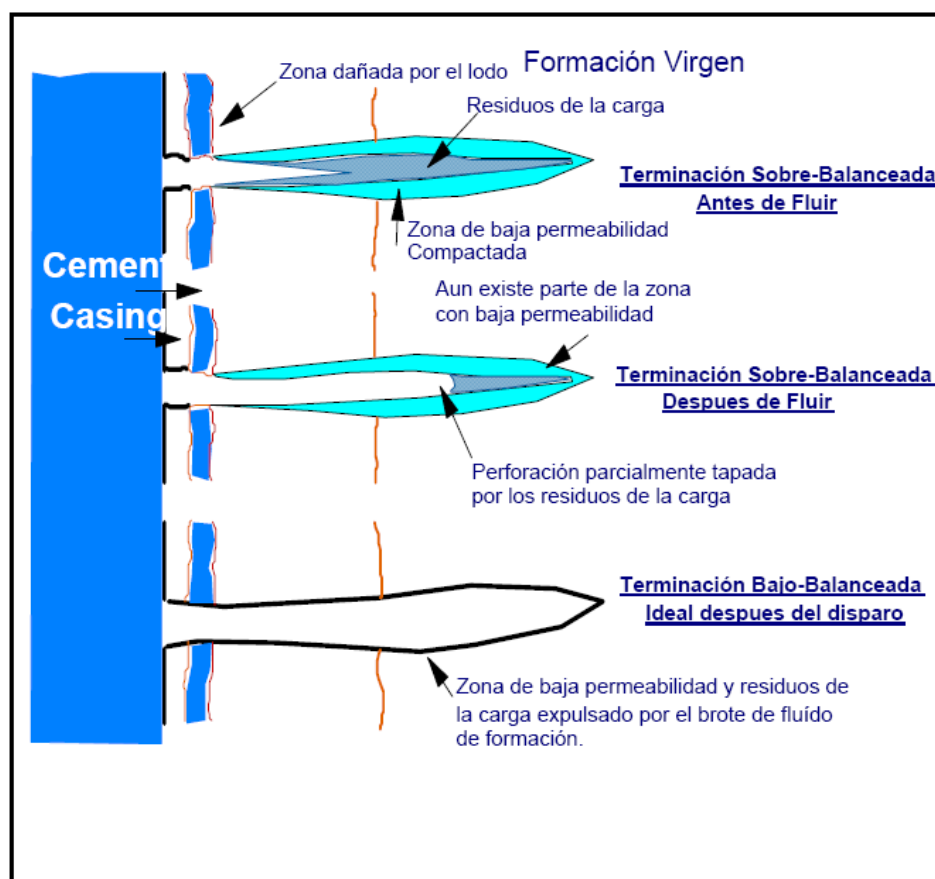
Sobre – balance

Presión hidrostática > Presión de formación

Bajo – balance

Presión hidrostática < Presión de formación

**Fig. 2.17. Efecto de la presión diferencial previa al disparo**



Fuente: Gerencia de Ingeniería. PEMEX

El objetivo de una terminación sobre-balanceada es fracturar la formación al momento del disparo, sin embargo si la presión no es alcanzada después del disparo y antes de que fluya el pozo, se forman tapones con los residuos de las cargas.

Después de dejar fluir el pozo, es posible que aun se tenga una perforación parcialmente taponada y una zona compactada de baja permeabilidad.

Cuando se tiene una terminación diferencial bajo-balanceada, los residuos de las cargas y la zona comprimida podrían ser expulsados por la acción del brote de fluido de terminación.

Disparar el pozo con una presión diferencial a favor de la formación es recomendable para obtener la limpieza de los agujeros.

Sin embargo, usar presiones diferenciales muy altas es inadecuado ya que arriba de cierto valor no se obtiene ninguna mejora en el proceso de limpiado. Una presión diferencial excesiva puede provocar arenamiento o aporte de finos de formación que impedirán el flujo a través de la perforación, o un colapso de la tubería de revestimiento.

Debido a lo antes mencionado, para calcular la presión diferencial a establecer durante el disparo se deberán considerar los siguientes factores:

- Grado de consolidación de la formación
- Permeabilidad de la formación
- Fluido en los poros
- Presión de colapso de las tuberías y equipo
- Grado de invasión del fluido de perforación
- Tipo de cemento

La magnitud de la presión diferencial negativa (bajo-balance) dependerá básicamente de dos factores:

- La permeabilidad de la formación
- El tipo de fluido

La cantidad o magnitud de la presión diferencial necesaria para obtener una mayor productividad y, al mismo tiempo, evitar la falla mecánica de la formación es muy importante para el éxito del disparo. En algunos casos, la correcta aplicación de esta presión de bajo-balance elimina la necesidad de trabajos posteriores de estimulación.

### 2.3.2.1 Determinación de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ )

Para determinar esta presión hay que tomar en cuenta la permeabilidad y el tiempo de tránsito o la densidad volumétrica de la formación.

#### 2.3.2.1.1 Arenas consolidadas

Si la formación es consolidada, se deberá encontrar un punto promedio entre una presión bajo-balanceada mínima y una máxima:

1. Cálculo de la presión bajo-balanceada máxima ( $\Delta P_{\max}$ ).

$$\Delta P_{\max} = P_r - P_{p \min}$$

Ecuación 2.4

Donde:

$P_r$ : Es la presión del reservorio (psi)

$P_{p \min}$ : Es la presión de poro mínima (psi)

### Presión de Poro

La presión de poro es la fracción de los esfuerzos normales y de corte transmitidos por los puntos de contacto entre las partículas de la roca y los líquidos contenidos en ella, denominados esfuerzos hidrostáticos, generando una presión hidrostática que es igual en todas las direcciones. A medida de que la presión de poro disminuye existe más riesgo de producir arena.

## 2. Cálculo de la presión bajo-balanceada mínima ( $\Delta P_{\text{mín}}$ )

$$\Delta P_{\text{mín}} = \frac{3500}{K^{0.37}} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Donde:

K: Es la permeabilidad (md)

En base a estudios estadísticos realizados por W. T. Bell en 1984, se llegó a establecer un rango de valores típicos de presión bajo-balanceada para la limpieza de las perforaciones en yacimientos de arenas, estos valores se encuentran en la tabla 2.3, el valor de  $\Delta P$  depende de 2 factores: La permeabilidad de la formación y el fluido contenido (petróleo y gas).

**Tabla 2.3 Rangos típicos de presión de bajo-balance para limpieza de las perforaciones**

FLUIDO PERMEABILIDAD	PETROLEO	GAS
	PRESION DIFERENCIAL A FAVOR DE LA FORMACION PSI	
ALTA K > 100 md	200 - 500	1000 - 2000
BAJA K < 100 md	1000 - 2000	2000 - 5000

**Modificado por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Paper SPE.

## 3. Cálculo del punto promedio de presión $\overline{\Delta P}$ .

Una vez determinado  $\Delta P_{\text{máx}}$  y  $\Delta P_{\text{mín}}$  en los pasos anteriores, se determina el punto medio de presión y la presión diferencial bajo-balanceada  $\Delta P$  de la manera siguiente:

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\text{max}} + \Delta P_{\text{min}})}{2} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

### 2.3.2.1.2 Arenas no consolidadas

Si se cuenta con una buena medida de la resistencia compresiva de la formación, es posible determinar la  $\Delta P_{\text{máx}}$  para formaciones no-consolidadas esto es, empleando el mismo procedimiento que se utiliza para arenas consolidadas, el cual consiste en restar la presión de poro mínima para generar movimiento de arena de la presión de la formación.

Sin embargo, si no se tiene la resistencia compresiva de la formación, el siguiente procedimiento puede ser empleado.

1. Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas con petróleo:

$$\Delta P_{\text{max}} = 3600 - 20\Delta t \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde:

$\Delta t$ : Es el tiempo de tránsito de la formación

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Donde:

$\rho_b$ : Es la densidad volumétrica de la formación

2. Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determine la  $\Delta p_{\text{mín}}$  mediante la ecuación 2.4 para zonas de petróleo.
3. Determine la presión del punto promedio. Siga el mismo procedimiento establecido para arenas consolidadas.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\max} + \Delta P_{\min})}{2}$$

Ecuación 2.9

- Si los registros indican una invasión somera y/o se usó cemento con baja pérdida de agua,  $\Delta P$  estará entre  $\Delta P_{\min}$  y el punto promedio.
- Si los registros indican una invasión de media a profunda y/o se usó cemento de media a alta pérdida de agua,  $\Delta P$  estará entre el punto promedio y  $\Delta P_{\max}$ .
- Si la presión diferencial calculada ( $\Delta P$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo.

Para complementar los métodos ya mencionados a continuación se incluye la gráfica de King y Behrmann (Grafica 2.1) que muestra el efecto de la permeabilidad para determinar el bajo-balance requerido en pozos de petróleo y gas.

La aplicación de esta gráfica es directa, por ejemplo si se desea determinar la presión diferencial adecuada para efectuar un disparo de una formación con 230 md de permeabilidad, de la gráfica de King y Behrmann., eje de las X's trazamos una recta horizontal hasta interceptar la línea principal de las dos curvas. Se baja una recta para encontrar los valores de presión diferencial en el eje de las Y's.

Para este caso los valores de presión diferencial o bajo-balance son:

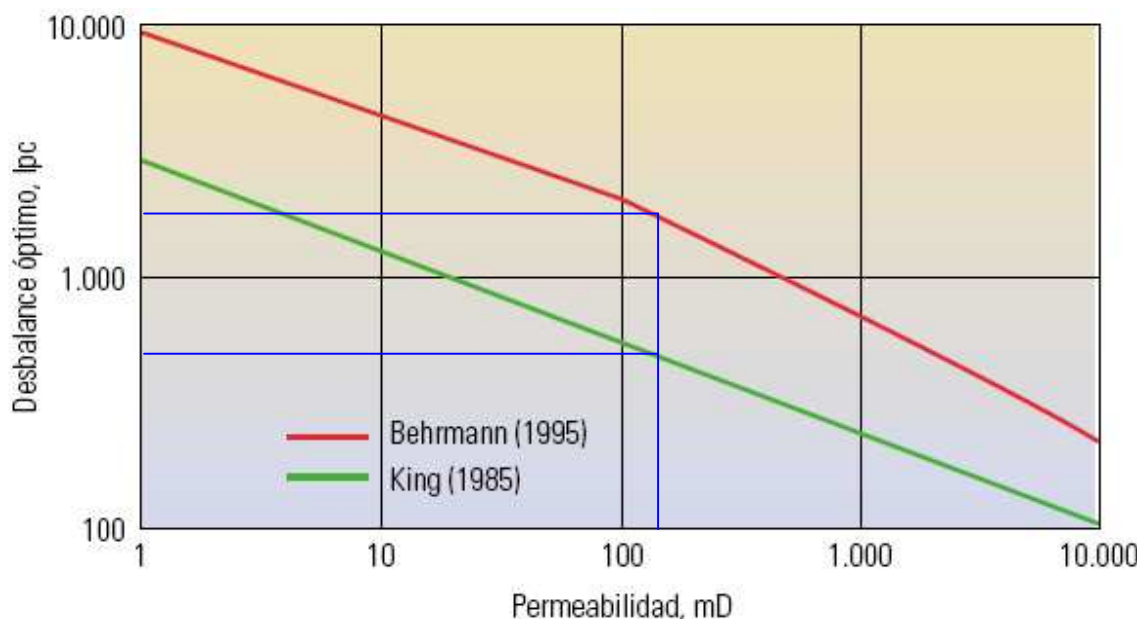
King= 700 psi

Behrmann= 2600 psi

$$\Delta P_{med} = \frac{(\Delta P_{Behrmann} - \Delta P_{King})}{2}$$

$$\Delta P_{med} = \frac{(2600 - 700)}{2} = 950 \text{ psi}$$

**Gráfica 2.1 Bajo-balance óptimo vs. Permeabilidad**



**Modificado por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Schlumberger

Siendo el valor de 950 psi un punto medio entre el método de King y Behrmann.

### 2.3.3 DAÑO GENERADO POR EL DISPARO

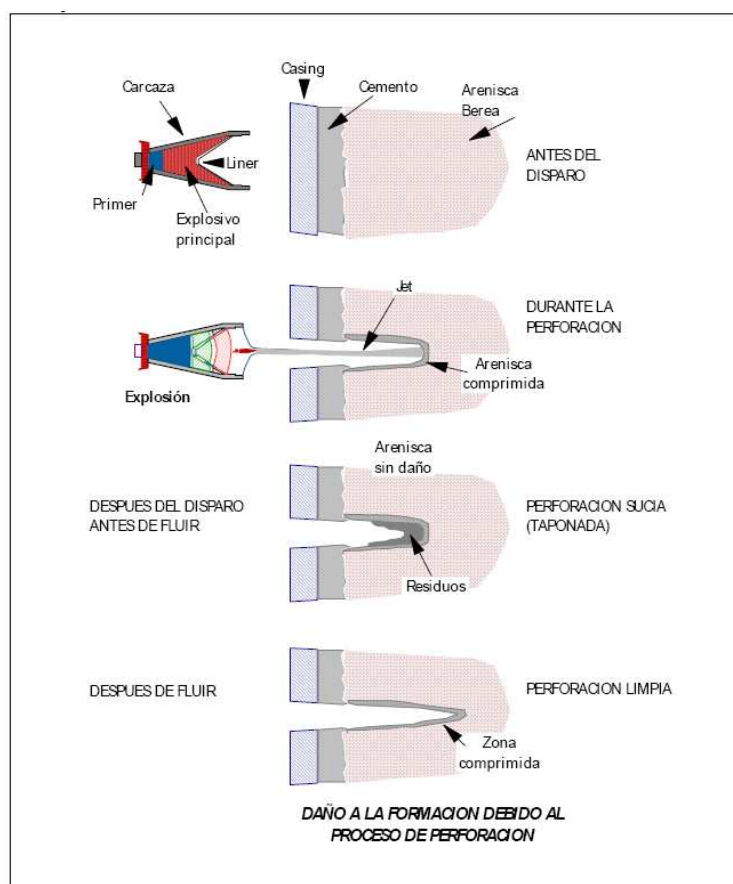
El proceso de cañoneo de formaciones permeables y porosas con las cargas configuradas crea una "película" que se opone al flujo en el agujero.

El jet penetra la formación a alta velocidad, desplazando radicalmente el material de formación, creándose una zona compactada alrededor del agujero y reduciendo la permeabilidad original.

Para disminuir el efecto pelicular deberá incrementarse la penetración para librar la zona de daño.

La figura 2.18 ilustra el proceso del daño causado a la formación por la perforación de un disparo.

**Fig. 2.18. Daño a la formación por el disparo**



Fuente: Schlumberger

### 2.3.3 DAÑO CAUSADO POR EL FLUIDO DE LA TERMINACIÓN.

El fluido de terminación es de primordial importancia para obtener óptimos resultados.

Si existe algún material extraño en el fluido, puede ser empujado dentro de la perforación por el Jet ó un pequeño taponamiento sería el resultado.



El Jet de la carga genera gases de alta presión asociadas con la explosión, hay indicios reales de que el fluido alrededor de la carga es separado durante el disparo y cuando la burbuja de gas se contrae al enfriarse, el frente del fluido es lanzado dentro de la perforación.

Momentáneamente se crea una condición de sobre-balance con fuerzas de impacto y si el fluido no es completamente limpio, las partículas serán adheridas a las paredes del agujero y podría haber invasión de extensión limitada

El daño del pozo, las perforaciones de las cargas, penetración parcial y la desviación provocan un cambio en la geometría radial del flujo que afecta la productividad del pozo.

El efecto combinado de estos factores se denomina "Efecto Pelicular" y genera una caída de presión que afecta la producción del yacimiento.

#### **2.3.4 DAÑO GENERADO POR EL FLUIDO DE LA PERFORACIÓN**

Durante el proceso de perforación del pozo se causa un daño a la formación debido al lodo de perforación. Este daño se asocia al taponamiento de los poros alrededor del pozo.

Existe la tendencia de usar lodos que cumplan con el propósito inmediato de perforar segura y económicamente un pozo, pero no siempre se piensa en los efectos del fluido sobre la productividad del pozo.

La costra de lodo puede resolver el problema de la invasión del filtrado pero si no es removido completamente antes de depositar el cemento en el espacio anular, las partículas sólidas pueden ser arrastradas dentro del agujero abierto por el jet del disparo, aunque se use un fluido supuestamente limpio de terminación.

## **2.4 TÉCNICAS DE CAÑONEO**

La Completación de un pozo incluye la selección de fluidos adecuados, cañoneo de la zona productora, control de arena y diseño de configuración del pozo.

En esta sección se trata de resumir un análisis corto sobre el Cañoneo con diferentes técnicas como la de cable eléctrico conocido como método Convencional que por su costo es la más común, otras no tan utilizadas como el Slickline y el Coiled Tubing, para finalmente terminar con un análisis de la técnica de cañoneo TCP.

### **2.4.1 DISPAROS BAJADOS CON CABLE ELÉCTRICO**

El sistema de Disparo Bajado con Cable Eléctrico puede usarse antes o después de introducir la tubería de producción.

La ventaja de efectuar el disparo previo a la introducción del aparejo es que se pueden emplear cañones de diámetro más grande, generando un disparo mas profundo.

Se realiza en condiciones de sobre balance, con el fin de evitar el soplado de los cañones hacia arriba, implicando altas presiones en el espacio anular y en la superficie. Esto deja los canales de comunicación taponados por los restos de la carga, aun si el intervalo a disparar es reducido o el pozo se pone en Producción. Durante esta condición de trabajo, es raro un diferencial de presión que limpie los canales perforados.

#### **2.4.1.1 Ventajas y Desventajas del Sistema Bajado con Cable Eléctrico**

Entre los principales aspectos se puede destacar:

### **Ventajas**

- En caso de falla tiene pérdida de tiempo mínimo con respecto a TCP (cañones transportados por tubería de Producción).
- Servicio más económico con respecto al tiempo de taladro que se gasta con TCP.
- Operación rápida aumentando el rango de temperatura para las cargas usadas.
- Permite selección del tamaño del cañón compatible con diámetro de la tubería de revestimiento
- Puede disparar en zonas de alta presión
- Tiempo de operación de 4 a 8 horas

### **Desventajas**

- Daño por disparo severo por dispararse en condiciones de sobre balance. Los Build ups (Pruebas de restauración de presión) han indicado un factor de Daño alto
- Se dispara con pozo lleno de agua de matado (Previniendo un reventón con cañón dentro del pozo)
- Reducción de la Permeabilidad en la zona triturada, esto si se realiza el cañoneo en condiciones de sobre-balance.
- Durante el trabajo se debe interrumpir las comunicaciones de radio, operaciones de suelda pues interfieren con el disparo
- La inclinación máxima a la que se puede realizar el disparo es a 65°

### **2.4.2 COILED TUBING**

Esta herramienta alguna vez fue considerada de alto riesgo y aplicable solamente a trabajos especiales (Tubería Flexible o por sus siglas en inglés CT – Coiled Tubing), hoy por hoy se ha convertido en una herramienta esencial para muchas operaciones de intervención de pozos.

Coiled Tubing describe tramos de acero que para su mejor transporte y conservación se enrolla en un carrete.

Las sargas de Coiled Tubing puede tener una longitud de 31000ft o superior según el carrete y los diámetros de los tubos que oscilan entre 1 y 4½ plg.

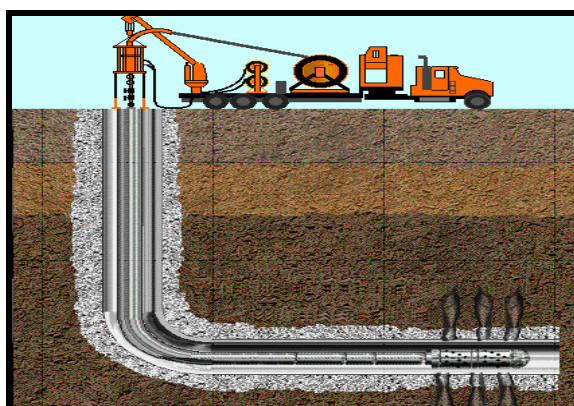
Una unidad motriz hidráulica o aparato motriz, controlado desde una consola instalada en una cabina de control central acciona el cabezal del inyector para desplegar y recuperar el Coiled Tubing.

La tubería continua pasa por encima de un cuello de cisne y a través de un cabezal del inyector antes de su inserción en el pozo a través del equipo de control del pozo que consta típicamente de un prensaestopas, un tubo prolongador y un conjunto de preventor de reventones (BOP), sobre el cabezal del pozo.

Este proceso se invierte para recuperar el Coiled Tubing y enrollarla nuevamente en el carrete, tal como se muestra en la Figura 2.19

Esta técnica se ha utilizado con éxito para la Perforación desbalanceada de pozos verticales de reentrada.

**Fig. 2.19. Unidad de Coiled Tubing**



Fuente: Schlumberger

Los cañones más son del tipo Through tubing. Una subdivisión de los cañones de este tipo refleja la recuperabilidad del sistema de disparo.

A la Unidad de Coiled Tubing no la describiremos detalladamente ya que en el Bloque Tarapoa no se ha utilizado para cañonear pozos.

### **2.4.3 SLICKLINE**

Es un sistema de cable más delgado que el convencional (Sistema de Disparos Bajado con Cable Eléctrico). Tiene diferentes diámetros de acuerdo al uso que se le quiera dar a la unidad.

Las operaciones de cañoneo son similares a las descritas en el método convencional, se requiere precisión para ubicar de las herramientas, dentro del pozo y se recomiendan intervalos cortos.

No es recomendable para pozos desviados y horizontales debido a que se presentan inconvenientes operacionales que causarían pérdida de tiempo. Se realiza en condiciones de sobre balance.

A la Unidad de Slickline no la describiremos detalladamente ya que en el Bloque Tarapoa no se ha utilizado para el cañoneo de pozos.

### **2.4.4 SISTEMA DE DISPARO BAJADO CON TUBERÍA**

Actualmente existen herramientas que evitan la invasión de agua y minimizan cualquier Daño de formación, mediante un diseño del tipo, densidad y cantidad de carga más adecuadas y se conoce como Tubing Conveyed Perforating (TCP por sus siglas en inglés).

En el sistema de Disparo Bajado con Tubería el cañón es bajado al intervalo de interés con tubería de trabajo.

A diferencia de los cañones bajados con cable, en este sistema solo se utilizan cañones entubados, además la operación de disparos puede ser efectuada en una sola corrida, lo cual favorece la técnica de disparos bajo balance.

El objetivo fundamental del sistema TCP es crear agujeros profundos y grandes favoreciendo la productividad del pozo. También este sistema es recomendado (si las condiciones mecánicas lo permiten) cuando se dispara en doble tubería de revestimiento, esto con la finalidad de generar una penetración adecuada del disparo

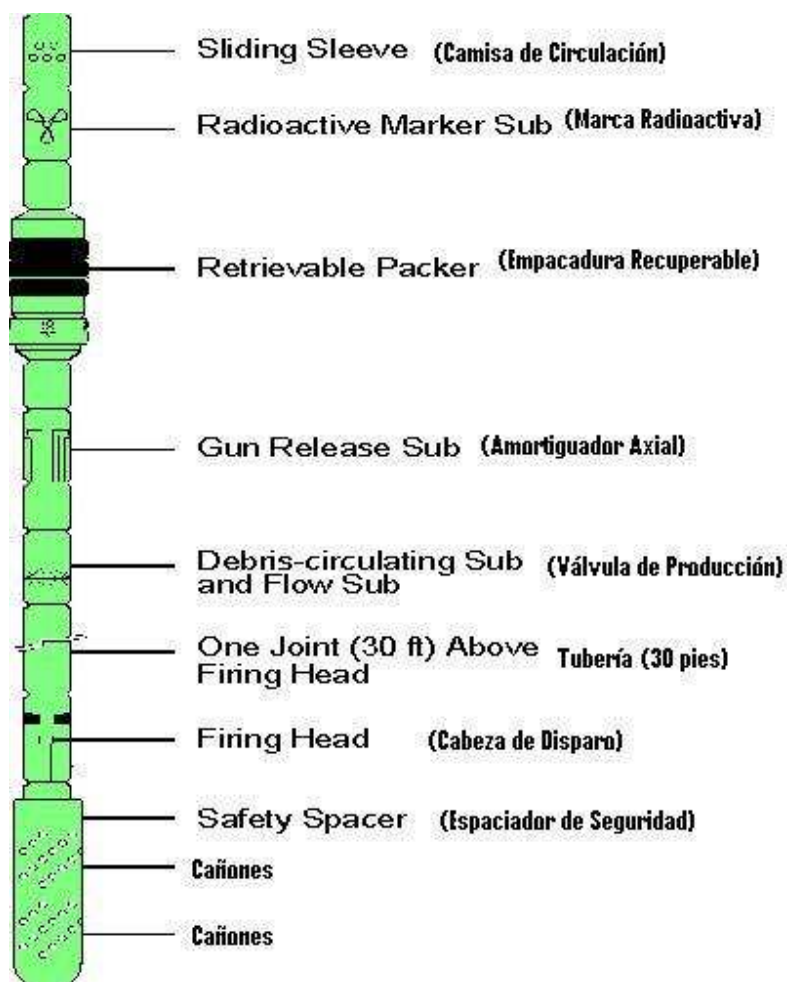
El TCP ha evolucionado desde que simplemente se “bajan los cañones con tubería” a una variedad de sistemas de optimización de cañoneo diseñados para mejorar el proceso de Completación.

Este sistema fue desarrollado y patentado en 1950 por EXXON para vencer los daños en la formación cuando se punzona en casing convencional en presencia de lodos u otros fluidos con una presión diferencial a favor de la formación.

El armado TCP permite ubicar los cañones para la operación de cañoneo arrastrándolos a través de la tubería de Perforación o Producción, con una conexión giratoria transferida de explosivos, útil en pozos horizontales donde los disparos necesitan ser orientados en una dirección específica al borde del pozo, además es bidireccional, permitiendo la ignición desde cualquier dirección.

Permite obtener un canal ideal de gran Penetración, donde la zona compactada y el resto de carga son removidos y eliminados por medio de un diferencial de presión a favor de la formación, utilizando energía propia del yacimiento.

**Fig. 2.20. Sistema de Disparo Bajado con Tubería**



Fuente: Schlumberger

Permite disparar desde cualquier longitud de intervalos o zonas productoras en un mismo viaje, bajo cualquier ángulo de desviación de la tubería con alta densidad de disparo.

Como parte de la preparación para disparar el cañón, el Tubing es parcialmente lleno de fluido limpio sobre el disco cortante, la localización del disco y el nivel de fluido

son factores importantes para controlar la presión a favor de la formación al momento del disparo.

El cañón puede dispararse:

1. Por caída de una barra detonadora que se lanza a través del tubing que libera el pin de disparo del cañón y golpea al detonador
2. Por aplicación de una presión diferencial a un pistón de detonación.

#### **2.4.4.1 Ventajas y Desventajas del sistema TCP**

##### **Ventajas**

- Permite trabajar en bajo balance de manera que al producir inmediatamente después del disparo el pozo fluye y disminuye significativamente el Daño por cañoneo.
- Gran comportamiento, ofrece seguridad y completo control del pozo durante la operación.
- El bajo balance necesita ser ajustado una sola vez y permite un buen limpiado de los disparos realizados.
- Puede disparar más intervalos y mucho más largos en una sola corrida y penetra hasta 3 revestidores
- Para pozos altamente desviados ( $>45^\circ$ ) y horizontales es la única opción de disparo posible
- En formaciones sensibles a los fluidos de completación se puede disparar, evaluar y completar simultáneamente el pozo
- Los cañones transportados por tubería son considerados más seguros que los cañones transportados con línea de acero, cuando hay altas presiones o en presencia de  $H_2S$
- Puede adaptarse para un trabajo con registradores de presión activados luego del disparo.



- No se necesita interrumpir las comunicaciones de radio, operaciones de suelda durante la operación.

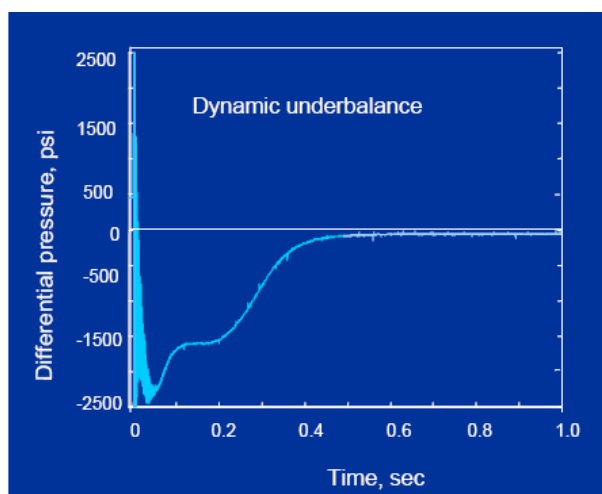
### Desventajas

- Limitaciones económicas, los costos son más altos que el convencional considerando el tiempo de taladro que se emplea en la operación.
- El cañón no es reusable después de ser disparado.
- Considerando el tiempo de taladro, disparos perdidos son tiempo consumido y dinero perdido.

### 2.4.5 SISTEMA DE DISPAROS PURE

PURE (Perforating for Ultimate Reservoir Exploitation) es una tecnología descubierta por Schlumberger, la misma que crea túneles limpios con daño mínimo a la permeabilidad, lo que se correlaciona con una matriz de roca esencialmente sin daño, o inalterada y así mejorando la producción e inyección en pozos nuevos y viejos. Esto es logrado utilizando un bajo-balance dinámico, fenómeno que se da inmediatamente después del disparo.

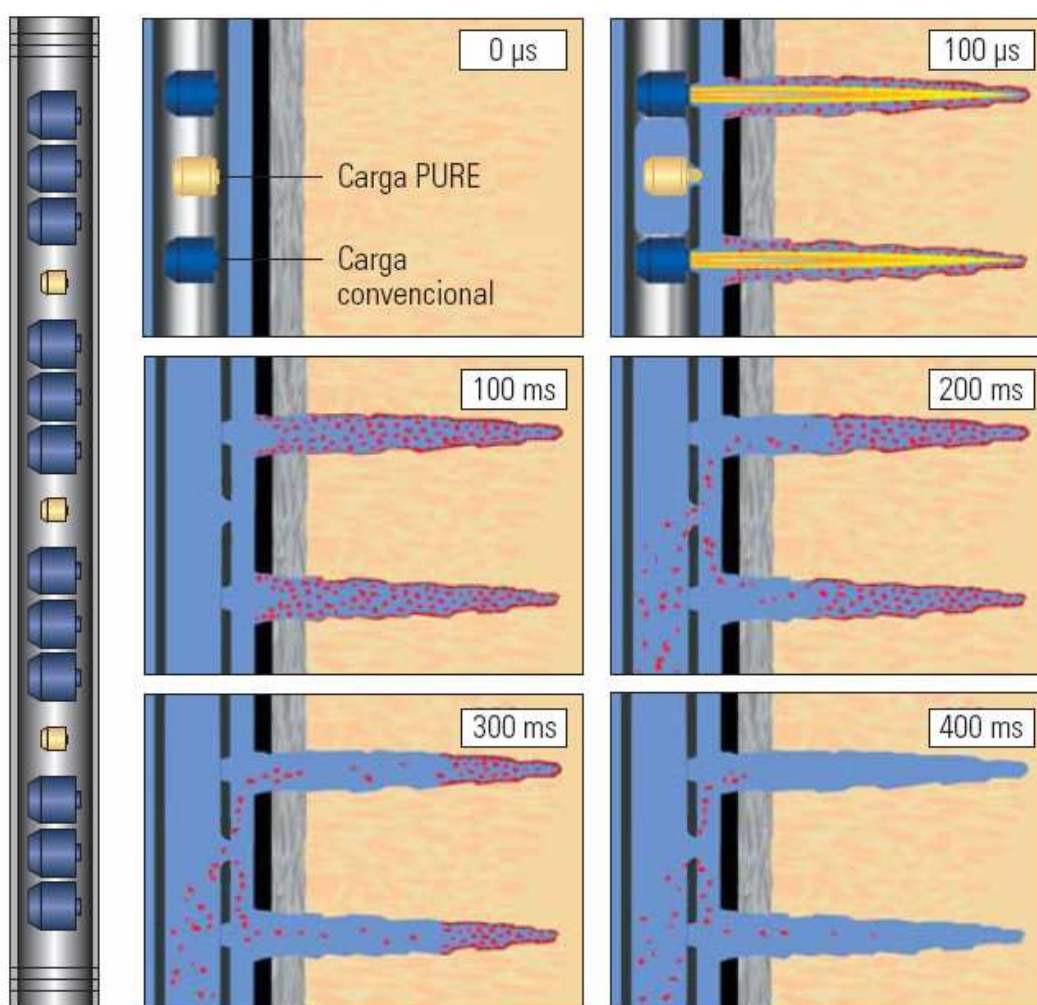
**Fig. 2.21 Operaciones de Disparo en condiciones de Bajo-balance Dinámico**



Fuente: Schlumberger

El bajo-balance dinámico puede ser logrado, si el estado inicial fue en bajo-balance o sobre-balance estático.

**Fig. 2.22 Sistema PURE**



**Fuente:** Schlumberger

El sistema PURE usa cargas configuradas convencionales (azul) y tiene también unas cargas PURE especiales (amarillo) a lo largo de una sarta de pistolas. (Extremo izquierdo). Las cargas PURE no penetran en la tubería de revestimiento del pozo sino que abren orificios extra en los transportadores de cargas convencionales o en las cámaras PURE adicionales, para maximizar la diferencia de presión y optimizar la limpieza de los disparos. Inmediatamente después de la detonación de la carga, los

chorros de alta velocidad de los disparos generan túneles en la formación, (0 a 100 us). Los diseños PURE manipulan las condiciones de pozo y los parámetros de las pistolas para crear instantáneamente un bajo-balance óptimo a lo largo de un intervalo disparado (100 a 200 ms). El daño en la zona triturada alrededor de los túneles de los disparos y la oleada inicial desde la formación elimina el daño inducido y los escombros residuales (300 a 400 ms).

Es aplicable para todas las técnicas de transporte como: TCP, Wireline, Coiled Tubing, y Slickline.

**Ventajas:**

- Reduce eficientemente el daño causado por perforación o por los fluidos de completación, a través de un bajo-balance dinámico controlado
- Previene la producción de arena por el corto período de tiempo necesitado para completar el trabajo de cañoneo.

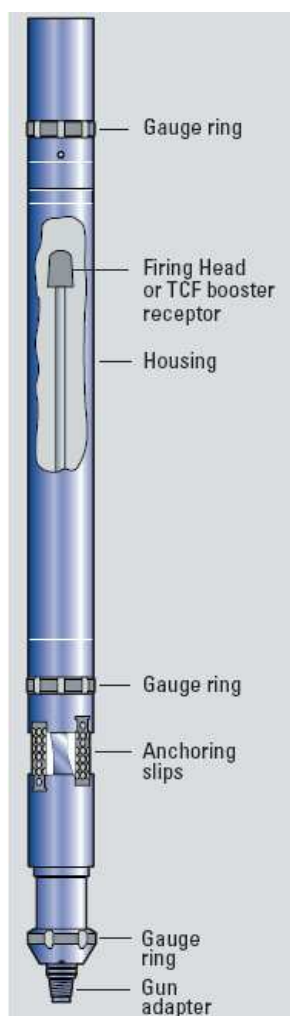
**Desventajas:**

- La densidad de los disparos podría ser ligeramente afectada por el diseño del sistema PURE.

#### **2.4.6 SISTEMA DE DISPAROS CON MAXR**

El MAXR (Monobore Anchor Release X-Tool), fue diseñado básicamente para anclar cañones al casing. Se puede correr en el pozo ya sea con cable eléctrico o con tubería.

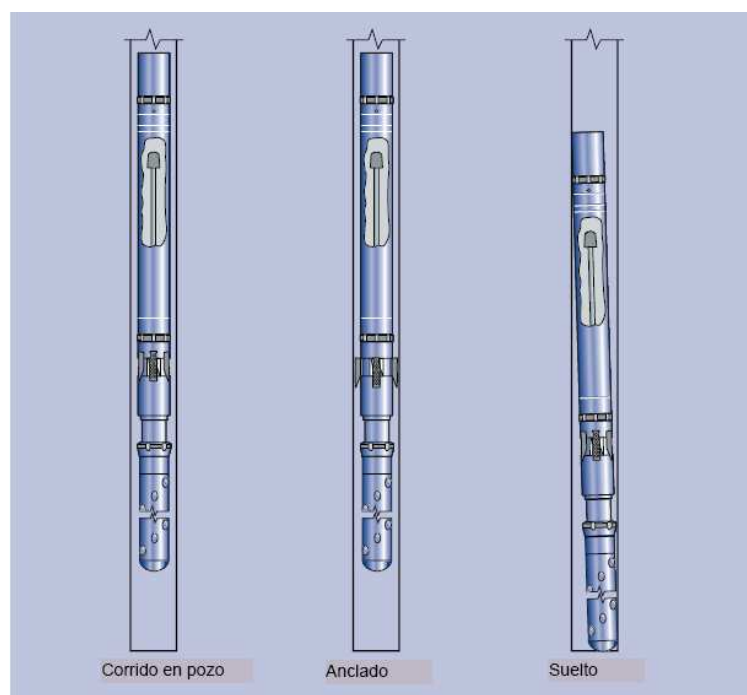
El MAXR puede también ser usado en completaciones convencionales donde los cañones se corren en el pozo antes de bajar la completación final, como por ejemplo, antes de una BES.

**Fig. 2.23 Sistema MAXR**

**Fuente:** Schlumberger

Cuando la cabeza de disparo es activada y detona al cordón detonante atravesando el MAXR, el mecanismo de liberación tipo "X" retracta las cuñas del MAXR. El ancla y los cañones caen hasta el fondo del pozo dejando el casing libre de cualquier restricción para fluir. El MAXR y cañones pueden ser fácilmente pescados cuando sea necesario. En caso de emergencia un mecanismo de liberación adicional mecánico está disponible en el MAXR para soltar los cañones.

**Fig. 2.24 Funcionamiento del Sistema MAXR**



**Fuente:** Schlumberger

#### **Ventajas:**

- El fluido de completación nunca toca la formación durante el disparo, lo cual reduce sustancialmente el daño de formación.
- Reduce el tiempo de taladro ya que este sistema es desplegado por la unidad de Wire Line, dando horas de producción extra.
- Es posible combinar con un bajo-balance estático o dinámico al mismo tiempo, evitando poner en contacto la formación con los fluidos de completación.

#### **Desventajas:**

- No se recomienda usar MAXR en pozos en que la distancia desde la base de la zona que se dispara hasta el fondo del pozo es muy pequeño, ya que la herramienta que cae al fondo podría interferir a la zona productora disminuyendo la producción.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN DEL CAÑONEO**

El presente Capítulo tiene como objetivo crear una base de datos que contenga información necesaria para analizar los sistemas de cañoneo usados en el Bloque Tarapoa y para realizar una simulación que permita recomendar nuevos sistemas de cañoneo para futuros trabajos.

Para la creación de la base de datos se recopiló información de características petrofísicas, características del fluido, historial de perforación, historial de producción, historial de reacondicionamiento, historial de presiones restauradas, Build UP's, entre otros.

Los datos fueron obtenidos en gran parte del software DIMS® (Drilling Information Management System), también se obtuvo del archivo físico del departamento de ingeniería de las diferentes bases de datos de la compañía como: Pr master Versión 1.8.8 2007, Annual Completion and workover report for Field year 2006-2007, Formato para PetroEcuador final Junio 2007, Inyectores – Re-inyectores Julio 2007, Oficial Monthly PVR October 2007, Reportes de producción, inyección y re-inyección, Sand Análisis With Filter 2003 – 2007, T. Petrophysical Summary, Wellbore Utility Report 2007, Topes y Bases del Bloque Tarapoa, Inyectores April 2007, RIFTS ESP software.

El presente capítulo será, físicamente, el más breve del proyecto, sin embargo la creación de la base de datos fue un trabajo meticuloso y que demandó mucho

tiempo. Esta base de datos representa una parte fundamental del presente análisis y será de gran importancia para cualquier trabajo o proyecto que se desee realizar.

En la base de datos se ha separado la información de la siguiente manera:

1. Datos de la formación y del fluido
2. Datos del pozo
3. Datos del disparo realizado

### **3.1 DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO**

En los datos de Yacimiento se puede encontrar:

- Tipo de Arena
- Tope de la Formación TVD (pies)
- Base de la Formación TVD (pies)
- Espesor Total (pies)
- Dureza de la Roca (psi)
- Permeabilidad del petróleo (md)
- Temperatura del Reservorio (° F)
- Presión del Reservorio (psi)
- Porosidad (%)
- Saturación de agua inicial (%)
- Presión de Burbuja (psi)
- Grado API del petróleo
- Viscosidad del Petróleo (cp)
- Factor Volumétrico del Petróleo (BBL/STB)

### **3.3 DATOS DEL POZO**

En los datos del pozo se puede encontrar:

- Daño Total
- Radio de Invasión (asumido) (pulg)
- Presión de fondo fluyente (psi)
- Desviación del pozo (°)
- Diámetro del pozo (pulg)
- Densidad del Cemento (ppg)
- Diámetro del Casing (pulg)
- Peso del Casing (lbs/pie)
- Grado del Casing

### **3.4 DATOS DEL DISPARO REALIZADO**

En los datos del cañoneo se puede encontrar:

- Tipo del fluido de Tratado (Agua o Salmuera)
- Densidad del fluido de Tratado (ppg)
- Intervalos Perforados TVD (pies)
- Técnica Usada (TCP, Wireline, TCP+PURE, Wireline+PURE, MAXR+PURE)
- Tipo de cargas
- Angulo de Fase (°)
- Densidad de Disparos (DPP)
- Disparo o Redisparo
- Fecha del Disparo

En el Anexo 2 se presenta la base de datos de los pozos productores, inyectoros y re-inyectoros del Bloque Tarapoa con la información detallada.



## **CAPÍTULO 4.**

### **4. ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO Y DE COSTOS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE CAÑONEO**

El presente Capítulo tiene como objetivo analizar las diferentes Técnicas aplicadas de cañoneo en el Bloque Tarapoa tomando en consideración un factor que determine la eficiencia del cañoneo como el daño de formación (S) para los pozos productores, y el índice de inyectividad para los pozos inyectores y re-inyectores.

La comparación técnica de un método de cañoneo asociado a su análisis económico permitirá obtener conclusiones que conlleven a decidir si cierto método es el recomendado o no para una determinada formación. La presente evaluación será realizada utilizando los datos obtenidos en el Capítulo 3.

#### **4.1 ANÁLISIS TÉCNICO**

En la medida de lo posible, la forma del análisis técnico será llevada a cabo mediante comparaciones de sistemas y métodos de cañoneo. Se proporcionará también datos estadísticos para los diferentes Campos.

##### **4.1.1 CAMPO DORINE**

En el análisis técnico de este Campo se dará a conocer datos estadísticos del tipo de técnicas y cargas usadas, también se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Daño, con el objetivo de obtener resultados que ayudarán a recomendar la mejor técnica de cañonear en este Campo; en el cual, su reservorio productor es la M-1.

#### 4.1.1.1 Arena M-1

##### 4.1.1.1.1 Datos Estadísticos

##### 4.1.1.1.1.1 Técnica Usada

El número total de trabajos de cañoneo realizados fue de 55, en la Tabla 4.1 se presentan los datos clasificados por el tipo de Técnica que se utilizó, donde el 64% fue realizado con TCP y un 36% de cañoneos se los ha realizado con WL. Los porcentajes descritos se presentan en el Gráfico 4.1.

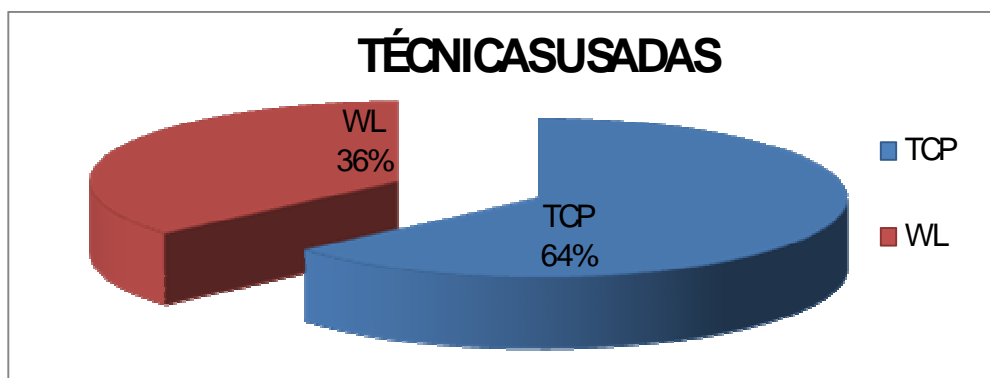
**Tabla 4.1 Técnicas Usadas en el Campo Dorine**

TÉCNICAS USADAS	
TCP	WL
Dorine 1	Dorine 2
Dorine 16	Dorine 2
Dorine 17	Dorine 3
Dorine 18	Dorine 4
Dorine 19	Dorine 5
Dorine 20	Dorine 6
Dorine 22	Dorine 8
Dorine 24	Dorine 10
Dorine_25_ST1	Dorine 10
Dorine 26	Dorine 15
Dorine 27	Dorine 21
Dorine 27	Dorine_23_ST1
Dorine 29	Dorine 31
Dorine 31	Dorine 48
Dorine 32	Dorine 56
Dorine 33	Dorine 58
Dorine 34	Dorine 60
Dorine 35	Dorine 61
Dorine 38	Dorine 62
Dorine 39	Dorine 66
Dorine 41	
Dorine 42	
Dorine 43	
Dorine 44	
Dorine_45_ST1	
Dorine 46	
Dorine 47	
Dorine 50	
Dorine 51	
Dorine 52	
Dorine 53	
Dorine 54	
Dorine 55	
Dorine 59	
Dorine 69	
<b>35</b>	<b>20</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.1 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Dorine**



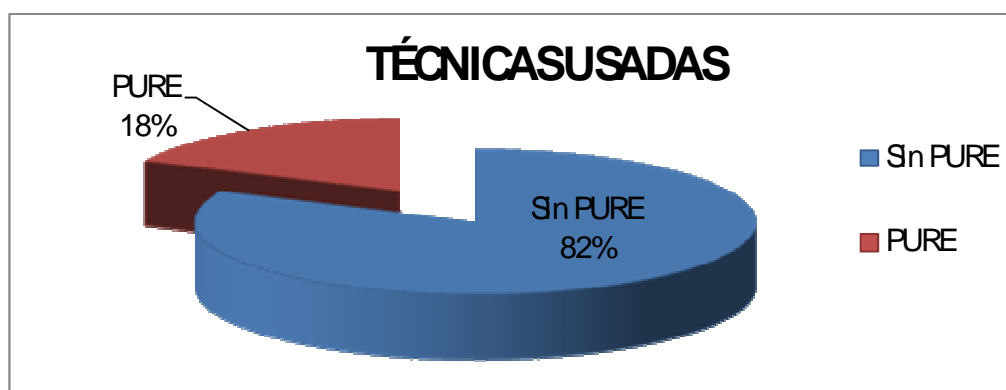
**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Desde el año 2006 en el Campo Dorine se han realizado 10 trabajos de cañoneo utilizando el sistema de cañoneo PURE.

En la Tabla 4.2 se presentan trabajos con y sin el sistema PURE donde el 82 % corresponde a técnicas sin este sistema (Ver gráfico 4.2) y el 18 % corresponde a WL+PURE y TCP+PURE.

**Gráfico 4.2 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Dorine**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Tabla 4.2 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Dorine**

<b>TÉCNICAS USADAS</b>	
<b>Sin PURE</b>	<b>PURE</b>
Dorine 1	Dorine 31
Dorine 2	Dorine 48
Dorine 2	Dorine 56
Dorine 3	Dorine 58
Dorine 4	Dorine 59
Dorine 5	Dorine 60
Dorine 6	Dorine 61
Dorine 8	Dorine 62
Dorine 10	Dorine 66
Dorine 10	Dorine 69
Dorine 15	
Dorine 16	
Dorine 17	
Dorine 18	
Dorine 19	
Dorine 20	
Dorine 21	
Dorine 22	
Dorine_23_ST1	
Dorine 24	
Dorine_25_ST1	
Dorine 26	
Dorine 27	
Dorine 27	
Dorine 29	
Dorine 31	
Dorine 32	
Dorine 33	
Dorine 34	
Dorine 35	
Dorine 38	
Dorine 39	
Dorine 41	
Dorine 42	
Dorine 43	
Dorine 44	
Dorine_45_ST1	
Dorine 46	
Dorine 47	
Dorine 50	
Dorine 51	
Dorine 52	
Dorine 53	
Dorine 54	
Dorine 55	
<b>45</b>	<b>10</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la Tabla 4.3 se puede observar las técnicas usadas (TCP y WL) y también técnicas combinadas con el sistema PURE (TCP+PURE y WL+PURE).

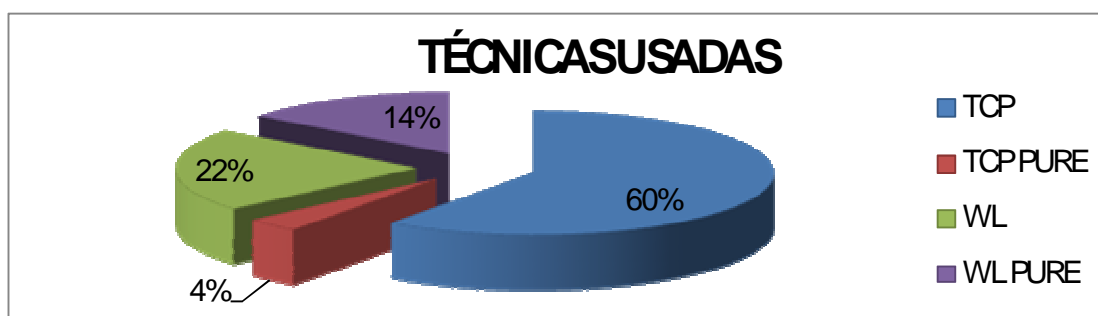
Los resultados descritos se presentan en el Gráfico 4.3.

**Tabla 4.3 Número de Técnicas Usadas en el Campo Dorine**

TÉCNICAS USADAS			
TCP	TCP PURE	WL	WL PURE
Dorine 1	Dorine 59	Dorine 2	Dorine 31
Dorine 16	Dorine 69	Dorine 2	Dorine 48
Dorine 17		Dorine 3	Dorine 56
Dorine 18		Dorine 4	Dorine 58
Dorine 19		Dorine 5	Dorine 60
Dorine 20		Dorine 6	Dorine 61
Dorine 22		Dorine 8	Dorine 62
Dorine 24		Dorine 10	Dorine 66
Dorine_25_ST1		Dorine 10	
Dorine 26		Dorine 15	
Dorine 27		Dorine 21	
Dorine 27		Dorine_23_ST1	
Dorine 29			
Dorine 31			
Dorine 32			
Dorine 33			
Dorine 34			
Dorine 35			
Dorine 38			
Dorine 39			
Dorine 41			
Dorine 42			
Dorine 43			
Dorine 44			
Dorine_45_ST1			
Dorine 46			
Dorine 47			
Dorine 50			
Dorine 51			
Dorine 52			
Dorine 53			
Dorine 54			
Dorine 55			
<b>33.00</b>	<b>2.00</b>	<b>12.00</b>	<b>8.00</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.3 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Dorine**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.1.1.1.2 Carga Usada

En la Tabla 4.4 se muestran los trabajos realizados por el tipo de carga que se utilizó con las diferentes técnicas, donde el 32% corresponde a las cargas 34JL UJ HMX a 12 DPP y PJ4512 HMX a 12 DPP, el 15% tiene las cargas PJ 4505 HMX a 12 DPP (Este tipo de cargas pueden también ser configuradas a 12 DPP, siempre y cuando el diámetro del casing sea mayor a 9 5/8”), el 9% corresponde a las cargas PJ4521 HMX a 21 DPP, el 6% tiene las cargas PJ 4505 HMX a 5 DPP, el 4% tiene las cargas 34B HJ II HMX a 12 DPP y el 2% de los trabajos se los hizo con las cargas HJ4505 RDX a 5 DPP.

Las cargas PJ4521 HMX a 21 DPP fueron utilizadas solo en pozos que presumían tener problemas de arenas y que fueron completados con un sistema de control de arena.

Los datos descritos anteriormente se presentan en el Gráfico 4.4.

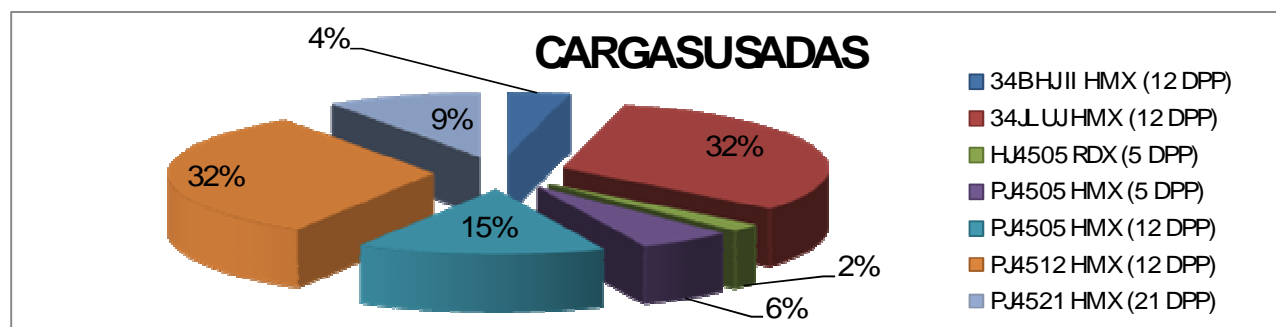
Tabla 4.4 Cargas Usadas en el Campo Dorine

CARGAS USADAS						
34B HJ II HMX (12 DPP)	34JL UJ HMX (12 DPP)	HJ4505 RDX (5 DPP)	PJ4505 HMX (5 DPP)	PJ4505 HMX (12 DPP)	PJ4512 HMX (12 DPP)	PJ4521 HMX (21 DPP)
Dorine 33	Dorine 2	Dorine 18	Dorine 1	Dorine 16	Dorine 2	Dorine 34
Dorine 35	Dorine 3		Dorine 5	Dorine 17	Dorine 10	Dorine 47
	Dorine 4		Dorine 27	Dorine 20	Dorine 27	Dorine 53
	Dorine 6			Dorine 21	Dorine 31	Dorine 54
	Dorine 10			Dorine 22	Dorine 39	Dorine 55
	Dorine 15			Dorine 24	Dorine 48	
	Dorine_23_ST1			Dorine_25_ST1	Dorine 50	
	Dorine 26			Dorine 29	Dorine 51	
	Dorine 31				Dorine 52	
	Dorine 32				Dorine 56	
	Dorine 38				Dorine 58	
	Dorine 41				Dorine 59	
	Dorine 42				Dorine 60	
	Dorine 43				Dorine 61	
	Dorine 44				Dorine 62	
	Dorine_45_ST1				Dorine 66	
	Dorine 46				Dorine 69	
2	17	1	3	8	17	5

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Gráfico 4.4 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Dorine



Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación en la tabla 4.5 se presentará hasta que año fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.5. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Dorine**

CARGAS	AÑO
HJ4505 RDX (5 DPP)	2001
34B HJ II HMX (12 DPP)	2002
PJ4505 HMX (5 DPP)	2002*
PJ4505 HMX (12 DPP)	2002*
34JL UJ HMX (12 DPP)	2004
PJ4521 HMX (21 DPP)	2005*
PJ4512 HMX (12 DPP)	2007*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.1.1.2 Datos Técnicos Comparativos

##### 4.1.1.1.2.1 Daño vs. Técnica

Para el análisis de Daño vs. Técnica se seleccionó pozos cañoneados desde el año 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño, se eliminó los pozos que fueron completados con un sistema de control de producción de arena ya que este sistema aumenta el valor de daño.

Posteriormente se los distribuyó de acuerdo a la técnica utilizada para el cañoneo, dando como resultado que la técnica TCP tiene un daño promedio de 16.08, TCP+PURE tiene un daño promedio de 9.23, WL tiene un daño promedio de 34.15, WL+PURE tiene un daño promedio de 24.42.

Los resultados mencionados anteriormente se los puede apreciar de mejor manera en el Gráfico 4.5.



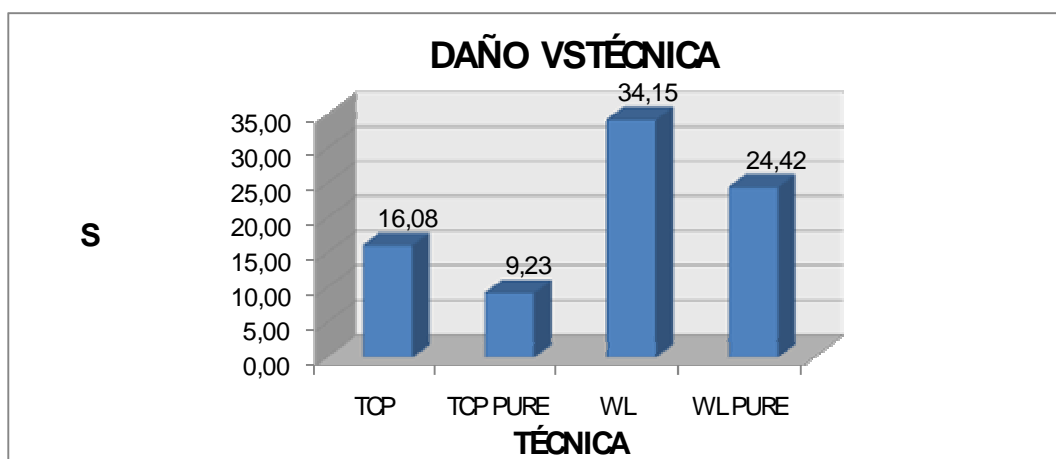
**Tabla 4.6 Daño vs. Técnica en el Campo Dorine**

DAÑO VS TÉCNICA							
TCP		TCP PURE		WL		WL PURE	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Dorine 20	6.00	Dorine 59	18.20	Dorine 21	15.60	Dorine 48	31.00
Dorine 22	2.50	Dorine 69	0.25	Dorine_23_ST1	52.70	Dorine 56	42.00
Dorine 26	20.50					Dorine 58	21.80
Dorine 31	29.00					Dorine 60	29.50
Dorine 32	4.70					Dorine 61	15.20
Dorine 33	26.50					Dorine 66	7.00
Dorine 35	17.60						
Dorine 38	16.40						
Dorine 39	31.00						
Dorine 42	11.80						
Dorine 43	21.50						
Dorine 44	3.60						
Dorine_45_ST1	8.80						
Dorine 46	1.85						
Dorine 50	20.53						
Dorine 51	19.40						
Dorine 52	31.60						
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.08</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>9.23</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>34.15</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>24.42</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Gráfico 4.5 Daño vs. Técnica en el Campo Dorine**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.7 se presenta los pozos que presumían iban a tener problemas de arenas y que fueron completados con un sistema de control de arena, estos pozos fueron disparados con la técnica TCP sin PURE.

A continuación se muestra los resultados de estos trabajos de cañoneo.

**Tabla 4.7 Pozos completado con un sistema de control de arena en el Campo Dorine**

<b>TCP - Pozos con Gravel Pack</b>	
<b>Pozo</b>	<b>Daño</b>
Dorine 34	8.00
Dorine 41	75.20
Dorine 47	45.20
Dorine 53	8.95
Dorine 54	55.00
Dorine 55	19.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>35.23</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

A continuación en la tabla 4.8 se analizará los trabajos realizados con un bajo-balance, con el objetivo de determinar una presión óptima de bajo-balance para los pozos de la arena M-1 del Campo Dorine.

Con WL y WL+PURE no se han realizado trabajos con bajo-balance.

En la tabla 4.9 se muestra los trabajos de TCP realizados en bajo-balance para los pozos que fueron completados con un sistema de control de arena.

**Tabla 4.8 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Dorine**

TCP				TCP + PURE			
POZO	Underbalance	Daño	Problemas de Arena	POZO	Underbalance	Daño	Problemas de Arena
Dorine 20	1,000.00	6.00	SI	Dorine 59	300	18.20	DESCONOCIDO
Dorine 22	500.00	2.50	SI	Dorine 69	500	0.25	DESCONOCIDO
Dorine 26	135.00	20.50	NO				
Dorine 32	200.00	4.70	SI				
Dorine 33	500.00	26.50	NO				
Dorine 35	500.00	17.60	SI				
Dorine 38	500.00	16.40	SI				
Dorine 39	500.00	31.00	NO				
Dorine 42	200.00	11.80	SI				
Dorine 43	500.00	21.50	DESCONOCIDO				
Dorine 44	500.00	3.60	NO				
Dorine_45_ST1	213.00	8.80	NO				
Dorine 46	500.00	1.85	SI				
Dorine 50	500.00	20.53	SI				
Dorine 51	500.00	19.40	DESCONOCIDO				
Dorine 52	450.00	31.60	SI				

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Tabla 4.9 Pozos completados con un sistema de control de arena en el Campo Dorine**

TCP			
POZO	Underbalance (PSI)	Daño	Problemas de Arena
Dorine 34	500	8.00	DESCONOCIDO
Dorine 41	200	75.20	SI
Dorine 47	500	45.20	DESCONOCIDO
Dorine 53	500	8.95	NO
Dorine 54	500	55.00	SI
Dorine 55	500	19.00	SI

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena M-1 del Campo Dorine.-** La arena M-1 es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es 2.23 gr/cm<sup>3</sup>. Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a 2.4 gr/cm<sup>3</sup>.

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

1. Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340(2.23) - 4000 = 1218.2(\text{psi})$$

2. Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\text{mín}}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{2300^{0.37}} = 199.6(\text{psi})$$

3. Calcular la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\text{max}} + \Delta P_{\text{min}})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1218.2 + 199.6)}{2} = 708.9(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo.

El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\text{mín}}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena M-1 es no-consolidada y con una alta permeabilidad.

Del análisis realizado se concluye que para el Campo Dorine es recomendable utilizar un bajo-balance de 455 psi para la arena M-1.

$$\Delta P = \frac{(708.9 + 199.6)}{2} = 455(\text{psi})$$

#### 4.1.1.1.2.2 Daño vs. Carga

Para el análisis mostrado en la Tabla 4.10 se tomó en cuenta todas las Técnicas de cañoneo y se seleccionó pozos cañoneados desde el año 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño.

Los resultados de daño promedio se presentan en la tabla 4.10, y las características de las cargas analizadas son:

1. PJ4505 HMX: Penetración de 32.64" y Diámetro de orificio de 0.49"
2. 34JL UJ HMX: Penetración de 19.52" y Diámetro de orificio de 0.38"
3. PJ4512 HMX: Penetración de 23.55" y Diámetro de orificio de 0.34"
4. 34B HJ II HMX: Penetración de 13.27" y Diámetro de orificio de 0.44"
5. PJ4521 HMX: Penetración de 4.75" y Diámetro de orificio de 0.72"

Todas las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP, excepto las cargas PJ4521 HMX, estas tienen una densidad de disparos de 21 DPP.

De las características se puede observar que las cargas PJ4505 HMX a 12 DPP tienen una mayor penetración, con un menor daño promedio tomado de las pruebas de restauración. Las cargas PJ4505 HMX pueden ser configuradas con una densidad de disparos de 5 DPP en un casing de 7", y a 12 DPP siempre y cuando el diámetro del casing sea mayor a 9 5/8.

De esto se puede concluir que las cargas de mayor penetración (PJ4505 HMX a 12DPP) son las más eficientes por dar resultados de daño menor, y por lo tanto mejor productividad.

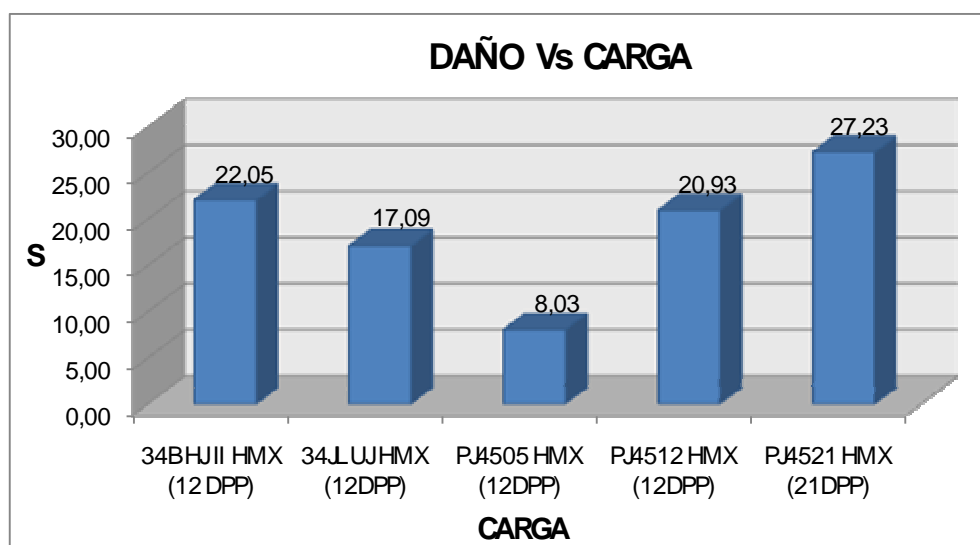
Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.6.

**Tabla 4.10 Daño vs. Carga en el Campo Dorine**

DAÑO Vs CARGA									
34B HJ II HMX (12 DPP)		34JL UJ HMX (12DPP)		PJ4505 HMX (12DPP)		PJ4512 HMX (12DPP)		PJ4521 HMX (21DPP)	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Dorine 33	26.50	Dorine_23_ST1	52.70	Dorine 20	6.00	Dorine 39	31.00	Dorine 34	8.00
Dorine 35	17.60	Dorine 26	20.50	Dorine 21	15.60	Dorine 48	31.00	Dorine 47	45.20
		Dorine 31	29.00	Dorine 22	2.50	Dorine 50	20.53	Dorine 53	8.95
		Dorine 32	4.70			Dorine 51	19.40	Dorine 54	55.00
		Dorine 38	16.40			Dorine 52	31.60	Dorine 55	19.00
		Dorine 42	11.80			Dorine 56	42.00		
		Dorine 43	21.50			Dorine 58	21.80		
		Dorine 44	3.60			Dorine 59	18.20		
		Dorine_45_ST1	8.80			Dorine 60	29.50		
		Dorine 46	1.85			Dorine 61	15.20		
						Dorine 62	4.60		
						Dorine 66	7.00		
						Dorine 69	0.25		
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.05</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>17.09</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.03</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>20.93</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>27.23</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.6 Daño vs. Carga en el Campo Dorine**

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

En la Tabla 4.10 para comparar consideramos todas las técnicas, sin embargo la mejor manera de comparar entre diferentes tipos de cargas sería utilizando una misma técnica para que no influya en la eficiencia de cada tipo de carga.

Para el análisis que se muestra en la Tabla 4.11 se tomó en cuenta solo la técnica TCP, y se seleccionó trabajos realizados desde el año 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño.

En el análisis las cargas PJ4505 HMX a 12 DPP provocan un daño muy bajo comparado con las otras cargas igual a 4.25, las cargas 34JL UJ HMX tienen un daño de 13.13, las cargas 34B HJ II HMX tienen un daño de 22.05, las cargas PJ4512 HMX tienen un daño de 25.63 y finalmente las cargas PJ4521 HMX son las que tienen mayor daño igual a 27.23.

Los resultados mostrados demuestran que las cargas de mayor penetración (PJ4505 HMX a 12 DPP) continúan siendo las más eficientes por dar resultados de daño menor. En el Gráfico 4.7 se presenta los resultados descritos anteriormente.

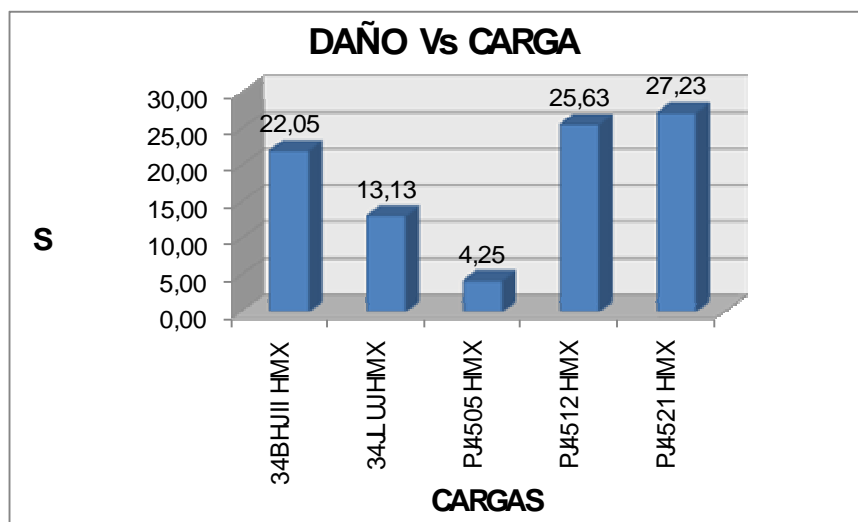
**Tabla 4.11 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Dorine**

DAÑO Vs CARGA									
TCP									
34B HJ II HMX		34JL UJ HMX		PJ4505 HMX		PJ4512 HMX		PJ4521 HMX	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Dorine 33	26.50	Dorine 26	20.50	Dorine 20	6.00	Dorine 39	31.00	Dorine 34	8.00
Dorine 35	17.60	Dorine 31	29.00	Dorine 22	2.50	Dorine 50	20.53	Dorine 47	45.20
		Dorine 32	4.70			Dorine 51	19.40	Dorine 53	8.95
		Dorine 38	16.40			Dorine 52	31.60	Dorine 54	55.00
		Dorine 42	11.80					Dorine 55	19.00
		Dorine 43	21.50						
		Dorine 44	3.60						
		Dorine_45_ST1	8.80						
		Dorine 46	1.85						
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.05</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>13.13</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>4.25</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>25.63</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>27.23</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.7 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Dorine**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Todos los puntos anteriores indican que el sistema más recomendable a utilizar es TCP+PURE con cargas PJ4505 HMX a 12 DDP, sistema que mostró los mejores resultados. En el análisis realizado no se encontraron trabajos de cañoneo con cargas PJ4505 HMX a 5 DDP desde el año 2002 hasta el 2007.



Cabe recalcar que las cargas PJ4505 HMX pueden ser configuradas con una densidad de disparos de 5 DPP con un casing de 7", y a 12 DPP siempre y cuando el diámetro del casing sea mayor a 9 5/8.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 455 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedia de la arena M-1 del Campo Dorine.

#### **4.1.2 CAMPO FANNY 18B**

En el análisis técnico de este Campo se presentará datos estadísticos por arenas del tipo de técnicas y cargas usadas, se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Daños.

En el Campo Fanny 18B se produce de dos arenas diferentes, M-1 y U inferior, que tienen diferentes propiedades petrofísicas, por esta razón es necesario el estudio individual por arenas.

##### **4.1.2.1 Arena M-1**

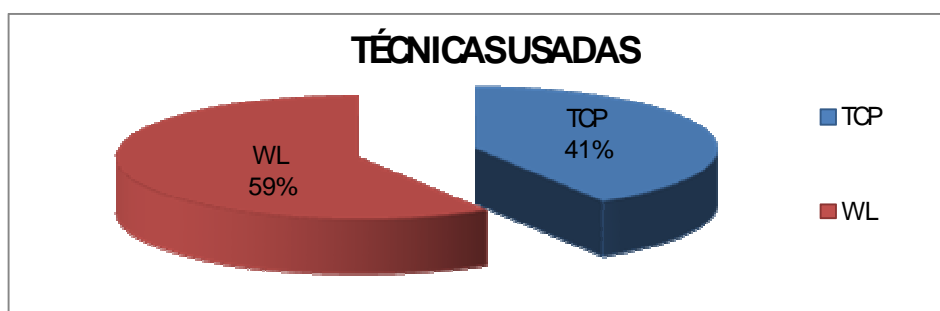
###### *4.1.2.1.1 Datos Estadísticos*

###### *4.1.2.1.1.1 Técnica Usada*

El total de técnicas que fueron utilizadas para el cañoneo de pozos en la arena M-1 fue de 51, en la tabla 4.12 se presentan los cañoneos clasificados por el tipo de técnica que se utilizó, donde el 41% se lo ha realizado con TCP y un 59% de cañoneos se lo ha realizado con Wireline.

Los porcentajes descritos se presentan en el Gráfico 4.8.

Gráfico 4.8 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1



Elaborado Por: Fernando Bustillos  
Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Tabla 4.12 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1

TÉCNICAS USADAS	
TCP	WL
Fanny 18B-28	Fanny 18B-2
Fanny 18B-29	Fanny 18B-7 RE1
Fanny 18B-30	Fanny 18B-8 RE1
Fanny 18B-35	Fanny 18B-13
Fanny 18B-42	Fanny 18B-14
Fanny 18B-47	Fanny 18B-16 RE1
Fanny 18B-47	Fanny 18B-21
Fanny 18B-53 ST1	Fanny 18B-26
Fanny 18B-54	Fanny 18B-27
Fanny 18B-56st1	Fanny 18B-28
Fanny 18B-57	Fanny 18B-37
Fanny 18B-58	Fanny 18B-41
Fanny 18B-60	Fanny 18B-41
Fanny 18B-61	Fanny 18B-42
Fanny 18B-64	Fanny 18B-44
Fanny 18B-65	Fanny 18B-46
Fanny 18B-66	Fanny 18B-47
Fanny 18B-67	Fanny 18B-49
Fanny 18B-75	Fanny 18B-50
Fanny 18B-76	Fanny 18B-51
Fanny 18B-80	Fanny 18B-52
	Fanny 18B-52
	Fanny 18B-58
	Fanny 18B-59
	Fanny 18B-63
	Fanny 18B-63
	Fanny 18B-64
	Fanny 18B-72
	Fanny 18B-82
	Fanny 18B-83
<b>21</b>	<b>30</b>

Elaborado Por: Fernando Bustillos  
Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En el Campo Fanny 18B se ha utilizado el sistema PURE desde el 2003 con el mismo que se han realizado 16 trabajos de cañoneo.

En la Tabla 4.13 se presentan trabajos de cañoneo realizados con y sin el sistema PURE donde el 69% corresponde a técnicas sin este sistema y el 31% corresponde a trabajos con el sistema PURE.

**Tabla 4.13 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

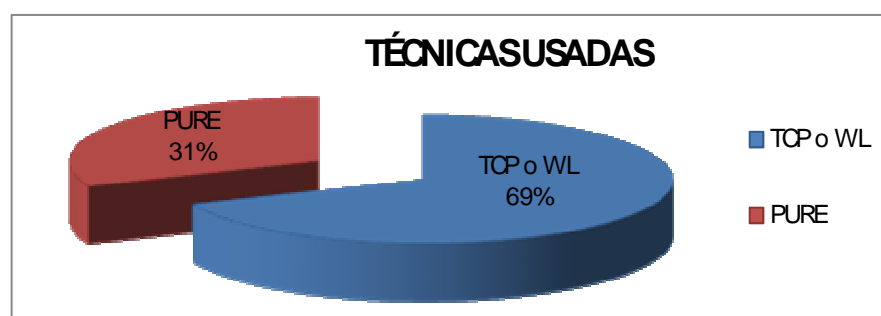
TÉCNICAS USADAS	
TCP y WL	PURE
Fanny 18B-2	Fanny 18B-7 RE1
Fanny 18B-13	Fanny 18B-8 RE1
Fanny 18B-14	Fanny 18B-16 RE1
Fanny 18B-21	Fanny 18B-28
Fanny 18B-26	Fanny 18B-29
Fanny 18B-27	Fanny 18B-41
Fanny 18B-28	Fanny 18B-41
Fanny 18B-30	Fanny 18B-42
Fanny 18B-35	Fanny 18B-42
Fanny 18B-37	Fanny 18B-44
Fanny 18B-46	Fanny 18B-52
Fanny 18B-47	Fanny 18B-58
Fanny 18B-47	Fanny 18B-63
Fanny 18B-47	Fanny 18B-64
Fanny 18B-49	Fanny 18B-82
Fanny 18B-50	Fanny 18B-83
Fanny 18B-51	
Fanny 18B-52	
Fanny 18B-53 ST1	
Fanny 18B-54	
Fanny 18B-56st1	
Fanny 18B-57	
Fanny 18B-58	
Fanny 18B-59	
Fanny 18B-60	
Fanny 18B-61	
Fanny 18B-63	
Fanny 18B-64	
Fanny 18B-65	
Fanny 18B-66	
Fanny 18B-67	
Fanny 18B-72	
Fanny 18B-75	
Fanny 18B-76	
Fanny 18B-80	
<b>35</b>	<b>16</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En el gráfico 4.9 se presentan los resultados mencionado anteriormente.

**Gráfico 4.9 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

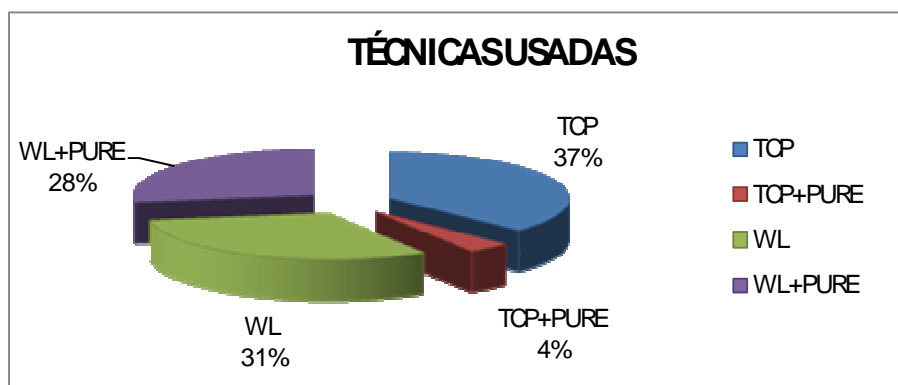


**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la Tabla 4.14 se presenta las técnicas usadas (TCP y WL) y también técnicas combinadas con el sistema PURE (TCP+PURE y WL+PURE).

Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.10.

**Gráfico 4.10 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Tabla 4.14 Número de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

TÉCNICAS USADAS			
TCP	TCP+PURE	WL	WL+PURE
Fanny 18B-28	Fanny 18B-29	Fanny 18B-2	Fanny 18B-7 RE1
Fanny 18B-30	Fanny 18B-42	Fanny 18B-13	Fanny 18B-8 RE1
Fanny 18B-35		Fanny 18B-14	Fanny 18B-16 RE1
Fanny 18B-47		Fanny 18B-21	Fanny 18B-28
Fanny 18B-47		Fanny 18B-26	Fanny 18B-41
Fanny 18B-53 ST1		Fanny 18B-27	Fanny 18B-41
Fanny 18B-54		Fanny 18B-37	Fanny 18B-42
Fanny 18B-56st1		Fanny 18B-46	Fanny 18B-44
Fanny 18B-57		Fanny 18B-47	Fanny 18B-52
Fanny 18B-58		Fanny 18B-49	Fanny 18B-58
Fanny 18B-60		Fanny 18B-50	Fanny 18B-63
Fanny 18B-61		Fanny 18B-51	Fanny 18B-64
Fanny 18B-64		Fanny 18B-52	Fanny 18B-82
Fanny 18B-65		Fanny 18B-59	Fanny 18B-83
Fanny 18B-66		Fanny 18B-63	
Fanny 18B-67		Fanny 18B-72	
Fanny 18B-75			
Fanny 18B-76			
Fanny 18B-80			
<b>19.00</b>	<b>2.00</b>	<b>16</b>	<b>14</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.2.1.1.2 Carga Usada

A continuación en la Tabla 4.15 se presenta los datos estadísticos de las cargas usadas en la arena M-1 del Campo Fanny 18B.

En el Gráfico 4.11 se presenta los resultados de este análisis, donde el 47% corresponde a las cargas 34JL UJ HMX a 12 DPP, el 31% tiene las cargas PJ 4512 HMX a 12 DPP, el 4% corresponde a las cargas PJ4521 HMX a 21 DPP, PF4621 HMX a 12 DPP, 43C UP RDX a 12DPP y PF4621 RDX a 12 DPP, el 2% tiene las cargas PJ 4505 HMX a 5DPP, PJ 4505 HMX a 12DPP y 51J UJ HMX a 12DPP.

Las cargas PJ4521 HMX a 21 DPP y PF4621 RDX a 12 DPP fueron utilizadas en pozos que se presumían tener problemas de arenas (Fanny 18B-28, 30 y 67).

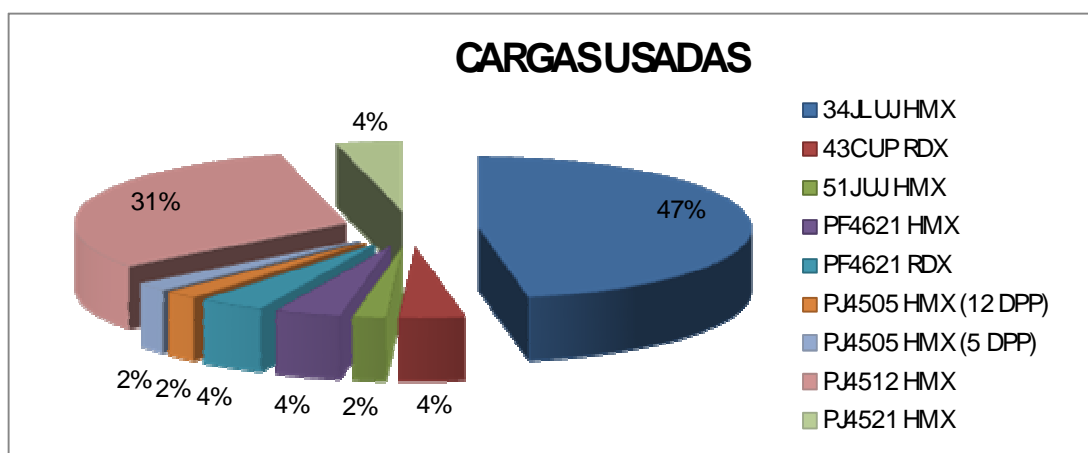
**Tabla 4.15 Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

CARGAS USADAS								
34JL UJ HMX	43C UP RDX	51J UJ HMX	PF4621 HMX	PF4621 RDX	PJ4505 HMX (12 DPP)	PJ4505 HMX (5 DPP)	PJ4512 HMX	PJ4521 HMX
Fanny 18B-2	Fanny 18B-14	Fanny 18B-26	Fanny 18B-59	Fanny 18B-52	Fanny 18B-27	Fanny 18B-47	Fanny 18B-7 RE1	Fanny 18B-28
Fanny 18B-13	Fanny 18B-21		Fanny 18B-66	Fanny 18B-67			Fanny 18B-8 RE1	Fanny 18B-30
Fanny 18B-35							Fanny 18B-16 RE1	
Fanny 18B-37							Fanny 18B-28	
Fanny 18B-42							Fanny 18B-29	
Fanny 18B-46							Fanny 18B-41	
Fanny 18B-47							Fanny 18B-41	
Fanny 18B-47							Fanny 18B-42	
Fanny 18B-49							Fanny 18B-44	
Fanny 18B-50							Fanny 18B-52	
Fanny 18B-51							Fanny 18B-58	
Fanny 18B-53 ST1							Fanny 18B-63	
Fanny 18B-54							Fanny 18B-64	
Fanny 18B-56st1							Fanny 18B-72	
Fanny 18B-57							Fanny 18B-82	
Fanny 18B-58							Fanny 18B-83	
Fanny 18B-60								
Fanny 18B-61								
Fanny 18B-63								
Fanny 18B-64								
Fanny 18B-65								
Fanny 18B-75								
Fanny 18B-76								
Fanny 18B-80								
24	2	1	2	2	1	1	16	2

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.11 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

En la siguiente tablas 4.16 se presenta información hasta que año fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.16. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

CARGAS	AÑO
43C UP RDX (12 DPP)	1998
51J UJ HMX (12 DPP)	1999
PF4621 HMX (12 DPP)	2002
PJ4505 HMX (5 DPP)	2002 *
PF4621 RDX (12 DPP)	2003
PJ4521 HMX (21 DPP)	2003*
34JL UJ HMX (12 DPP)	2003
PJ4505 HMX (12 DPP)	2004*
PJ4512 HMX (12 DPP)	2007*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.2.1.2 Datos Técnicos Comparativos

##### 4.1.2.1.2.1 Daño vs. Técnica

Para el análisis de Daño vs. Técnica se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño, se eliminó los pozos que fueron completados con un sistema de control de producción de arena ya que este sistema aumenta el valor de daño.

Se los clasificó según la técnica utilizada para el cañoneo, dando como resultado que la técnica TCP+PURE tiene un daño promedio de 9.25, TCP tiene un daño promedio de 10.6, WL tiene un daño promedio de 19.85, WL+PURE tiene un daño promedio de 20.38.

Los resultados mencionados anteriormente se los puede apreciar de mejor manera en la Tabla 4.17 y Gráfico 4.12.

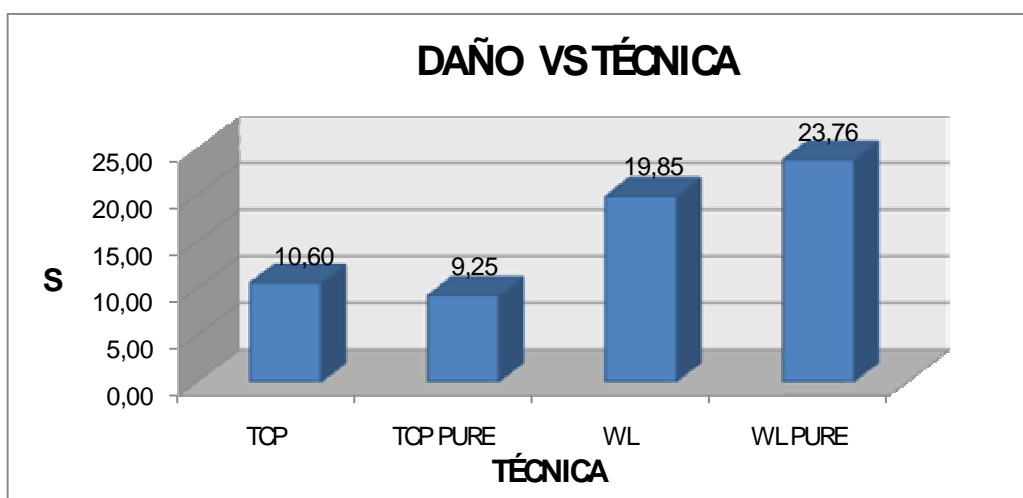
**Tabla 4.17 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

DAÑO VS TÉCNICA							
TCP		TCP PURE		WL		WL PURE	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Fanny 18B-35	4.10	Fanny 18B-29	2.20	Fanny 18B-63	32.50	Fanny 18B-7 RE1	44.00
Fanny 18B-53 ST1	0.00	Fanny 18B-42	16.30	Fanny 18B-72	7.20	Fanny 18B-8 RE1	10.70
Fanny 18B-58	6.70					Fanny 18B-41	7.10
Fanny 18B-65	17.50					Fanny 18B-82	15.00
Fanny 18B-66	11.00					Fanny 18B-83	42.00
Fanny 18B-75	11.30						
Fanny 18B-76	28.00						
Fanny 18B-80	6.20						
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.60</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>9.25</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>19.85</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>23.76</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd



**Gráfico 4.12 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación en la tabla 4.18 se presenta los resultados de los trabajos de cañoneo realizados en los pozos de la arena M-1 del Campo Fanny 18B que se presumía tener problemas de arenas, estos fueron cañoneados con la técnica TCP sin el sistema PURE.

**Tabla 4.18 Pozos completados con un sistema de control de arena en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

TCP - Pozos con Gravel Pack	
Pozo	Daño
Fanny 18B-28	84.00
Fanny 18B-30	31.70
Fanny 18B-67	20.50
<b>PROMEDIO</b>	<b>45.40</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

A continuación se analizará los trabajos realizados con un bajo-balance, con el objetivo de determinar una presión de bajo-balance para los pozos de la arena M-1 del Campo Fanny 18B.

En la Tabla 4.19 se puede apreciar los pozos con un cierto bajo-balance y daño registrado. Con WL y WL+PURE no se han realizado trabajos con bajo-balance.

**Tabla 4.19 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

TCP				TCP + PURE			
POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño	Problemas de Arena	POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño	Problemas de Arena
Fanny 18B-35	300.00	4.10	DESCONOCIDO	Fanny 18B-29	500.00	2.20	DESCONOCIDO
Fanny 18B-53 ST1	500.00	0.00	SI	Fanny 18B-42	500.00	16.30	SI
Fanny 18B-58	450.00	6.70	NO				
Fanny 18B-65	311.00	17.50	NO				
Fanny 18B-66	266.00	11.00	SI				
Fanny 18B-75	150.00	11.30	SI				
Fanny 18B-76	150.00	28.00	SI				
Fanny 18B-80	250.00	6.20	NO				

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

En la tabla 4.20 se observa los trabajos de TCP sin PURE realizados con un bajo-balance en los pozos que se presumían tener problemas de arena.

**Tabla 4.20 Pozos completados con un sistema de control de arena en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

TCP			
POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño	Problemas de Arena
Fanny 18B-28	500.00	84.00	SI
Fanny 18B-30	300.00	31.70	DESCONOCIDO
Fanny 18B-67	250.00	20.50	DESCONOCIDO

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena M-1 del Campo Fanny 18B.-** La arena M-1 es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es 2.23 gr/cm<sup>3</sup>. Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a 2.4 gr/cm<sup>3</sup>.

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

- 1 Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340(2.23) - 4000 = 1218.2(\text{psi})$$

- 2 Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\text{mín}}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{2500^{0.37}} = 193.56(\text{psi})$$

- 3 Calcular la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\text{max}} + \Delta P_{\text{min}})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1218.2 + 193.56)}{2} = 705.8(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\Delta P_{\text{med}}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo. El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\text{mín}}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena M-1 es no-consolidada y con una alta permeabilidad de 2500 md.

Para el Campo Fanny 18B es recomendable utilizar un bajo-balance de 450 psi en la arena M-1.

$$\Delta P = \frac{(705.8 + 193.56)}{2} = 450(\text{psi})$$

#### 4.1.2.1.2.2 Daño vs. Carga

Para el análisis mostrado en la Tabla 4.21 se tomó en cuenta todas las técnicas de cañoneo y se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño.

A continuación se caracterizará las cargas que fueron usadas en la arena M-1 del Campo Fanny 18B.

1. PF4621 HMX: Penetración de 6.1" y Diámetro de orificio de 0.83"
2. 34JL UJ HMX: Penetración de 28.57" y Diámetro de orificio de 0.34"
3. PJ4512 HMX: Penetración de 30.2" y Diámetro de orificio de 0.34"

Todas las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP.

En la tabla 4.21 se presenta los resultados de las cargas usadas, donde las cargas PF4621 HMX tienen un trabajo, lo cual no es representativo en relación a los otros dos tipos de cargas, las cargas PJ4512 HMX presentan un daño no muy alto por esta razón se recomienda disparar con este tipo de cargas, además porque las cargas 34JL UJ HMX no están disponibles en el mercado.

Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.13.

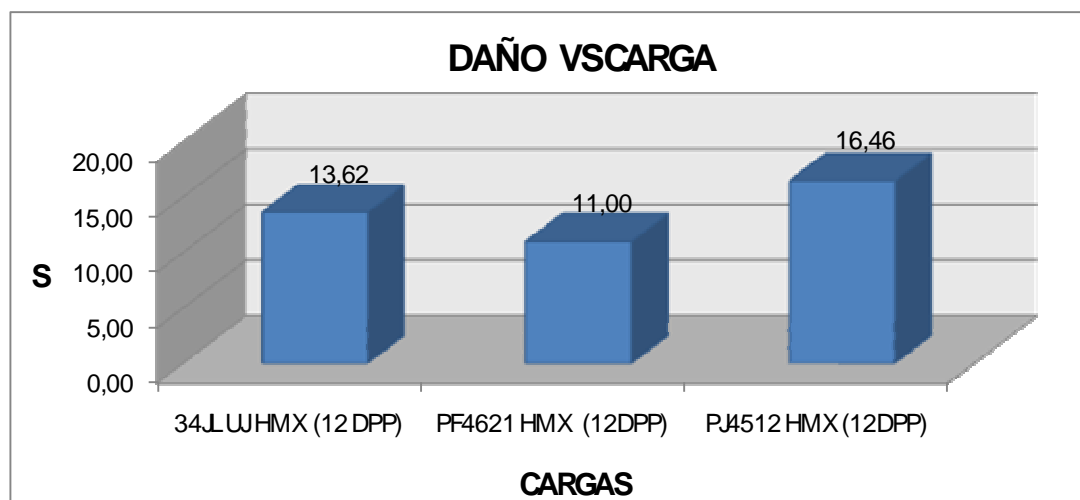
**Tabla 4.21 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena M-1**

DAÑO Vs CARGA					
34JL UJ HMX (12 DPP)		PF4621 HMX (12DPP)		PJ4512 HMX (12DPP)	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Fanny 18B-35	4.10	Fanny 18B-66	11.00	Fanny 18B-7 RE1	44.00
Fanny 18B-42	16.30			Fanny 18B-8 RE1	10.70
Fanny 18B-53 ST1	0.00			Fanny 18B-29	2.20
Fanny 18B-58	6.70			Fanny 18B-41	7.10
Fanny 18B-63	32.50			Fanny 18B-72	7.20
Fanny 18B-65	17.50			Fanny 18B-82	15.00
Fanny 18B-75	11.30			Fanny 18B-83	42.00
Fanny 18B-76	28.00				
Fanny 18B-80	6.20				
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.62</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>11.00</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>18.31</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.13 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

Del análisis realizado se puede ver que la técnica más recomendable a utilizar es TCP+PURE con cargas PJ4512 HMX a 12 DDP; En el análisis realizado no se encontraron trabajos de cañoneo con cargas PJ4505 HMX a 5 DPP desde el 2002 hasta el año 2007, por esta razón en esta arena no se pudo comparar con este tipo de cargas. Cabe recalcar que las cargas PJ4505 HMX pueden ser configuradas con

una densidad de disparos de 5 DPP con un casing de 7", y a 12 DPP siempre y cuando el diámetro del casing sea mayor a 9 5/8.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 450 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedio de la arena M-1 del Campo Fanny 18B.

#### 4.1.2.2 Arena U inferior

##### 4.1.2.2.1 Datos Estadísticos

##### 4.1.2.2.1.1 Técnica Usada

A continuación se dará a conocer las técnicas que fueron utilizadas para el cañoneo de pozos, siendo el número total de trabajos de cañoneo realizados en la arena U inferior de 22, los mismos que se muestran en la tabla 4.22 clasificados por el tipo de técnica que se utilizó, donde el 77% se lo ha realizado con TCP, 14% de cañoneos se lo ha realizado con Wireline y un 9% se lo realizó con MAXR.

Los porcentajes descritos se presentan en el Gráfico 4.14.

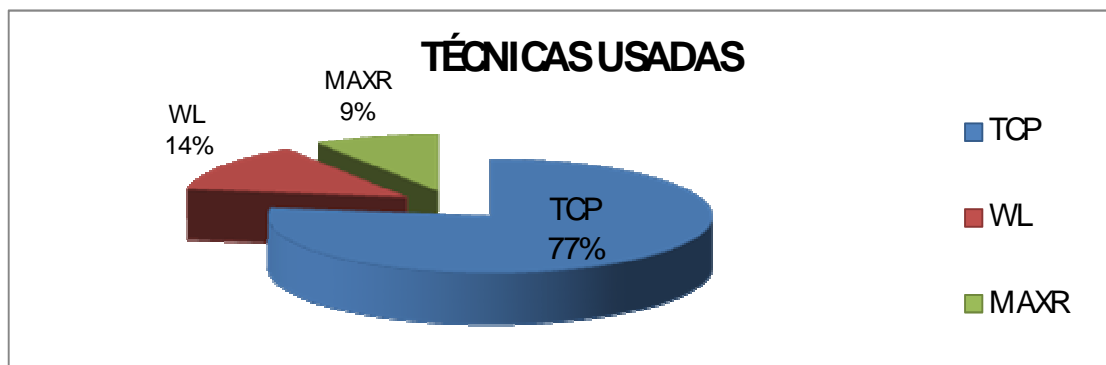
**Tabla 4.22 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

TÉCNICAS USADAS		
TCP	WL	MAXR
Fanny 18B-23	Fanny 18B-45	Fanny 18B-95
Fanny 18B-31	Fanny 18B-45	Fanny 18B-97
Fanny 18B-43	Fanny 18B-88	
Fanny 18B-45		
Fanny 18B-58		
Fanny 18B-69		
Fanny 18B-70		
Fanny 18B-71		
Fanny 18B-72		
Fanny 18B-73		
Fanny 18B-78		
Fanny 18B-79		
Fanny 18B-85		
Fanny 18B-87		
Fanny 18B-88		
Fanny 18B-90		
Fanny 18B-96		
17	3	2

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.14 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

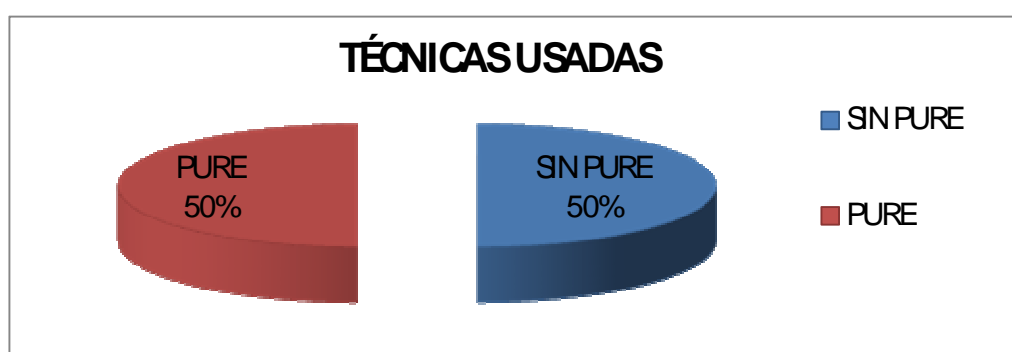


**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la Tabla 4.23 se presentan trabajos con y sin el sistema PURE, el mismo que se ha venido usando para el cañoneo de pozos desde el año 2006 y se han realizado un total de 11 trabajos, donde el 50 % corresponde a técnicas sin este, y el 50 % corresponde trabajos con este sistema. En el gráfico 4.15 se presentan los resultados mencionado anteriormente.

**Gráfico 4.15 Representatividad de PURE del total analizado en el Campo Fanny 18B**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Tabla 4.23 Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

TÉCNICAS USADAS	
SIN PURE	PURE
Fanny 18B-23	Fanny 18B-45
Fanny 18B-31	Fanny 18B-45
Fanny 18B-43	Fanny 18B-45
Fanny 18B-58	Fanny 18B-85
Fanny 18B-69	Fanny 18B-87
Fanny 18B-70	Fanny 18B-88
Fanny 18B-71	Fanny 18B-88
Fanny 18B-72	Fanny 18B-90
Fanny 18B-73	Fanny 18B-95
Fanny 18B-78	Fanny 18B-96
Fanny 18B-79	Fanny 18B-97
<b>11</b>	<b>11</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la Tabla 4.24 se presenta todas las técnicas usadas combinadas con el sistema PURE y sin este sistema, donde el 50% lo tiene TCP, el 27% se lo ha realizado con TCP+PURE, el 14 % lo tiene WL+PURE y el 9% se lo ha realizado con MAXR+PURE.

**Tabla 4.24 Número de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

TÉCNICAS USADAS			
TCP	TCP+PURE	MAXR+PURE	WL+PURE
Fanny 18B-23	Fanny 18B-45	Fanny 18B-95	Fanny 18B-45
Fanny 18B-31	Fanny 18B-85	Fanny 18B-97	Fanny 18B-45
Fanny 18B-43	Fanny 18B-87		Fanny 18B-88
Fanny 18B-58	Fanny 18B-88		
Fanny 18B-69	Fanny 18B-90		
Fanny 18B-70	Fanny 18B-96		
Fanny 18B-71			
Fanny 18B-72			
Fanny 18B-73			
Fanny 18B-78			
Fanny 18B-79			
<b>11</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

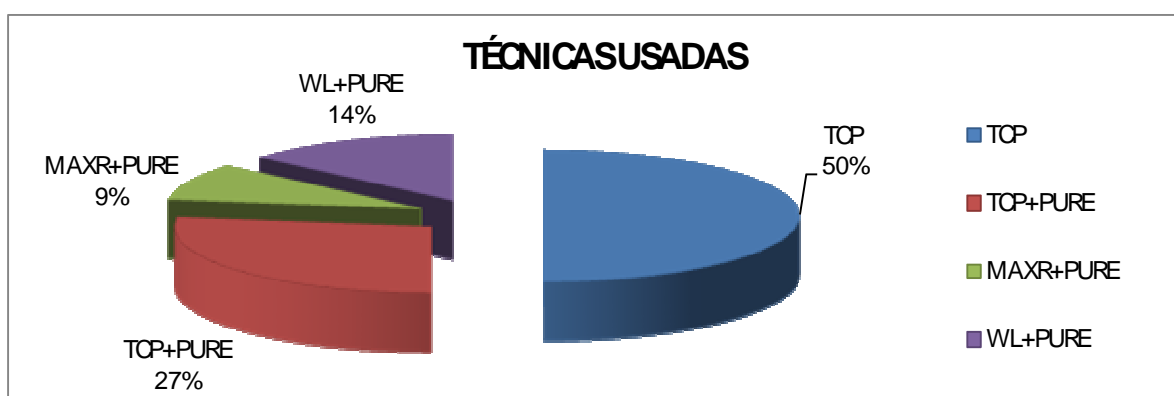
**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.



Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.16.

**Gráfico 4.16 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.2.2.1.2 Carga Usada

En la tabla 4.25 se presentan los trabajos realizados por el tipo de carga. Los resultados se presentan en el Gráfico 4.17.

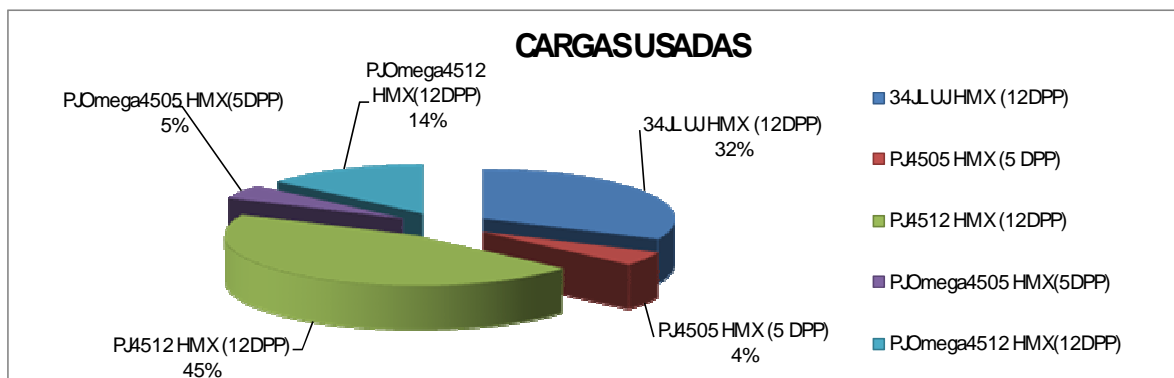
**Tabla 4.25 Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

CARGAS USADAS				
34JL UJ HMX (12DPP)	PJ4505 HMX (5 DPP)	PJ4512 HMX (12DPP)	PJOmega4505 HMX(5DPP)	PJOmega4512 HMX(12DPP)
Fanny 18B-58	Fanny 18B-71	Fanny 18B-23	Fanny 18B-45	Fanny 18B-88
Fanny 18B-69		Fanny 18B-31		Fanny 18B-95
Fanny 18B-70		Fanny 18B-43		Fanny 18B-96
Fanny 18B-72		Fanny 18B-45		
Fanny 18B-73		Fanny 18B-45		
Fanny 18B-78		Fanny 18B-85		
Fanny 18B-79		Fanny 18B-87		
		Fanny 18B-88		
		Fanny 18B-90		
		Fanny 18B-97		
7	1	10	1	3

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.17 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación en la tabla 4.26 se presentará hasta que año fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.26. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

CARGAS	AÑO
PJ4505 HMX (5 DPP)	2001*
34JL UJ HMX (12DPP)	2002
PJ4512 HMX (12DPP)	2007*
PJOmega4505 HMX(5DPP)	2007*
PJOmega4512 HMX(12DPP)	2007*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.2.2.2 Datos Técnicos Comparativos

##### 4.1.2.2.2.1 Daño vs. Técnica

Para el análisis de Daño vs. Técnica se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño.

**Tabla 4.27 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

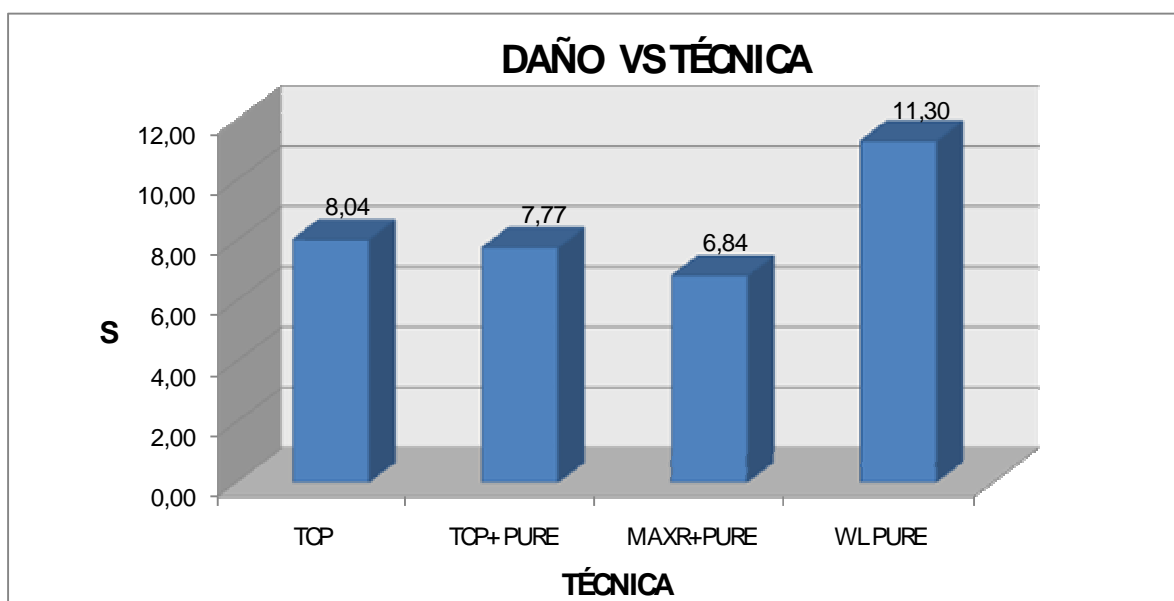
DAÑO VS TÉCNICA							
TCP		TCP+ PURE		MAXR+PURE		WL PURE	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Fanny 18B-23	5.30	Fanny 18B-85	4.00	Fanny 18B-95	7.67	Fanny 18B-45	11.30
Fanny 18B-31	0.10	Fanny 18B-90	11.40	Fanny 18B-97	6.00		
Fanny 18B-69	0.10	Fanny 18B-96	7.90				
Fanny 18B-70	16.00						
Fanny 18B-72	7.90						
Fanny 18B-73	6.20						
Fanny 18B-78	-1.80						
Fanny 18B-79	30.50						
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.04</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>7.77</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.84</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>11.30</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

En la Tabla 4.27 se presentó los trabajos de cañoneo por la técnica utilizada, donde la técnica MAXR+PURE tiene un daño promedio de 6.84, la técnica TCP+PURE tiene un daño promedio de 7.77, TCP tiene un daño promedio de 8.04 y WL+PURE tiene un daño promedio de 11.3.

Los resultados mencionados se los puede apreciar de mejor manera en el Gráfico 4.18.

**Gráfico 4.18 Daño vs. Técnica en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación se analizará los trabajos realizados con un bajo-balance, con el objetivo de determinar una presión de bajo-balance para los pozos de la arena U inferior del Campo Fanny 18B.

En la Tabla 4.28 se puede apreciar los pozos con un cierto bajo-balance y daño registrado. Con la técnica Wireline no se han realizado trabajos con bajo-balance.

**Tabla 4.28 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

TCP			TCP + PURE			MAXAR+ PURE		
POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño	POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño	POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño
Fanny 18B-23	532.00	5.30	Fanny 18B-85	300.00	4.00	Fanny 18B-95	500.00	7.67
Fanny 18B-31	357.00	0.10	Fanny 18B-90	500.00	11.40	Fanny 18B-97	750.00	6.00
Fanny 18B-69	497.00	0.10	Fanny 18B-96	300.00	7.90			
Fanny 18B-70	500.00	16.00						
Fanny 18B-72	500.00	7.90						
Fanny 18B-73	505.00	6.20						
Fanny 18B-78	500.00	-1.80						
Fanny 18B-79	500.00	30.50						

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**4.1.2.2.1.1 Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena U inferior del Campo Fanny 18B.**- La arena U inferior es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es de  $2.32 \text{ gr/cm}^3$ . Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a  $2.4 \text{ gr/cm}^3$ .

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

1. Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340(2.32) - 4000 = 1428.8(\text{psi})$$

2. Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\text{mín}}$  mediante las ecuaciones 2.5.

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{550^{0.37}} = 339(\text{psi})$$

3. Determinar la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\text{max}} + \Delta P_{\text{min}})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1428.8 + 339)}{2} = 883.87(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo.

El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\text{mín}}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena U inferior es no-consolidada y con una permeabilidad de 550 md.

Del análisis realizado se concluye que para el Campo Fanny 18B es recomendable utilizar un bajo-balance de 611 psi para la arena U inferior.

$$\Delta P = \frac{(883.87 + 339)}{2} = 611(\text{psi})$$

#### 4.1.2.2.2.2 Daño vs. Carga

Para el análisis mostrado en la Tabla 4.29 se tomó en cuenta todas las Técnicas de cañoneo y se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño.

Del análisis se obtuvo los siguientes resultados de daño promedio, las cargas PJ4512 HMX tienen un daño de 6.35, las cargas PJOmega4512 HMX tienen un daño de 7.79 y las cargas 34JL UJ HMX tienen un daño de 9.82.

Las características de estas cargas son:

1. PJ4512 HMX: Penetración de 30.2" y Diámetro de orificio de 0.34"
2. PJOmega4512 HMX: Penetración de 34" y Diámetro de orificio de 0.35"
3. 34JL UJ HMX: Penetración de 28.57" y Diámetro de orificio de 0.34"

Todas las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP.

De las características se puede observar que las cargas PJOmega4512 HMX tienen una mayor penetración y diámetro de orificio provocado por el disparo.

Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.19.

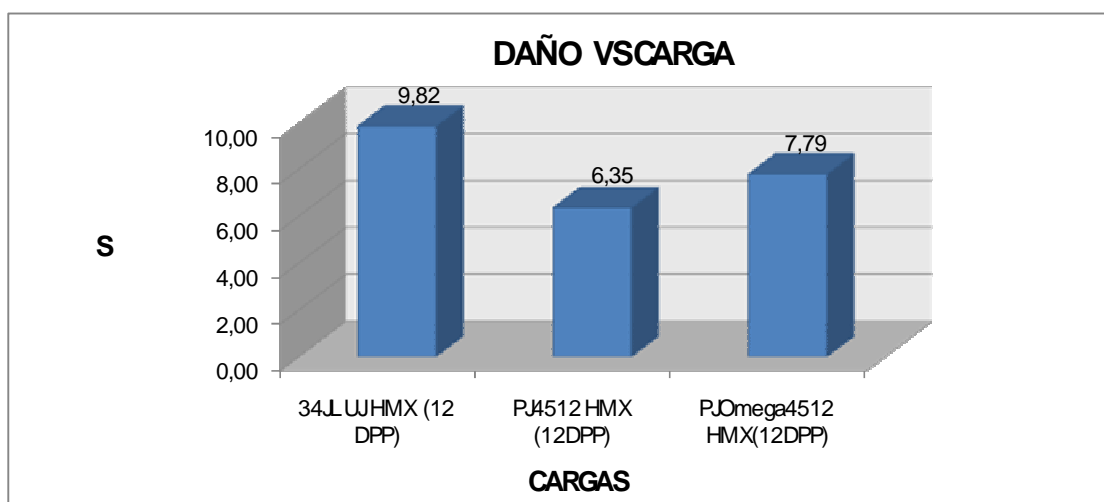
**Tabla 4.29 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**

DAÑO Vs CARGA					
34JL UJ HMX (12 DPP)		PJ4512 HMX (12DPP)		PJOmega4512 HMX(12DPP)	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Fanny 18B-69	0.10	Fanny 18B-23	5.30	Fanny 18B-95	7.67
Fanny 18B-70	16.00	Fanny 18B-31	0.10	Fanny 18B-96	7.90
Fanny 18B-72	7.90	Fanny 18B-45	11.30		
Fanny 18B-73	6.20	Fanny 18B-85	4.00		
Fanny 18B-78	-1.80	Fanny 18B-90	11.40		
Fanny 18B-79	30.50	Fanny 18B-97	6.00		
<b>PROMEDIO</b>	<b>9.82</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.35</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>7.79</b>

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.19 Daño vs. Carga en el Campo Fanny 18B Arena U inferior**



Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

Del análisis realizado se puede ver que la técnica más recomendable a utilizar es MAXR+PURE con cargas PJ4512 HMX a 12 DDP.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 611 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedio de la arena U inferior del Campo Fanny 18B.

#### **4.1.2.3 Fanny Crudo Pesado**

En Fanny Crudo pesado correspondiente a la arena M-1, se ha cañoneado solamente un pozo (Fanny 18B-44), y se utilizó la técnica WL+PURE con cargas PJ4512 HMX a 12 DPP, el resultado de daño fue igual a 3.5. Se puede ver que el sistema de cañoneo utilizado fue bueno por el daño registrado, el mismo que fue bajo. Se recomienda seguir investigando y probando con otras técnicas y cargas, con el fin de, comparar y sacar conclusiones del sistema más óptimo para esta arena.

#### **4.1.3 CAMPO ALICE**

En el análisis técnico de este Campo se dará a conocer datos estadísticos del tipo de técnicas y cargas usadas, también se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Daños, con el objetivo de obtener resultados que ayudarán a recomendar la mejor forma de cañonear en el Campo Alice.

En este campo se analizará sólo la arena M-1 ya que se produce de esta.

##### **4.1.3.1 Arena M-1**

###### *4.1.3.1.1 Datos Estadísticos*

###### *4.1.3.1.1.1 Técnica Usada*

A continuación se presentará las diferentes técnicas que fueron utilizadas para el cañoneo de pozos, siendo el número total de trabajos de cañoneo realizados de 12,



los mismos que se muestran en la Tabla 4.30 clasificados por el tipo de técnica que se utilizó, donde el 67% del total se lo realizó con TCP y un 33% de cañoneos se lo realizó con Wireline. Los porcentajes descritos se presentan en el Gráfico 4.20.

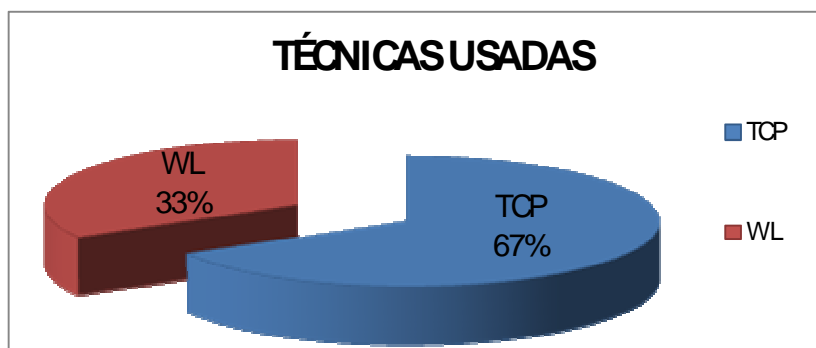
**Tabla 4.30 Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1**

TÉCNICAS USADAS	
TCP	WL
Alice 1	Alice 1
Alice 2	Alice 9
Alice 3	Alice 9
Alice 4	Alice 12
Alice 5	
Alice 6	
Alice 8	
<b>8</b>	<b>4</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.20 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En el año 2005 en el Campo Alice se realizó 1 cañoneo utilizando el sistema PURE

En la Tabla 4.31 se presenta los resultados, donde el 92% corresponde a las técnicas utilizadas sin el sistema PURE, mientras que sólo el 8% corresponde al trabajo realizado en Alice 1 utilizando el sistema PURE.

En el gráfico 4.21 se presentan los resultados mencionado anteriormente.

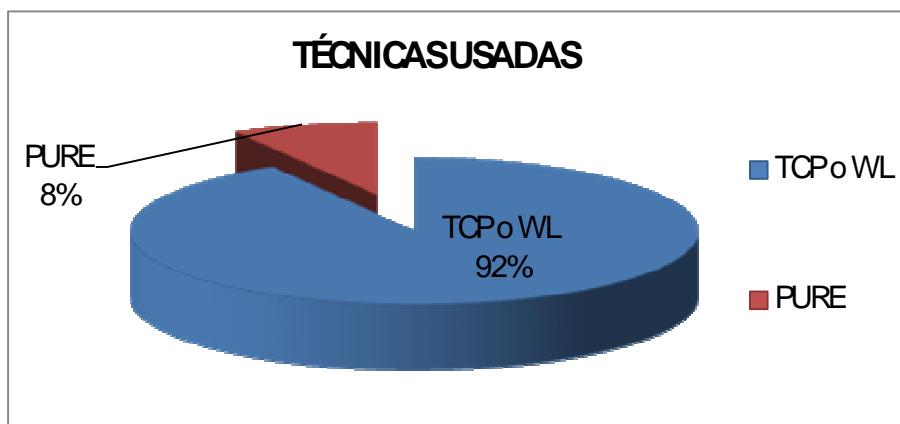
**Tabla 4.31 Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1**

TÉCNICAS USADAS	
TCP o WL	PURE
Alice 1	Alice 1
Alice 2	
Alice 3	
Alice 4	
Alice 5	
Alice 6	
Alice 8	
Alice 9	
Alice 9	
Alice 12	
<b>11</b>	<b>1</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.21 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Alice en la Arena M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la Tabla 4.32 se puede observar las técnicas usadas (TCP y WL) y también técnicas combinadas con el sistema PURE, donde el 67% fue realizado con la técnica TCP, el 25% lo tiene Wireline, el 8% lo tiene WL+PURE.

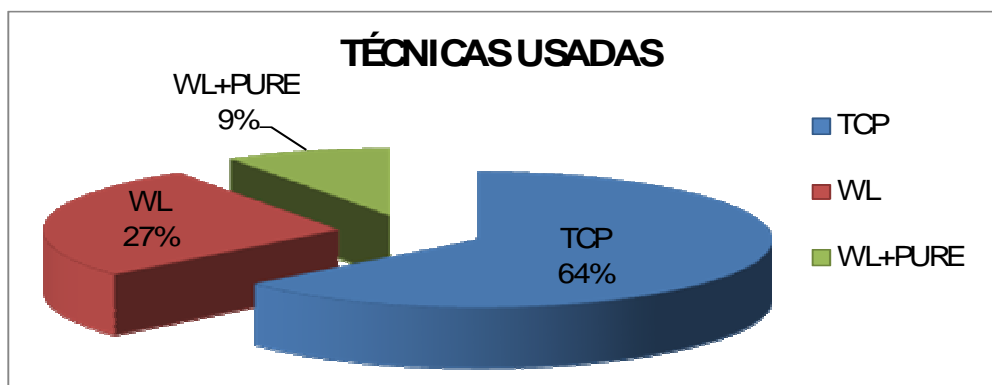
Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.22.

**Tabla 4.32 Número de Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1**

TÉCNICAS USADAS		
TCP	WL	WL+PURE
Alice 1	Alice 9	Alice 1
Alice 2	Alice 9	
Alice 3	Alice 12	
Alice 4		
Alice 5		
Alice 6		
Alice 8		
<b>7</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.22 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1**

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.3.1.1.2 Carga Usada

En la siguiente tabla 4.33 se presentan los trabajos realizados por el tipo de carga utilizando diferentes técnicas, donde el 34% corresponde a las cargas 34JL UJ HMX a 12 DPP, el 33% corresponde a las cargas PJ4521 HMX a 21 DPP, el 17% corresponde a las cargas PJ4512 HMX a 12 DPP, el 8% tiene las cargas PJ 4505 HMX a 5 DPP y 4626 RDX a 12 DPP.

Las cargas PJ4521 HMX a 21 DPP fueron utilizadas sólo en pozos que presumían tener problemas de arenas.

Los datos descritos anteriormente se presentan en el Gráfico 4.23.

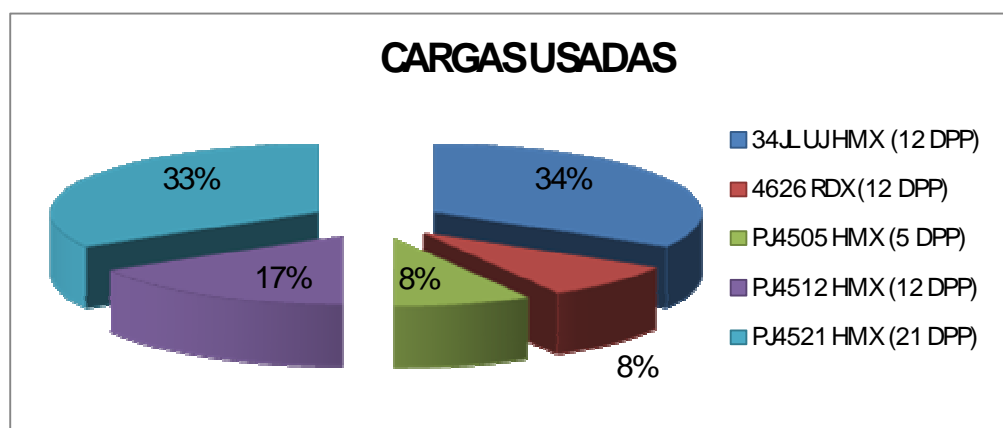
**Tabla 4.33 Cargas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1**

CARGAS USADAS				
34JL UJ HMX (12 DPP)	4626 RDX (12 DPP)	PJ4505 HMX (5 DPP)	PJ4512 HMX (12 DPP)	PJ4521 HMX (21 DPP)
Alice 1	Alice 12	Alice 9	Alice 1	Alice 4
Alice 3			Alice 2	Alice 6
Alice 5				Alice 7
Alice 9				Alice 8
4	1	1	2	4

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.23 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Alice en la Arena M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.34 se presentan los años hasta el cual fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.34. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Alice en la Arena M-1**

CARGAS	AÑO
34JL UJ HMX (12 DPP)	2004
PJ4521 HMX (21 DPP)	2004*
PJ4505 HMX (5 DPP)	2004*
PJ4512 HMX (12 DPP)	2005*
4626 RDX (12 DPP)	2007*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.3.1.2 Datos Técnicos Comparativos

##### 4.1.3.1.2.1 Daño vs. Técnica

Para el análisis presentado en la tabla 4.35 se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 con un valor de daño, se eliminó los pozos que fueron completados con un sistema de control de producción de arena, ya que este sistema aumenta el valor de daño. Se distribuyó según la técnica utilizada para el cañoneo dándonos como resultado que la técnica TCP tiene un daño promedio de 10.06. No se pudo comparar con otra técnica, por motivo de que solo se realizó con la técnica TCP.

**Tabla 4.35 Daño vs. Técnica en el Campo Alice en la Arena M-1**

DAÑO VS TÉCNICA	
TCP	
Pozo	S
Alice 1	20.60
Alice 2	6.50
Alice 3	7.50
Alice 5	6.00
Alice 9	9.70
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.06</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

A continuación se muestra en la tabla 4.36 los resultados de los pozos que fueron completados con un sistema de control de arena.

**Tabla 4.36 Pozos completados con un sistema de control de Arena en el Campo Alice en la Arena M-1**

<b>TCP - Pozos con Gravel Pack</b>	
<b>Pozo</b>	<b>Daño</b>
Alice 4	37.60
Alice 6	66.00
Alice 8	57.60
<b>PROMEDIO</b>	<b>53.73</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

A continuación se analizará los trabajos realizados con un bajo-balance, con el objetivo de determinar una presión de bajo-balance para los pozos de la arena M-1 del Campo Alice.

En la Tabla 4.37 se puede apreciar los pozos con un cierto bajo-balance y daño registrado. Con la técnica Wireline no se ha realizado trabajos en bajo-balance.

**Tabla 4.37 Bajo-balance utilizado en TCP en el Campo Alice en la Arena M-1**

<b>TCP</b>			
<b>POZO</b>	<b>Bajo Balance (PSI)</b>	<b>Daño</b>	<b>Problemas de Arena</b>
Alice 1	200	20.60	NO
Alice 2	500	6.50	DESCONOCIDO
Alice 3	500	7.50	NO
Alice 5	391	6.00	SI
Alice 9	200	9.70	SI

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

En la tabla 4.38 se presenta los trabajos de TCP realizados en bajo-balance para los pozos con problemas de arena.

**Tabla 4.38 Pozos con problemas de Arena en el Campo Alice en la Arena M-1**

TCP			
POZO	Bajo Balance (psi)	Daño	Problemas de Arena
Alice 4	500.00	37.60	DESCONOCIDO
Alice 6	667.00	66.00	DESCONOCIDO
Alice 8	710.00	57.60	DESCONOCIDO

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

### **Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena M-1 del Campo Alice.-**

La arena M-1 es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es  $2.22 \text{ gr/cm}^3$ . Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a  $2.4 \text{ gr/cm}^3$ .

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

- 1 Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340(2.22) - 4000 = 1194.8(\text{psi})$$

- 2 Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta p_{\text{mín}}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{2600^{0.37}} = 190.7(\text{psi})$$

3 Determinar la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\max} + \Delta P_{\min})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1194.8 + 190.7)}{2} = 692.7(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo.

El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\min}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena M-1 es no-consolidada y con una alta permeabilidad de 2600 md.

Del análisis realizado se concluye que para el Campo Alice es recomendable utilizar un bajo-balance de 442 psi para la arena M-1,

$$\Delta P = \frac{(692.7 + 190.7)}{2} = 442(\text{psi})$$

#### 4.1.3.1.2.2 Daño vs. Carga

Para el análisis que se muestra en la Tabla 4.39 se tomó en cuenta solo la Técnica TCP y se seleccionó trabajos realizados desde el 2002 hasta el 2007, que tengan un valor de daño.

Del análisis se obtuvo los siguientes resultados de daño promedio, las cargas PJ4512 HMX tienen un daño de 6.5, las cargas PJ4505 HMX tienen un daño de 9.7, las cargas 34JL UJ HMX tienen un daño de 11.37, para las cargas PJ4521 HMX se tiene un daño de 53.73.

Las características de las cargas utilizadas son:



1. PJ4512 HMX: Penetración de 30.2" y Diámetro de orificio de 0.34"
2. PJ4505 HMX: Penetración de 46.4" y Diámetro de orificio de 0.47"
3. 34JL UJ HMX: Penetración de 28.57" y Diámetro de orificio de 0.34"
4. PJ4521 HMX: Penetración de 21" y Diámetro de orificio de 0.32"

Todas las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP excepto las cargas PJ4521 HMX, estas tienen una densidad de disparos de 21 DPP y las cargas PJ4505 HMX que tienen una densidad de disparos de 5 DPP.

De las características se puede observar que las cargas PJ4505 HMX tienen una mayor penetración y diámetro de orificio provocado por el disparo.

En el Gráfico 4.24 se presenta los resultados descritos anteriormente.

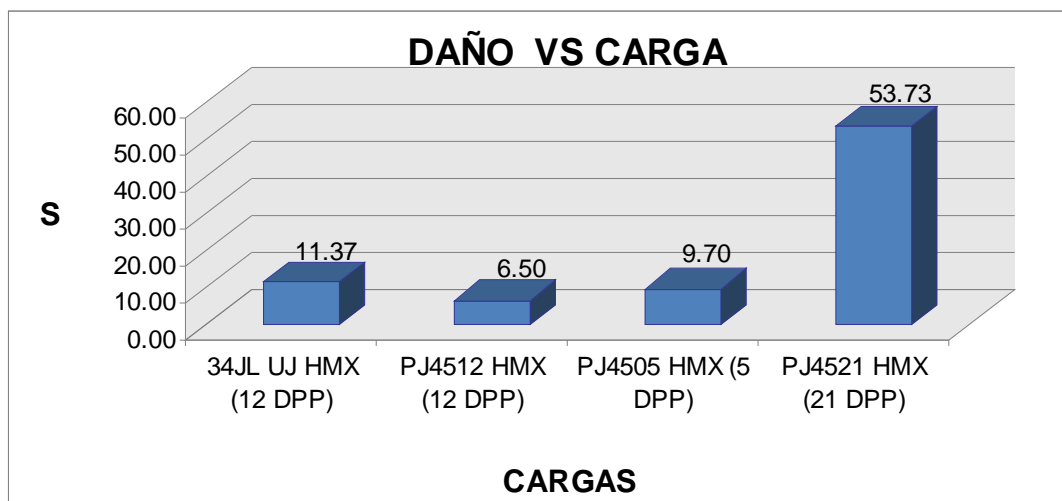
**Tabla 4.39 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Alice en la Arena M-1**

DAÑO Vs CARGA							
TCP							
34JL UJ HMX (12 DPP)		PJ4512 HMX (12 DPP)		PJ4505 HMX (5 DPP)		PJ4521 HMX (21 DPP)	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Alice 1	20.60	Alice 2	6.50	Alice 9	9.70	Alice 4	37.60
Alice 3	7.50					Alice 6	66.00
Alice 5	6.00					Alice 8	57.60
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.37</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.50</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>9.70</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>53.73</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.24 Daño vs. Carga usando la técnica TCP en el Campo Alice en la Arena M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Del análisis realizado se puede ver que en la arena M-1 de este campo se usó solamente la técnica TCP y las cargas que mejores resultados dieron fueron las PJ4512 HMX a 12 DDP. Se recomienda probar con nuevas técnicas como PURE, que han mostrado resultados favorables en la arena M-1 de otros campos del Bloque Tarapoa.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 442 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedia de la arena M-1 del Campo Alice.

#### 4.1.4 CAMPO SHIRLEY

En el análisis técnico de este Campo se dará a conocer datos estadísticos del tipo de técnicas y cargas usadas, también se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Daños. Este campo produce de las arenas U inferior y de Basal Tena. En la arena Basal Tena se tiene sólo un pozo, por esta razón no se analizará, ya que no se puede hacer el análisis comparativo.

#### 4.1.4.1 Arena U inferior

##### 4.1.4.1.1 Datos Estadísticos

##### 4.1.4.1.1.1 Técnica Usada

En esta arena solo se ha usado la técnica TCP para el cañoneo de pozos, siendo el número total de trabajos de cañoneo realizados de 3, los mismos que se muestran en la Tabla 4.40.

**Tabla 4.40 Técnicas Usadas en el Campo Shirley en la Arena U inferior**

TÉCNICAS USADAS
TCP
Shirley 5
Shirley 6
Shirley 8
3

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En el Campo Shirley no se ha realizado trabajos de cañoneo utilizando el sistema de cañoneo PURE en la arena U inferior.

##### 4.1.4.1.1.2 Cargas Usadas

Presentar datos estadísticos de las cargas usadas en el Campo Shirley también es importante para la selección de la mejor forma de cañoneo.

En la Tabla 4.41 se muestran los trabajos que se han realizado, los mismos que se lo hizo sólo con las cargas 34JL UJ HMX a 12 DPP

Las cargas 34JL UJ HMX a 12 DPP fueron usadas hasta el año 2003 en este Campo, y en la actualidad estas ya no están disponibles en el mercado.

**Tabla 4.41 Cargas Usadas en el Campo Shirley en la Arena U inferior**

CARGAS USADAS	
34JL UJ HMX (12 DPP)	
	Shirley 5
	Shirley 6
	Shirley 8
3	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.4.1.2 Datos Técnicos Comparativos

##### 4.1.4.1.2.1 Daño vs. Técnica

Los resultados del análisis realizado se presentan en la tabla 4.42, donde la técnica TCP tiene un daño promedio de -1.03. En esta arena se realizaron trabajos de cañoneo sólo con la técnica TCP.

**Tabla 4.42 Daño vs. Técnica en el Campo Shirley en la Arena U inferior**

DAÑO VS TÉCNICA	
TCP	
Pozo	S
Shirley 5	-1.40
Shirley 6	-2.80
Shirley 8	0.30
<b>PROMEDIO</b>	<b>-1.30</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

A continuación se analizará los trabajos realizados con un bajo-balance, con el objetivo de determinar una presión de bajo-balance para los pozos de la arena U inferior del Campo Shirley.

En la Tabla 4.43 se puede apreciar los pozos con un cierto bajo-balance y daño registrado.

**Tabla 4.43 Bajo-balance utilizado en TCP en el Campo Shirley en la Arena U inferior**

TCP		
POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño
Shirley 5	500	-1.40
Shirley 6	500	-2.80
Shirley 8	500	0.30

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena U inferior del Campo Shirley.-** La arena U inferior es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es  $2.33 \text{ gr/cm}^3$ . Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a  $2.4 \text{ gr/cm}^3$ .

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

- 1 Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340(2.33) - 4000 = 1382(\text{psi})$$

- 2 Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\text{mín}}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P \text{ min} = \frac{3500}{600^{0.37}} = 328.2(\text{psi})$$

3 Determinar la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P \text{ max} + \Delta P \text{ min})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1382 + 328.2)}{2} = 855(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo. El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\text{mín}}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena U inferior es no-consolidada y con una permeabilidad de 600 mD.

Del análisis realizado se concluye que para el Campo Shirley es recomendable utilizar un bajo-balance de 590 psi para la arena M-1.

$$\Delta P = \frac{(855 + 328.2)}{2} = 590(\text{psi})$$

#### 4.1.4.1.2.2 Daño vs. Carga

Del análisis mostrado en la Tabla 4.44 se obtuvo que las cargas 34JL UJ HMX tienen un daño de -1.30

Estas cargas tienen las características siguientes:

34JL UJ HMX: Penetración de 28.57" y Diámetro de orificio de 0.34"

**Tabla 4.44 Daño vs. Carga en el Campo Shirley en la Arena U inferior**

<b>DAÑO Vs CARGA</b>	
<b>34JL UJ HMX (12 DPP)</b>	
<b>Pozo</b>	<b>S</b>
Shirley 5	-1.40
Shirley 6	-2.80
Shirley 8	0.30
<b>PROMEDIO</b>	<b>-1.30</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En el análisis realizado se puede ver que sólo se usó la técnica TCP con cargas 34JL UJ HMX a 12 DDP, sistema que mostró buenos resultados de daño, razón por la cual se recomienda seguir usando la misma técnica pero con cargas PJ4512 a 12 DPP, ya que las cargas 34JL UJ HMX a 12 DDP ya no están disponibles en el mercado.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 590 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedia de la arena M-1 del Campo Shirley.

#### **4.1.5 CAMPO MARIANN 4A**

En el análisis técnico de este Campo se dará a conocer datos estadísticos del tipo de técnicas y cargas usadas, también se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Daños, con el objetivo de obtener resultados que ayudarán a recomendar la mejor forma de cañonear en el Campo Mariann 4A.

Los datos estadísticos que se mostrarán a continuación son de pozos que producen de las dos arenas M-1 y U media, no se realizó este análisis individualmente por arenas ya que hay pocos pozos en este campo.

#### 4.1.5.1 Datos Estadísticos

Desde el año 2006 en el Campo Mariann 4A se han realizado 1 trabajo de cañoneo utilizando el sistema de cañoneo PURE.

##### 4.1.5.1.1 Técnica Usada

A continuación se dará a conocer las diferentes técnicas que fueron utilizadas en las diferentes arenas de este campo para el cañoneo de pozos, siendo el número total de trabajos de cañoneo realizados de 6, los mismos que se muestran en la tabla 4.45 clasificados por el tipo de técnica que se utilizó, donde el 83% se lo ha realizado con Wireline y un 17% de cañoneos se lo ha realizado con Wireline + PURE.

Los porcentajes descritos se presentan en el Gráfico 4.25.

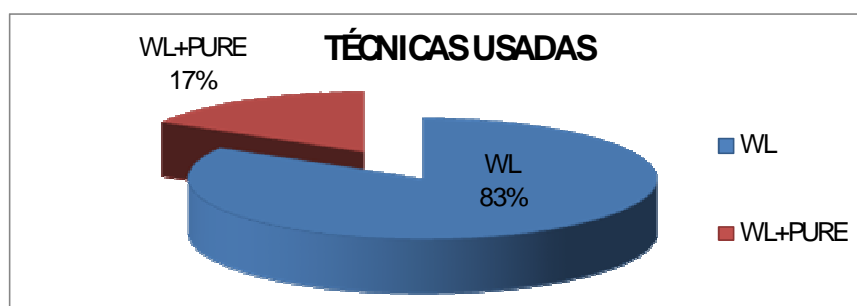
**Tabla 4.45 Técnicas Usadas en el Campo Mariann 4A en Arenas U media y M-1**

# DE TRABAJOS	TÉCNICAS USADAS	
	WL	WL+PURE
1	Mariann 4A-1	Mariann 4A-1
2	Mariann 4A-3	
3	Mariann 4A-4	
4	Mariann 4A-5	
5	Mariann 4A-7	
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.25 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.



#### 4.1.5.1.2 Carga Usada

A continuación en la Tabla 4.46 se muestran los trabajos realizados por el tipo de carga que se utilizó con las diferentes técnicas, donde el 50% corresponde a las cargas 34JL UJ HMX a 12 DPP, el 17% tiene las cargas PJ4512 HMX a 12 DPP y 33% tiene las cargas 51J UJ HMX (5 DPP).

Los datos descritos anteriormente se presentan en el Gráfico 4.26.

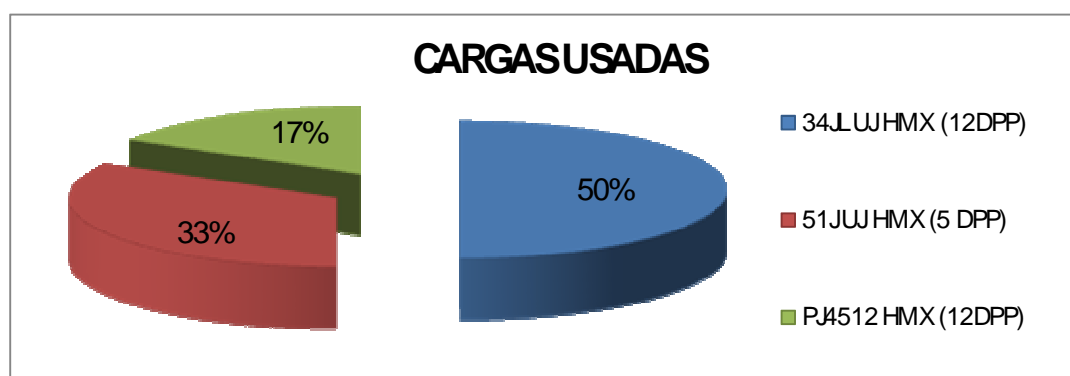
**Tabla 4.46 Cargas Usadas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1**

# DE TRABAJOS	CARGAS USADAS		
	34JL UJ HMX (12DPP)	51J UJ HMX (5 DPP)	PJ4512 HMX (12DPP)
1	Mariann 4A-3	Mariann 4A-1	Mariann 4A-1
2	Mariann 4A-5	Mariann 4A-4	
3	Mariann 4A-7		
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.26 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación en la tabla 4.47 se presentará hasta que año fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.47. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Mariann 4A en las arenas U media y M-1**

CARGAS	AÑO
51J UJ HMX (5 DPP)	2000
34JL UJ HMX (12 DPP)	2002
PJ4512 HMX (12 DPP)	2006*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.5.2 Datos Técnicos Comparativos

Actualmente en el campo Mariann 4A se tiene 2 arenas productoras (M-1 y U media). En el estudio se analizará por arenas ya que tienen propiedades petrofísicas diferentes.

##### 4.1.5.2.1 Arena M-1

###### 4.1.5.2.1.1 Daño vs. Técnica y Carga

El análisis de Daño vs. Técnica y Daño vs. Carga no se lo puede realizar debido a que no se obtuvo información de pruebas de buid up, debido a que los pozos del Campo Mariann 4A son antiguos.

**Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena M-1 del Campo Mariann 4A.-** La arena M-1 es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es  $2.23 \text{ gr/cm}^3$ . Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a  $2.4 \text{ gr/cm}^3$ .

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

- 1 Escoger la  $\Delta P_{\max}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\max} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P_{\max} = 2340(2.23) - 4000 = 1218(\text{psi})$$

- 2 Calcular la  $\Delta P_{\min}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\min}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P_{\min} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P_{\min} = \frac{3500}{3300^{0.37}} = 175(\text{psi})$$

- 3 Calcular la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\max} + \Delta P_{\min})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1218 + 175)}{2} = 696(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo.

El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\min}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena M-1 es no-consolidada y con una permeabilidad 3300 md.

Del análisis realizado se concluye que para el Campo Mariann 4A es recomendable utilizar un bajo-balance de 436 psi para la arena M-1,

$$\Delta P = \frac{(696 + 175)}{2} = 436(\text{psi})$$

En este campo no se pudo realizar comparaciones de técnicas y cargas usadas por falta de información, por lo tanto en el capítulo 5 se recomendará que tipo de carga y técnica es la más apropiada para la arena M-1 del campo Mariann 4A.

Se recomienda utilizar un bajo-balance de 436 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedio de la arena M-1 del Campo Mariann 4A.

#### 4.1.5.2.2 Arena U media

##### 4.1.5.2.2.1 Daño vs. Técnica y Carga

El análisis de Daño vs. Técnica y Daño vs. Carga no se lo puede realizar debido a que no se obtuvo información de pruebas de buid up, debido a que los pozos del Campo Mariann 4A son antiguos.

**Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena U media para el campo Mariann 4<sup>a</sup>.**- La arena U media es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es 2.33 gr/cm<sup>3</sup>. Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a 2.4 gr/cm<sup>3</sup>.

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

- 1 Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400$$

Ecuación 2.8

$$\Delta P_{\max} = 2340(2.33) - 4000 = 1452(\text{psi})$$

- 2 Calcular la  $\Delta P_{\min}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\min}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P_{\min} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P_{\min} = \frac{3500}{480^{0.37}} = 357(\text{psi})$$

- 3 Determinar la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\max} + \Delta P_{\min})}{2}$$

Ecuación 2.9

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1452 + 357)}{2} = 904(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo. El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\min}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena T inferior es no-consolidada y con una permeabilidad de 480.

Del análisis realizado se concluye que para el Campo Mariann 4A es recomendable utilizar un bajo-balance de 649 psi para la arena T inferior.

$$\Delta P = \frac{(904 + 357)}{2} = 630(\text{psi})$$

En este campo no se pudo realizar comparaciones de técnicas y cargas usadas por falta de información, por lo tanto en el capítulo 5 se recomendará que tipo de carga y técnica es la más apropiada para la arena U media del campo Mariann 4A.

Se recomienda utilizar un bajo-balance de 630 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedio de la arena U inferior del Campo Mariann 4A.

#### **4.1.6 CAMPO MARIANN**

En el análisis técnico de este Campo se dará a conocer datos estadísticos del tipo de técnicas y cargas usadas, también se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Daños, con el objetivo de obtener resultados que ayudarán a recomendar la mejor forma de cañonear en el Campo Mariann.

Los datos estadísticos que se mostraran a continuación son de pozos que producen de las dos arenas U inferior y T inferior, no se realizó este análisis individualmente por arenas ya que son pozos muy antiguos.

##### **4.1.6.1 Datos Estadísticos**

A continuación se dará a conocer las diferentes técnicas y cargas que fueron utilizadas en las diferentes arenas de este Campo para el cañoneo de pozos, siendo el número total de trabajos de cañoneo realizados de 16, los mismos que se muestran en la tabla 4.48 clasificados por el tipo de técnica que se utilizó, donde el 50% se lo ha realizado con TCP, un 37% de cañoneos se lo ha realizado con WL y un 13% con MAXR.

**Tabla 4.48 Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**

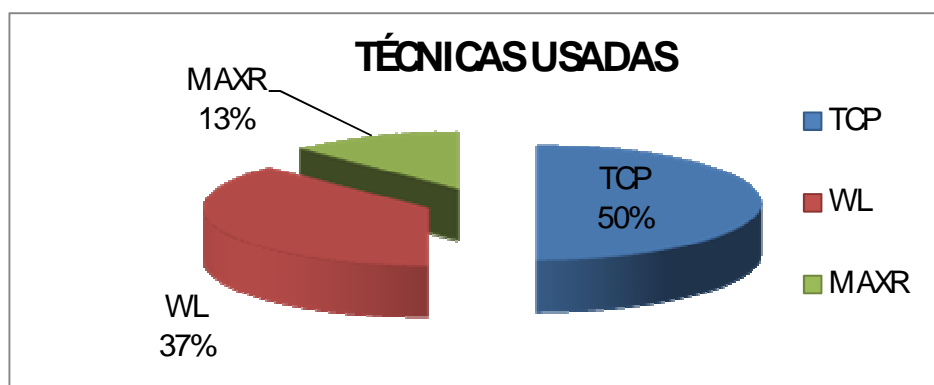
TÉCNICAS USADAS		
TCP	WL	MAXR
Mariann 9	Mariann 12	Mariann 22
Mariann 10	Mariann 12	Mariann 23
Mariann 12	Mariann 16	
Mariann 16	Mariann 17	
Mariann 18	Mariann 19	
Mariann 18	Mariann 19	
Mariann 19		
Mariann 21		
8	6	2

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Los porcentajes descritos se presentan a continuación en el Gráfico 4.27.

**Gráfico 4.27 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Desde el año 2006 en el Campo Mariann se han realizado 8 trabajos de cañoneo utilizando el sistema de cañoneo PURE.

En la Tabla 4.49 se presentan trabajos con y sin el sistema PURE donde el 37 % corresponde a técnicas (TCP y WL) sin este sistema, y el 63 % corresponde a WL+PURE, TCP+PURE y MAXR+PURE.

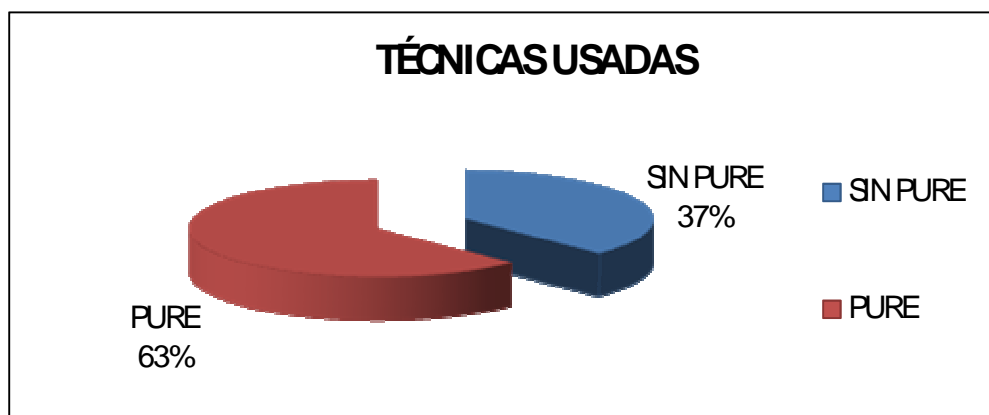
**Tabla 4.49 Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**

TÉCNICAS USADAS	
SIN PURE	PURE
Mariann 9	Mariann 12
Mariann 10	Mariann 16
Mariann 12	Mariann 17
Mariann 12	Mariann 18
Mariann 16	Mariann 18
Mariann 19	Mariann 19
	Mariann 19
	Mariann 21
	Mariann 22
	Mariann 23
<b>6</b>	<b>10</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.28 Representatividad de PURE en el total analizado en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.



En la Tabla 4.50 se puede observar las técnicas usadas (TCP y WL) y también técnicas combinadas con el sistema PURE (TCP, WL y MAXR), donde el 25% lo tiene TCP, el 12% lo tiene WL, el 25% lo tiene WL+PURE, el 25% se lo ha realizado con TCP+PURE y el 13% lo tiene MAXR PURE.

Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.29.

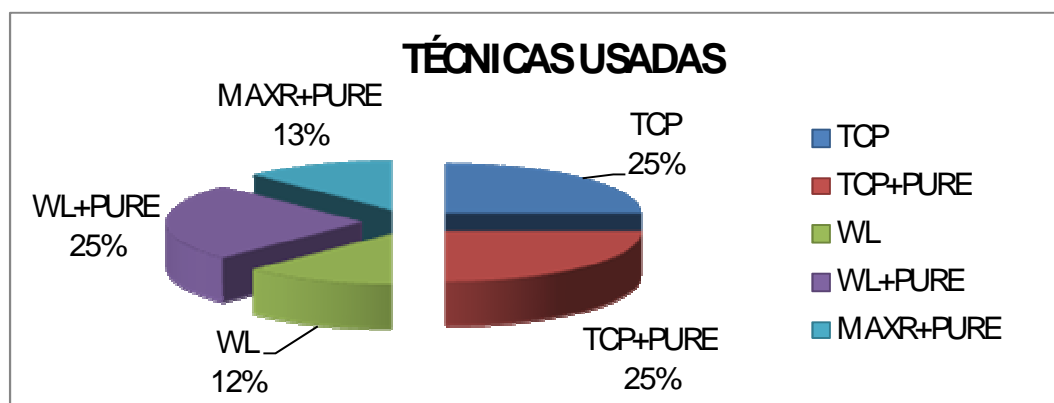
**Tabla 4.50 Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**

TÉCNICAS USADAS				
TCP	TCP+PURE	WL	WL+PURE	MAXR+PURE
Mariann 9	Mariann 18	Mariann 12	Mariann 12	Mariann 22
Mariann 10	Mariann 18	Mariann 19	Mariann 16	Mariann 23
Mariann 12	Mariann 19		Mariann 17	
Mariann 16	Mariann 21		Mariann 19	
4	4	2	4	2

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.29 Porcentaje de Técnicas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.51 se muestran los trabajos realizados por el tipo de carga que se utilizó con las diferentes técnicas.

Las cargas PJ4521 HMX a 21 DPP fueron utilizadas sólo en pozos que presumían tener problemas de arenas. Los datos descritos anteriormente se presentan en el Gráfico 4.30.

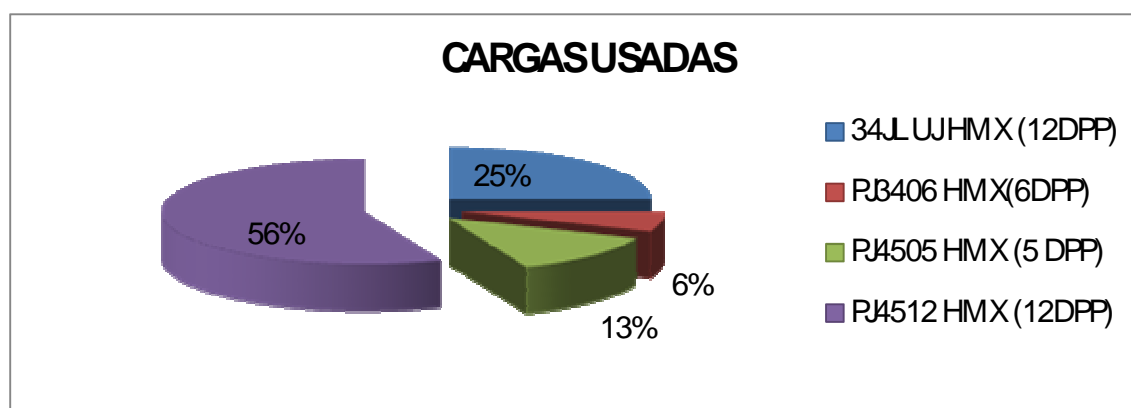
**Tabla 4.51 Cargas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**

CARGAS USADAS			
34JL UJ HMX (12DPP)	PJ3406 HMX(6DPP)	PJ4505 HMX (5 DPP)	PJ4512 HMX (12DPP)
Mariann 9	Mariann 16	Mariann 19	Mariann 12
Mariann 10		Mariann 19	Mariann 12
Mariann 12			Mariann 17
Mariann 16			Mariann 18
			Mariann 18
			Mariann 19
			Mariann 21
			Mariann 22
			Mariann 23
4	1	2	9

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.30 Porcentaje de Cargas Usadas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación en la tabla 4.52 se presentará hasta que año fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.52. Año hasta el cual fueron usadas las cargas en el Campo Mariann en las arenas U y T inferior**

CARGAS	AÑO
34JL UJ HMX (12DPP)	2001
PJ3406 HMX(6DPP)	2007*
PJ4505 HMX (5 DPP)	2007*
PJ4512 HMX (12DPP)	2007*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.6.2 Datos Técnicos Comparativos

Actualmente en el campo Mariann se tiene 2 arenas productoras (U inferior y T inferior). En el estudio se analizará por arenas ya que tienen propiedades petrofísicas diferentes.

##### 4.1.6.2.1 Arena U inferior

###### 4.1.6.2.1.1 Daño vs. Técnica

Para el análisis de Daño vs. Técnica se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño. Se los distribuyó según la técnica utilizada para el cañoneo dándonos como resultado que la técnica TCP tiene un daño de 60, TCP+PURE tiene un daño de 39, WL+PURE tiene un daño de 47, MAXR PURE tiene un daño de 6.2.

Los resultados mencionados anteriormente se los puede apreciar de mejor manera en la tabla 4.53 y Gráfico 4.31.

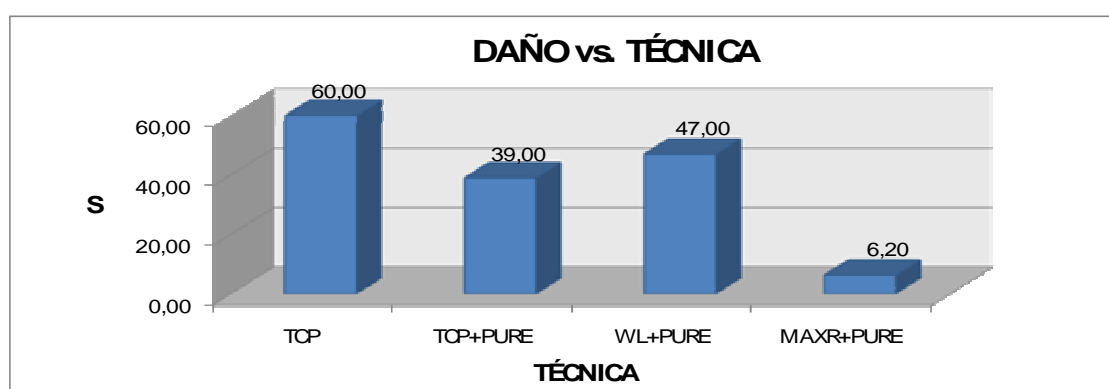
**Tabla 4.53 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena U inferior**

DAÑO VS TÉCNICA							
TCP		TCP+PURE		WL+PURE		MAXR+PURE	
Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S	Pozo	S
Mariann 9	60,00	Mariann 18	39,00	Mariann 12	47,00	Mariann 22	2,4
						Mariann 23	10
<b>PROMEDIO</b>	<b>60,00</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>39,00</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>47,00</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>6,20</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Gráfico 4.31 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena U inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación se analizará los trabajos realizados con un bajo-balance, para determinar una presión de bajo-balance óptima para los pozos de la arena U inferior del Campo Mariann. En la Tabla 4.54 se puede apreciar los pozos con un cierto bajo-balance y daño registrado. Con WL no se han realizado trabajos con bajo-balance.

**Tabla 4.54 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Mariann en la Arena U inferior**

TCP			TCP + PURE		
POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño	POZO	Bajo Balance (PSI)	Daño
Mariann 9	2,172.00	60.00	Mariann 18	500.00	39.00

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena U inferior del Campo**

**Mariann.-** La arena U inferior es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es  $2.30 \text{ gr/cm}^3$ . Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a  $2.4 \text{ gr/cm}^3$ .

Para la determinación de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

- 1 Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 2340(2.30) - 4000 = 1382(\text{psi})$$

- 2 Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\text{mín}}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P_{\text{min}} = \frac{3500}{550^{0.37}} = 339(\text{psi})$$

- 3 Determinar la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P_{\text{max}} + \Delta P_{\text{min}})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1382 + 339)}{2} = 860(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo.

El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\text{mín}}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena U inferior es no-consolidada y con una permeabilidad 550 md.

Del análisis realizado se concluye que en el Campo Mariann es recomendable utilizar un bajo-balance de 600 psi para la arena M-1.

$$\Delta P = \frac{(860 + 339)}{2} = 600(\text{psi})$$

#### 4.1.6.2.1.2 Daño vs. Carga

Para el análisis mostrado en la Tabla 4.55 se tomó en cuenta todas las Técnicas de cañoneo y se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño.

Del análisis se obtuvo los siguientes resultados de daño promedio, las cargas 34JL UJ HMX tienen un daño de 60, las cargas PJ4512 HMX tienen un daño de 24.6.

Las características de estas cargas son:

1. 34JL UJ HMX: Penetración de 28.57" y Diámetro de orificio de 0.34"
2. PJ4512 HMX: Penetración de 30.2" y Diámetro de orificio de 0.34"

Las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP

De las características se puede observar que las cargas PJ4512 HMX tienen casi igual profundidad de penetración que las cargas 34JL UJ HMX. Los datos descritos se presentan en el Gráfico 4.32.

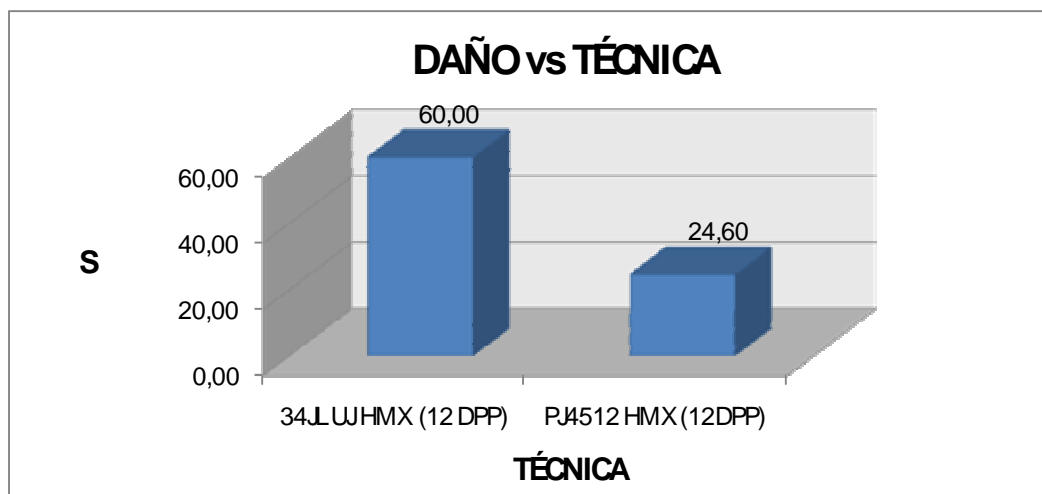
**Tabla 4.55 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena U inferior**

<b>DAÑO Vs CARGA</b>			
<b>34JL UJ HMX (12 DPP)</b>		<b>PJ4512 HMX (12DPP)</b>	
<b>Pozo</b>	<b>S</b>	<b>Pozo</b>	<b>S</b>
Mariann 9	60,00	Mariann 12	47,00
		Mariann 18	39,00
		Mariann 22	2,4
		Mariann 23	10
<b>PROMEDIO</b>	<b>60,00</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>24,60</b>

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.32 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena U inferior**



Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

Del análisis realizado se puede ver que la técnica que mejores resultados mostró fue MAXR+PURE, con valores de daño muy bajos en comparación a las otras técnicas con valores de daños mayores a 39, razón por la cual se recomienda seguir disparando con esta nueva técnica.

En la arena U inferior de este Campo solo se realizaron disparos usando las cargas PJ4512 HMX y 34JL UJ HMX que en conclusión son las mismas, sería conveniente probar con diferentes cargas y a diferente densidad de disparos como las PJ4505

HMX a 5 DPP, con el fin de hacer una comparación que permita recomendar que tipo de cargas son las más óptimas para la arena U inferior de este campo.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 600 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedio de la arena U inferior del Campo Mariann.

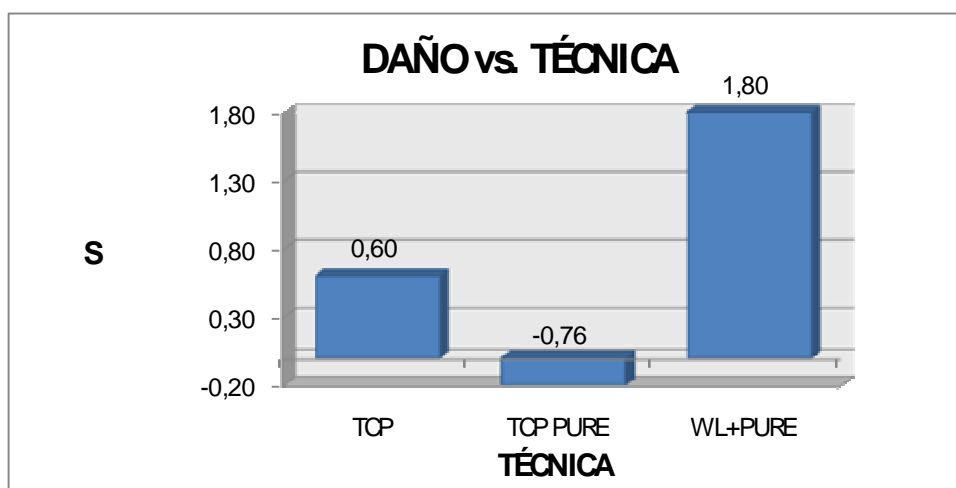
#### 4.1.6.2.2 Arena T inferior

##### 4.1.6.2.2.1 Daño vs. Técnica

Para el análisis de Daño vs. Técnica se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño. Posteriormente se los distribuyó según la técnica utilizada para el cañoneo dándonos como resultado que la técnica TCP tiene un daño promedio de 0.6, TCP PURE tiene un daño promedio de -0.76 WL+PURE tiene un daño promedio de 1.80.

Los resultados mencionados anteriormente se los puede apreciar de mejor manera en el Gráfico 4.33.

**Gráfico 4.33 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena T inferior**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.



**Tabla 4.56 Daño vs. Técnica en el Campo Mariann en la Arena T inferior**

<b>DAÑO VS TÉCNICA</b>					
<b>TCP</b>		<b>TCP PURE</b>		<b>WL+PURE</b>	
<b>Pozo</b>	<b>S</b>	<b>Pozo</b>	<b>S</b>	<b>Pozo</b>	<b>S</b>
Mariann 10	0,60	Mariann 21	-0,76	Mariann 17	1,80

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

A continuación se analizará los trabajos realizados con un bajo-balance, con el objetivo de determinar una presión de bajo-balance para los pozos de la arena T inferior del Campo Mariann.

En la Tabla 4.57 se puede apreciar los pozos con un cierto bajo-balance y daño registrado.

**Tabla 4.57 Bajo-balance utilizado en TCP y TCP+PURE en el Campo Mariann en la Arena T inferior**

<b>TCP y TCP PURE</b>		
<b>POZO</b>	<b>Bajo Balance (PSI)</b>	<b>Daño</b>
Mariann 10	650,00	0,60
Mariann 21	700	-0,76

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Cálculo de la presión bajo-balanceada ( $\Delta P$ ) para la arena T inferior del Campo Mariann.-** La arena T inferior es no-consolidada ya que su densidad volumétrica es  $2.33 \text{ gr/cm}^3$ . Una formación es considerada no-consolidada si la densidad volumétrica es menor a  $2.4 \text{ gr/cm}^3$ .

Para el cálculo de esta presión se va a seguir los pasos descritos en el capítulo 2, utilizando valores promedios de permeabilidad y densidades volumétricas.

- 1 Calcular la  $\Delta P_{\text{máx}}$ . Presión diferencial máxima en arenas no-consolidadas

$$\Delta P \text{ max} = 2340\rho_b - 400 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\Delta P \text{ max} = 2340(2.33) - 4000 = 1452(\text{psi})$$

- 2 Calcular la  $\Delta P_{\text{mín}}$ . Usando la permeabilidad de la formación, determinar la  $\Delta P_{\text{mín}}$  mediante la ecuación 2.5.

$$\Delta P \text{ min} = \frac{3500}{K^{0.37}}$$

$$\Delta P \text{ min} = \frac{3500}{400^{0.37}} = 381(\text{psi})$$

- 3 Determinar la presión del punto promedio.

$$\overline{\Delta P} = \frac{(\Delta P \text{ max} + \Delta P \text{ min})}{2} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{(1452 + 381)}{2} = 917(\text{psi})$$

La presión diferencial calculada ( $\overline{\Delta P}$ ) está fuera de los rangos mostrados en la tabla 2.3, entonces hay que ajustar el valor de la presión al mínimo o máximo.

El valor de  $\Delta P$  es obtenido entre  $\Delta P_{\text{mín}}$  y el punto medio, tomando en cuenta que la arena T inferior es no-consolidada y con una permeabilidad de 400.

Del análisis realizado se concluye que para el Campo Mariann es recomendable utilizar un bajo-balance de 649 psi para la arena T inferior.

$$\Delta P = \frac{(917 + 381)}{2} = 649(\text{psi})$$

#### 4.1.6.2.2.2 Daño vs. Carga

Para el análisis mostrado en la Tabla 4.58 se tomó en cuenta todas las Técnicas de cañoneo y se seleccionó pozos cañoneados desde el 2002 hasta el 2007 que tengan un valor de daño.

Del análisis se obtuvo los siguientes resultados de daño promedio, las cargas 34JL UJ HMX tienen un daño de 0.6, las cargas PJ4512 HMX tienen un daño de 0.52.

Las características de estas cargas son:

1. 34JL UJ HMX: Penetración de 28.57" y Diámetro de orificio de 0.34"
2. PJ4512 HMX: Penetración de 30.2" y Diámetro de orificio de 0.34"

Las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP

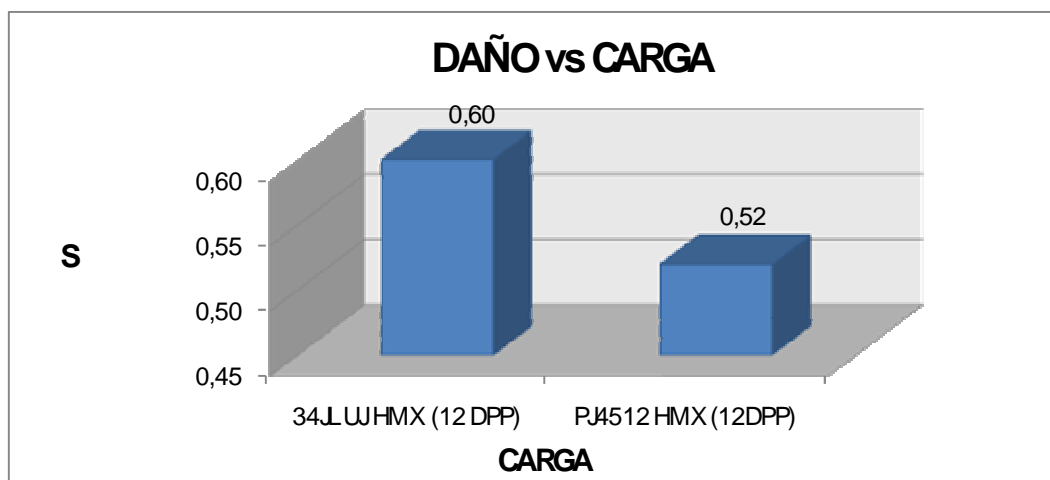
Los resultados se presentan en el gráfico 4.34.

**Tabla 4.58 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena T inferior**

<b>DAÑO Vs CARGA</b>			
<b>34JL UJ HMX (12 DPP)</b>		<b>PJ4512 HMX (12DPP)</b>	
<b>Pozo</b>	<b>S</b>	<b>Pozo</b>	<b>S</b>
Mariann 10	0.60	Mariann 17	1.80
		Mariann 21	-0.76
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.60</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.52</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.34 Daño vs. Carga en el Campo Mariann en la Arena T inferior**

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

Del análisis realizado en la arena T inferior de este Campo se puede observar que entre las técnicas TCP y TCP PURE no existe una diferencia de daño significativa, por esta razón se recomienda disparar con el sistema TCP con cargas PJ4512 HMX a 12 DDP, ya que por costos es mejor que el sistema PURE.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 649 psi, el mismo que fue calculado con la densidad volumétrica promedio de la arena T inferior del Campo Mariann.

#### **4.1.7 POZOS INYECTORES**

En el análisis técnico de los pozos inyectores se dará a conocer datos estadísticos del tipo de técnicas y cargas usadas, también se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Índices de Inyectividad por pie perforado.

La inyección continua de agua al yacimiento M-1 empieza en el año 2002 con el objetivo de mantener la presión de reservorio en esta arena.

#### 4.1.7.1 Arena M-1

##### 4.1.7.1.1 Datos Estadísticos

##### 4.1.7.1.1.1 Técnica Usada

El número total de trabajos de cañoneo realizados fue de 10, en la Tabla 4.59 se presentan los datos clasificados por el tipo de Técnica que se utilizó, donde el 80% se lo ha realizado con TCP y un 20% de cañoneos se lo ha realizado con WL.

Los porcentajes descritos se presentan en el Gráfico 4.35.

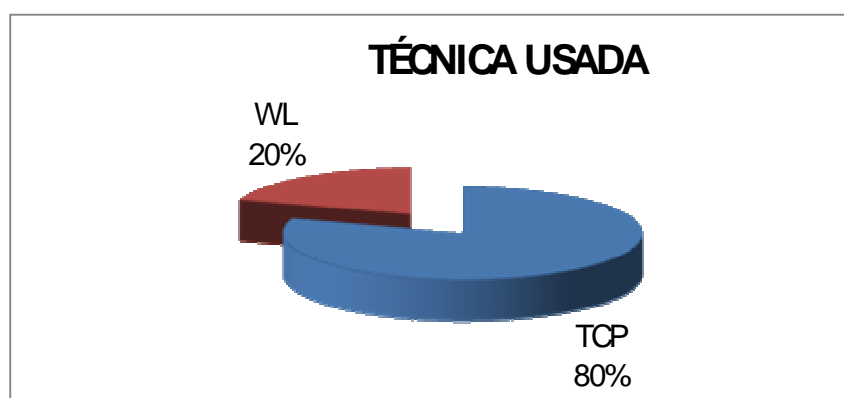
**Tabla 4.59 Técnicas Usadas en los pozos inyectoros**

TÉCNICAS USADAS	
TCP	WL
Fanny 18B-40	Alice 7
Sonia 3	Sonia 1
Sonia 4	
Anne 3 MIW	
Anne 4	
Isabel 1	
Isabel 2	
Isabel 3	
<b>8</b>	<b>2</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.35 Porcentaje de Técnicas Usadas en los pozos inyectoros**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En el año 2007 se realizó el único trabajo de cañoneo utilizando el sistema de cañoneo PURE el mismo que se lo combinó con la técnica Wireline.

En la Tabla 4.60 se presentan trabajos con y sin el sistema PURE donde el 91 % corresponde a técnicas sin este sistema (Ver gráfico 4.36) y el 9 % corresponde a WL+PURE.

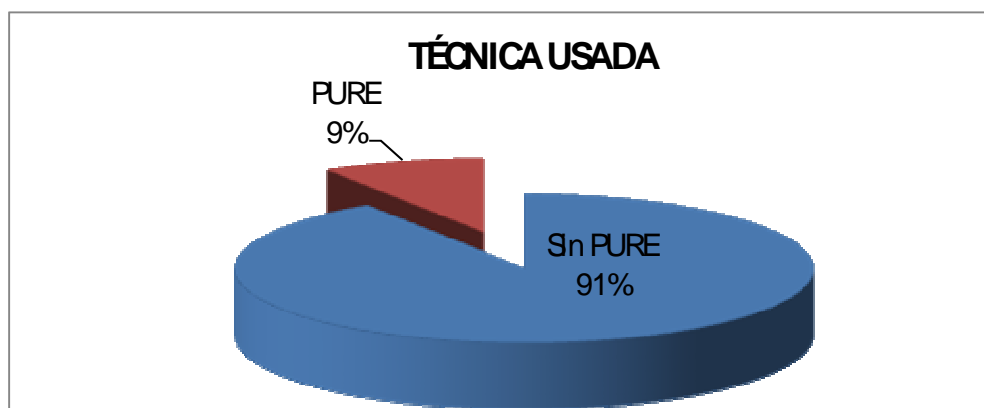
**Tabla 4.60 Técnicas Usadas en los pozos inyectoros**

TÉCNICAS USADAS	
Sin PURE	PURE
Fanny 18B-40	Sonia 1
Alice 7	
Sonia 6H WIW	
Sonia 3	
Sonia 4	
Anne 3 MIW	
Anne 4	
Isabel 1	
Isabel 2	
Isabel 3	
<b>10</b>	<b>1</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.36 Representatividad de PURE en el total analizado en los pozos inyectoros.**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.7.1.1.2 Carga Usada

En la Tabla 4.61 se muestran los trabajos realizados por el tipo de carga que se utilizó con las diferentes técnicas. Los datos se presentan en el Gráfico 4.37.

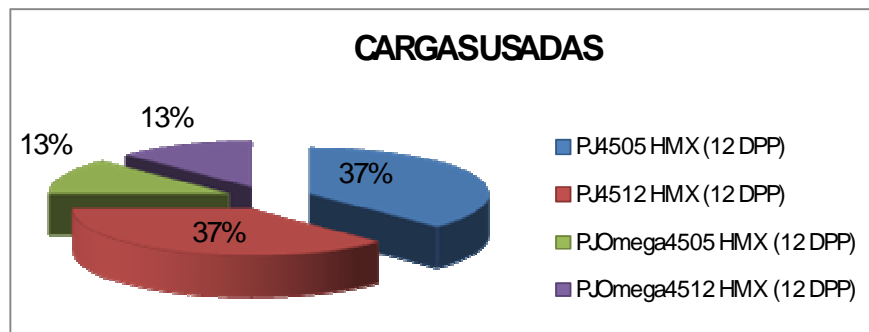
En la tabla 4.62 se presentará hasta que año fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.61 Cargas Usadas en los pozos inyectoros**

CARGAS USADAS			
PJ4505 HMX (12 DPP)	PJ4512 HMX (12 DPP)	PJOmega4505 HMX (12 DPP)	PJOmega4512 HMX (12 DPP)
Isabel 1	Alice 7	Anne 3 MIW	Sonia 4
Isabel 2	Sonia 1		
Isabel 3	Sonia 3		
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.37 Porcentaje de Cargas Usadas en los pozos inyectoros**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Tabla 4.62 Año hasta el cual fueron usadas las cargas en los pozos inyectoros**

CARGAS	AÑO
PJOmega4505 HMX (12 DPP)	2002*
PJ4505 HMX (12 DPP)	2003*
PJOmega4512 HMX (12 DPP)	2006*
PJ4512 HMX (12 DPP)	2007*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.7.1.2 Datos Técnicos Comparativos

##### 4.1.7.1.2.1 Índice de Inyectividad vs. Técnica

Para el análisis de Índice de Inyectividad vs. Técnica se seleccionó pozos que tengan información de la técnica usada distribuyendo los trabajos de cañoneo según la técnica utilizada.

Los resultados se los puede apreciar en la tabla 4.63 y el Gráfico 4.38.

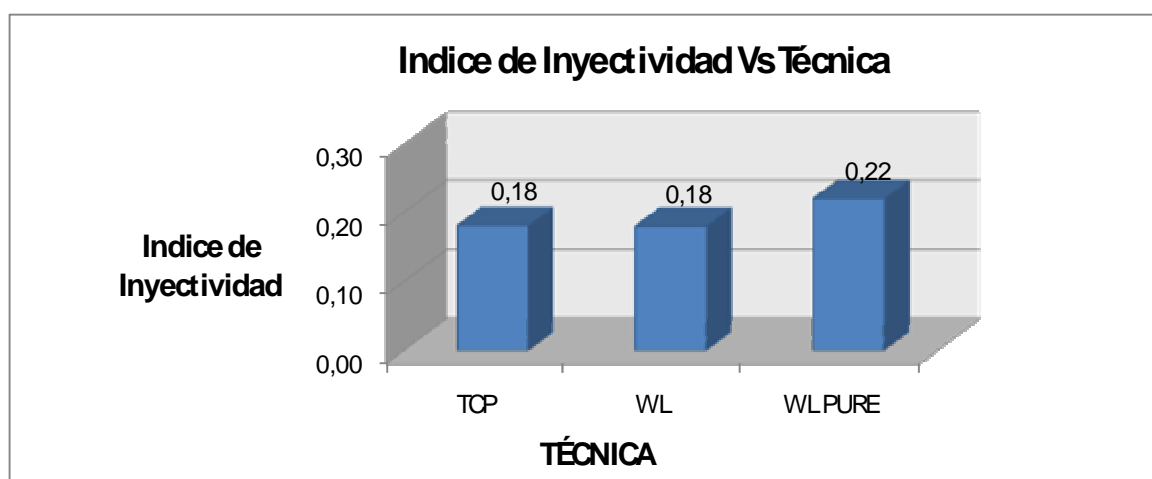
**Tabla 4.63 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos inyectoros**

TCP		WL		WL PURE	
Pozo	INDICE DE INYECTIVIDAD	Pozo	INDICE DE INYECTIVIDAD	Pozo	INDICE DE INYECTIVIDAD
Fanny 18B-40	0,13	Alice 7	0,18	Sonia 1	0,22
Sonia 3	0,12				
Sonia 4	0,19				
Anne 3 MIW	0,07				
Anne 4	0,14				
Isabel 1	0,37				
Isabel 2	0,24				
Isabel 3	0,19				
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,18</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,18</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,22</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Gráfico 4.38 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos inyectoros**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.



#### 4.1.7.1.2.2 Índice de Inyectividad vs. Carga

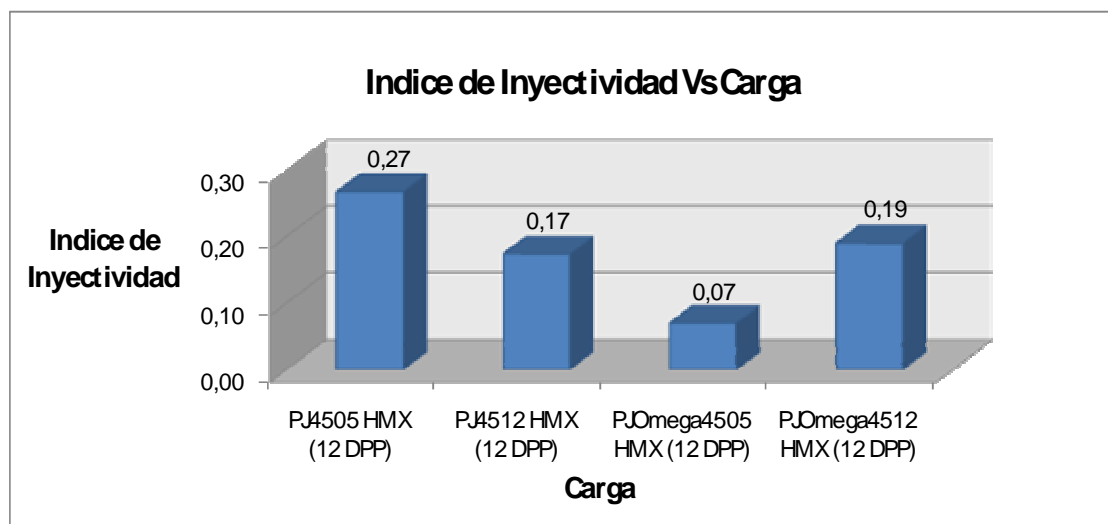
Para el análisis mostrado en la Tabla 4.64 se excluyó a los pozos Fanny 18B-40 y Anne 4, esto por no tener información de las cargas que fueron usadas en estos pozos.

Las características de las cargas usadas que se presentaran a continuación son basadas en las pruebas API 19B 1st Ed.

1. PJ4505 HMX: Penetración de 46.4" y Diámetro de orificio de 0.47"
2. PJ4512 HMX: Penetración de 30.2" y Diámetro de orificio de 0.34"
3. PJOmega4505 HMX: Penetración de 53.2" y Diámetro de orificio de 0.43"
4. PJOmega4512 HMX: Penetración de 34" y Diámetro de orificio de 0.35"

Todas las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP.

**Gráfico 4.39 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos inyectoros**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Tabla 4.64 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos inyectoros**

PJ4505 HMX (12 DPP)		PJ4512 HMX (12 DPP)		PJOmega4505 HMX (12 DPP)		PJOmega4512 HMX (12 DPP)	
Pozo	INDICE DE INY.	Pozo	INDICE DE INY.	Pozo	INDICE DE INY.	Pozo	INDICE DE INY.
Isabel 1	0.37	Alice 7	0.18	Anne 3 MIW	0.07	Sonia 4	0.19
Isabel 2	0.24	Sonia 1	0.22				
Isabel 3	0.19	Sonia 3	0.12				
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.27</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.17</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.07</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.19</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Del análisis realizado se indica que el sistema más recomendable a utilizar es WL+PURE con cargas PJ4505 HMX a 12 DDP, sistema que mostró los mejores resultados. En el análisis realizado no se encontraron trabajos de cañoneo con cargas PJ4505 HMX a 5 DDP desde el 2002 hasta el año 2007.

Cabe recalcar que las cargas PJ4505 HMX pueden ser configuradas con una densidad de disparos de 5 DPP con un casing de 7", y a 12 DPP siempre y cuando el diámetro del casing sea mayor a 9 5/8.

#### 4.1.8 POZOS RE-INYECTORES

La re-inyección de agua en el campo Tarapoa se define como toda el agua inyectada que no tenga como objetivo la arena M-1, es decir que no está inmersa en el programa de mantenimiento de presión.

La formación principal de re-inyección es la Tiyuyacu, sin descartar la Orteguzza o cualquier otra zona diferente de M-1.

En el análisis técnico de los pozos re-inyectoros se dará a conocer datos estadísticos del tipo de técnicas y cargas usadas, también se comparará entre diferentes Técnicas y Cargas vs. Índices de Inyectividad por pie perforado.

### 4.1.8.1 Formación Tiyuyacu

#### 4.1.8.1.1 Datos Estadísticos

##### 4.1.8.1.1.1 Técnica Usada

El número total de trabajos de cañoneo realizados fue de 11, En los pozos Fanny 18B-15 y Mariann 4A-2 no se pudo obtener información del tipo de técnica usada, por esta razón no constan en la tabla 4.65 en la que se presentan los datos clasificados por el tipo de técnica que se utilizó, donde el 33% se lo ha realizado con TCP y un 67% de cañoneos se lo ha realizado con WL.

Los porcentajes descritos se presentan en el Gráfico 4.40.

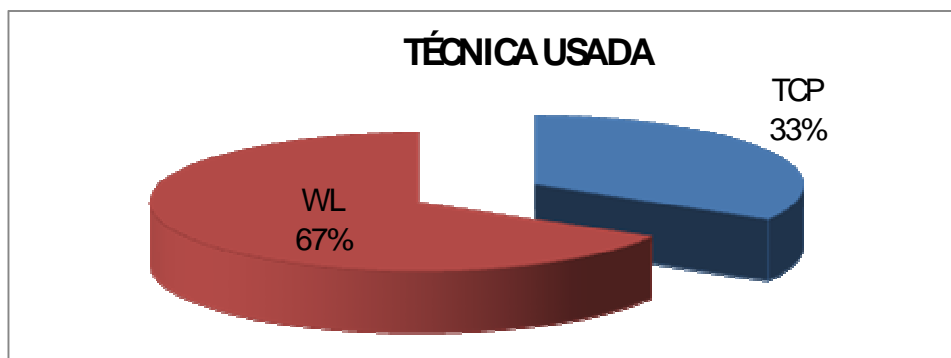
**Tabla 4.65 Técnicas Usadas en los pozos re-inyectores**

TÉCNICAS USADAS	
TCP	WL
Fanny 18B -1	Dorine 9
Fanny 18B-17	Dorine WDW#1
Anne 1	Fanny 18B-74
	Shirley 7
	Mariann 3
	Mariann 4A-6
<b>3</b>	<b>6</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.40 Porcentaje de Técnicas Usadas en los pozos re-inyectores**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

No se realizaron trabajos de cañoneo en los pozos re-inyectores utilizando el sistema PURE.

#### 4.1.8.1.1.2 Carga Usada

En la Tabla 4.66 se muestran los trabajos realizados por el tipo de carga que se utilizó con las diferentes técnicas.

Los datos descritos anteriormente se presentan en el Gráfico 4.41.

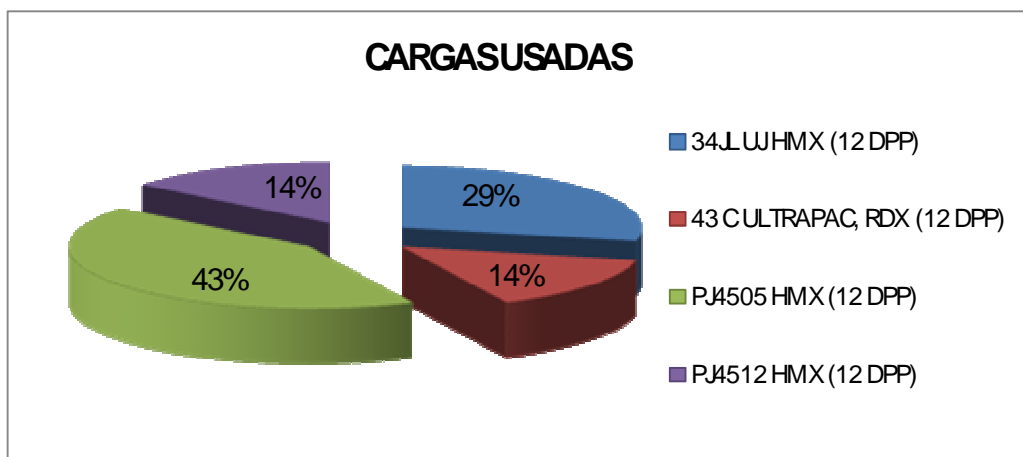
**Tabla 4.66 Cargas Usadas en los pozos re-inyectores**

CARGAS USADAS			
34JL UJ HMX (12 DPP)	43 C ULTRAPAC, RDX (12 DPP)	PJ4505 HMX (12 DPP)	PJ4512 HMX (12 DPP)
Dorine 9	Fanny 18B-17	Dorine WDW#1	Shirley 7
Mariann 3		Fanny 18B-74	
		Anne 1	
2	1	3	1

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Gráfico 4.41 Porcentaje de Cargas Usadas en los pozos re-inyectores**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

A continuación en la tabla 4.67 se presentará hasta que año fueron utilizadas las diferentes cargas.

**Tabla 4.67 Año hasta el cual fueron usadas las cargas en los pozos re-inyectores**

CARGAS	AÑO
43 C ULTRAPAC, RDX (12 DPP)	2000
34JL UJ HMX (12 DPP)	2001
PJ4505 HMX (12 DPP)	2002*
PJ4512 HMX (12 DPP)	2005*

(\*) Son cargas que aún están disponibles en el mercado.

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.8.1.2 Datos Técnicos Comparativos

##### 4.1.8.1.2.1 Índice de Inyectividad vs. Técnica

Para el análisis de Índice de Inyectividad vs. Técnica se seleccionó pozos con información de la técnica usada, dando como resultado que la técnica TCP tiene un índice de inyectividad por pie perforado promedio de 0.05, WL tiene un índice de inyectividad por pie perforado promedio de 0.04. Los resultados mencionados anteriormente se los puede apreciar de mejor manera en el Gráfico 4.42.

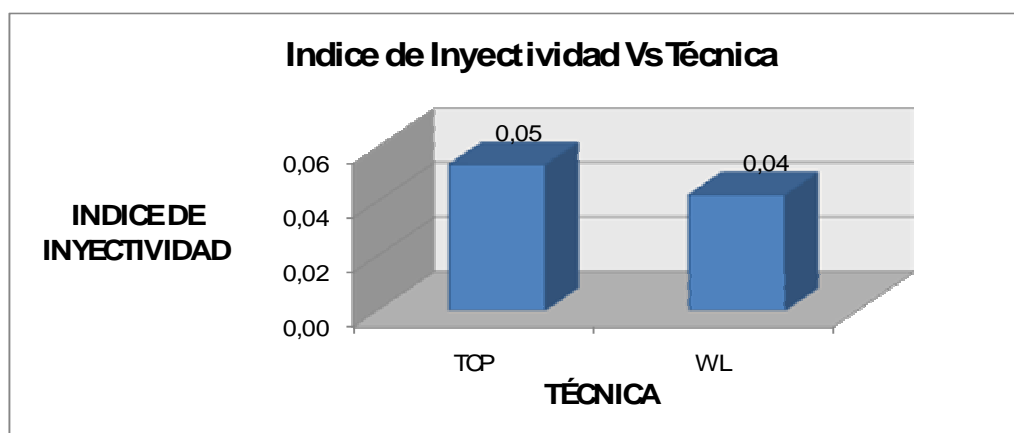
**Tabla 4.68 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos re-inyectores**

INDICE DE INYECTIVIDAD VS TÉCNICA			
TCP		WL	
Pozo	INDICE DE INYECTIVIDAD	Pozo	INDICE DE INYECTIVIDAD
Fanny 18B -1	0,03	Dorine 9	0,04
Fanny 18B-17	0,0035	Dorine WDW#1	0,05
Anne 1	0,12	Shirley 7	0,05
		Mariann 3	0,06
		Mariann 4A-6	0,01
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,05</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,04</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Gráfico 4.42 Índice de Inyectividad vs. Técnica en los pozos re-inyectores**



**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

#### 4.1.8.1.2.2 Índice de Inyectividad vs. Carga

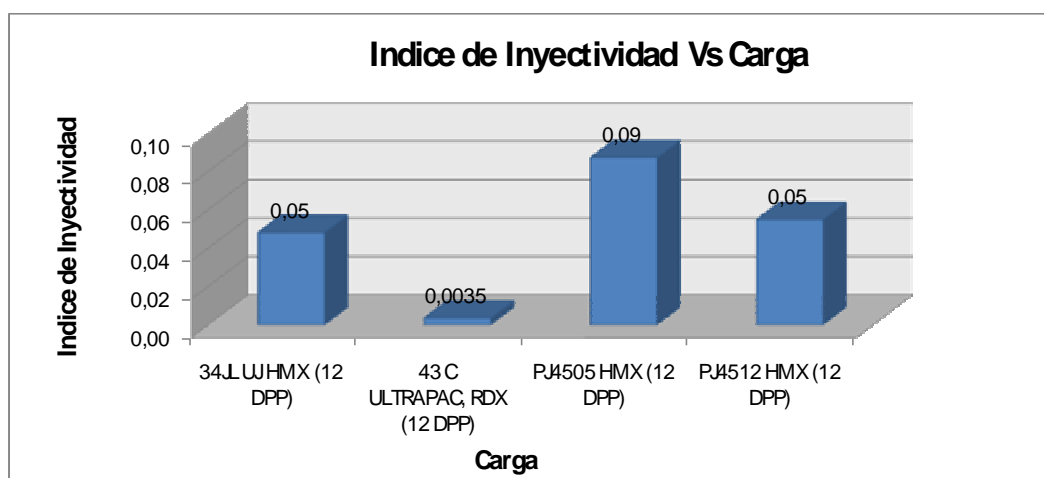
Para el análisis mostrado en la tabla 4.69 se excluyó a los pozos Fanny 18B -1, Fanny 18B-15, Mariann 4A-2 y Mariann 4A-6, por no tener información de las cargas que fueron usadas en estos pozos.

Las características de las cargas usadas que se presentaran a continuación son basadas en las pruebas API 19B 1st Ed.

5. PJ4505 HMX: Penetración de 46.4" y Diámetro de orificio de 0.47"
6. PJ4512 HMX: Penetración de 30.2" y Diámetro de orificio de 0.34"
7. 34JL UJ HMX: Penetración de 28.57" y Diámetro de orificio de 0.34"
8. 43C UP RDX: Penetración de 7.88" y Diámetro de orificio de 0.7"

Todas las cargas mencionadas tienen una densidad de disparos de 12 DPP.

De las características se puede observar que las cargas PJ4505 HMX tienen una mayor penetración, con un mayor índice de inyectividad por pie perforado promedio.

**Gráfico 4.43 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos re-inyectores**

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

**Tabla 4.69 Índice de Inyectividad vs. Carga en los pozos re-inyectores**

34JL UJ HMX (12 DPP)		43 C ULTRAPAC, RDX (12 DPP)		PJ4505 HMX (12 DPP)		PJ4512 HMX (12 DPP)	
Pozo	INDICE DE INY	Pozo	INDICE DE INY	Pozo	INDICE DE INY	Pozo	INDICE DE INY
Dorine 9	0,04	Fanny 18B-17	0,0035	Dorine WDW#1	0,05	Shirley 7	0,05
Mariann 3	0,06			Anne 1	0,12		
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,05</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0035</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,09</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,05</b>

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En el análisis técnico realizado se puede observar que la técnica más óptima fue TCP, y las cargas que presentaron los mejores resultados fueron las PJ4505 HMX a 12 DDP. Cabe mencionar que no se realizaron disparos utilizando el sistema PURE; sería recomendable probar con este sistema, para en nuevos estudios relacionados recomendar si es o no aconsejable usar PURE.

Además se recomienda utilizar un bajo-balance de 950 psi, el mismo que fue calculado con la gráfica 2.1 en el capítulo 2, utilizando una permeabilidad de 230 md para la formación Tiyuyacu.

## 4.2 ANALISIS ECONÓMICO

En el análisis económico se obtendrá el tiempo que se tarda en recuperar la inversión realizada en las diferentes técnicas de cañoneo, para lo cual se necesitará, la producción de petróleo diaria que se obtiene con cada técnica, los costos propuestos de cañoneo, el costo según las horas de taladro que necesita cada técnica para realizar un disparo, y el valor del Net Back que tiene la compañía Andes Petroleum de 17.45 \$/STB.

Los costos propuestos de cañoneo de las diferentes técnicas fueron proporcionados por la compañía Schlumberger de acuerdo a la lista de Precios vigente para Andes Petroleum para 25 pies perforados. Debido a la confidencialidad de la información solo se presentará para las cargas PJ4512 HMX.

La producción de petróleo de cada técnica se obtuvo con la ecuación 4.1, considerando los valores promedios de daño que fueron tomados del análisis técnico realizado anteriormente.

$$Q_o = \frac{K * h * (P_r - P_{wf})}{141.2 * \mu_o * \beta_o * \left[ \ln \frac{(r_e * 12)}{r_w} - 0.75 + S \right]} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

Qo = Caudal de Petróleo, STB/día

k = Permeabilidad, md

h = Espesor de la formación, pies

S = Daño

Bo = Factor volumétrico del petróleo, bbl/STB

uo = Viscosidad del petróleo, cp

Pr = Presión de reservorio, psi

Pwf = Presión de fondo fluente, psi



$r_e$  = radio de drenaje, pies

$r_w$  = radio del pozo, pulg

Todas estas variables son valores promedios de las diferentes arenas de cada Campo en estudio. El costo de las horas de taladro se lo obtendrá con un factor de tiempo de taladro que se tarda cada técnica para realizar el disparo con el precio vigente de cada hora de taladro que es \$500. Luego se obtendrá un costo de cañoneo para cada técnica.

Luego con el valor del Net Back proporcionado por Andes Petroleum, el mismo que está calculado hasta mediados del 2007, y con la producción de petróleo se obtiene la ganancia diaria, la misma que se compara con el costo del cañoneo o inversión realizada, con el fin de obtener los días que se tarda en recuperar la inversión del cañoneo realizada.

## 4.2.1 Campo Dorine

### 4.2.1.1 Arena M-1

En la tabla 4.70 se presentan los valores promedios de la arena M-1 del Campo Dorine.

**Tabla 4.70 Pozo Tipo de la Arena M-1 en el Campo Dorine**

PROPIEDADES DEL RESERVORIO Y FLUIDOS		
Permeabilidad	K (md)	2,517.10
Espesor total	h (pies)	60.00
Presión de Reservorio	Pr (psi)	2,113.46
Presión de fondo fluvente	Pwf (psi)	1,713.97
Viscosidad	$\mu_o$ (cp)	7.74
Factor volumétrico	Bo (bbl/STB)	1.10
Radio de drenaje	$r_e$ (ft)	8,000.00
Radio del pozo	$r_w$ (pulg)	3.50

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.71 se presenta la producción de petróleo para cada técnica considerando el daño, calculado con la ecuación 4.1.

**Tabla 4.71 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena M-1 en el Campo Dorine**

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ACUERDO AL DAÑO PROMEDIO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE	WIRELINE PURE
Daño	S	16.08	9.23	34.15	24.42
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	1,964.33	2,683.90	1,150.57	1,480.92

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.72 se presenta un costo de cañoneo, el mismo que fue obtenido de la siguiente manera:

Costo de Cañoneo = Costo propuesto + (factor de tiempo de taladro x Costo de taladro)

**Tabla 4.72 Costo de Cañoneo de la Arena M-1 en el Campo Dorine**

COSTO DE CAÑONEO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE	WIRELINE PURE
Costo Propuesto	\$/ 25 pies	41,056.20	61,860.00	35,487.33	53,231.00
Factor de tiempo de Taladro	hr	1.00	1.00	0.50	0.50
Costo de Taladro	\$/ hr	500.00	500.00	500.00	500.00
Costo de Cañoneo	\$	41,556.20	62,360.00	35,737.33	53,481.00

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Finalmente en la tabla 4.73 se presenta el tiempo en días que se tarda en recuperar la inversión realizada, calculo que se lo hizo de la siguiente manera:

Ganancia diaria= Qo \* Net Back

Recuperación de la inversión= Costo del cañoneo / Ganancia diaria

**Tabla 4.73 Análisis Económico de la Arena M-1 en el Campo Dorine**

ANÁLISIS ECONÓMICO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE	WIRELINE PURE
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	1,964.33	2,683.90	1,150.57	1,480.92
Net Back	\$	17.45	17.45	17.45	17.45
Ganancia Diaria	\$/día	34,277.49	46,834.13	20,077.50	25,841.97
Recuperación inversión	Días	1.21	1.33	1.78	2.07

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Del análisis realizado se observa que la técnica TCP es la más recomendable económicamente, ya que la inversión realizada en el cañoneo se recupera más rápidamente que con las demás técnicas.

## 4.2.2 Campo Fanny 18B

### 4.2.2.1 Arena M-1

En la tabla 4.74 se presentan los valores promedios de la arena M-1 del Campo Fanny 18B.

**Tabla 4.74 Pozo Tipo de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B**

PROPIEDADES DEL RESERVORIO Y FLUIDOS		
Permeabilidad	K (md)	1,849.98
Espesor total	h (pies)	42.00
Presión de Reservorio	Pr (psi)	2,297.04
Presión de fondo fluyente	Pwf (psi)	1,788.59
Viscosidad	$\mu_o$ (cp)	9.57
Factor volumétrico	Bo (bbl/STB)	1.12
Radio de drenaje	re (ft)	8,000.00
Radio del pozo	rw (pulg)	3.50

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.75 se presenta la producción de petróleo para cada técnica considerando el daño, calculado con la ecuación 4.1.

**Tabla 4.75 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B**

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ACUERDO AL DAÑO PROMEDIO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE	WIRELINE PURE
Daño	S	10.60	9.25	19.85	23.76
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	1,301.83	1,395.71	891.11	786.26

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.76 se presenta un costo de cañoneo.

**Tabla 4.76 Costo de Cañoneo de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B**

COSTO DE CAÑONEO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE	WIRELINE PURE
Costo Propuesto	\$/ 25 pies	41,056.20	61,860.00	35,487.33	53,231.00
Factor de tiempo de Taladro	-	1.00	1.00	0.50	0.50
Costo de Taladro	\$/ hr	500.00	500.00	500.00	500.00
Costo de Cañoneo	\$	41,556.20	62,360.00	35,737.33	53,481.00

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Finalmente en la tabla 4.77 se presenta el tiempo en días que se tarda en recuperar la inversión realizada.

**Tabla 4.77 Análisis Económico de la Arena M-1 en el Campo Fanny 18B**

ANÁLISIS ECONÓMICO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE	WIRELINE PURE
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	1,301.83	1,395.71	891.11	786.26
Net Back	\$/BFP	17.45	17.45	17.45	17.45
Ganancia Diaria	\$/día	22,716.89	24,355.19	15,549.91	13,720.19
Recuperación inversión	Días	1.83	2.56	2.30	3.90

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Del análisis realizado se observa que la técnica TCP es la más recomendable económicamente, ya que la inversión realizada en el cañoneo se recupera más rápidamente que con las demás técnicas.

#### 4.2.2.2 Arena U inferior

En la tabla 4.78 se presentan los valores promedios de la arena U inferior del Campo Fanny 18B.

En la tabla 4.79 se presenta la producción de petróleo para cada técnica considerando el daño, calculado con la ecuación 4.1.

En la tabla 4.80 se presenta un costo de cañoneo.

**Tabla 4.78 Pozo Tipo de la Arena U inferior en el Campo Fanny 18B**

PROPIEDADES DEL RESERVORIO Y FLUIDOS		
Permeabilidad	K (md)	619.86
Espesor total	h (pies)	43.00
Presión de Reservorio	Pr (psi)	3,351.71
Presión de fondo fluvente	Pwf (psi)	2,106.96
Viscosidad	$\mu_o$ (cp)	10.19
Factor volumétrico	Bo (bbl/STB)	1.12
Radio de drenaje	re (ft)	8,000.00
Radio del pozo	rw (pulg)	3.50

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Tabla 4.79 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena U inferior del Campo Fanny 18B**

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ACUERDO AL DAÑO PROMEDIO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	MAXR PURE	WIRELINE PURE
Daño	S	8.04	7.77	6.84	11.30
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	1,175.88	1,194.53	1,262.79	991.31

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

**Tabla 4.80 Costo de Cañoneo de la Arena U inferior en el Campo Fanny 18B**

COSTO DE CAÑONEO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	MAXR PURE	WIRELINE PURE
Costo Propuesto	\$/ 25 pies	41,056.20	61,860.00	88,147.39	53,231.00
Factor de tiempo de Taladro	-	1.00	1.00	0.33	0.50
Costo de Taladro	\$/ hr	500.00	500.00	500.00	500.00
Costo de Cañoneo	\$	41,556.20	62,360.00	88,314.06	53,481.00

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la siguiente tabla 4.81 se presenta el tiempo en días que se tarda en recuperar la inversión realizada.

**Tabla 4.81 Análisis Económico de la Arena U inferior en el Campo Fanny 18B**

ANÁLISIS ECONÓMICO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	MAXR PURE	WIRELINE PURE
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	1,175.88	1,194.53	1,262.79	991.31
Net Back	\$/BFP	17.45	17.45	17.45	17.45
Ganancia Diaria	\$/día	20,519.18	20,844.58	22,035.68	17,298.44
Recuperación inversión	Días	2.03	2.99	4.01	3.09

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Del análisis realizado se observa que la técnica TCP es la más recomendable económicamente, ya que la inversión realizada en el cañoneo se recupera más rápidamente que con las demás técnicas.

### 4.2.3 Campo Mariann

#### 4.2.3.1 Arena T inferior

En la tabla 4.82 se presentan los valores promedios de la arena U inferior del Campo Mariann

**Tabla 4.82 Pozo Tipo de la Arena T inferior en el Campo Mariann**

PROPIEDADES DEL RESERVORIO Y FLUIDOS		
<b>Permeabilidad</b>	K (md)	400.00
<b>Espesor total</b>	h (pies)	26.00
<b>Presión de Reservorio</b>	Pr (psi)	2,932.86
<b>Presión de fondo fluyente</b>	Pwf (psi)	2,500.00
<b>Viscosidad</b>	$\mu_o$ (cp)	1.93
<b>Factor volumétrico</b>	Bo (bbl/STB)	1.14
<b>Radio de drenaje</b>	re (ft)	8,000.00
<b>Radio del pozo</b>	rw (pulg)	3.50

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.83 se presenta la producción de petróleo para cada técnica considerando el daño, calculado con la ecuación 4.1.

**Tabla 4.83 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena T inferior en el Campo Mariann**

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ACUERDO AL DAÑO PROMEDIO				
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE PURE
<b>Daño</b>	S	0.60	-0.76	1.80
<b>Caudal de Petróleo</b>	Qo (BFPD)	1,443.40	1,668.80	1,289.71

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.84 se presenta un costo de cañoneo.

**Tabla 4.84 Costo de Cañoneo de la Arena T inferior en el Campo Mariann**

<b>COSTO DEL CAÑONEO</b>				
<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>TCP</b>	<b>TCP PURE</b>	<b>WIRELINE PURE</b>
<b>Costo Propuesto</b>	\$/ 25 pies	41,056.20	61,860.00	53,231.00
<b>Factor de tiempo de Taladro</b>	hr	1.00	1.00	0.50
<b>Costo de Taladro</b>	\$ / hr	500.00	500.00	500.00
<b>Costo de Cañoneo</b>	\$	41,556.20	62,360.00	53,481.00

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.85 se presenta el tiempo en días que se tarda en recuperar la inversión realizada.

**Tabla 4.85 Análisis Económico de la Arena T inferior en el Campo Mariann**

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>				
<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>TCP</b>	<b>TCP PURE</b>	<b>WIRELINE PURE</b>
<b>Caudal de Petróleo</b>	Qo (BFPD)	1,443.40	1,668.80	1,289.71
<b>Net Back</b>	\$/BFP	17.45	17.45	17.45
<b>Ganancia Diaria</b>	\$/día	25,187.41	29,120.53	22,505.37
<b>Recuperación inversión</b>	Días	1.65	2.14	2.38

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Del análisis realizado se observa que la técnica TCP es la más recomendable económicamente, ya que la inversión realizada en el cañoneo se recupera más rápidamente que con las demás técnicas.

#### 4.2.3.2 Arena U inferior

En la tabla 4.86 se presentan los valores promedios de la arena U inferior del Campo Mariann.

**Tabla 4.86 Pozo Tipo de la Arena U inferior en el Campo Mariann**

PROPIEDADES DEL RESERVORIO Y FLUIDOS		
Permeabilidad	K (md)	780.00
Espesor total	h (pies)	80.00
Presión de Reservorio	Pr (psi)	3,113.25
Presión de fondo fluvente	Pwf (psi)	2,433.50
Viscosidad	$\mu_o$ (cp)	7.84
Factor volumétrico	Bo (bbl/STB)	1.15
Radio de drenaje	re (ft)	8,000.00
Radio del pozo	rw (pulg)	3.50

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.87 se presenta la producción de petróleo para cada técnica considerando el daño, calculado con la ecuación 4.1.

**Tabla 4.87 Producción de petróleo considerando el daño de la Arena U inferior en el Campo Mariann**

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ACUERDO AL DAÑO PROMEDIO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE PURE	MAXR PURE
Daño	S	60.00	39.00	47.00	6.20
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	478.37	685.62	588.49	1,313.96

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

En la tabla 4.88 se presenta un costo de cañoneo.

**Tabla 4.88 Costo de Cañoneo de la Arena U inferior en el Campo Mariann**

COSTO DEL CAÑONEO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE PURE	MAXR PURE
Costo Propuesto	\$/ 25 pies	41,056.20	61,860.00	53,231.00	88,147.39
Factor de tiempo de Taladro	-	1.00	1.00	0.50	0.33
Costo de Taladro	\$/ hr	500.00	500.00	500.00	500.00
Costo de Cañoneo	\$	41,556.20	62,360.00	53,481.00	88,314.06

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Finalmente en la tabla 4.89 se presenta el tiempo en días que se tarda en recuperar la inversión realizada.



**Tabla 4.89 Análisis Económico de la Arena U inferior en el Campo Mariann**

ANALISIS ECONÓMICO					
Detalle	Unidad	TCP	TCP PURE	WIRELINE PURE	MAXR PURE
Caudal de Petróleo	Qo (BFPD)	478.37	685.62	588.49	1,313.96
Net Back	\$/BFP	17.45	17.45	17.45	17.45
Ganancia Diaria	\$/día	8,347.49	11,964.16	10,269.20	22,928.68
Recuperación inversión	Días	4.98	5.21	5.21	3.85

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos  
**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

Del análisis realizado se observa que la técnica MAXR PURE es la más recomendable económicamente, ya que la inversión realizada en el cañoneo se recupera más rápidamente que con las demás técnicas, debido a que la producción de petróleo es mucho mayor que las demás técnicas.

En el análisis económico se ha considerado el daño y los barriles producidos diariamente, información obtenida de las pruebas de Build up realizadas después del cañoneo, con el objetivo de no considerar solamente el costo económico, sino también el costo de producción, con factores como son el tiempo para recuperar la inversión realizada, daño y también la producción de petróleo obtenida después del disparo.

Un trabajo de cañoneo con tubería TCP o con el sistema PURE es más costoso que un trabajo realizado con cañones bajados con cable eléctrico. El TCP emplea más tiempo de operación y su costo se incrementa por el tiempo de la torre de reacondicionamiento. Asimismo el sistema PURE tiene un costo superior a este por el diseño que se realiza en un programa especial, costo que en la vida productiva del pozo especialmente en pozos nuevos, se retribuirá en las producciones alcanzadas.

En el análisis realizado en las tablas 4.80 y 4.88 el costo de MAXR incluye costos de servicios de la unidad de Wireline.

A continuación se presentará en la tabla 4.90 un resumen de los resultados obtenidos en el análisis técnico-económico.

Nota: Cada trabajo deberá tener su análisis económico particular para cada pozo dependiendo del sistema a utilizarse y es necesario tomar en cuenta ciertas consideraciones como la movilización del equipo, la distancia que recorrerá el equipo, los técnicos especialistas, el tiempo de espera, el tipo de cañón, la carga explosiva, la profundidad del intervalo a disparar, el número de pies a dispararse, la temperatura del pozo, el número de disparos y corridas, la densidad de disparos por pie (DPP), costo de reparación del daño ocasionado por sobre-balance ( En el caso de usar WL).

El análisis técnico-económico será comparado con el de simulación para obtener una conclusión final.

En el Campo Dorine para la arena M-1, cabe recalcar que las cargas que mejores resultados dieron fueron las 4505 a 12 DPP, pero este tipo de cargas solamente se podrá usar en un casing de 9 5/8", mas no en un casing de 7".

Las celdas marcadas de rojo representan trabajos únicos de cañoneo. Es decir que no se probaron con otros tipos de sistemas de cañoneo.

**Tabla 4.90 Análisis Técnico - Económico de las Técnicas de Cañoneo - Bloque Tarapoa**

CAMPO	SISTEMA DE CAÑONEO					ECONÓMICO	COMENTARIOS
	TCP/WL/MAXR	CARGA	DPP	BAJO-BALANCE	TÉCNICA		
DORINE M-1	TCP	PJ4505 HMX	12	455	PURE	TCP	En esta arena se observa que el sistema PURE da buenos resultados, ya que mejora la permeabilidad disminuyendo el daño. La alta penetración de las cargas ayudará a sobrepasar la zona de daño que en esta arena es mayor a 15 pulg.
FANNY 18B M-1	TCP	PJ4512 HMX	12	450	PURE	TCP	El efecto PURE en esta arena no es muy recomendable por costos, debido a que en el transcurso del tiempo se ha observado que la formación se va limpiando o mejorando su producción debido a su alta permeabilidad y buena presión de reservorio. Sería recomendable usar cargas de alta penetración a 5DPP para observar resultados.
FANNY 18B U-INF	MAXR	PJ4512 HMX	12	611	PURE	TCP	Del análisis técnico realizado se observa que los daños obtenidos son casi similares, y asociando al análisis económico se concluye que es recomendable usar la técnica TCP sin el sistema PURE. Además en esta arena usar 12 DPP, no es de importancia usar cargas de alta penetración ya que la zona invadida tiene un promedio de 6 pulg.
FANNY 18B (CP)	WL	PJ4512 HMX	12	-	PURE	-	Por el resultado de daño que se obtuvo en Fanny 18B 44 de 3.5, se puede decir que si es recomendable usar el sistema WL PURE con cargas de alta penetración a 12DPP. Ya que esta arena tiene buena presión de reservorio y alta permeabilidad
ALICE M-1	TCP	PJ4512 HMX	12	442	-	-	Solo se pudo obtener información de cañoneos para la técnica TCP, se recomienda probar con TCP PURE, usando cargas a 12 DPP ya que la densidad es mas importante que la penetración. Debido a la alta permeabilidad y presión de reservorio que tiene esta arena.
SHIRLEY U-INF	TCP	PJ4512 HMX	12	590	-	-	Los trabajos de cañoneo realizados son muy eficientes, ya que en esta arena es más importante tener alta densidad de disparos (12DPP) que alta penetración debido a que la zona de daño tiene un promedio de 6 pulg. Se podría probar Pure para evaluar los resultados
MARIANN 4A M-1	-	-	-	436	-	-	No se encontró pruebas de buid up, razón por la cual no se pudo hacer el respectivo análisis
MARIANN 4A U MEDIA	-	-	-	630	-	-	No se encontró pruebas de buid up, razón por la cual no se pudo hacer el respectivo análisis
MARIANN U-INF	MAXR	PJ4512 HMX	12	600	PURE	MAXR PURE	La técnica MAXR PURE a dado valores de daño muy buenos. En esta arena solo se ha realizado disparos con cargas PJ 4512, se recomienda probar con cargas PJ4505 y evaluar resultados para determinar si es mejor tener alta penetración que alta densidad de disparos.
MARIANN T-INF	TCP	PJ4512 HMX	12	649	PURE	TCP	Los resultados obtenidos con este sistema son muy buenos. No es necesario usar PURE, ya que se obtuvo valores de daño similares con TCP vs TCP PURE. Es mas importante alta densidad de disparos (12DPP) por tener un valor promedio de zona dañanada igual a 6 pulg.
INYECTORES	WL	PJ4505 HMX	12	-	PURE	-	La inyección se hace en la arena M-1, por esto se recomienda usar cargas de alta penetración con el sistema PURE, ya que la zona invadida presenta valores promedios de 15 pulg.
RE-INYECTORES	TCP	PJ4505 HMX	12	950	-	-	Esta formación presenta K y Ø muy bajas, por esta razón la zona invadida es menor que 10 pulg Se recomienda usar TCP a 12 DPP, y también probar con Pure para evaluar los resultados

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd.

## **CAPÍTULO 5.**

### **5. ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS DE CAÑONEO Y SU SELECCIÓN MEDIANTE SOFTWARE.**

El presente Capítulo tiene como objetivo analizar mediante una simulación, nuevos sistemas de cañoneo para futuros trabajos en el Bloque Tarapoa, para lo cual se necesitó la ayuda de los diferentes software que usan las compañías Schlumberger, Baker Hughes y Halliburton para la simulación del cañoneo.

Con la ayuda de las tres compañías anteriormente mencionadas se hizo las simulaciones para las diferentes arenas de cada Campo, presentando así cada compañía los resultados al autor y también a la compañía Andes Petroleum.

Cabe mencionar que el estudio presentado en este capítulo es de total autoridad de cada compañía, que fue debidamente revisado por el autor y por la compañía Andes Petroleum.

En el trabajo presentado a continuación por las tres compañías, observaremos que se tiene resultados similares, lo que indica la correcta simulación de cañoneo realizada por estas.

#### **5.1 COMPAÑÍA SCHLUMBERGER**

Se describirá brevemente el software utilizado y luego se presentará los resultados obtenidos por esta compañía para cada arena de cada campo.

##### **5.1.1 Descripción de SPAN**

SPAN (Schlumberger Perforating Analysis) es un software de propiedad de Schlumberger y es usado para modelar la eficiencia de un cañoneo. El SPAN

permite al ingeniero de completación optimizar la completación de un pozo mediante la comparación de las diferentes configuraciones de Cañones y Cargas disponibles a condiciones de reservorio. Este programa incluye análisis de productividad, penetración y diámetro del túnel perforado para pozos de petróleo y también de gas. Además, los efectos de un gravel pack, límites del reservorio y completaciones parciales pueden ser incluidos en el análisis de productividad.

## 5.1.2 Presentación de Resultados

### 5.1.2.1 Campo Dorine

#### 5.1.2.1.1 Arena M-1

“En la tabla 5.1 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

**Tabla 5.1 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Dorine**

Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	21.73	8.97	12.75
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	24.25	8.42	13.22
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	24.24	8.01	13.58
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	31.23	8.22	13.39
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	37.21	7.36	14.2
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	37.21	6.94	14.64

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

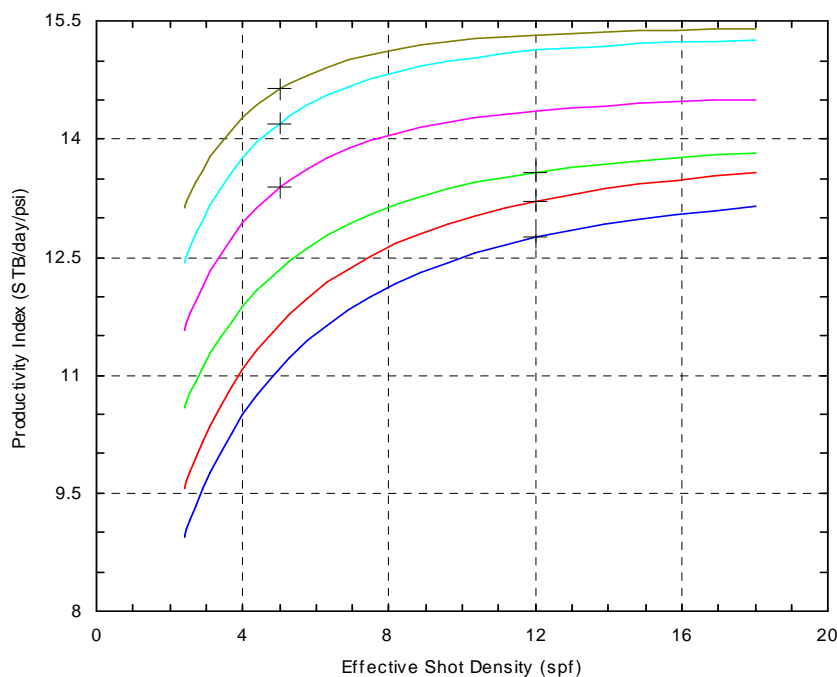
**Fuente:** Schlumberger

“En el gráfico 5.1 se observa que los sistemas con cargas de alta penetración son los que proporcionan el mayor rendimiento para esta arena puesto que no solo sobrepasan la zona dañada sino que además establecen una mejor comunicación entre el wellbore y el reservorio debido a que incrementan significativamente el radio efectivo del pozo”.

“En resumen, para esta formación, es más importante tener una mayor penetración que una mayor densidad de disparos, por cuanto se deduce que la mejor alternativa para disparar en la arena M-1 correspondiente al Campo Dorine

es utilizando sistemas de alta penetración y con preferencia complementado con técnicas mejoradas como es el caso de Pure”.

**Gráfico 5.1 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Dorine**



### 5.1.2.2 Campo Fanny 18B

#### 5.1.2.2.1 Arena M-1

“En la tabla 5.2 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

**Tabla 5.2 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Fanny 18B**

Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	21.81	8.76	6.84
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	24.33	9.16	6.66
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	24.33	7.45	7.47
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	31.34	9.39	6.57
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	37.34	7.75	7.32
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	37.34	6.39	8.07

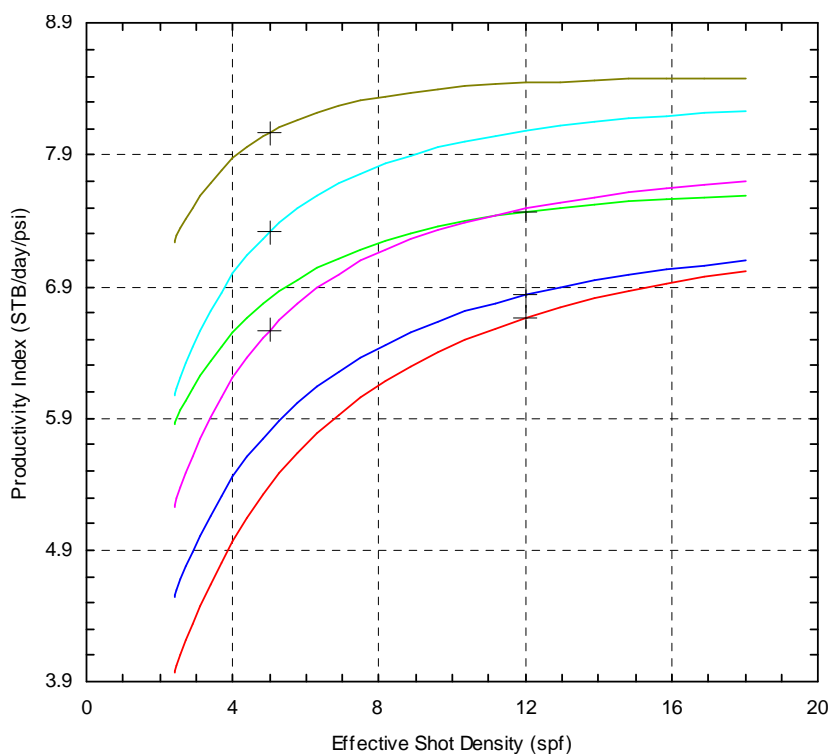
Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Schlumberger

“De acuerdo a los resultados obtenidos para este campo mostrados en el gráfico 5.2 se puede observar que los IP iniciales proporcionados por los diferentes sistemas están muy cercanos”.

“Por esta razón, es recomendable utilizar sistemas de 12 DPP para estas zonas debido a que en el transcurso del tiempo se ha observado que la formación se va limpiando o mejorando su producción debido a su alta permeabilidad y buena presión de reservorio. Es decir, a mayor tiempo de producción mayor IP”.

**Gráfico 5.2 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Fanny 18B**



#### 5.1.2.2.2 Arena U inferior

“En la tabla 5.3 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

**Tabla 5.3 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U inferior del Campo Fanny 18B**

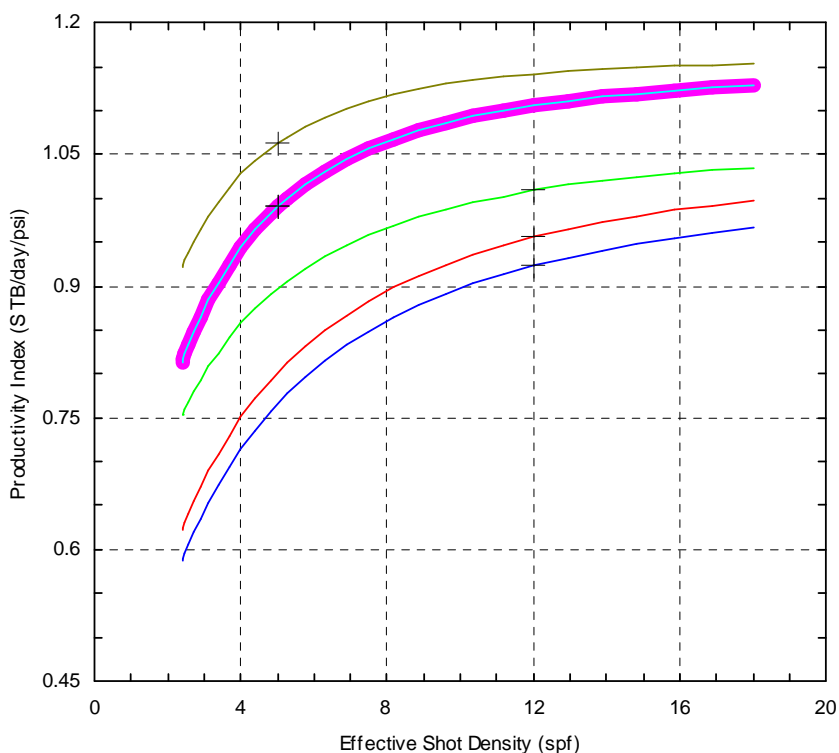
Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	16.77	11.95	0.92
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	18.71	11.32	0.96
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	18.71	10.36	1.01
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	28.72	10.68	0.99
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	28.72	10.68	0.99
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	28.72	9.49	1.06

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Schlumberger

“Como se puede ver en el gráfico 5.3 al disparar esta zona con un sistema de TCP Pure con cargas PJ Omega 4505 se tiene una sustancial ventaja sobre los otros sistemas. Su ganancia podría representar aproximadamente 180 BPD en comparación al sistema más próximo (PJ Omega 4512, TCP Pure), valor obtenido con el IP obtenido en la simulación”.

**Gráfico 5.3 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U inferior del Campo Fanny 18B**





### 5.1.2.3 Campo Alice

#### 5.1.2.2.1 Arena M-1

“En la tabla 5.4 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

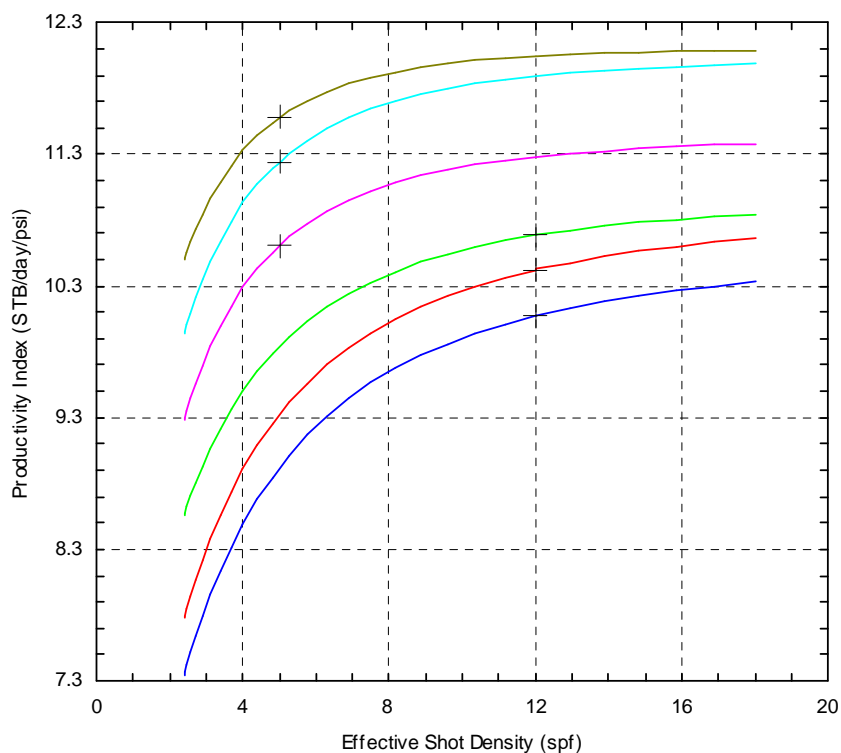
**Tabla 5.4 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Alice**

Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	21.78	9.5	10.07
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	24.29	8.96	10.42
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	24.29	8.57	10.69
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	31.3	8.69	10.61
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	37.28	7.81	11.24
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	37.28	7.39	11.58

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Schlumberger

**Gráfico 5.4 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Alice**



“En el anterior gráfico se observa que los dos sistemas PJ Omega 4505 TCP Pure y PJ Omega 4505 TCP son valederos y recomendados para esta formación, realmente no se aprecia una ganancia significativa el primer sistema con respecto al segundo; es decir, no es tan importante disparar utilizando Técnica Pure pero si realizarlo con las cargas de mayor penetración como son las PJ Omega 4505 (59,2 pulgadas). Por costos no se recomienda utilizar Pure para este caso”.

#### 5.1.2.4 Campo Shirley

##### 5.1.2.4. Arena U inferior

“En la tabla 5.5 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

**Tabla 5.5 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U inferior del Campo Shirley**

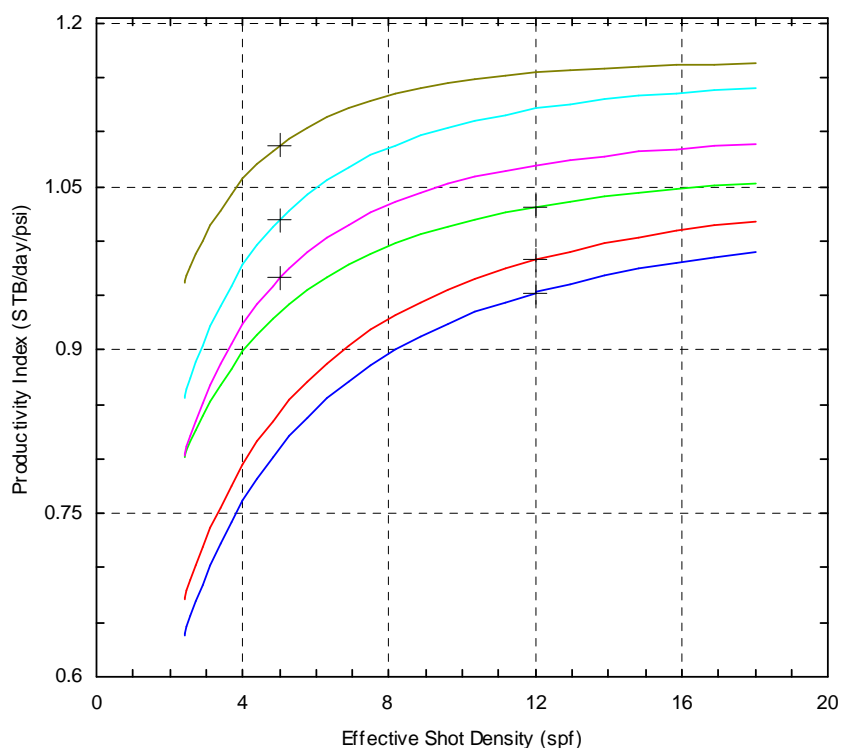
Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	16.77	7.34	0.95
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	18.71	6.91	0.98
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	18.71	6.26	1.03
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	24.11	7.14	0.97
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	28.72	6.42	1.02
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	28.72	5.59	1.09

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Schlumberger

“Para esta arena las técnicas con mejores rendimientos son proporcionados por PURE, sea a 12 o 5 DPP. Se observa cierta ganancia al utilizar cargas PJ Omega 4505”.

**Gráfico 5.5 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U inferior del Campo Shirley**



### 5.1.2.5 Campo Mariann 4A

#### 5.1.2.5.1 Arena M-1

“En la tabla 5.6 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

**Tabla 5.6 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena M-1 del Campo Mariann 4A**

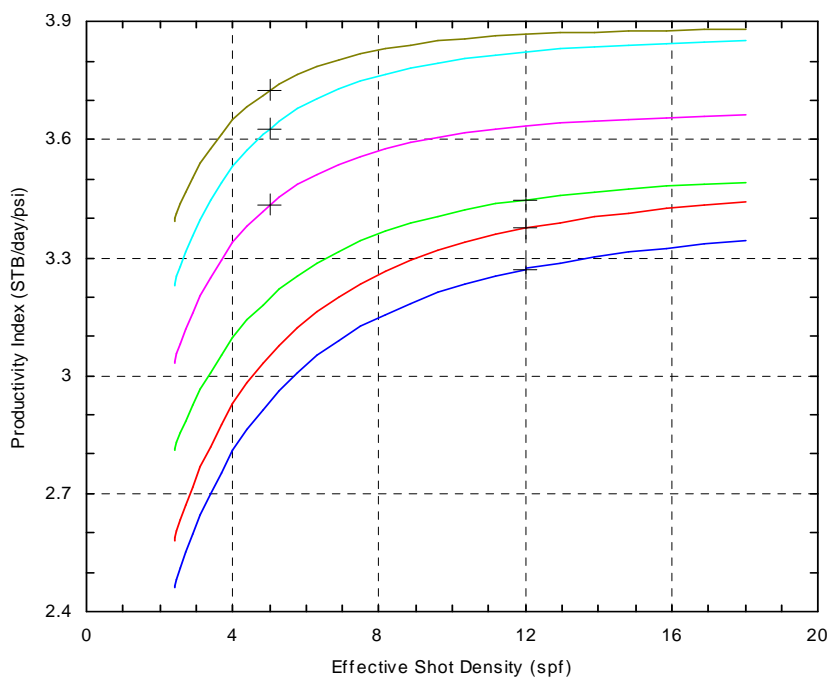
Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	21.86	8.44	3.27
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	24.38	7.98	3.37
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	24.38	7.67	3.45
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	31.48	7.72	3.43
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	37.51	6.95	3.63
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	37.51	6.58	3.73

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Schlumberger

“En esta arena, todos los sistemas de 5 DPP están por arriba de los de 12 DPP, incluso si se utiliza técnica Pure y cargas de alta penetración. Por esta razón y de acuerdo al gráfico siguiente se recomienda utilizar cargas PJ Omega 4505 combinado con tecnología PURE”.

**Gráfico 5.6 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena M-1 del Campo Mariann 4A**



#### 5.1.2.5.2 Arena U media

“En la tabla 5.7 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

**Tabla 5.7 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U media del Campo Mariann 4A**

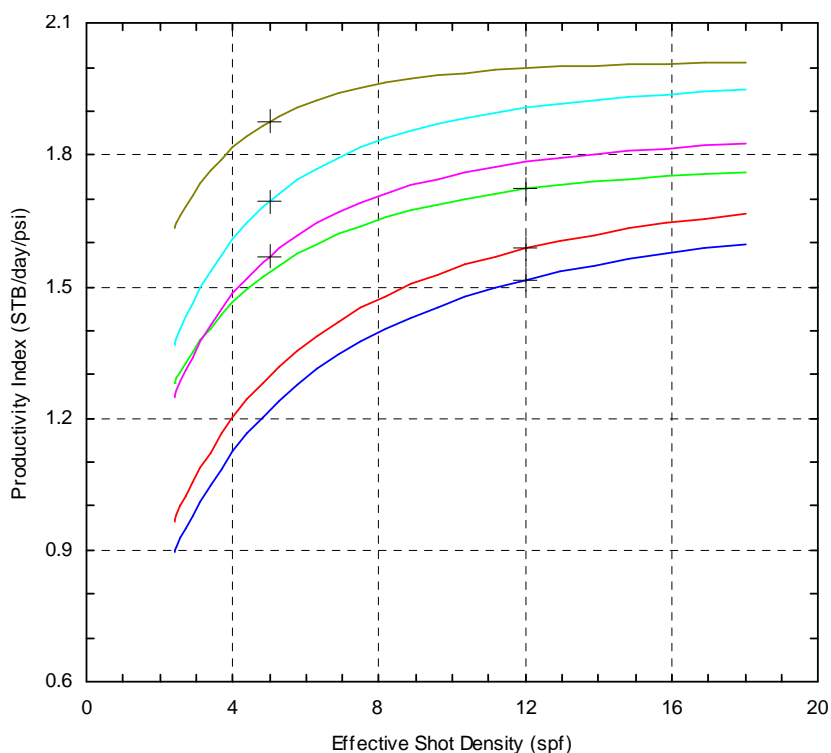
Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	16.81	3.72	1.52
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	18.76	3.25	1.59
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	18.76	2.46	1.72
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	24.22	3.36	1.57
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	28.87	2.61	1.7
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	28.87	1.7	1.88

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Schlumberger

“Para esta arena se recomienda utilizar tecnología Pure con cargas PJ Omega 4505 porque se observa una ganancia importante en comparación de los otros sistemas”.

**Gráfico 5.7 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U media del Campo Mariann 4A**



### 5.1.2.6 Campo Mariann

#### 5.1.2.6.1 Arena U inferior

“En la tabla 5.8 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

“De acuerdo al gráfico 5.8, el mejor rendimiento se obtiene al disparar la formación con PJ Omega 4505, las siguientes opciones son Pure + PJ Omega 4512 o simplemente Power Jet Omega 4505. El resto de sistemas no se recomienda utilizarlos”.

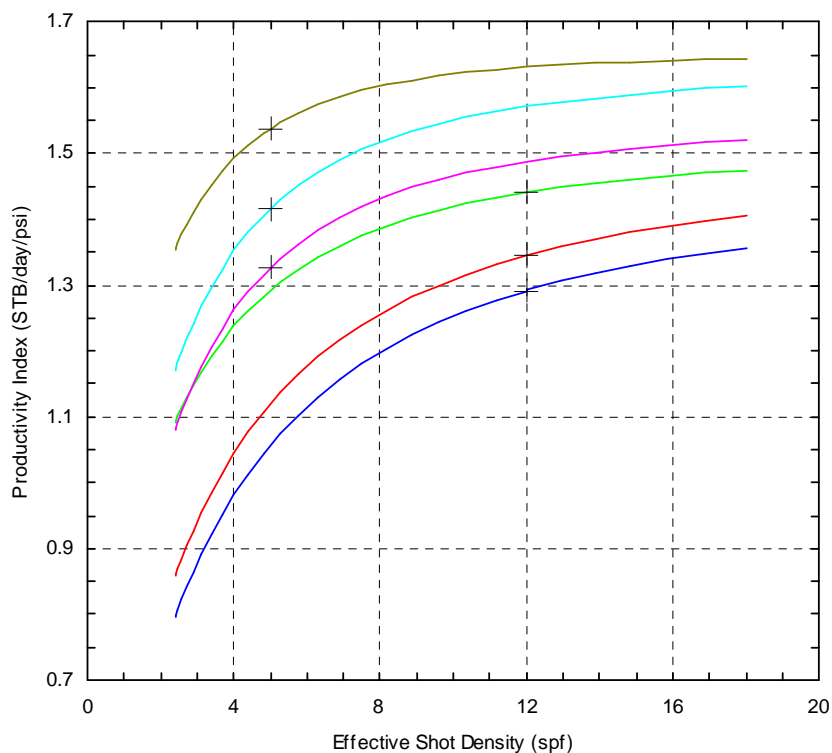
**Tabla 5.8 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena U inferior del Campo Mariann**

Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	16.96	9.71	1.29
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	18.92	9.05	1.35
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	18.92	8	1.44
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	24.38	9.28	1.33
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	29.04	8.27	1.42
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	29.04	7.07	1.54

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Schlumberger

**Gráfico 5.8 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena U inferior del Campo Mariann**



#### 5.1.2.6.2 Arena T inferior

“En la tabla 5.9 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

**Tabla 5.9 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en la Arena T inferior del Campo Mariann**

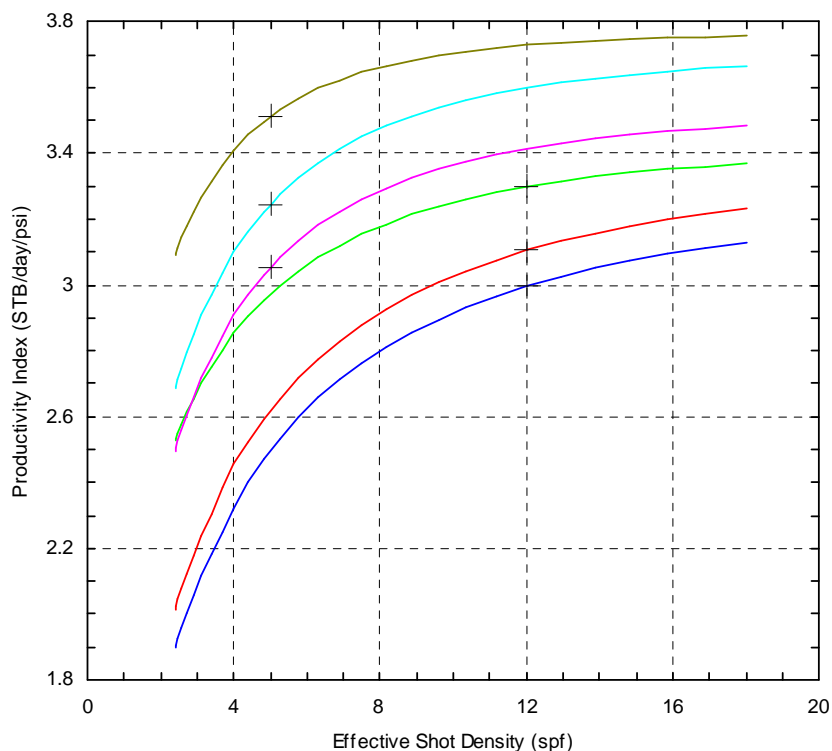
Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	IP (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	16.27	6.33	3
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	18.15	5.87	3.11
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	18.15	5.13	3.3
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	23.39	6.09	3.05
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	27.87	5.33	3.25
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	27.87	4.41	3.51

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Schlumberger

“En este caso, el gráfico 5.9 nos muestra que no es recomendable disparar a 5 DPP excepto si se lo hace con tecnología Pure. El sistema PJ Omega 4512 Pure me da un rendimiento ligeramente mayor que el PJ Omega 4505, pero por cantidad de huecos y capacidad de flujo es recomendable seleccionar el sistema con mayor densidad de disparos”.

**Gráfico 5.9 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en la Arena T inferior del Campo Mariann**



### 5.1.2.7 Pozos Re-inyectores

#### 5.1.2.7.1 Formación Tiyuyacu

“En la tabla 5.10 se presentan los resultados obtenidos del software SPAN para 6 sistemas de cañoneo en estudio”.

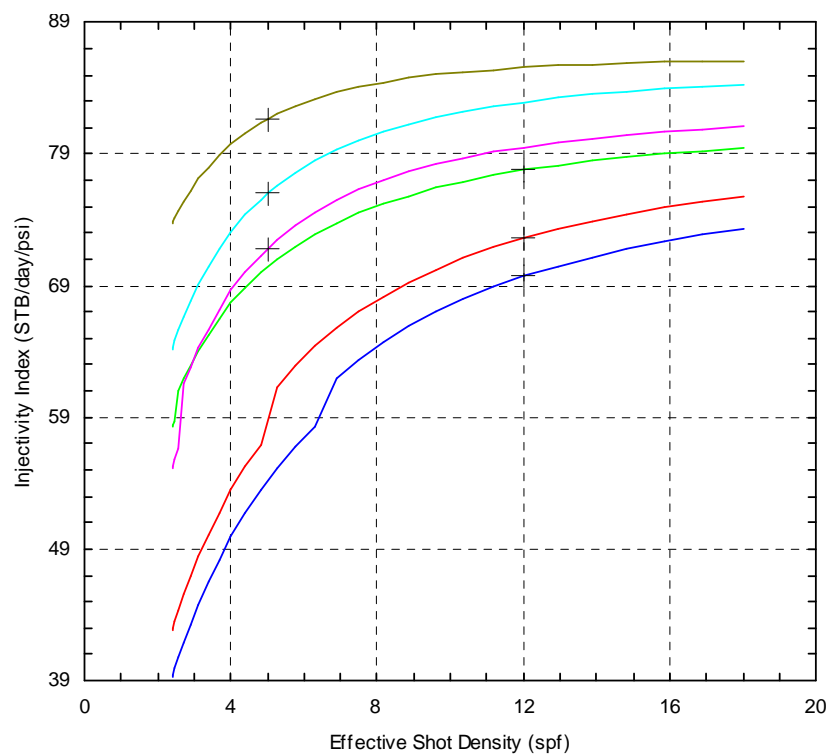
**Tabla 5.10 Resultados de los diferentes sistemas de cañoneo en los pozos Re-inyectores**

Item	Sistema	Densidad (DPP)	Fase (°)	Penetración (pulg)	Daño	II (STB/día/psi)
1	4-1/2" HSD, PJ 4512	12	135/45	16.15	6.56	69.53
2	4-1/2" HSD, PJOmega 4512	12	135/45	18.02	6	72.47
3	4-1/2" PURE, PJOmega 4512	12	135/45	18.02	5.13	77.64
4	4-1/2" HSD, PJ 4505,	5	72	23.23	6.16	71.64
5	4-1/2" HSD, PJOmega 4505	5	72	27.67	5.41	75.87
6	4-1/2" PURE, PJOmega 4505	5	72	27.67	4.54	81.53

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Schlumberger

**Gráfico 5.10 Índice de Productividad vs. Densidad de Disparos en los pozos Re-inyectores**





“En el gráfico 5.10 se observa que a menor densidad de disparos (5 DPP) mayor será el índice de inyectividad (II), ya que su profundidad de penetración es mayor”.

## **5.2 COMPAÑÍA BAKER HUGHES**

El software utilizado por esta compañía es WEM (Well Evaluation Model); a continuación se hará una breve descripción de este software para luego presentar los resultados que fueron obtenidos por esta compañía para cada arena de cada campo.

### **5.2.1 Descripción de WEM**

El diseño de los disparos actualmente la compañía Baker Hughes lo hace utilizando el software técnico llamado WEM, el cual es un sistema para el diseño de los disparos para escoger el tipo y el cañón, densidad de cargas, la fase, la penetración y el diámetro del agujero óptimo.

Hay dos formas de introducir los datos al programa:

1.- Existe un dibujo de todas las partes que conforman el sistema de producción desde el fondo por el tipo de yacimiento hasta la superficie con el tamaño del estrangulador y la presión en la superficie, por lo cual señalando cualquier parte del sistema aparece la pantalla correspondiente para ser llenada y así sucesivamente hasta terminar con todas las pantallas y posteriormente correr el programa.

2.- La otra forma es señalando programa de la barra de herramientas y un semáforo que se encuentra en luz verde y automáticamente el programa muestra la primera pantalla y posteriormente la siguiente hasta terminar de llenar todas la pantallas, por lo que tiene más orden en la alimentación del programa.

La primera pantalla solicita los datos de entrada como la temperatura estática, si el pozo es desviado o vertical, el tipo de flujo, la profundidad de referencia de los datos. Posteriormente la siguiente pantalla solicita el tipo de yacimiento si es de gas, aceite, gas y condensado, agua (inyector), si es productor o de inyección, si el flujo es por la tubería de producción, espacio anular, combinado o por la tubería de revestimiento y si el flujo es natural o con sistema artificial de Bombeo Neumático.

Posteriormente el nombre del yacimiento y tipo de flujo, la siguiente pantalla es si se señaló que el yacimiento es de gas solicita las características de gas como la gravedad específica, contenido de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, así como la producción de agua y la gravedad específica del agua, posteriormente solicita la temperatura en superficie.

Posteriormente solicita el tope y base del yacimiento y temperatura de fondo, posteriormente solicita los datos de la o las tuberías de revestimiento como es el diámetro, peso, grado, longitud y el tipo de junta e indica la rugosidad de la misma automáticamente.

Posteriormente la litología y presión del yacimiento, la permeabilidad y porosidad del mismo, la geometría como es el radio de drenaje, diámetro del agujero, el intervalo neto, las diferentes tipos de permeabilidades, el tipo y diámetro del daño.

Posteriormente la configuración del pozo, es decir el fluido de terminación como es agua, diesel, lodo ó gas y la densidad del mismo fluido y así mismo la resistencia a la compresión del cemento.

Posteriormente la siguiente pantalla es donde se tiene los datos de la tubería de producción desde el diámetro, peso, grado y tipo de rosca, etc., y de los diferentes tipos de cañones, por compañía de servicio, si son desechables o no, el tipo de carga y el diámetro del agujero o si se quiere penetración y el rango máximo y mínimo del diámetro que se quiere diseñar, nos proporciona gráficas de cada tipo de cañón de acuerdo a la fase y tamaño del agujero en donde proporciona datos

de la presión del disparo por el diferente tamaño del agujero que se tiene en el pozo.

Cabe mencionar que es una base de datos muy completa y así mismo existe un apartado para ingresar un nuevo tipo de cañón con todos sus datos para poder utilizarla en el diseño.

Finalmente se corre el programa y proporciona una gráfica en donde se observa la mejor opción de los cañones a disparar ya que proporcionan la mejor producción por día y así mismo se puede combinar diferentes tipos de diámetros de tubería de producción y ver el diámetro óptimo y realmente se pueden hacer muchas otras actividades con el programa ya que lo anterior es una breve descripción del mismo.

### **5.2.2 Presentación de Resultados**

“En las técnicas de cañoneo analizadas se puede encontrar muchas opciones como: técnicas usadas, TCP y Wireline con condiciones de sobre-balance y bajo-balance. El Bloque Tarapoa tiene diferentes características, algunas áreas con buenos parámetros, alta permeabilidad, porosidad, y otras áreas con alto daño de formación y baja productividad / permeabilidad”.

“Los criterios para elegir las técnicas de cañoneo para el Bloque Tarapoa son variables”.

“Luego de haber realizado la simulación de los distintos campos del Bloque Tarapoa se presentan algunas recomendaciones para el cañoneo de pozos por campo”.

#### **5.2.2.1 Campo Dorine**

- “La técnica más recomendable es TCP”.
- “La densidad de disparos podría ser 12 DPP y con cargas de alta penetración”.

- “Aplicar condiciones de bajo-balance”.
- “No es recomendable utilizar la técnica Wireline”.
- “En zonas de baja permeabilidad (menor que 1500 md), no es recomendable sobre-balance”.
- “El daño de formación en pozos verticales es más crítico que en pozos horizontales. La técnica de cañoneo será diferente para ambos casos”.

#### **5.2.2.2 Campo Fanny 18B**

- “Para la arena M-1, la técnica de cañoneo recomendable es TCP, con alguna técnica de cañoneo para mejorar la permeabilidad de la roca. El daño de formación en esta zona es alto”.
- “La densidad de disparos será de 12 DPP”.
- “Aplicar condiciones de bajo-balance”.
- “Para la arena U inferior, cuando el daño de formación es bajo, la técnica de cañoneo recomendable a usarse es Wireline con una densidad de disparos de 12 DPP”.
- “Para la arena U inferior, cuando el daño de formación sea alto, la técnica de cañoneo recomendable a usarse es TCP con condiciones de bajo-balance y una densidad de disparos baja (5 DPP)”.
- “En zonas de baja permeabilidad, la técnica de cañoneo recomendable a usarse es TCP con condiciones de bajo-balance y una densidad de disparos baja (5 DPP)”.
- “En zonas con parámetros de crudo pesado, y baja permeabilidad con daño de formación no es necesaria una estimulación. La técnica de cañoneo recomendable para esta arena será Wireline con condiciones de sobre-balance y alta densidad de disparos (12 DPP)”.

#### **5.2.2.3 Campo Alice**

- “Para la arena M-1 usar la técnica TCP con una densidad de disparos de 12 DPP, aplicando condiciones de bajo-balance”.
- “No es recomendable usar la técnica Wireline”.

#### **5.2.2.4 Campo Shirley**

- “Para la arena U inferior la técnica de cañoneo recomendada es TCP con condiciones de bajo-balance, ya que todos los pozos realizados con esta técnica tienen un daño de formación baja”.
- “La densidad de disparos recomendada es 12 DPP con cargas de alta penetración”.
- “No es recomendable usar la técnica Wireline”.

#### **5.2.2.5 Campo Mariann**

- “Las zonas productoras de este campo están dentro de la formación Napo, las arenas “U” y “T”. Con una alta dureza de la roca y baja porosidad. La técnica de perforación cambia de acuerdo a los parámetros de la formación y condiciones del reservorio”.
- “Para la formación Napo (arenas “U” y “T”). La técnica de cañoneo más recomendable será TCP con condiciones de bajo-balance, además usar algunas alternativas de estimulación. Estas arenas tienen altos daños de formación”.
- “Usar una densidad de disparos de 12 DPP y con cargas de alta penetración”.
- “En la arena T inferior el daño de formación y la permeabilidad son bajos. La técnica de cañoneo recomendable es TCP con baja densidad de disparos (5 DPP)”.

#### **5.2.2.6 Campo Mariann 4A**

- “Para la arena “U” media, es un reservorio con una baja permeabilidad, es recomendable usar TCP en condiciones de bajo-balance, con baja densidad de disparos (5 DPP)”.

#### **5.2.2.7 Pozos Inyectores**

- “Para los pozos inyectores la técnica de cañoneo recomendable será TCP”.

- “La densidad de disparos puede ser 12 o 10 DPP y con cargas de alta penetración”.
- “Aplicar condiciones de bajo-balance”.

#### 5.2.2.8 Pozos Re-inyectores

- “Para los pozos re-inyectores (formación Tiyuyacu) la técnica de cañoneo recomendada es TCP”.
- “Usar una densidad de disparos de 12 DPP”.
- “Aplicar condiciones de bajo-balance, esto depende de los valores da daño de formación”.

### 5.3 COMPAÑÍA HALLIBURTON

El software utilizado por esta compañía es W.E.M (Well Evaluation Model), el mismo software que utiliza la Compañía Baker Hughes, a continuación se presentará los resultados obtenidos para cada arena de cada campo.

#### 5.3.1 Presentación de Resultados

Para la presentación de resultados es necesario dar una introducción de la técnica StimGun la misma que utiliza esta compañía para el cañoneo de pozos.

**Técnica StimGun:** Se hace en condiciones de sobre-balance dinámico, la misma que genera micro-fracturas alrededor del punzado, indican condiciones favorables en reservorios semi-consolidados con compresibilidades mayores a 5000 psi, rangos de porosidades bajas menores a 27%, rangos de permeabilidad menores a 200 md.

El evento de sobrebalance dinámico es producto de la combustión del perclorato de potasio (Propelente). La disipación de este evento dinámico sucede en milisegundos y permite la generación del minifrac, erosión del tip (punzado) y respuestas de afluencia instantáneas al punzar en condiciones de desbalance TCP.

“En base a la data proporcionada se analizó en promedios de cada campo y cada reservorio los siguientes:”

### **5.3.1.1 Campo Dorine**

#### *5.3.1.1.1 Arena M-1*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados indica daños de formación de 1.9 y -2 al usar aparejos similares al propuesto”.

### **5.3.1.2 Campo Alice**

#### *5.3.1.2.1 Arena M-1*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados indica daños de formación de 7 y 20.6 al usar aparejos similares al propuesto”.

### **5.3.1.3 Campo Fanny**

#### *5.3.1.3.1 Arena M-1*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados indica danos de formación de -0.1 y 7 al usar aparejos similares al propuesto”.

#### *5.3.1.3.2 Arena U inferior*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole o Millennium DP (seleccionados en función de los tiempos de tránsito y densidades de grano de los estratos adyacentes del intervalo a cañonear) en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi, técnica propuesta STIMGUN con el fin de estimular el reservorio”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados, indica daños de formación de 0.1, 4 y 6 al usar aparejos similares en geometría del hardware de cañoneo al propuesto; sumando a esto las ventajas del propelente técnica STIMGUN”.

#### *5.3.1.3.3 Arena M-l reservorio con crudo pesado de 13 °API*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole o Millennium DP (seleccionados en función de los tiempos de tránsito y densidades de grano de los estratos adyacentes del intervalo a cañonear) en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi, técnica propuesta STIMGUN con el fin de estimular el reservorio”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados, indica danos de formación de 3.5 al usar aparejos similares en geometría del hardware de cañoneo al propuesto; sumando a esto las ventajas del propelente técnica STIMGUN”.

### **5.3.1.4 Campo Shirley**

#### *5.3.1.4.1 Arena U inferior*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole o Millennium EP (seleccionados en función de los tiempos de tránsito y densidades de grano de los estratos adyacentes del intervalo a cañonear) en condiciones de



desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi, técnica propuesta STIMGUN con el fin de estimular el reservorio”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados, indica daño de formación de -2.8 y 0.3 al usar aparejos similares en geometría del hardware de cañoneo al propuesto; sumando a esto las ventajas del propelente técnica STIMGUN”.

### **5.3.1.5 Campo Mariann**

#### *5.3.1.5.1 Arena T inferior*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole o Millennium DP (seleccionados en función de los tiempos de tránsito y densidades de grano de los estratos adyacentes del intervalo a cañonear) en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi, técnica propuesta STIMGUN con el fin de estimular el reservorio”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados, indica daños de formación de -0.5 y 7.9 al usar aparejos similares en geometría del hardware de cañoneo al propuesto; sumando a esto las ventajas del propelente técnica STIMGUN”.

#### *5.3.1.5.2 Arena U inferior*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole o Millennium DP (seleccionados en función de los tiempos de tránsito y densidades de grano de los estratos adyacentes del intervalo a cañonear) en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi, técnica propuesta STIMGUN con el fin de estimular el reservorio”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados, indica daños de formación de 39 al usar aparejos similares en geometría del

hardware de cañoneo al propuesto; sumando a esto las ventajas del propelente técnica STIMGUN”.

### **5.3.1.6 Campo Mariann 4A**

#### *5.3.1.6.1 Arena U Media*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole o Millennium DP (seleccionados en función de los tiempos de tránsito y densidades de grano de los estratos adyacentes del intervalo a cañonear) en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi, técnica propuesta STIMGUN con el fin de estimular el reservorio”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados, indica daños de formación de -2.4 al usar aparejos similares en geometría del hardware de cañoneo al propuesto; sumando a esto las ventajas del propelente técnica STIMGUN”.

#### *5.3.1.6.2 Arena M-l*

“Se sugiere disparar con cañones 4 5/8", 12 spf, 30/150 grados, cargas Big Hole en condiciones de desbalances estáticos TCP no mayor a 500 psi”.

“De los datos facilitados, experiencias de los sistemas de cañoneo utilizados indica daños de formación de 0.53 al usar aparejos similares al propuesto”.

Luego de haber presentado los resultados de las diferentes compañías, en las siguientes tablas se resumirá los sistemas de cañoneo recomendados por cada compañía, con el objetivo de comparar entre estos y también con los resultados obtenidos en el capítulo 4 presentados en la tabla 4.90, y así llegar a una conclusión y recomendación confiable para cada arena de los diferentes Campos del Boque Tarapoa.

**Tabla 5.11 Sistemas de Cañoneo Recomendados por la compañía Schlumberger basados en la Simulación Realizada - Bloque Tarapoa**

CAMPO	SISTEMA DE CAÑONEO				COMENTARIOS
	TCP/WL	CARGA	DPP	TÉCNICA	
DORINE M-1	TCP	Alta Penetración	5	PURE	Cargas de alta penetración a 5 DPP con sistema PURE
FANNY 18B M-1	TCP	Alta Penetración	12	-	Cargas con densidad de disparos de 12 DPP sin PURE
FANNY 18B U-INF	TCP	Alta Penetración	5	PURE	Cargas de alta penetración a 5 DPP con sistema PURE
FANNY 18B (CP)	-	-	-	-	
ALICE M-1	TCP	Alta Penetración	5	-	Cargas de mayor penetración a 5DPP, No es tan importante usar técnica Pure
SHIRLEY U-INF	TCP	Alta Penetración	12	PURE	Cargas de alta penetración a 12 DPP con sistema PURE
MARIANN 4A M-1	TCP	Alta Penetración	5	PURE	Cargas de alta penetración a 5 DPP con sistema PURE
MARIANN 4A U MEDIA	TCP	Alta Penetración	5	PURE	Cargas de alta penetración a 5 DPP con sistema PURE
MARIANN U-INF	TCP	Alta Penetración	12	PURE	Cargas de alta penetración a 12 DPP con sistema PURE
MARIANN T-INF	TCP	Alta Penetración	12	PURE	Cargas de alta penetración a 12 DPP con sistema PURE
INYECTORES	-	-	-	-	Disparar según el Campo y arena en que este ubicado el pozo Inyector
RE-INYECTORES	TCP	Alta Penetración	5	PURE	Cargas de alta penetración a 5 DPP con sistema PURE

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Schlumberger.

**Tabla 5.12 Sistemas de Cañoneo Recomendados por la compañía Baker Hughes basados en la Simulación Realizada - Bloque Tarapoa**

SIMULACIÓN REALIZADA POR BAKER HUGHES DE LAS TÉCNICAS DE CAÑONEO - BLOQUE TARAPOA					
CAMPO	SISTEMA DE CAÑONEO				COMENTARIOS
	TCP/WL	CARGA	DPP	TÉCNICA	
DORINE M-1	TCP	Alta Penetración	12	-	Densidad de disparos podría ser a 12 DPP con cargas de alta penetración
FANNY 18B M-1	TCP	-	12	-	Usar una densidad de diparos de 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
FANNY 18B U-INF	TCP	-	5	-	Usar una densidad de diparos de 5DPP
FANNY 18B (CP)	WL	-	12	-	Cargas a 12 DPP, sin tecnica de cañoneo para mejorar K
ALICE M-1	TCP	-	12	-	Usar una densidad de diparos de 12 DPP, no es recomendable WL
SHIRLEY U-INF	TCP	Alta Penetración	12	-	Cargas de alta penetración a 12 DPP, no es recomendable WL
MARIANN 4A M-1	-	-	-	-	
MARIANN 4A U MEDIA	TCP	-	5	-	Usar una densidad de diparos de 5DPP
MARIANN U-INF	TCP	Alta Penetración	12	-	Cargas de alta penetración a 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
MARIANN T-INF	TCP	-	5	-	Usar una densidad de diparos de 5DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
INYECTORES	TCP	Alta Penetración	12	-	Cargas de alta penetración a 12 DPP
RE-INYECTORES	TCP	-	12	-	Usar una densidad de diparos de 12 DPP

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Baker Hughes.

**Tabla 5.13 Sistemas de Cañoneo Recomendados por la compañía Halliburton basados en la Simulación Realizada - Bloque Tarapoa**

CAMPO	SISTEMA DE CAÑONEO				COMENTARIOS
	TCP/WL	CARGA	DPP	TÉCNICA	
DORINE M-1	TCP	Agujero Grande	12	-	Cargas de agujero grande a 12 DPP
FANNY 18B M-1	TCP	Agujero Grande	12	-	Cargas de agujero grande a 12 DPP
FANNY 18B U-INF	TCP	Alta Penetración	12	STIMGUN	Cargas de alta penetración a 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
FANNY 18B (CP)	WL	Agujero Grande	12	STIMGUN	Cargas de agujero grande a 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
ALICE M-1	TCP	Agujero Grande	12	-	Cargas de agujero grande a 12 DPP
SHIRLEY U-INF	TCP	Agujero Grande	12	STIMGUN	Cargas de agujero grande a 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
MARIANN 4A M-1	TCP	Agujero Grande	12	-	Cargas de agujero grande a 12 DPP
MARIANN 4A U MEDIA	TCP	Alta Penetración	12	STIMGUN	Cargas de alta penetración a 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
MARIANN U-INF	TCP	Alta Penetración	12	STIMGUN	Cargas de alta penetración a 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
MARIANN T-INF	TCP	Alta Penetración	12	STIMGUN	Cargas de alta penetración a 12 DPP, con tecnica de cañoneo para mejorar K
INYECTORES	TCP	Agujero Grande	12	-	Cargas de agujero grande a 12 DPP
RE-INYECTORES	TCP	Agujero Grande	12	-	Cargas de agujero grande a 12 DPP

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Halliburton.

## CAPÍTULO 6

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de este proyecto se encontraron las siguientes conclusiones y recomendaciones para el Bloque Tarapoa.

#### 6.1 CONCLUSIONES

##### 6.1.1 Conclusiones Generales

- La base de datos creada en el capítulo 3 es sin lugar a duda una herramienta muy valiosa tanto para trabajos de cañoneo u otro tipo de proyectos que se realicen a futuro en el Bloque Tarapoa.
- La eficiencia del disparo y la profundidad de Penetración dependen de ciertos factores como la litología, compresibilidad del fluido alojado en los poros, contenido de arcilla, tamaño del grano de la formación, diseño de las cargas y principalmente de propiedades mecánicas de las rocas, como la resistencia. De la correcta obtención y uso de estas propiedades dependerán los resultados que se obtengan en un proceso de simulación de cañoneo y en general de los resultados operacionales.
- La magnitud del bajo- balance óptimo necesario depende de la resistencia de la roca más que de otras propiedades de la misma como por ejemplo la porosidad o la permeabilidad.
- La Productividad está directamente influenciada por la presencia de un daño, pero también se ve afectada principalmente por factores geológicos y características del fluido.

- Los Daños totales promedios dentro de los pozos seleccionados para todo el Bloque Tarapoa, sin discriminar arenas, que se obtuvieron de las diferentes técnicas de cañoneo fueron:

TÉCNICA	DAÑO PROMEDIO
MAXR PURE	6,52
TCP PURE	8,61
TCP	13,63
WL PURE	22
WL	27

- Un buen diseño de disparo para pozos nuevos y áreas a desarrollarse, en donde se tengan propiedades petrofísicas conocidas y cálculos de bajo-balance bien definidos, puede contribuir a resultados exitosos con valores de daño muy bajos y en algunos casos estimulados como por ejemplo el pozo Mariann 21 con un valor de daño de -0.76.
- No se debe usar MAXR si la distancia desde la base de la zona que se dispara hasta el fondo del pozo es muy pequeño, ya que la herramienta que cae al fondo podría interferir a la zona productora disminuyendo la producción.
- Los costos fueron estimados solamente para la operación de cañoneo, basados en el tiempo que se emplea en realizar los disparos con las diferentes técnicas existentes (TCP, WL, MAXR). Para obtener el tiempo de recuperación de la inversión realizada se tomó en cuenta el valor del Net Back proporcionado por Andes Petroleum Ecuador y que fue calculado hasta mediados del año 2007. Además, cabe mencionar que los costos propuestos de cañoneo de las diferentes técnicas fueron proporcionados por la compañía Schlumberger debido a que se tenía un contrato vigente al tiempo que se realizó el presente proyecto.

### 6.1.2 Conclusiones Específicas

Para el desarrollo de las siguientes conclusiones específicas por campo, se realizó una tabla porcentual la cual considera a las experiencias obtenidas a lo largo de la vida productiva del Bloque Tarapoa como la más acertada, otorgándole un porcentaje del 50%. Debido a que la empresa Schlumberger, es la que mayor cantidad de trabajos ha realizado en el campo Tarapoa y por lo tanto, la de mayor conocimiento del mismo, se le ha otorgado un peso del 25%. A las recomendaciones de Baker y Halliburton se les ha otorgado un porcentaje de 12.5.

En las tablas porcentuales se consideró: técnica (TCP o WL), factores geométricos (densidad de disparos / penetración), presión diferencial al momento del disparo (bajo-balance o sobre-balance), y tecnología a usarse para reducir el daño (MAXR, PURE, STIMGUN, etc).

#### 6.1.2.1 Campo Dorine – Arena M-1

CAMPO DORINE									
ARENA M-1									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	1	0	1	0	1	0	1	0
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	1	0	1	0	1	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	1	0	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	100%	0%	88%	13%	100%	0%	75%	0%
RESULTADOS		TCP		PENETRACIÓN		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena M-1 del Campo Dorine es 455 psi.

Para el factor geométrico se esta recomendando en general usar cargas de alta penetración, pero este es un rango bastante amplio, por ejemplo, se puede usar



cargas PJO4512 en reemplazo de las PJ4505, este análisis dependerá de los costos para cada técnica, sin embargo, en el caso de tener dos cargas de costos similares como por ejemplo PJ4512 y PJ4505 se deberá escoger las cargas PJ4505 debido a que es la que mayor penetración presenta, es decir, se debe priorizar la penetración a la densidad de disparos para el campo Dorine.

### 6.1.2.2 Campo Fanny 18B – Arena M-1

CAMPO FANNY 18B									
ARENA M-1									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50%	1	0	0	1	1	0	1	0
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	0	1	1	0	0	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	50%	0%
RESULTADOS		TCP		DENSIDAD		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena M-1 del Campo Fanny 18B es de 450 psi.

### 6.1.2.3 Campo Fanny 18B – Arena U inferior

CAMPO FANNY 18B										
ARENA U INFERIOR										
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS								
		TÉCNICA			FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		MAXR	TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	0	1	0	0	1	1	0	1	0
SCHLUMBERGER	25.0%	0	1	0	1	0	1	0	1	0
HALLIBURTON	12.5%	0	1	0	1	0	1	0	0	1
BAKER HUGHES	12.5%	0	1	0	0	1	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	0%	100%	0%	38%	63%	100%	0%	75%	13%
RESULTADOS		TCP			DENSIDAD		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena U inferior del Campo Fanny 18B es 611 psi.

La tecnología MAXR fue usada en pozos del campo Fanny 18B de la arena “U” inferior y los resultados estadísticos mostraron una leve diferencia a favor de MAXR con respecto a TCP, sin embargo, esta diferencia fue favorable a la técnica TCP una vez realizado el análisis económico.

#### 6.1.2.4 Campo Fanny 18B – Arena M-1 (Crudo Pesado)

En la actualidad solamente se tiene un trabajo de cañoneo registrado en pozos de estas características en el Bloque Tarapoa por lo cual no se puede emitir una conclusión final. Se recomienda realizar una buena simulación de cañoneo previo a un trabajo y además continuar evaluando las diferentes técnicas y tecnologías existentes con el objetivo de tener conclusiones que puedan orientarnos mejor al escoger una forma de cañoneo determinada.

#### 6.1.2.5 Campo Alice – Arena M-1

CAMPO ALICE									
ARENA M-1									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	1	0	0	1	1	0	0	0
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	1	0	1	0	0	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	100%	0%	25%	75%	100%	0%	0%	0%
RESULTADOS		TCP		DENSIDAD		BAJO BALANCE			

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena M-1 del Campo Alice es 442 psi.

No se ha podido evaluar los resultados de la técnica PURE en los pozos de Alice, sin embargo, debido a las condiciones de Presión que tiene este campo es altamente recomendable utilizar esta técnica y evaluar sus resultados.

#### 6.1.2.6 Campo Shirley – Arena U inferior

CAMPO SHIRLEY									
ARENA U INFERIOR									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	1	0	0	1	1	0	0	0
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	0	1	1	0	1	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	1
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	25%	13%
RESULTADOS		TCP		DENSIDAD		BAJO BALANCE			

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena U inferior del Campo Shirley es 590 psi.

No se ha podido evaluar los resultados de la técnica PURE en los pozos de Shirley, sin embargo, debido a las condiciones de permeabilidad que tiene este campo es altamente recomendable utilizar esta técnica y evaluar sus resultados.

### 6.1.2.7 Campo Mariann 4A – Arena M-1

CAMPO MARIANN 4A									
ARENA M-1									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	0	0	0	0	1	0	0	0
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	1	0	1	0	1	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
BAKER HUGHES	12.5%	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100.0%	38%	0%	25%	13%	88%	0%	25%	0%
RESULTADOS		TCP		PENETRACIÓN		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena M-1 del Campo Mariann 4A es 436 psi.

Debido a la carencia de datos y los pocos trabajos que se han realizado en Mariann 4A arena M-1, es recomendable continuar evaluando las diferentes técnicas y tecnologías existentes con el objetivo de tener conclusiones que puedan orientarnos mejor al escoger una forma de cañoneo determinada.

### 6.1.2.8 Campo Mariann 4A – Arena U media

CAMPO MARIANN 4A									
ARENA U MEDIA									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	0	0	0	0	1	0	0	0
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	1	0	1	0	1	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	1
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	1	0	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	50%	0%	38%	13%	100%	0%	25%	13%
RESULTADOS		TCP		PENETRACIÓN		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena U media del Campo Mariann 4A es 630 psi.

Debido a la carencia de datos y los pocos trabajos que se han realizado en Mariann 4A arena "U" media, es recomendable continuar evaluando las diferentes técnicas y tecnologías existentes con el objetivo de tener conclusiones que puedan orientarnos mejor al escoger una forma de cañoneo determinada.

#### 6.1.2.9 Campo Mariann – Arena U inferior

CAMPO MARIANN										
ARENA U INFERIOR										
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS								
		TÉCNICA			FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		MAXR	TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	1	0	0	0	1	1	0	1	0
SCHLUMBERGER	25.0%	0	1	0	0	1	1	0	1	0
HALLIBURTON	12.5%	0	1	0	0	1	1	0	0	1
BAKER HUGHES	12.5%	0	1	0	0	1	1	0	0	1
TOTAL	100.0%	50%	50%	0%	0%	100%	100%	0%	75%	25%
RESULTADOS		MAXR			DENSIDAD		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena U inferior del Campo Mariann es 600 psi.

#### 6.1.2.10 Campo Mariann – Arena T inferior

CAMPO MARIANN										
ARENA T INFERIOR										
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS								
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA		
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA	
EXPERIMENTAL	50.0%	1	0	0	1	1	0	1	0	
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	0	1	1	0	1	0	
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	1	
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	1	0	1	0	0	1	
TOTAL	100.0%	100%	0%	13%	88%	100%	0%	75%	25%	
RESULTADOS		TCP		DENSIDAD		BAJO BALANCE		PURE		

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la arena T inferior del Campo Mariann es 649 psi.

#### 6.1.2.11 Pozos Inyectores – Arena M-1

POZOS INYECTORES									
ARENA M-1									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	1	0	1	0	1	0	1	0
SCHLUMBERGER	25.0%	0	0	0	0	0	0	0	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	75%	0%	50%	25%	75%	0%	50%	0%
RESULTADOS		TCP		PENETRACIÓN		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

Para trabajos de cañoneo en pozos inyectores es recomendable disparar utilizando la técnica TCP debido a las ventajas técnicas y además porque la operación se la lleva a cabo en una sola corrida. Los intervalos comunes de cañoneo en pozos inyectores (+/- 80 ft), en donde se deberían realizar varias corridas de WL (4 - 5 corridas) lo cual incrementaría el costo de cañoneo.

Para los pozos inyectores en la Arena M-1 se recomienda usar un bajo-balance de acuerdo al campo y arena en la que se vaya a disparar, bajo-balances que fueron anteriormente recomendados.

### 6.1.2.12 Pozos Re-inyectores – Formación Tiyuyacu

POZOS RE-INYECTORES									
FORMACIÓN TIYUYACU									
FUENTE	% PESO	PARÁMETROS							
		TÉCNICA		FACTOR GEOMÉTRICO		BALANCE		TECNOLOGÍA	
		TCP	WL	PENETRACIÓN	DENSIDAD	BAJO	SOBRE	PURE	OTRA
EXPERIMENTAL	50.0%	1	0	1	0	1	0	0	0
SCHLUMBERGER	25.0%	1	0	1	0	1	0	1	0
HALLIBURTON	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
BAKER HUGHES	12.5%	1	0	0	1	1	0	0	0
TOTAL	100.0%	100%	0%	75%	25%	100%	0%	25%	0%
RESULTADOS		TCP		PENETRACIÓN		BAJO BALANCE		PURE	

**Elaborado Por:** Fernando Bustillos

**Fuente:** Andes Petroleum Ecuador Ltd

El bajo-balance calculado y recomendado para la formación Tiyuyacu de los pozos re-inyectores es 950 psi.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Para evitar un Daño de formación se debe optimizar las técnicas de perforación y completación de pozos de manera que se minimice el daño por invasión, como es el caso de utilizar un fluido de completación compatible con los fluidos de la formación.
- Si bien el análisis realizado no mostró una tendencia definida para poder concluir que un excesivo bajo balance provoca problemas en la producción de arena en los pozos del bloque Tarapoa, se recomienda usar los niveles de bajo balance calculados en la presente tesis. Los resultados obtenidos en otros campos indican que un excesivo bajo balance influye directamente en la producción de arena de un pozo.
- En la tabla se presentan los resultados de daño con y sin el sistema PURE para diferentes técnicas, concluyendo que este sistema si da buenos

resultados, por esta razón se recomienda seguir usando esta técnica en los diferentes campos del Bloque Tarapoa.

TCP	S	TCP PURE	S	WL	S	WL PURE	S
Dorine 42	11.80	Dorine 69	0.25	Fanny 18B-63	32.50	Fanny 18B-82	15.00

- No se recomienda usar MAXR en pozos en que la distancia desde la base de la zona que se dispara hasta el fondo del pozo es muy pequeño, ya que la herramienta que cae al fondo podría interferir a la zona productora disminuyendo la producción.
- Si bien la técnica de MAXR ha brindado los mejores resultados técnicos en los pozos del Bloque Tarapoa en donde se lo ha aplicado, el análisis final (análisis técnico + económico) muestra que la técnica TCP es la más recomendada (caso Fanny 18B - arena U inferior). Se debe evaluar la posibilidad de tratar de reducir los costos que actualmente la técnica MAXR presenta para que el análisis final de este sistema sea positivo.
- Se recomienda para algunos Campos en los cuales hasta el momento no se han aplicado ciertas técnicas o se han hecho muy pocos trabajos, por ejemplo en la arena U inferior del campo Shirley usar un sistema PURE ya que no se han realizado trabajos con esta técnica. También para los pozos inyectoras sería más recomendable disparar usando la técnica TCP ya que con WL sólo se ha realizado un trabajo el cual no es representativo en el total comparado. En el Campo Fanny 18B en la Arena M-1 (Crudo Pesado), solamente se ha realizado un trabajo de cañoneo con WL, por esta razón se recomienda probar con TCP, para probar resultados.
- Se recomienda probar con Técnica PURE y MAXR en campos en los cuales hasta el momento no se ha hecho con el objetivo de determinar que tan eficiente es cada técnica en cada campo y arena.



- Para proyectos de titulación relacionados con el presente análisis, se recomienda realizar el estudio referido a un solo Campo y así poder realizar un análisis meticuloso, que permita ver de mejor manera los problemas que se pueden dar en una operación de cañoneo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **CRAFT B.C.**; “Ingeniería de Yacimientos”.
2. **CEVALLOS Miguel**, “Optimización del cañoneo en el campo Sacha de Petroproducción”. GMP – EPN, 2000
3. **CEVALLOS SALAS, Moisés**, “Análisis del efecto de las condiciones de punzonamiento o cañoneo en la productividad de un pozo” Tesis no publicada. FIGEMPA, Universidad Central – 1989
4. **LOROÑA, María** “Optimización de la Densidad de Disparos y Sistemas de cañoneo en Formaciones Productoras” Tesis no publicada. FIGEMPA, Universidad Central – 2000.
5. **PAZMIÑO, Iván** – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, Gráficas Fuentes, Octubre de 1997
6. **SCHLUMBERGER**, “INTRODUCTION TO WELL TESTING”, Marzo 1998. Documento.
7. **BAKER HUGHES**, “PERFORATING CAPABILITIES”, 1998.
8. **VALENCIA RAÚL**; “Fundamentos de Pruebas de Presión”; Escuela Politécnica Nacional, 2007
9. **ALAN SALSMAN, HAOMING LI**, “Perforating for Ultimate Reservoir Exploitation (Pure): Perforating System for Clean Perforations”, 2 de Diciembre del 2004, SCHLUMBERGER.
10. **IAN C. WALTON**, “Optimum Underbalance for the Removal of Perforation Damage”, paper de la SPE 63108 publicado en Octubre del 2004, Schlumberger Reservoir Completions.

11. **JOSE G. FLORES, y MIGUEL A. CEVALLOS**, "An Objective Methodology for Optimum Perforating Design and Evaluation. Application for Production Enhancement", paper de la SPE 81052 publicado en Abril del 2003, Schlumberger.
  
12. **HORNE ROLAND N.**, "Modern Well Test Analysis", Mayo 1995

## GLOSARIO DE TÉRMINOS MENCIONADOS

### Abreviaturas

API	=	American Petroleum Institute
B'UP	=	Prueba de restauración de presión
BSW	=	Porcentaje de agua y sedimentos
I.P.	=	Índice de productividad
ppm	=	Partes por millón
BAPD	=	Barriles de agua por día
BFPD	=	Barriles de fluido por día
BPD	=	Barriles por día
BPPD	=	Barriles de petróleo por día
CT	=	Coiled Tubing o Tubería Flexible
DPP	=	Disparos Por Pie
RP	=	Relación de Productividad
GOR	=	Gas Oil Relationship
h	=	Altura del reservorio
HESG	=	High Efficiency Shot Density
HSD	=	High Shot Density
K	=	Permeabilidad de la zona no alterada
$K_s$	=	Permeabilidad de la zona dañada, $K_c$ .
mD	=	miliDarcys
$\emptyset$	=	Porosidad
$P_s$	=	Presión en la zona dañada
PURE	=	Perforation Ultimate for Reservoir Exploitation
h <sub>perf</sub>	=	Distancia entre las perforaciones (punzados)
$P_{wf}$	=	Presión de fondo fluyente
$P_r$	=	Presión de reservorio
$K_c$	=	Permeabilidad de la zona triturada por el disparo
$K_h$	=	Permeabilidad horizontal
$K_v$	=	Permeabilidad vertical

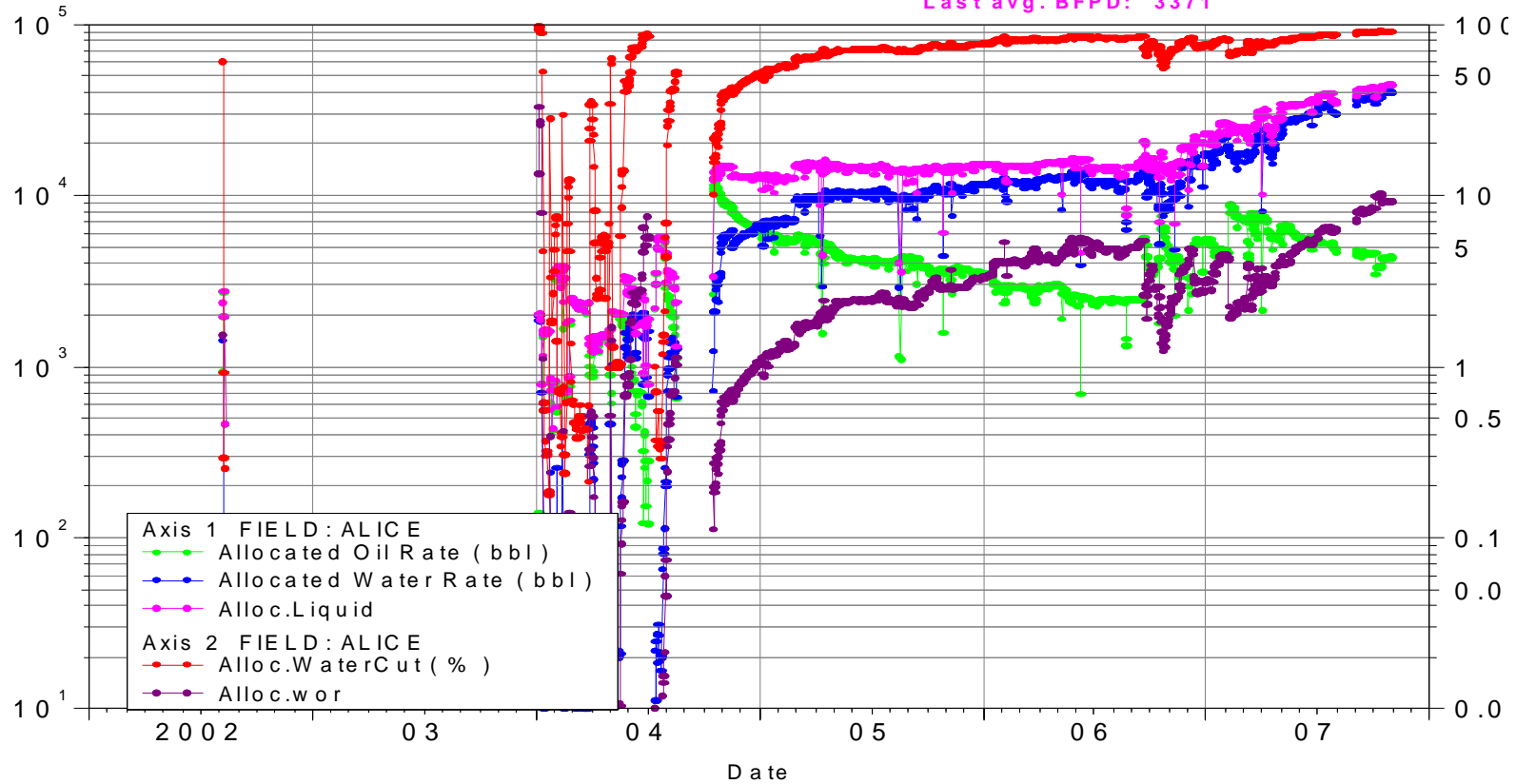
$r_e$	=	Radio de drenaje
$r_s$	=	Radio de la zona dañada
$r_w$	=	Radio del pozo
S	=	Daño total
PSI	=	Libras fuerza/pulgadas <sup>2</sup>
TCP	=	Tubing Conveyed Perforating
WL	=	Wireline
Ti	=	Arena T inferior
Ts	=	Arena T superior
U	=	Arena U
Ui	=	Arena U inferior
Um	=	Arena U media
Us	=	Arena U superior

# **ANEXO 1**

Anexo 1.1 Historial De Producción Del Campo Alice

FIELD : A L I C E

Last prod. date: 2007-10-31  
 Last avg. WC %: 90  
 Last avg. BWPD: 3044  
 Last avg. WOR: 9.299  
 Last avg. BOPD: 327  
 Last avg. BFPD: 3371

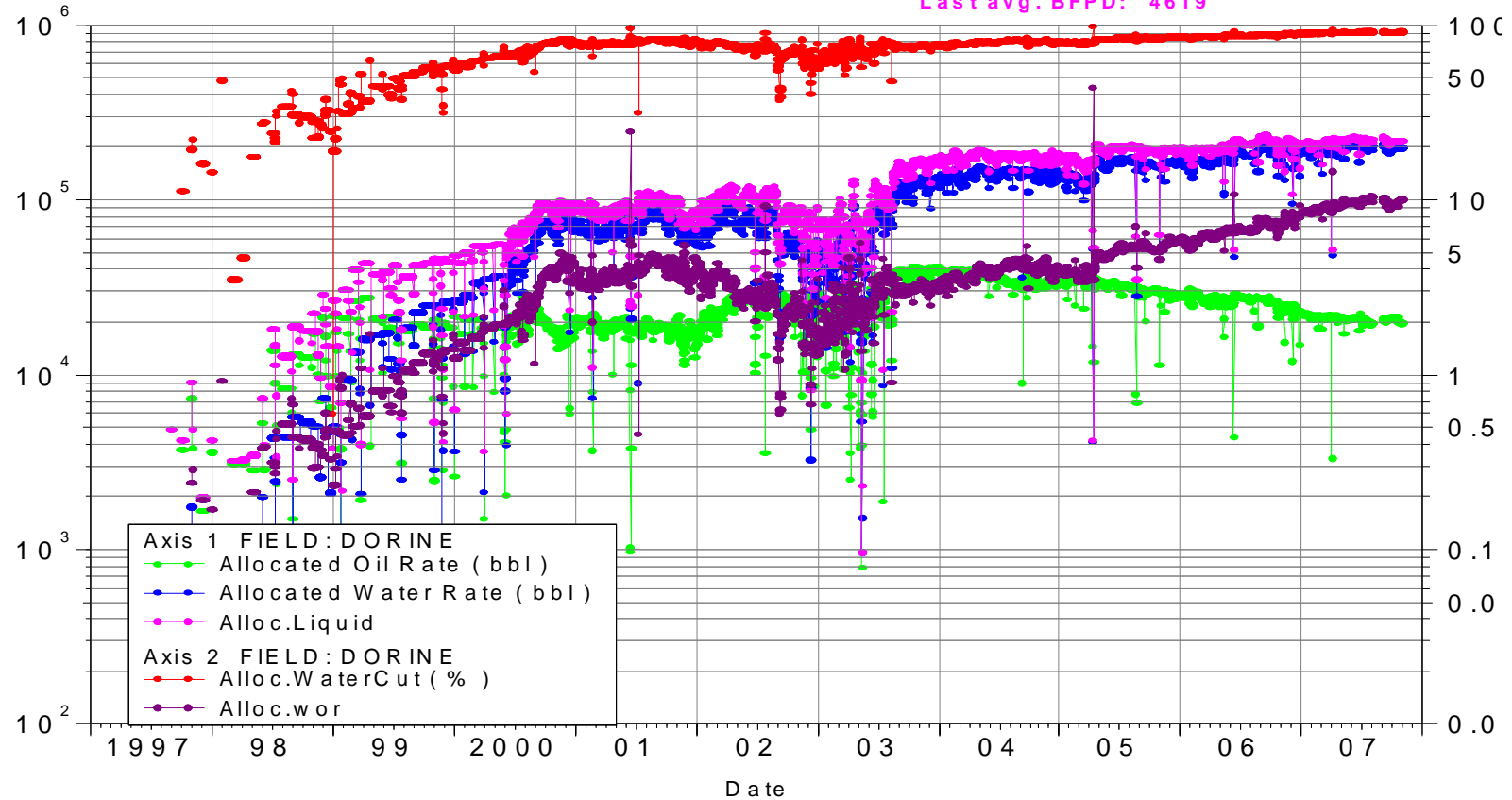


Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

Anexo 1.2 Historial De Producción Del Campo Dorine

FIELD : D O R I N E

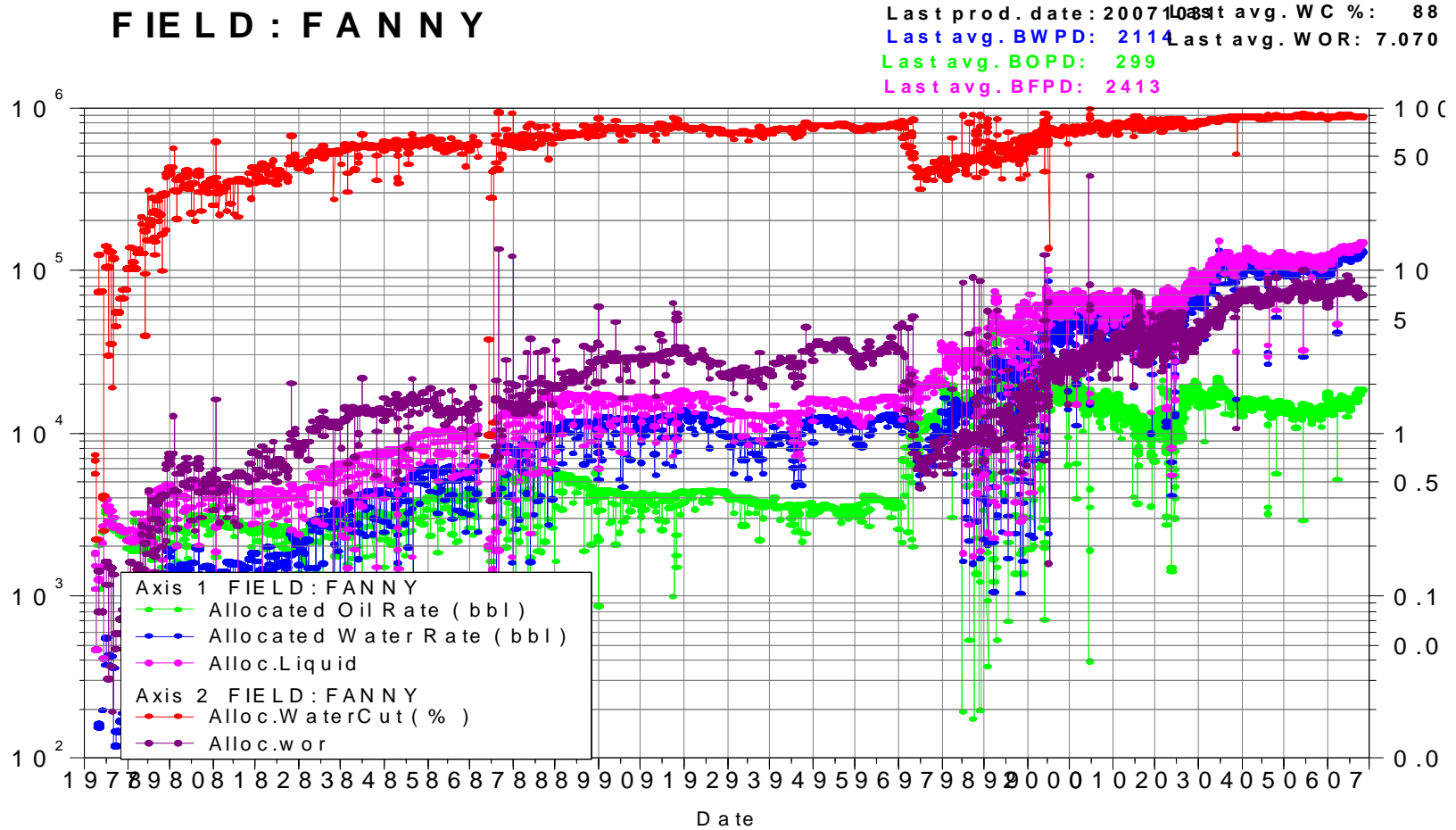
Last prod. date : 2007-10-31  
 Last avg. WC % : 91  
 Last avg. BWPD : 4183  
 Last avg. WOR : 9.596  
 Last avg. BOPD : 436  
 Last avg. BFPD : 4619



Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

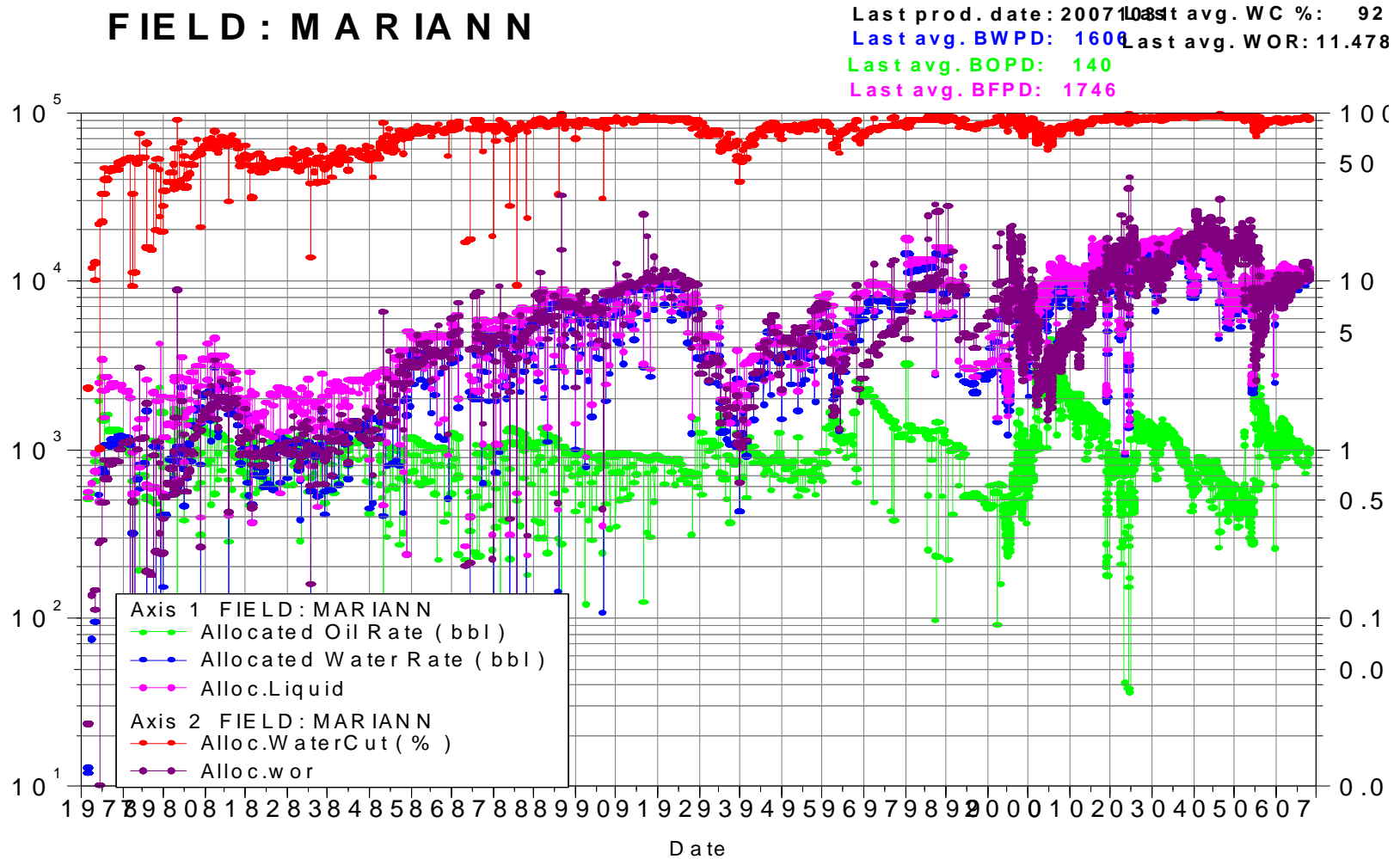


### Anexo 1.3 Historial De Producción Del Campo Fanny



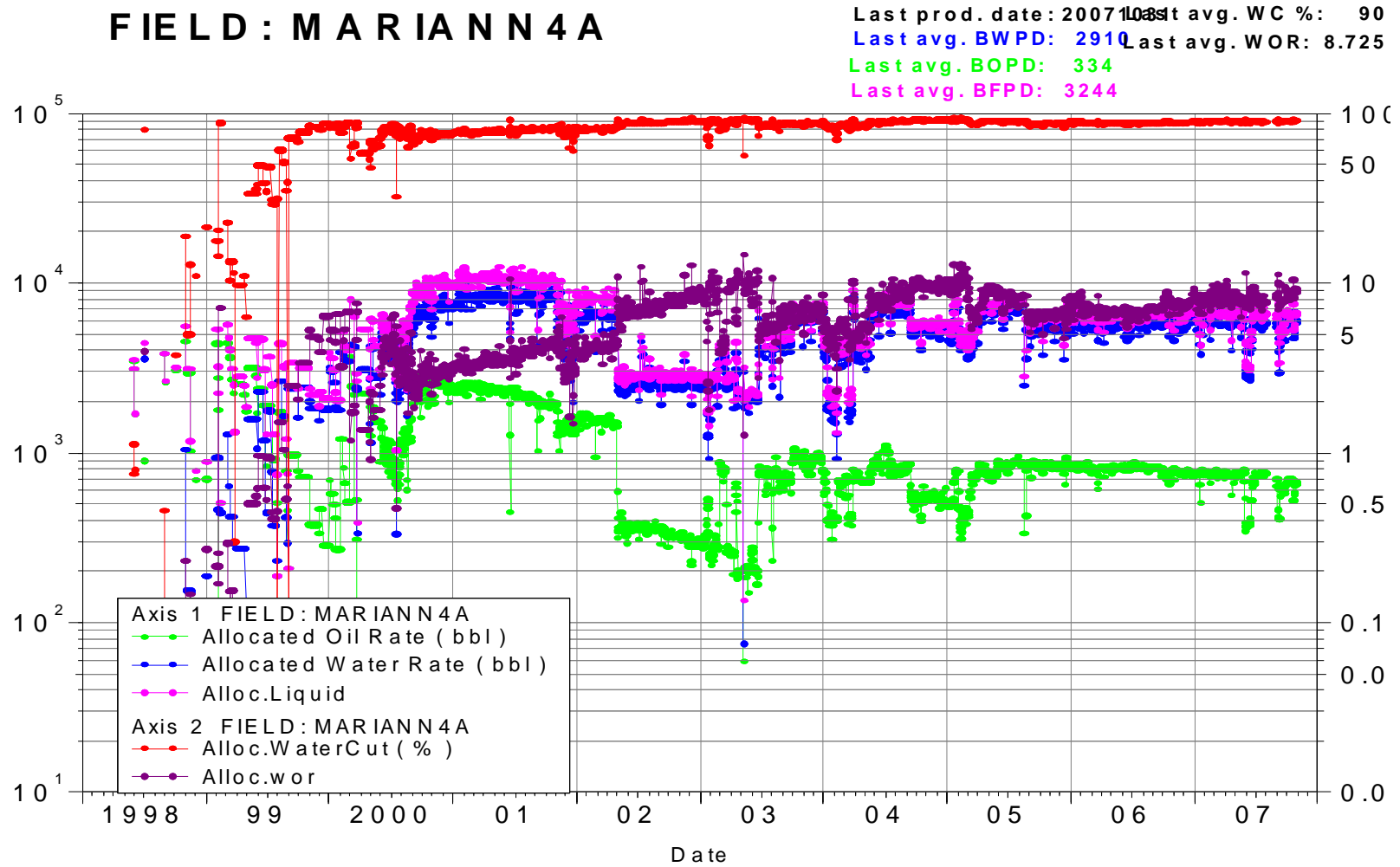
Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

Anexo 1.4 Historial De Producción Del Campo Mariann



Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

### Anexo 1.5 Historial De Producción Del Campo Mariann 4A

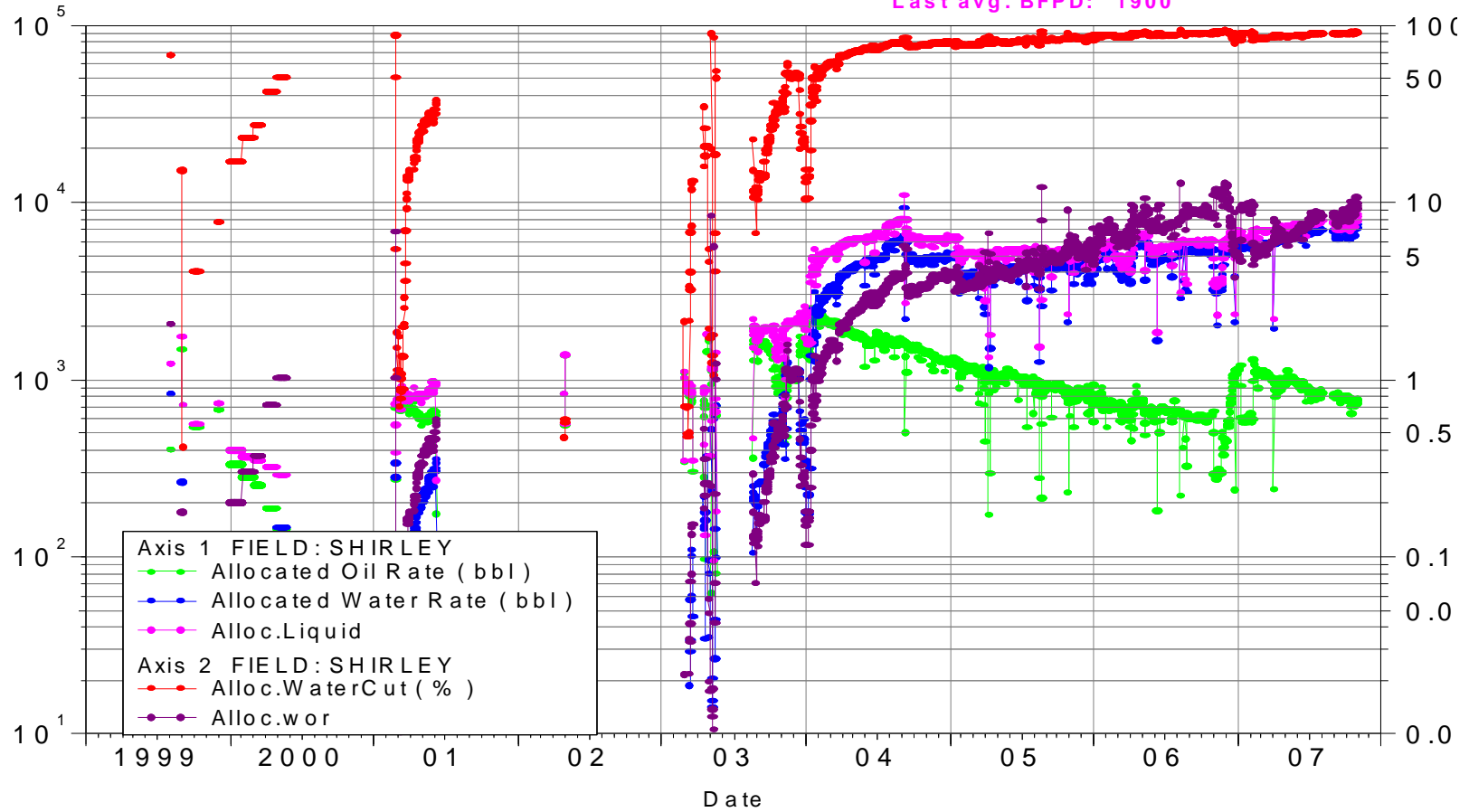


Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

Anexo 1.6 Historial De Producción Del Campo Shirley

**FIELD : SHIRLEY**

Last prod. date: 2007-10-31  
 Last avg. WC %: 90  
 Last avg. BWPD: 1710  
 Last avg. WOR: 8.999  
 Last avg. BOPD: 190  
 Last avg. BFPD: 1900



Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd

## **ANEXO 2**

### Anexo 3.1 Campo Dorine

Nombre del Pozo	Arena	DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO													DATOS DEL POZO										DATOS DEL DISPARO REALIZADO								
		Topo Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Espesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Tempratura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Saturación de Agua inicial	Presión de burbuja (Psi)	Grado API del petróleo	Viscosidad del Petróleo (cp)	Factor Vol del Petróleo (bbt/STB)	Daño Total	Radio de invasión asumido (pulg)	Presión de fondo fluyente (psi)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Densidad Cemento (ppg)	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Grado del Casing	Fluido de Tratado	Densidad del Fluido @ Disparo (ppt)	Intervalos Perforados TVD (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Densidad de Disparos (DPP)	Disparo o Redisparo	Fecha del Disparo	
Dorine 1	M-1	7,662	7,726	64	4,000	1,994	195	2,000	0.22	0.18	504	21.70	8.86	1.13	14	1,356	2.60	8.50	15.80	7.00	26	MW-95	Agua	8.40	7674 -7705	TCP	NO HAY INFORMACION	8	Disparo	1-9-97			
Dorine 1	M-1	7,662	7,726	64	4,000	1,994	195	1,900	0.22	0.18	504	21.70	8.86	1.13	34	14	1,512	2.60	8.50	15.80	7.00	26	MW-95	Agua	8.40	7653 -7667	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Redisparo	9-3-02	
Dorine 1	M-1	7,662	7,726	64	4,000	3,500	195	1,810	0.22	0.18	504	21.70	8.86	1.13	20	14	1,356	2.60	8.50	15.80	7.00	26	MW-95	Agua	8.40	7674 -7705	TCP	PJ4505 HMX	72	5	Redisparo	9-3-02	
Dorine 2	M-1	7,676	7,743	67	4,000	3,229	197	1,900	0.26	0.14	504	21.80	8.42	1.10	23	1,200	3.26	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7693 -7725		NO HAY INFORMACION			Disparo	1-10-97		
Dorine 2	M-1	7,676	7,743	67	4,000	3,229	197	1,928	0.26	0.14	504	21.80	8.42	1.10	23	925	3.26	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7681 -7689	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Redisparo	12-5-02		
Dorine 2	M-1	7,676	7,743	67	4,000	3,229	197	2,034	0.26	0.14	504	21.80	8.42	1.10	23	1,627	3.26	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7693 -7725	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Redisparo	12-5-02		
Dorine 2	M-1	7,676	7,743	67	4,000	3,229	197	2,532	0.26	0.14	504	21.80	8.42	1.10	9	23	2,087	3.26	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7681 -7689	WL	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	20-12-04	
Dorine 2	M-1	7,676	7,743	67	4,000	3,229	197	2,369	0.26	0.14	504	21.80	8.42	1.10	23	1,732	3.26	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7693 -7709	WL	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	20-12-04		
Dorine 3	M-1	7,670	7,749	79	4,000	3,195	195	3,159	0.25	0.19	504	21.70	8.86	1.11	32	10	2,804	21.40	8.50	15.80	7.00	26	L-80	Agua	8.40	7669-7684/ 7690-7699	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-2-98	
Dorine 4	M-1	7,678	7,769	91	4,000	3,299	189	2,000	0.22	0.25	504	22.30	8.77	1.13	12	10	1,700	16.17	9.80	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7679 -7698	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-12-98	
Dorine 5	M-1	7,672	7,758	86	4,000	3,766	190	1,992	0.22	0.20	504	22.90	7.76	1.11	0	32	12,737	21.50	9.80	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7677-7701	WL	PJ4505 HMX	72	5	Disparo	30-11-00	
Dorine 6	M-1	7,664	7,742	78	4,000	2,955	200	2,924	0.22	0.21	504	21.70	8.16	1.10	10	20	2,262	17.60	8.50	15.80	7.00	26	L-80	Agua	8.40	7673-7696	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	27-8-98	
Dorine 7	M-1	7,669	7,723	54	4,000	2,500	188	2,556	0.22	0.29	504	21.50	10.33	1.13	20	20	2,180	37.40	8.50	15.80	7.00	26	L-80	Agua	8.40	7669-7701		NO HAY INFORMACION			Disparo	1-1-98	
Dorine 8	M-1	7,667	7,769	102	4,000	5,450	187	2,972	0.22	0.16	504	22.60	8.59	1.13	67	15	2,480	15.80	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7667-7687	WL	51J UJ HMX	72	5	Disparo	9-6-98	
Dorine 10	M-1	7,687	7,744	57	4,000	1,182	198	2,050	0.24	0.23	504	22.30	7.59	1.13	-2	10	1,756	35.30	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7686-7709	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-12-99	
Dorine 10	M-1	7,687	7,744	57	4,000	1,182	198	2,266	0.24	0.23	504	22.30	7.59	1.13	10	2,009	35.30	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7686-7691	WL	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	9-10-06		
Dorine 10	M-1	7,687	7,744	57	4,000	1,182	198	2,247	0.24	0.23	504	22.30	7.59	1.13	10	1,758	35.30	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7686-7691	WL	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	9-10-06		
Dorine 11H.	M-1	7,722			4,000	3,766	197	2,162	0.22	0.20	504	22.20	7.84	1.10	2		2,042	90.04	12.25	15.80	7.00	26	N-80									NO SE REALIZÓ DISPAROS	
Dorine 12H.	M-1	7,737			4,000	1,016	199	2,250	0.27	0.15	504	22.60	7.09	1.11	4		1,925	83.00	12.25	15.80	5.00	18	N-80									NO SE REALIZÓ DISPAROS	
Dorine 14H.	M-1	7,675			4,000	3,387	189	2,265	0.26	0.19	504	22.00	9.26	1.13	-2		1,815	90.72	12.25	15.80	7.00	26	L-80									NO SE REALIZÓ DISPAROS	
Dorine 15	M-1	7,685	7,776	90	4,000	1,367	186	2,067	0.24	0.15	504	22.10	9.56	1.13	21	15	1,231	38.76	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7683-7704	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	20-11-00	
Dorine 16	M-1	7,676	7,733	56	4,000	3,329	198	2,302	0.22	0.30	504	20.70	10.11	1.10	21	10	2,132	27.00	12.25	13.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7675- 7698 / 7710-7724	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12	Disparo	11-3-01	
Dorine 17	M-1	7,682	7,764	82	4,000	2,685	195	1,910	0.28	0.17	504	22.30	7.96	1.13	11	20	1,718	29.97	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7700-7717	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12	Disparo	10-12-01	
Dorine 18	M-1	7,672	7,732	59	4,000	2,279	193	1,870	0.25	0.19	504	22.50	7.94	1.11	13	15	1,543	26.63	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7672-7689	TCP	HJ4505 RDX	72	5	Disparo	25-11-01	
Dorine 19	M-1	7,715	7,770	55	4,000	1,689	198	1,897	0.23	0.17	504	22.20	7.72	1.11	10	15	1,309	18.72	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7718-7740	TCP	51B HJ II RDX	135/45	4	Disparo	1-11-01	
Dorine 20	M-1	7,688	7,734	47	4,000	3,387	198	1,810	0.27	0.19	504	22.40	7.46	1.10	6	25	1,673	21.36	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7686-7705	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12	Disparo	12-1-02	
Dorine 21	M-1	7,696	7,756	59	4,000	3,218	199	1,777	0.26	0.20	504	21.90	8.01	1.13	16	25	1,424	21.75	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7696-7711	WL	PJ4505 HMX	135/45	12	Disparo	25-1-00	
Dorine 22	M-1	7,697	7,756	59	4,000	2,149	188	1,818	0.26	0.24	504	21.60	10.14	1.11	3	20	1,660	26.90	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7696-7706 / 7719-7728	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12	Disparo	10-2-02	
Dorine_23_ST1	M-1	7,687	7,734	46	4,000	1,250	187	2,428	0.26	0.25	504	20.60	12.47	1.10	53	25	2,296	35.36	8.50	15.80	7.00	26	P-110	Agua	8	7683-7701 / 7708-7732	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	11-6-03	
Dorine 24	M-1	7,667	7,716	49	4,000	1,672	197	2,196	0.24	0.31	504	21.20	9.38	1.13	1	10	1,988	32.66	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7668-7684	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12	Disparo	24-10-01	
Dorine_25_ST1	M-1	7,714	7,738	24	4,000	2,121	189	2,310	0.28	0.25	504	21.20	10.74	1.11	1	20	2,240	23.46	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7713-7719	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12	Disparo	30-10-01	
Dorine 26	M-1	7,677	7,757	80	4,000	1,530	193	2,160	0.24	0.25	504	22.20	8.37	1.11	21	15	1,379	0.97	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7677-7711	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	31-1-02	
Dorine 27	M-1	7,699	7,734	36	4,000	2,505	197	2,224	0.26	0.36	504	21.20	9.38	1.13	21	1,100	23.50	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	8,460' - 8,469 ftMD	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	24-2-02		
Dorine 27	M-1	7,699	7,734	36	4,000	2,505	197	2,224	0.26	0.36	504	21.20	9.38	1.13	21	1,154	23.50	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	8,460-8,469 8,469-8,474 MD	TCP	PJ4505 HMX	72	5	Redisparo	16-3-02		
Dorine 27	M-1	7,699	7,734	36	4,000	2,505	197	2,326	0.26	0.36	504	21.20	9.38	1.13	21	1,100	23.50	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	8,460-8,469 8,469-8,474 MD	TCP	PJ4505 HMX	72	5				

Nombre del Pozo	DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO													DATOS DEL POZO							DATOS DEL DISPARO REALIZADO											
	Arena	Topo Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Espesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Tempratura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Saturación de Agua inicial	Presión de burbuja (Psi)	Grado API del petróleo	Viscosidad del Petróleo (cp)	Factor Vol del Petróleo (bbl/STB)	Dañio Total	Radio de invasión asumido (pulg)	Presión de fondo fluyente (psi)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Densidad Cemento (ppg)	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Grado del Casing	Fluido de Tratado	Densidad del Fluido @ Disparo (ppg)	Intervalos Perforados TVD (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Densidad de Disparos (DPP)	Disparo o Redisparo	Fecha del Disparo
Dorine 29	M-1	7,720	7,760	41	4,000	1,102	197	1,765	0.25	0.28	504	21.50	8.88	1.11	26	10	1,366	15.60	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	7719-7743	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12		4-1-02
Dorine 30	M-1	8423.32 MD	8514.06 MD	91	4,000	2,104	199	2,661	0.23	0.27	504	20.50	10.31	1.11	0		2,616	32.17	12.25	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8	8430-8440 MD	NO HAY INFORMACION			Disparo	26-7-01	
Dorine 31	M-1	7,684	7,744	60	4,000	1,760	186	2,124	0.23	0.25	504	21.40	10.89	1.13	29	16	1,130	29.64	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7684-7706	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	19-12-2001
Dorine 31	M-1	7,684	7,744	60	4,000	1,760	186	2,556	0.23	0.25	504	21.40	10.89	1.13	16	16	2,293	29.64	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7684-7698	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	23-7-06
Dorine 31	M-1	7,684	7,744	60	4,000	1,760	186	2,668	0.23	0.25	504	21.40	10.89	1.13	28	16	2,269	29.64	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7684-7698	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	23-7-06
Dorine 32	M-1	7,693	7,779	86	4,000	1,475	188	1,891	0.25	0.15	504	22.40	8.76	1.11	5	10	1,569	19.00	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7693-7704 / 7710-7725	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	30-7-02
Dorine 33	M-1	7,707	7,761	54	4,000	2,511	199	1,977	0.26	0.19	504	22.30	7.47	1.11	27	15	1,419	2.50	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7706-7726	TCP	34B HJ II HMX	135/45	12	Disparo	21-7-02
Dorine 34	M-1	7,689	7,748	59	4,000	1,180	201	1,853	0.25	0.21	504	23.00	6.42	1.10	8	17	1,378	0.71	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7689-7721	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	25-10-03
Dorine 35	M-1	7,687	7,745	58	4,000	2,352	196	1,872	0.22	0.20	504	22.90	7.06	1.11	18	13	1,366	21.51	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7690-7710	TCP	34B HJ II HMX	135/45	12	Disparo	4-8-02
Dorine 36 H.	M-1	7,658			4,000	3,218	195	1,774	0.26	0.25	504	22.10	8.25	1.13	-3		1,719	92.25	8.50	15.80	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Dorine 38	M-1	7,703	7,761	58	4,000	1,800	195	2,036	0.24	0.22	504	22.10	8.25	1.13	16	11	1,565	36.34	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7703-7733	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	13-10-03
Dorine 39	M-1	7,656	7,729	73	4,000	2,511	198	2,284	0.26	0.23	504	22.40	7.46	1.13	31	24	1,879		9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7657-7669	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	22-11-04
Dorine 41	M-1	7,715	7,762	47	4,000	6,732	193	1,924	0.32	0.28	504	22.10	8.52	1.13	75	18	1,580	47.67	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7726-7738	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	16-2-03
Dorine 42	M-1	7,684	7,776	92	4,000	2,730	199	2,152	0.24	0.29	504	21.90	8.01	1.11	12	18	1,903	21.97	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7686-7735	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	5-2-03
Dorine 43	M-1	7,727	7,788	61	4,000	1,016	187	2,377	0.27	0.15	504	22.00	9.58	1.10	22	11	2,052	22.53	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7725-7740	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	18-4-04
Dorine 44	M-1	7,720	7,763	43	4,000	2,841	189	2,021	0.25	0.26	504	22.50	8.47	1.13	4	22	1,559	46.50	8.50	15.60	7.00	26	N-80	Agua	8	7725-7748	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	16-2-03
Dorine_45_ST1	M-1	7,708	7,744	36	4,000	2,279	199	1,920	0.24	0.23	504	22.20	7.60	1.13	9	17	1,705	23.42	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7705-7721	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	5-3-03
Dorine 46	M-1	7,685	7,750	65	4,000	2,500	200	2,304	0.23	0.13	504	22.60	6.98	1.11	2	14	1,905	23.27	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7685-7711	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	23-5-03
Dorine 47	M-1	7,709	7,771	61	4,000	2,730	203	1,888	0.24	0.23	504	21.90	7.51	1.13	45	18	1,609	28.45	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7709-7724	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	8-12-04
Dorine 48	M-1	7,702	7,750	49	4,000	2,315	189	2,045	0.24	0.33	504	21.60	9.97	1.10	31	10	1,623	14.00	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7702-7713	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	29-4-06
Dorine 49	M-1	7,716	7,752	35	4,000	3,056	187	1,588	0.21	0.44	504	22.10	9.40	1.13		10	1,546	17.00	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7702-7713	TCP	NO HAY INFORMACION			Disparo	
Dorine 50	M-1	7,660	7,716	56	4,000	3,387	198	2,066	0.26	0.19	504	22.50	7.33	1.11	21	14	1,839	17.00	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8	7668-7677	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	17-9-04
Dorine 51	M-1	7,644	7,735	91	4,000	3,218	183	2,046	0.26	0.25	504	23.10	8.38	1.10	19	21	1,565	21.20	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8	7644-7654	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	19-8-04
Dorine 52	M-1	7,677	7,763	86	4,000	2,149	182	2,077	0.24	0.20	504	22.30	9.85	1.13	32	15	1,608	10.20	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7678-7703/7711-7717	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	24-9-04
Dorine 53	M-1	7,708	7,759	51	4,000	1,475	200	1,988	0.32	0.21	504	22.60	6.98	1.10	9	16	1,922	21.30	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7724-7738	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	17-9-04
Dorine 54	M-1	7,698	7,767	69	4,000	2,511	199	1,792	0.24	0.29	504	22.20	7.60	1.13	55	17	1,592	11.20	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7698-7720	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	29-11-04
Dorine 55	M-1	7,692	7,743	51	4,000	2,509	196	1,900	0.22	0.16	504	22.90	8.41	1.11	19	14	1,553	21.00	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7694-7717	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	29-11-04
Dorine 56	M-1	7,714	7,763	50	4,000	2,700	198	1,894	0.28	0.19	504	22.10	7.86	1.10	42	15	1,782	42.84	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7740-7747	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	20-2-06
Dorine 58	M-1	7,705	7,747	43	4,000	2,149	189	1,642	0.23	0.28	504	22.60	8.32	1.10	22	20	1,353	29.02	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7716-7725	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	19-1-06
Dorine 59	M-1	7,723	7,785	62	4,000	2,509	184	1,697	0.27	0.29	504	22.20	9.70	1.11	18	25	1,521	1.13	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7723-7733	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	31-1-06
Dorine 60	M-1	7,687	7,724	37	4,000	2,149	184	1,797	0.23	0.15	504	22.00	10.07	1.10	30	23	1,575	44.46	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7686-7695	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	25-1-06
Dorine 61	M-1	7,693	7,747	54	4,000	2,745	199	2,359	0.24	0.26	504	22.10	7.73	1.11	15	10	2,136	25.62	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8	7692-7719 / 7732-7738	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-4-06
Dorine 62	Lower U	8,397	8,504	106	7,000	840	210	4,289	0.24	0.23	680	21.00	7.84	1.18	5	10	1,848	50.79	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8	8378-8387	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	21-4-06
Dorine 66	M-1	7,689	7,739	50	4,000	2,955	210	1,774	0.21	0.25	504	23.70	5.00	1.11	7	20	1,669	30.47	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8	7691-7701	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	16-6-06
Dorine 67H.	M-1	7,684			4,000	3,229	197	2,076	0.26	0.14	504	22.30	7.71	1.10	-2		1,669	88.88	12.25	15.80	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Dorine 68H.	M-1	7,654			4,000	1,103	199	1,983	0.26	0.24	504	22.10	7.73	1.13	3		1,669	90.04	12.25	15.80	7.00	26	N-80									

### Anexo 3.2 Campo Fanny 18B

Nombre del Pozo	Arena	DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO													DATOS DEL POZO								DATOS DEL DISPARO REALIZADO									
		Topo Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Espesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Tempratura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Saturación de Agua Inicial	Presión de burbuja (Psi)	Grado API del petróleo	Viscosidad del Petróleo (cp)	Factor Vol del Petróleo (bbi/STB)	Dano Total	Radio de invasión asumido (pulg)	Presión de fondo (fluyente (psi)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Densidad Cemento (ppg)	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Grado del Casing	Fluido de Tratado	Densidad del Fluido @ Disparo (ppg)	Intervalos Perforados TVD (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Densidad de Disparos (DPP)	Disparo o Redisparo	Fecha del Disparo
Fanny 18B-2	M-1	7,706	7,764	58	4,000	3,077	199	1,802	0.25	0.23	504	20.50	10.31	1.10	36	18	1,550	8.50	15.80	7.00	29	P-110	Agua	8.40	7714-7726	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-8-77	
Fanny 18B-3	M-1	7,739	7,792	53	4,000	1,138	189	2,272	0.23	0.26	504	22.20	8.93	1.10	14	14	1,550	8.50	7.00						7740-7752	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-7-82		
Fanny 1	M-1	7,714	7,766	52	4,000	2,446	186	2,050	0.24	0.23	504	22.30	9.22	1.10	137	10	1,714	8.50	5.50	17	N-80				7710-7728	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-1-96		
Fanny 3	M-1	7,708	7,750	42	4,000	1,402	198	2,389	0.24	0.31	504	22.30	7.59	1.10	-4	15	2,185	8.50	7.00	26	C-75				7710-7730	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-9-74		
Fanny 4	M-1	7,701	7,747	46	4,000	1,116	195	2,143	0.25	0.29	504	20.90	10.25	1.10	6	14	2,036	8.50	7.00						7700-7712	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-8-94		
Fanny 5	Lower U	8,451	8,575	124	7,000	3,607	210	3,459	0.20	0.41	687	18.80	11.65	1.12	1	7	1,863	8.50	7.00						8841-8860	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-3-96		
Fanny 6	M-1	7,701	7,754	53	4,000	1,014	198	3,120	0.22	0.25	504	21.40	8.90	1.10	45	13	1,190	8.50	7.00	26	N-80				7700-7712/7714-7718	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-12-81		
Fanny 18B-7 RE1	M-1	7,707	7,763	56	4,000	1,987	198	1,668	0.26	0.28	504	23.60	6.08	1.10	44	19	1,470	32.23	8.50	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	7713-7721	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	7-5-06
Fanny 18B-8	M-1	7,712	7,757	45	4,000	3,255	199	4,112	0.23	0.21	504	22.20	7.60	1.10	18	2,735	1.00	8.50	7.00						7711-7747	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-1-97		
Fanny 18B-8 RE1	M-1	7,744	7,764	20	4,000	2,200	188	1,655	0.23	0.21	504	22.20	9.08	1.10	11		1,615	6.27	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7745-7753	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	14-2-06
Fanny 18B-9	M-1	7,706	7,754	48	4,000	974	187	2,996	0.23	0.22	504	22.40	8.90	1.10	-3	13	2,536	0.50	8.50	7.00	26	MW95			7710-7727/7728-7752	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-3-97		
Fanny 18B-10	M-1	7,729	7,759	30	4,000	2,246	197	2,908	0.25	0.22	504	22.20	7.84	1.10	0	18	2,719	0.60	8.50	7.00	26	N-80			7727-7752	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-4-97		
Fanny 18B-11	M-1	7,703	7,756	53	4,000	2,465	189	2,620	0.24	0.28	504	21.10	10.94	1.10	10	11	1,496	18.70	8.50	7.00	26	L-80			7709-7715/7721-7730	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-5-97		
Fanny 18B-12	M-1	7,717	7,760	43	4,000	2,558	193	2,860	0.24	0.22	504	22.30	8.22	1.10	-3	17	2,282	17.00	8.50	7.00	26	N-80			7715-7749	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-6-97		
Fanny 18B-13	M-1	7,710	7,767	58	4,000	1,688	198	3,025	0.29	0.33	504	20.20	11.10	1.10	-3	15	2,440	23.60	8.20	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7710-7723/7728-7735	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-7-97
Fanny 18B-14	M-1	7,761	7,774	13	4,000	575	191	2,952	0.19	0.32	504	21.30	10.19	1.10	2	10	2,166	21.36	8.30	15.80	7.00	26	MW95	KCL	9.00	7762-7770	WL	43C UP RDX	135/45	12	Disparo	1-8-97
Fanny 18B-16 RE1	M-1	7,742	7,778	37	4,000	4,612	193	1,785	0.26	0.25	504	21.90	8.83	1.10	18		1,460	9.29	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7699-7710	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	8-2-06
Fanny 18B-18 H. RE1	M-1	7,724			4,000	1,688	203	2,100	0.29	0.33	504	21.30	8.34	1.10			1,271	83.00	12.25	15.80	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Fanny 18B-19H.	M-1	7,699			4,000	2,558	189	1,800	0.24	0.22	504	21.20	10.74	1.10			1,471	90.72	12.25	15.80	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Fanny 18B-20	M-1	7,705	7,741	36	4,000	1,200	187	2,116	0.24	0.17	504	22.40	8.90	1.10	4	15	1,662	0.40	8.50		9.63	54	L-80			7705-7726	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-3-98	
Fanny 18B-21	M-1	7,687	7,732	45	4,000	915	198	3,068	0.25	0.25	504	23.30	6.40	1.10	0	14	2,447	50.90	8.50	7.00	26	N-80	agua	8.40	7688-7697	WL	43C UP RDX	135/45	12	Disparo	1-4-98	
Fanny 18B-22H.	M-1	7,696			4,000	1,100	196	2,000	0.24	0.27	504	22.20	7.97	1.10			1,703	87.90	8.50	15.80	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Fanny 18B-23	Lower U	8,438	8,552	113	7,000	520	207	3,367	0.20	0.23	687	19.70	10.40	1.12	5	5	1,641	11.09	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8438-8448	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-5-04
Fanny 18B-24H.	M-1	7,701			4,000	1,300	187	1,626	0.26	0.25	504	21.60	10.31	1.10			1,321	91.90	8.50	15.80	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Fanny 18B-25	M-1	7,705	7,737	32	4,000	1,557	189	2,288	0.25	0.33	504	21.70	9.79	1.10	-4	16	2,270	14.50	8.50	7.00	26	L-80			7705-7710/7716-7724	NO HAY INFORMACION			Disparo	1-11-98		
Fanny 18B-26	M-1	7,719	7,754	34	4,000	895	198	2,051	0.22	0.33	504	21.30	9.06	1.10	14	14	1,922	28.40	12.00	15.80	9.63	47	L-80	Agua	8.40		WL	51J UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-3-99
Fanny 18B-27	M-1	7,691	7,718	27	4,000	780	199	2,160	0.23	0.26	504	22.20	6.30	1.10	0	12	2,100	20.00	9.50	15.80	9.63	47	N-80	agua	8.40	7722-7733	WL	PJ4505 HMX	72	12	Redisparo	1-10-04
Fanny 18B-27	M-1	7,691	7,718	27	4,000	780	199	2,350	0.23	0.26	504	22.20	6.30	1.10	30	12	1,986	20.00	9.50	15.80	9.63	47	N-80	agua	8.40	7722-7733	WL	PJ4505 HMX	72	12	Redisparo	1-10-04
Fanny 18B-28	M-1	7,721	7,769	48	4,000	1,600	200	2,465	0.24	0.18	504	22.40	7.22	1.10	84	14	2,029	19.20	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	7720-7736	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	13-10-03
Fanny 18B-28	M-1	7,721	7,769	48	4,000	1,035	200	2,572	0.24	0.18	504	22.40	7.22	1.10	14	978	19.20	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	7720-7729	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-11-05	
Fanny 18B-28	M-1	7,721	7,769	48	4,000	1,035	200	2,586	0.24	0.18	504	22.40	7.22	1.10	14	2,530	19.20	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	7720-7729	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-11-05	
Fanny 18B-29	M-1	7,676	7,735	59	4,000	1,220	203	2,590	0.24	0.20	504	22.00	7.38	1.10	2	11	2,423	24.30	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7720-7729	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-8-03
Fanny 18B-30	M-1	7,683	7,721	38	4,000	1,200	189	2,338	0.23	0.25	504	22.70	8.17	1.10	32	13	2,248	37.10	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7682-7697	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	1-11-03



DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO																		DATOS DEL POZO										DATOS DEL DISPARO REALIZADO						
Nombre del Pozo	Arena	Tope Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Esesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Tempratura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Saturación de Agua Inicial	Presión de burbuja (Psi)	Grado API del petróleo	Viscosidad del Petróleo (cp)	Factor Vol del Petróleo (bbi/STB)	Daño Total	Radio de invasión asumido (pulg)	Presión de fondo fluuyente (psi)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Densidad Cemento (ppg)	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Grado del Casing	Fluido de Tratado	Densidad del Fluido @ Disparo (ppg)	Intervalos Perforados TVD (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Densidad de Disparos (DPP)	Disparo o Redisparo	Fecha del Disparo		
Fanny 18B-31	Lower U	8,445	8,560	116	7,000	492	209	3,369	0.22	0.25	687	19.10	11.22	1.12	0	4	2,612	22.30	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8446-8460	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-6-04		
Fanny 18B-35	M-1	7,756	7,795	39	4,000	555	182	2,136	0.23	0.28	504	20.90	12.85	1.10	4	11	1,342	30.36	9.80	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7756-7772	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-12-03		
Fanny 18B-37	M-1	7,704	7,743	39	4,000	1,815	200	2,620	0.24	0.25	504	21.70	8.16	1.10	-1	15	1,676	25.30	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7730-7739	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-8-98		
Fanny 18B-41	M-1	7,721	7,779	57	4,000	1,120	188	2,205	0.24	0.29	504	22.90	8.02	1.10	7	12	1,547	32.76	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7720-7737	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-12-02		
Fanny 18B-41	M-1	7,721	7,779	57	4,000	1,120	197	2,374	0.24	0.29	504	22.90	6.95	1.10	12	12	1,960	32.76	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7720-7728	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-10-05		
Fanny 18B-41	M-1	7,721	7,779	57	4,000	1,120	198	2,374	0.24	0.29	504	21.90	8.14	1.10	12	12	1,961	32.76	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7720-7728	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-10-05		
Fanny 18B-42	M-1	7,718	7,752	34	4,000	1,103	201	2,456	0.26	0.24	504	22.00	7.62	1.10	16	12	1,625	25.35	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7727-7739	TCP + PURE	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	10-10-03		
Fanny 18B-42	M-1	7,718	7,752	34	4,000	856	201	2,386	0.26	0.24	504	22.70	6.75	1.10	12	12	1,767	25.35	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7727-7736	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	25-10-06		
Fanny 18B-42	M-1	7,718	7,752	34	4,000	856	201	2,751	0.26	0.24	504	22.70	6.75	1.10	12	12	2,043	25.35	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7727-7736	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	25-10-06		
Fanny 18B-43	Lower U	8,514	8,629	115	7,000	255	210	3,180	0.20	0.24	687	19.60	10.05	1.12	5	15	1,623	0.46	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8514-8528	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-12-04		
Fanny 18B-44	M-1	7,745	7,811	66	4,000	1,280	201	2,614	0.29	0.24	504	13.50	41.10	1.12	4	15	1,573	2.58	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	7746-7756	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	15-6-06		
Fanny 18B-45	Lower U	8,523	8,639	115	7,000	328	210	3,203	0.21	0.37	687	19.90	9.52	1.12	11	5	1,259	1.36	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8523-8533	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-6-06		
Fanny 18B-45	Lower U	8,523	8,639	115	7,000	225	210	2,727	0.21	0.37	687	18.10	13.28	1.12	5	5	1,702	1.36	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8523-8533	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	7-10-06		
Fanny 18B-45	Lower U	8,523	8,639	115	7,000	225	210	3,287	0.21	0.37	687	18.10	13.28	1.12	14	5	1,593	1.36	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8872-8882 / 8886-8890 MD	TCP + PURE	PJOmega4505 HMX	72	5	Redisparo	27-12-06		
Fanny 18B-46	M-1	7,689	7,740	51	4,000	3,600	187	2,630	0.24	0.28	504	20.20	13.48	1.10	14	14	2,446	32.52	8.50	15.80	9.63	47	N-80	Agua	8.40	7708-7719	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-9-98		
Fanny 18B-47	M-1	7,721	7,806	85	4,000	1,761	197	2,336	0.25	0.30	504	20.30	11.08	1.10	32	15	2,143	22.60	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7721-7740	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-1-00		
Fanny 18B-47	M-1	7,721	7,806	85	4,000	1,761	197	2,604	0.25	0.30	504	20.50	10.67	1.10	15	15	1,747	22.60	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7733-7744	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Redisparo	1-12-01		
Fanny 18B-47	M-1	7,721	7,806	85	4,000	1,761	197	2,604	0.25	0.30	504	20.50	10.67	1.10	15	15	1,996	22.60	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7733-7744	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Redisparo	1-12-01		
Fanny 18B-47	M-1	7,721	7,806	85	4,000	1,761	197	1,650	0.25	0.30	504	20.30	11.08	1.10	15	15	1,165	22.60	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7727-7740	WL	PJ4505 HMX	72	5	Redisparo	1-5-02		
Fanny 18B-49	M-1	7,733	7,782	49	4,000	2,900	193	1,970	0.22	0.22	558	21.30	9.85	1.15	18	14	1,122	17.84	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7738-7756	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-2-01		
Fanny 18B-50	M-1	7,742	7,791	49	4,000	2,319	198	1,963	0.23	0.24	504	21.00	9.57	1.10	21	16	1,080	18.63	8.00	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7758-7773	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-4-01		
Fanny 18B-51	M-1	7,689	7,749	59	4,000	1,705	191	2,860	0.27	0.42	504	22.60	8.05	1.10	14	14	1,983	35.30	8.20	15.80	7.00	26	L-80	Agua	8.40		WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-12-99		
Fanny 18B-52	M-1	7,715	7,762	47	4,000	1,959	200	1,690	0.28	0.37	504	23.70	5.81	1.10	13	16	1,336	26.89	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7716-7739	WL	PF4621 RDX	135/45	12	Disparo	1-3-01		
Fanny 18B-52	M-1	7,715	7,762	47	4,000	1,959	200	1,800	0.28	0.37	504	22.80	6.75	1.10	16	16	1,341	26.89	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7711-7720	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-8-05		
Fanny 18B-52	M-1	7,715	7,762	47	4,000	1,959	200	1,837	0.28	0.37	504	22.50	7.10	1.10	12	16	1,400	26.89	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7711-7720	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-8-05		
Fanny 18B-53 ST1	M-1	7,736	7,754	19	4,000	1,220	203	1,866	0.21	0.43	504	22.30	7.01	1.10	0	10	1,743	16.11	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7725-7740	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-1-03		
Fanny 18B-54	M-1	7,729	7,768	39	4,000	462	189	1,903	0.23	0.29	504	22.40	8.62	1.10	13	10	1,636	28.13	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7750-7770	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-9-01		
Fanny 18B-56st1	M-1	7,749	7,759	10	4,000	3,039	198	1,857	0.30	0.28	504	22.30	7.59	1.10	3	16	1,608	21.53	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7748-7757	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-9-01		
Fanny 18B-57	M-1	7,709	7,747	38	4,000	2,719	183	2,484	0.26	0.34	504	21.60	11.03	1.10	12	15	2,350	34.89	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7708-7737	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-5-01		
Fanny 18B-58	Lower U	8,514	8,629	115	7,000	557	211	3,476	0.17	0.20	500	19.10	10.82	1.13	6	13	2,227	23.50	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	8419-8440	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-8-01		
Fanny 18B-58	M-1	7,703	7,734	31	4,000	2,220	207	1,904	0.28	0.27	504	22.70	6.15	1.10	7	13	1,756	23.50	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7704-7721	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	28-1-03		
Fanny 18B-58	M-1	7,703	7,734	31	4,000	3,833	207	1,752	0.28	0.27	504	22.70	6.15	1.10	13	13	1,605	23.50	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7704-7714	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-1-06		
Fanny 18B-58	M-1	7,703	7,734	31	4,000	3,833	207	1,737	0.28	0.27	504	22.80	6.05	1.10	13	13	1,550	23.50	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7704-7714	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-1-06		
Fanny 18B-59	M-1	7,726	7,781	55	4,000	2,256	193	2,125	0.29	0.26	504	21.50	9.49	1.10	13	14	1,557	31.38	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.33	7727-7737	WL	PF4621 HMX	135/45	12	Disparo	1-10-01		
Fanny 18B-60	M-1	7,728	7,787	59	4,000	2,494	199	1,790	0.23	0.36	504	22.10	7.73	1.10	3	10	1,473	26.02	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7727-7739	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-9-01		
Fanny 18B-61	M-1	7,732	7,770	38	4,000	2,972	187	1,873	0.26	0.21	504	22.30	9.07	1.10	26	16	1,438	16.33	14.75	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7732-7746	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-9-01		

Nombre del Pozo	Arena	DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO															DATOS DEL POZO										DATOS DEL DISPARO REALIZADO					
		Topo Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Espesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Temperatura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Saturación de Agua Inicial	Presión de burbuja (Psi)	Grado API del petróleo	Viscosidad del Petróleo (cp)	Factor Vol del Petróleo (bbi/STB)	Daño Total	Radio de invasión asumido (pulg)	Presión de fondo fluvente (psi)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Densidad Cemento (ppg)	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Grado del Casing	Fluido de Tratado	Densidad del Fluido @ Disparo (ppg)	Intervalos Perforados TVD (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Densidad de Disparos (DPP)	Disparo o Redisparo	Fecha del Disparo
Fanny 18B-63	M-1	7,719	7,753	34	4,000	4,857	189	1,847	0.25	0.37	504	21.90	9.43	1.10	33	11	1,643	32.07	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7718-7731/ 7739-7751	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	20-1-03
Fanny 18B-63	M-1	7,719	7,753	34	4,000	4,857	189	2,528	0.25	0.37	504	22.20	8.93	1.10	11	11	1,660	32.07	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7718-7731	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-11-05
Fanny 18B-63	M-1	7,719	7,753	34	4,000	4,857	189	2,528	0.25	0.37	504	23.90	6.64	1.10	11	11	1,413	32.07	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7718-7731	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	1-11-05
Fanny 18B-64	M-1	7,746	7,814	68	4,000	2,000	198	2,528	0.27	0.28	504	13.50	44.69	1.10	16	16	2,366	27.53	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	8610-8650MD	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	28-7-02
Fanny 18B-64	M-1	7,746	7,814	68	4,000	2,000	198	2,528	0.27	0.28	504	12.50	55.32	1.10	16	16	2,366	27.53	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7753-7771	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	29-5-06
Fanny 18B-64	M-1	7,746	7,814	68	4,000	2,000	198	2,530	0.27	0.28	504	12.50	55.32	1.10	12	16	2,424	27.53	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7753-7771	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	29-5-06
Fanny 18B-65	M-1	7,722	7,785	63	4,000	1,321	199	1,897	0.23	0.18	504	22.30	7.47	1.10	18	12	1,687	28.13	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7721-7748	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-7-02
Fanny 18B-66	M-1	7,746	7,787	40	4,000	3,012	200	1,975	0.25	0.28	504	21.20	8.92	1.10	11	11	1,786	29.50	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7744-7760	TCP	PF4621 HMX	135/45	12	Disparo	1-9-02
Fanny 18B-67	M-1	7,772	7,841	69	4,000	1,235	203	2,439	0.27	0.17	504	18.40	14.31	1.10	21	12	1,144	30.03	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7774-7800	TCP	PF4621 RDX	135/45	12	Disparo	1-7-03
Fanny 18B-67	M-1	7,772	7,841	69	4,000	1,235	203	2,439	0.27	0.17	504	18.40	14.31	1.10	12	12	1,715	30.03	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7774-7800	NO HAY INFORMACION			Redisparo	1-2-06	
Fanny 18B-67	M-1	7,772	7,841	69	4,000	1,235	203	2,998	0.27	0.17	504	18.40	14.31	1.10	12	12	1,715	30.03	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7774-7800	NO HAY INFORMACION			Redisparo	1-2-06	
Fanny 18B-69	Lower U	8,427	8,526	98	7,000	720	204	3,471	0.18	0.18	687	20.00	10.37	1.12	0	5	2,781	21.87	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8426-8442	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-4-02
Fanny 18B-70	Lower U	8,404	8,541	137	7,000	427	208	3,457	0.18	0.20	687	20.50	8.85	1.12	16	5	2,042	13.60	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8404-8414/ 8420-8424/8430-8439	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-5-02
Fanny 18B-71	Lower U	8,390	8,488	98	7,000	450	208	3,489	0.19	0.25	687	17.90	14.33	1.12	1	4	2,871	45.26	12.25	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	8400-8414	TCP	PJ4505 HMX	72	5	Disparo	1-1-01
Fanny 18B-72	Lower U	8,434	8,542	109	7,000	450	210	3,465	0.18	0.19	687	19.90	9.52	1.10	8	7	2,837	18.62	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8434-8445	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-5-02
Fanny 18B-72	M-1	7,704	7,733	30	4,000	1,100	199	2,100	0.27	0.06	504	23.50	6.09	1.10	7	7	1,518	22.40	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7704-7713	WL	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-12-06
Fanny 18B-73	Lower U	8,429	8,548	119	7,000	737	206	3,424	0.20	0.23	687	20.00	10.02	1.12	6	4	2,207	22.03	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	8429-8441	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-6-02
Fanny 18B-75	M-1	7,702	7,753	51	4,000	496	200	1,870	0.24	0.23	504	23.20	6.31	1.10	11	11	1,281	29.44	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7705-7716	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-6-02
Fanny 18B-76	M-1	7,685	7,723	38	4,000	1,648	199	1,941	0.23	0.24	504	23.90	5.70	1.10	28	12	1,432	23.23	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7685-7704	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-6-02
Fanny 18B-78	Lower U	8,371	8,480	109	7,000	601	209	3,469	0.19	0.28	687	19.90	9.69	1.12	-2	5	2,734	21.88	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	8370-8382	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-3-02
Fanny 18B-79	Lower U	8,346	8,442	96	7,000	438	200	3,456	0.19	0.25	687	19.50	12.23	1.12	31	4	2,806	22.79	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	8344-8370	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-3-02
Fanny 18B-80	M-1	7,714	7,767	53	4,000	562	200	1,815	0.23	0.40	504	22.30	7.35	1.10	6	12	745	35.65	9.88	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7714-7727	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-1-03
Fanny 18B-81	Lower U	8,490	8,624	134	7,000	500	215	3,081	0.19	0.28	687	19.20	9.90	1.12	4	1	1,379	8.30	7.00						8358-8368	NO HAY INFORMACION			Disparo	26-8-04		
Fanny 18B-82	M-1	7,755	7,785	30	4,000	2,150	198	2,928	0.28	0.38	504	20.70	10.11	1.10	15	16	2,100	0.32	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7755-7765	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	18-9-06
Fanny 18B-83	M-1	7,723	7,767	44	4,000	985	187	2,147	0.27	0.24	504	22.60	8.59	1.10	42	14	1,797	23.16	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	7723-7732	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	4-5-06
Fanny 18B-85	Lower U	8,505	8,630	125	7,000	550	213	3,401	0.21	0.15	687	20.20	8.58	1.12	4	4	1,980	9.88	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8505-8517	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	9-6-06
Fanny 18B-87	Lower U	8,363	8,478	115	7,000	1,510	206	3,355	0.22	0.27	687	19.80	10.39	1.12	5	2,779	11.52	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8363-8378	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	25-8-06	
Fanny 18B-88	Lower U	8,350	8,390	40	7,000	173	205	3,369	0.24	0.46	760	20.00	10.19	1.13	4	4	1,775	17.31	9.88	16.00	7.00	26	C-95	Agua	8.40	9243-9253 MD	TCP + PURE	PJ4512 HMX	45	12	Disparo	10-9-06
Fanny 18B-88	Lower U	8,350	8,390	40	7,000	173	205	3,369	0.24	0.46	760	20.50	9.31	1.13	30	4	1,532	17.31	9.88	16.00	7.00	26	C-95	Agua	8.40	9243-9253/9228-9238 MD	WL + PURE	PJOmega4512 HMX	45	12	Redisparo	10-4-07
Fanny 18B-89H.	M-1	7,778			4,000	1,200	199	2,500	0.24	0.27	504	17.90	17.08	1.10			2,402	90.63	12.09	17.00	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Fanny 18B-90	Lower U	8,370	8,485	115	7,000	609	211	3,458	0.18	0.41	687	20.10	9.03	1.12	11	4	1,272	18.15	9.88	17.40	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8372-8381	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	1-9-06
Fanny 18B-95	Lower U	8,433	8,550	117	7,000	354	208	3,340	0.28	0.24	687	19.00	11.64	1.12	8	5	2,050	8.50	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	9654-9666 MD	PURE+MAXR	PJOmega4512 HMX	135/45	12	Disparo	5-6-07	
Fanny 18B-96	Lower U	8,508	8,628	120	7,000	488	211	3,354	0.19	0.25	760	19.00	11.02	1.12	8	5	2,622	15.36	9.88	17.50	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8512-8526	TCP + PURE	PJOmega4512 HMX	135/45	12	Disparo	15-3-07
Fanny 18B-97	Lower U	8,482	8,610	129	7,000	488	208	3,415	0.19	0.20	687	20.60	8.69	1.12	6	6	2,380	22.00	9.88	17.50	7.00	26	C-95	Agua	8.40	9850-9857 / 9860-9867	PURE+MAXR	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	18-5-07
Fanny 18B-98H.	M-1				7,000	1,320	211	2,607	0.29	0.24	687	13.50	31.24	1.13			2,419	88.80	12.25	15.80	7.00	26	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

### Anexo 3.3 Campo Alice

Nombre del Pozo	DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO														DATOS DEL POZO										DATOS DEL DISPARO REALIZADO							
	Arena	Tope Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Espesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Temperatura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Saturación de Agua inicial	Presión de burbuja (Psi)	Grado API del petróleo	Viscosidad del Petróleo (cp)	Factor Vol del Petróleo (bbi/STB)	Daño Total	Radio de invasión asumido (pulg)	Presión de fondo fluyente (psi)	Desviación del pozo (°)	Diámetro de pozo (pulg)	Densidad Cemento (ppg)	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pipe)	Grado del Casing	Fluido de Tratado	Densidad del Fluido @ Disparo (ppg)	Intervalos Perforados TVD (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Densidad de Disparos (DPP)	Disparo o Redisparo	Fecha del Disparo
Alice 1	M-1	7,870	7,930	61	4,000	2,354	197	2,267	0.21	0.23	504	24.40	5.42	1.12	21	15	1,584	44.62	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7833-7851	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-8-02
Alice 1	M-1	7,870	7,930	61	4,000	3,841	197	2,396	0.21	0.23	504	23.00	6.83	1.12	15	15	2,310	44.62	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	10256-10266 MD	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	28-2-05
Alice 1	M-1	7,870	7,930	61	4,000	3,841	197	2,400	0.21	0.23	504	23.24	6.56	1.12	15	15	2,307	44.62	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	10256-10266 MD	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	28-2-05
Alice 2	M-1	7,877	7,949	72	4,000	4,900	195	2,603	0.23	0.15	504	23.60	6.37	1.12	7	16	2,311	0.68	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7877-7895	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	25-12-03
Alice 3	M-1	7,890	7,958	68	4,000	3,010	190	2,791	0.23	0.24	504	22.50	8.33	1.12	8	15	2,597	12.80	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7903-7913	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	23-1-04
Alice 4	M-1	7,865	7,984	119	4,000	4,800	198	2,564	0.25	0.20	504	24.40	5.34	1.12	38	16	1,903	0.13	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7870-7900	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	4-2-04
Alice 5	M-1	7,894	7,967	73	4,000	1,602	200	2,512	0.24	0.31	504	22.10	7.61	1.12	6	12	2,451	25.22	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7894-7916	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	21-3-04
Alice 6	M-1	7,865	7,980	114	4,000	4,530	198	2,640	0.25	0.17	504	23.50	6.19	1.12	66	10	1,201	0.32	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7866-7884/7890-7902	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	14-2-04
Alice 8	M-1	7,880	7,992	112	4,000	809	196	2,656	0.25	0.30	504	23.50	6.38	1.12	58	12	1,786	18.18	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7881-7898	TCP	PJ4521 HMX	120	21	Disparo	14-3-04
Alice 9	M-1	7,912	7,983	71	4,000	1,500	194	2,656	0.24	0.20	504	24.40	5.67	1.12	10	10	2,299	40.94	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7883-7899	TCP	PJ4505 HMX	72	5	Disparo	3-1-04
Alice 9	M-1	7,912	7,983	71	4,000	1,500	194	2,498	0.24	0.20	504	24.20	5.86	1.12	7	10	1,265	40.94	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7883-7892	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Redisparo	31-3-04
Alice 10H.	M-1	7,878			4,000	1,249	198	2,700	0.25	0.30	504	22.80	6.96	1.12			2,254	85.49	12.25	15.80	9.63	47	N-80		NO SE REALIZÓ DISPAROS							
Alice 11H.	M-1	7,879			4,000	1,249	197	2,527	0.25	0.30	504	23.20	6.61	1.12			2,419	90.63	12.25	15.80	9.63	47	N-80		NO SE REALIZÓ DISPAROS							
Alice 12	M-1	7,888	7,949	61	4,000	900	199	2,562	0.24	0.30	504	23.30	6.30	1.12	63	10	945	0.35	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	8077-8089 MD	WL	4626 RDX	135/45	12	Disparo	11-12-06
Alice 14H.	M-1	7,854			4,000	4,530	194	2,700	0.25	0.17	504	24.10	5.95	1.12			2,457	84.17	12.25	15.80	9.63	47	N-80		NO SE REALIZÓ DISPAROS							

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

### Anexo 3.4 Campos Mariann, Mariann 4A y Shirley

Nombre del Pozo	DATOS DE LA FORMACIÓN Y DEL FLUIDO															DATOS DEL POZO										DATOS DEL DISPARO REALIZADO						
	Arena	Tope Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Espesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Temperatura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Saturación de Agua Inicial	Presión de burbuja (Psi)	Grado API del petróleo	Viscosidad del Petróleo (cp)	Factor Vol del Petróleo (bbi/STB)	Daño Total	Radio de invasión asumido (pulg)	Presión de fondo fluyente (psi)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Densidad Cemento (ppg)	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Grado del Casing	Fluido de Tratado	Densidad del Fluido @ Disparo (ppg)	Intervalos Perforados TVD (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Densidad de Disparos (DPP)	Disparo o Redisparo	Fecha del Disparo
<b>CAMPO MARIANN</b>																																
Mariann 6	Tsup	7,930	8,025	95	7,500	833	210	3,200	0.19	0.18	760	24.40	4.48	1.26	3	5	2,987	8.50	15.80	7.00	26	N-80			7932-7936/ 7942-7948		NO HAY INFORMACION			Disparo	31-12-92	
Mariann 9	Lower U	7,757	7,880	123	7,000	781	203	3,377	0.20	0.29	687	25.00	4.70	1.12	60	6	2,385	21.20	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7767-7774	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	7-1-02
Mariann 10	Tinf	7,954	8,050	96	7,500	1,200	204	3,310	0.19	0.20	760	29.80	2.27	1.26	1	8	2,992	25.40	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7954-7972	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	17-6-01
Mariann 11 H.st4	Middle U	7,712			7,000	389	200	3,438	0.19	0.25	687	19.20	12.96	1.19			3,000	91.65	6.00	15.80	9.63	47	N-80			NO SE REALIZÓ DISPAROS						
Mariann 12	Tinf	7,928	8,024	95	7,500	145	206	3,229	0.18	0.25	500	29.40	2.33	1.05	1	5	2,933	25.80	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7912-7922/7925-7929	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	20-12-00
Mariann 12	Tinf	7,928	8,024	95	7,500	145	206	3,191	0.18	0.25	500	28.30	2.69	1.05	5	5	2,400	25.80	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7926-7933	WL	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	30-6-05
Mariann 12	Tinf	7,928	8,024	95	7,500	145	206	3,165	0.18	0.25	500	28.90	2.49	1.05	5	5	2,697	25.80	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7926-7933	WL	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	30-6-05
Mariann 12	Lower U	7,702	7,818	116	7,000	1,835	206	3,275	0.20	0.20	687	19.30	11.40	1.12	47	6	2,530	26.10	8.50	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	7703-7714	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	3-12-05
Mariann 15	Middle U	7,713	7,743	30	7,000	119	199	3,238	0.15	0.39	687	19.60	12.22	1.19	5	4	1,774	17.25	8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7726-7737	NO HAY INFORMACION			Disparo	13-12-00	
Mariann 16	Middle U	7,645	7,671	26	7,000	119	198	3,248	0.17	0.39	687	19.00	13.98	1.19	-2	4	2,492		8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7706-7716/7721-7729	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	16-12-00
Mariann 16	Middle U	7,645	7,671	26	7,000	119	198	3,200	0.17	0.39	687	18.50	15.43	1.19	4	4	1,588		8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7706-7716/7721-7729	WL + PURE	PJ3406 HMX	60	6	Redisparo	25-10-06
Mariann 16	Middle U	7,645	7,671	26	7,000	119	198	2,467	0.17	0.39	687	18.50	15.43	1.19	4	4	1,541		8.50	15.80	7.00	29	L-80	Agua	8.40	7706-7716/7721-7729	WL + PURE	PJ3406 HMX	60	6	Redisparo	25-10-06
Mariann 17	Tinf	7,967	8,063	96	7,500	1,300	199	2,825	0.24	0.28	760	29.60	2.48	1.26	2	7	2,441	14.33	9.88	15.80	7.00	26	C-95	Agua	8.40	7967-7974	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	29-3-06
Mariann 18	Lower U	7,770	7,873	104	7,000	1,315	206	2,670	0.15	0.38	687	23.70	5.31	1.19	39	7	2,485	37.57	8.50	16.00	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7770-7785	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	26-6-06
Mariann 18	Lower U	7,770	7,873	104	7,000	1,315	206	3,131	0.15	0.38	687	22.70	6.25	1.19	7	7	2,334	37.57	8.50	16.00	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7770-7781	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	10-8-06
Mariann 19	M-1	7,946	8,058	112	7,500	2,300	200	2,493	0.23	0.24	504	23.50	2.05	1.14	7	7	2,334	37.54	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	8,093 - 8,108 ft MD	WL + PURE	PJ4505 HMX	72	5	Disparo	24-7-06
Mariann 19	Tinf	7,946	8,058	112	7,500	990	200	2,493	0.18	0.40	687	31.00	2.05	1.14	7	7	1,094	37.54	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7946-7954	TCP + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	19-8-06
Mariann 19	Tinf	7,946	8,058	112	7,500	990	200	2,317	0.18	0.40	687	31.80	1.87	1.14	8	7	1,065	37.54	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7946-7954	WL	PJ4505 HMX	72	5	Redisparo	1-11-06
<b>CAMPO MARIANN 4A</b>																																
Mariann 4A-1	Middle U	7,867	7,894	27	7,000	3,000	200	3,211	0.16	0.31	687	26.60	3.70	1.19	2	6	2,539	34.60	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7870-7881/ 7882-7885	WL	51J UJ HMX	72	5	Disparo	1-6-98
Mariann 4A-1	Middle U	7,867	7,894	27	7,000	3,000	200	3,138	0.16	0.31	687	22.80	6.75	1.19	37	6	1,954	34.60	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7870-7881	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Redisparo	23-12-05
Mariann 4A-3	Middle U	7,846	7,882	36	7,000	1,860	200	3,254	0.15	0.32	687	24.80	4.87	1.19	13	7	1,218	25.10	8.00	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7866-7873/ 7876-7883	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	28-12-01
Mariann 4A-4	M-1	7,231	7,231	38	4,000	3,788	195	2,700	0.23	0.28	687	19.10	14.49	1.15	13	13	2,072	21.88	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	7193-7201	WL	51J UJ HMX	72	5	Disparo	3-9-00
Mariann 4A-5	Tinf	8,159	8,183	23	7,500	1,100	214	2,400	0.15	0.33	760	30.50	1.84	1.26			1,270	13.50	8.50	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	8744-8754 MD	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	1-2-99
Mariann 4A-7	M-1	7,186	7,219	33	4,000	1,031	205	2,429	0.20	0.30	541	18.50	12.00	1.11	1	8	1,886	43.70	8.50	15.80	7.00	26	MW95	Agua	8.40	7184-7192	WL	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	9-9-00
<b>CAMPO SHIRLEY</b>																																
Shirley 1	Basal Tena			22	7,500	885	188	2,485	0.18	0.37	425	20.10	11.31	1.19	10	6	1,586	32.60	8.50	15.80	7.00	26	L-80	Agua	8.40	7684-7689	WL + PURE	PJ4512 HMX	135/45	12	Disparo	9-12-06
Shirley 5	Lower U	8,339	8,433	94	7,000	800	180	3,460	0.20	0.25	687	19.30	18.45	1.22	-1	6	2,497	33.70	8.50	15.87	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8338-8347	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	27-4-02
Shirley 6	Lower U	8,345	8,451	106	7,000	490	209	3,499	0.17	0.25	687	20.40	8.86	1.22	-3	5	2,085	27.30	9.88	15.80	7.00	26	N-80	Agua	8.40	8343-8354/ 8359-8368	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	6-5-03
Shirley 8	Lower U	8,326	8,422	97	7,000	520	210	3,389	0.18	0.25	687	20.20	9.02	1.22	0	6	2,328	0.35	9.88	15.80	7.00	29	N-80	Agua	8.40	8324-8332/ 8342-8350/ 8356-8364	TCP	34JL UJ HMX	135/45	12	Disparo	27-4-03

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

### Anexo 3.5 Pozos Inyectores

DATOS DE CAMPO				DATOS DE LA FORMACIÓN										DATOS DEL POZO							DATOS DEL DISPARO								
# Pad	Campo	Nombre del Pozo	Arena	Tope Formación TVD (pies)	Base Formación TVD (pies)	Espesor Total (pies)	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Tempratura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Salinidad (ppm Cl)	Radio de invasión asumido (pulg)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Peso Fluido @ Disparo	Fluido de Tratado	Densidad Cemento ppg	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Casing grado	Intervalos Perforados MD	Espesor Perforado (pies)	Mitad de las Perforaciones MD	Técnica Usada	Tipo de cargas	Ángulo de Fase (°)	Disparos por pie (DPP)	Fecha del Disparo
Fanny 1 Pad	Fanny	Fanny 18B-40	M-1	7,751	7,798	47	4,000	1,350	189	2,136	0.27	14,850	11.00	37.55	10.75	8.40	Agua	15.80	7.00	29.00	L-80	9678'-9735'	57	9,707	TCP	NO HAY INFORMACION	12.00	26/09/2002	
Alice Pad	Alice	Alice 7	M-1	7,886	7,964	78	4,000	1,059	193	2,533	0.26	15,300	14.00	27.02	9.88	8.40	Agua	15.80	7.00	26.00	L-80	9028' - 9063'	35	9,046	WL	PJ4512 HMX	135/45	12.00	27/07/2005
Sonia A Pad	Sonia	Sonia 1	M-1	7,863	7,930	67	4,000	1,716	199	2,649	0.24	15,995	14.00	1.90	9.88	8.40	Agua	15.80	7.00	29.00	L-80	7884' - 7892', 7893'-7905',7906'-7918',7919'-7930'	46	7,907	WL+PURE	PJ4512 HMX	135/45	11.50	26/01/2007
Anne Pad	Sonia	Sonia 6H WIW	M-1	8,932	9,024	92	4,000	323	187	3,100	0.18	11,138										NO HAY INFORMACION							
Sonia A Pad	Sonia	Sonia 3	M-1	7,863	7,961	98	4,000	914	189	3,000	0.24	11,138	11.00	17.90	9.88	8.40	Agua	15.80	7.00	29.00	N-80	8358' - 8432'	74	8,395	TCP	PJ4512 HMX	135/45	12.00	05/02/2006
Sonia A Pad	Sonia	Sonia 4	M-1	7,850	7,932	82	4,000	918	198	3,040	0.24	18,810	12.00	20.65	9.88	8.40	Agua	15.80	7.00	29.00	L-80	8550' - 8604'	54	8,577	TCP	PJOmega4512 HMX	135/45	12.00	06/11/2006
Anne Pad	Anne	Anne 3 MIW	M-1	7,824	7,894	70	4,000	274	199	2,200	0.18	16,000	8.00	32.89	11.50	8.40	Agua	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	9199' - 9280'	81	9,240	TCP	PJOmega4505 HMX	135/45	12.00	26/04/2002
Anne Pad	Anne	Anne 4	M-1	7,849	7,913	64	4,000	1,100	200	2,220	0.18	13,560	9.00	22.60	12.25	8.40	Agua	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	8140 - 8171 / 8179 - 8210	62	8,175	TCP	NO HAY INFORMACION			08/04/2002
Isabel Pad	Isabel	Isabel 1	M-1	7,877	7,968	91	4,000	3,354	203	2,700	0.32	12,548	17.00	0.79	12.25	8.40	Agua	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	7910'-7950'	40	7,930	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12.00	21/03/2003
Isabel Pad	Isabel	Isabel 2	M-1	7,840	7,947	108	4,000	1,500	189	2,800	0.27	14,566	12.00	27.80	12.25	8.40	Agua	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	8750'-8800'	50	8,775	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12.00	27/03/2003
Isabel Pad	Isabel	Isabel 3	M-1	7,854	7,965	112	4,000	976	187	2,750	0.25	13,545	12.00	18.82	12.25	8.40	Agua	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	8212'-8294'	82	8,253	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12.00	03/04/2003

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.

### Anexo 3.6 Pozos Re-inyectores

DATOS DE CAMPO				DATOS DE LA FORMACION							DATOS DEL POZO							DATOS DEL DISPARO								
# Pad	Campo	Nombre del Pozo	Arena	Dureza de la Roca (psi)	Permeabilidad (mD)	Tempratura del reservorio (°F)	Presión del reservorio (psi)	Porosidad	Salinidad (ppm Cl)	Radio de invasión asumido (pulg)	Desviación del pozo (°)	Diámetro del pozo (pulg)	Peso Fluido @ Disparo	Fluido de Tratado	Densidad Cemento ppg	Casing diámetro (pulg)	Casing peso (lbs/pie)	Casing grado	Intervalos Perforados MD	Espesor Perforado (pies)	Total Espesor Perforado (pies)	Técnica Usada	Tipo de cargas	Angulo de Fase	Disparos por pie (DPP)	Fecha del Disparo
Dorine 3 Pad	Dorine	Dorine 9	Tiyuyacu	7500.00	289.00	180.00	3562.00	13.00	14850.00	5.00	35.70	9.88	8.90	KCL	15.80	7.00	26.00	N-80	5583'-5608', 5680'-5695', 5712'-5737', 5772'-5807'	100.00	270.00	WL	34JL UJ HMX	135/45	12.00	28-dic-00
Dorine 3 Pad	Dorine	Dorine 9	Tiyuyacu	7500.00	289.00	180.00	3562.00	13.00	14850.00	5.00	35.70	9.88	8.90	KCL	15.80	7.00	26.00	N-80	6615'-6635', 6639'-6644', 6647'-6667', 6674'-6689'	60.00	270.00	WL	34JL UJ HMX	135/45	12.00	28-dic-00
Dorine 3 Pad	Dorine	Dorine 9	Tiyuyacu	7500.00	289.00	180.00	3562.00	13.00	14850.00	5.00	35.70	9.88	8.90	KCL	15.80	7.00	26.00	N-80	7784'-7799', 7807'-7812', 7814'-7874', 7887'-7917',	110.00	270.00	WL	34JL UJ HMX	135/45	12.00	28-dic-00
Dorine 3 Pad	Dorine	Dorine WDW#1	Tiyuyacu	7500.00	198.00	180.00	3192.00	13.50	15000.00	4.00	20.45	12.25	9.00	KCL	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	5146'-5156', 5175'-5196', 5942'-5948', 5954'-5992'	75.00	244.00	WL	PJ4505 HMX	135/45	12.00	10-jul-01
Dorine 3 Pad	Dorine	Dorine WDW#1	Tiyuyacu	7500.00	198.00	180.00	3192.00	13.50	15000.00	4.00	20.45	12.25	9.00	KCL	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	6971'-7022', 7033'-7058',	76.00	244.00	WL	PJ4505 HMX	135/45	12.00	10-jul-01
Dorine 3 Pad	Dorine	Dorine WDW#1	Tiyuyacu	7500.00	198.00	180.00	3192.00	13.50	15000.00	4.00	20.45	12.25	9.00	KCL	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	7062'-7100', 7106'-7145', 7150'-7166'	93.00	244.00	WL	PJ4505 HMX	135/45	12.00	10-jul-01
Fanny 1 Pad	Fanny	Fanny 18B -1	Tiyuyacu	7500.00	284.00	180.00	3345.00	13.50	14850.00	5.00			8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	MW-95	5834-5860, 5867-5886, 5889-5910	66.00	116.00	TCP				NO HAY INFORMACION
Fanny 1 Pad	Fanny	Fanny 18B -1	Tiyuyacu	7500.00	284.00	180.00	3345.00	13.50	14850.00	5.00			8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	MW-95	6833-6848, 6913-6922, 7011-7023, 7040-7054	50.00	116.00	TCP				NO HAY INFORMACION
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-15	Tiyuyacu	7500.00	200.00	180.00	3362.00	14.00	14850.00	5.00	NO HAY INFORMACION							7600'-7612', 7620'-7652', 7660'-7678', 7708'-7732, 7746'-7768', 7830'-7840'	118.00	118.00	NO HAY INFORMACION					
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-17	Tiyuyacu	7500.00	158.00	180.00	3125.00	14.00	14850.00	4.00	37.20	8.50	8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80	8405-8419	14.00	183.00	TCP	43C UP RDX	45.00	12.00	20-jun-00
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-17	Tiyuyacu	7500.00	158.00	180.00	3125.00	14.00	14850.00	4.00	37.20	8.50	8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80	8427-8507	80.00	183.00	TCP	43C UP RDX	45.00	12.00	20-jun-00
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-17	Tiyuyacu	7500.00	158.00	180.00	3125.00	14.00	14850.00	4.00	37.20	8.50	8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80	8530-8562	32.00	183.00	TCP	43CJ UP II RDX	60.00	12.00	20-jun-00
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-17	Tiyuyacu	7500.00	158.00	180.00	3125.00	14.00	14850.00	4.00	37.20	8.50	8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80	8567-8575	8.00	183.00	TCP	43C UP RDX	45.00	12.00	20-jun-00
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-17	Tiyuyacu	7500.00	158.00	180.00	3125.00	14.00	14850.00	4.00	37.20	8.50	8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80	8587-8600	13.00	183.00	TCP	43C UP RDX	45.00	12.00	20-jun-00
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-17	Tiyuyacu	7500.00	158.00	180.00	3125.00	14.00	14850.00	4.00	37.20	8.50	8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80	8605-8618	13.00	183.00	TCP	43C UP RDX	45.00	12.00	20-jun-00
Fanny MPF Pad	Fanny	Fanny 18B-17	Tiyuyacu	7500.00	158.00	180.00	3125.00	14.00	14850.00	4.00	37.20	8.50	8.33	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80	8664-8687	23.00	183.00	TCP	43C UP RDX	45.00	12.00	20-jun-00
Fanny Deep	Fanny	Fanny 18B-74	Tiyuyacu	7500.00	320.00	144.00	3254.00	13.00	14850.00	5.00		7.00	8.90	KCL	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	6865'-6870', 6901'-6906', 6912'-6928', 6948'-6957'	35.00	112.00	WL	PJ4505 HMX	135/45	12.00	
Fanny Deep	Fanny	Fanny 18B-74	Tiyuyacu	7500.00	320.00	144.00	3254.00	13.00	14850.00	5.00		7.00	8.90	KCL	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	6961'-6968', 6978'-6988'	17.00	112.00	WL	PJ4505 HMX	135/45	12.00	
Fanny Deep	Fanny	Fanny 18B-74	Tiyuyacu	7500.00	320.00	144.00	3254.00	13.00	14850.00	5.00		7.00	8.90	KCL	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	8174'-8190', 8237'-8257', 8336'-8350', 8356'-8366'	60.00	112.00	WL	PJ4505 HMX	135/45	12.00	
Shirley B Pad	Shirley	Shirley 7	Tiyuyacu	7500.00	210.00		3356.00	14.00	14025.00	5.00	25.07	9.88	8.40	Agua	15.80	7.00	29 & 26	N-80 & C-95	7310'-7320', 7324'-7341', 7403'-7466'	90.00	90.00	WL	PJ4512 HMX	135/45	12.00	9-may-05
Single well pads	Mariann	Mariann 3	Tiyuyacu	7500.00	254.00	140.00	3298.00	15.00	11138.00	5.00			8.40	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80 & J-55	5456'-5468', 5500'-5512', 5516'-5532'	40.00	163.00	WL	34JL UJ HMX	135/45	12.00	22-may-01
Single well pads	Mariann	Mariann 3	Tiyuyacu	7500.00	254.00	140.00	3298.00	15.00	11138.00	5.00			8.40	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80 & J-55	6320'-6330', 6344'-6356', 6370'-6378', 6404'-6426', 6430'-6445', 6496'-6504'	75.00	163.00	WL	34JL UJ HMX	135/45	12.00	22-may-01
Single well pads	Mariann	Mariann 3	Tiyuyacu	7500.00	254.00	140.00	3298.00	15.00	11138.00	5.00			8.40	Agua	15.80	7.00	26.00	N-80 & J-55	6510'-6514', 6528'-6546', 6642'-6662', 6678'-6684'	48.00	163.00	WL	34JL UJ HMX	135/45	12.00	22-may-01
Mariann 4A Pad	Mariann 4A	Mariann 4A-6	Tiyuyacu	7500.00	258.00	160.00	3312.00	14.00	9320.00	5.00	32.60	9.40	KCL	15.80	5 1/2,	17.00	LTC		7610' - 7647', 7710' - 7730', 7795' - 7825', 7883' - 7898'	102.00	102.00	WL				NO HAY INFORMACION
Mariann 4A Pad	Mariann 4A	Mariann 4A-2	Tiyuyacu	7500.00	256.00	160.00	3278.00	13.50	10000.00	5.00	NO HAY INFORMACION							NO HAY INFORMACION								
Anne Pad	Anne	Anne 1	Tiyuyacu	7500.00	257.00	142.00	3189.00	14.00	12000.00	5.00	0.50	8.50	8.40	Agua	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	7414'-7434', 7478'-7496', 7507'-7527', 7538'-7558'	60.00	100.00	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12.00	8-mar-01
Anne Pad	Anne	Anne 1	Tiyuyacu	7500.00	257.00	142.00	3189.00	14.00	12000.00	5.00	0.50	8.50	8.40	Agua	15.80	9 5/8,	47.00	N-80	7562'-7582', 7585'-7595', 7609'-7619'	40.00	100.00	TCP	PJ4505 HMX	135/45	12.00	8-mar-01

Elaborado Por: Fernando Bustillos

Fuente: Andes Petroleum Ecuador Ltd.