

ST. AGUARAGÜE XP- 1

USO DE CAÑONES TCP DIRECCIONALES

Alejandro Federico Funes, Juan Carlos Rodriguez, Matías O. Farina
Tecpetrol S.A.

José García López, Ricardo Lardies
Halliburton

Abstract

Durante la completación del pozo Salta Aguara güe xp-1 (año 1.995), fueron punzadas y puestas en producción las formaciones Santa Rosa e Icla (objetivos exploratorios del pozo). En aquella ocasión no se punzó la formación Huamampampa (que estaba en producción en otros pozos del yacimiento Aguara güe). Posteriormente se planificó la recompletación del pozo, con el objetivo de desarrollar reservas de gas y condensado mediante la puesta en producción de la formación Huamampampa.

Cuando se realizó la programación del trabajo, se analizaron numerosos indicios que indicaban un daño importante en la formación, tales como las admisiones de lodo (inverso), ocurridas durante la perforación, el tipo de obturante usado (Carbonato de Calcio), la densidad de lodo, la calidad de la cementación del casing y las características propias de la roca reservorio (Cuarcita fisurada). Entonces se estableció como uno de los objetivos de la completación, la remoción del daño durante el punzamiento. Otro de los objetivos fijados fue la realización del punzamiento con la completación colocada definitivamente, a fin de evitar un ahogue posterior de la formación punzada (ahogue que podía dañar nuevamente a la formación).

Teniendo en cuenta estos objetivos prioritarios y el diseño de la completación, que sería dual (por una rama producirían las formaciones Santa Rosa e Icla y por la otra la formación Huamampampa), se seleccionaron para esta operación cañones TCP direccionales.

Un análisis crítico de la operación realizada, nos muestra un resultado positivo respecto del cumplimiento de las metas planteadas (la producción obtenida estuvo de acuerdo a lo previsto) y expone la importancia que tiene la planificación en el logro de estas metas. Por otra parte, también quedan definidos (fundamentalmente por las características del reservorio) los límites de aplicación de esta tecnología.

Introducción

Ubicación:

El pozo Salta Aguara güe xp-1 se encuentra ubicado al noroeste de la República Argentina, en la provincia de Salta, departamento San Martín, a 25 km de la ciudad de Tartagal. Perteneció al yacimiento Aguara güe del área homónima, que está concesionada a la U.T.E. conformada por las empresas YPF S.A., Tecpetrol S.A. (operador), Mobil, Petrobras, C.G.C., Ledesma S.A. Ver *Figura N° 1 (Plano de Ubicación)*.

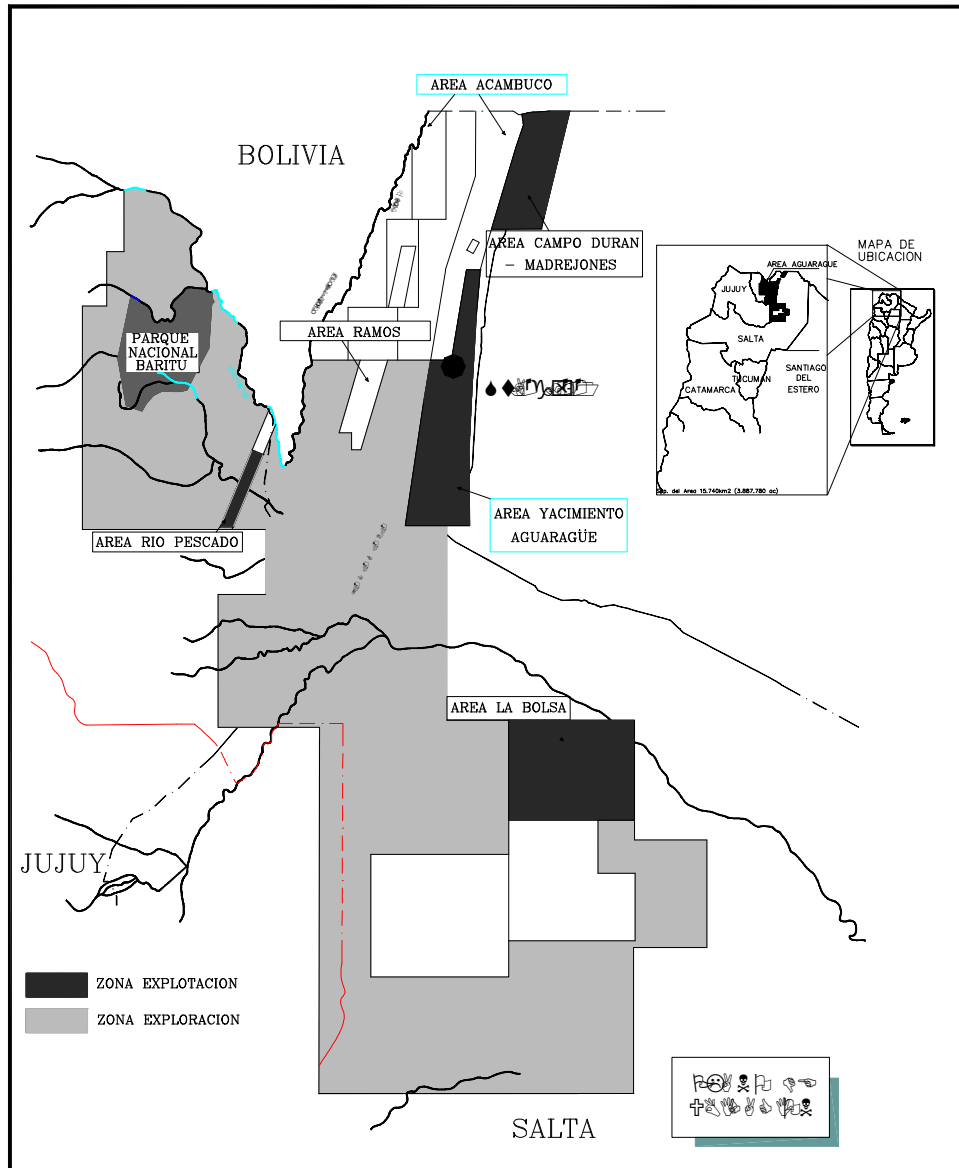


Figura N° 1: Plano de Ubicación

Geología:

Desde el punto de vista geológico, el pozo se encuentra ubicado en el extremo sur de la Subregión Subandina (Subandino Sur), asimismo en el extremo sur de la Sierra de Aguaragüe, que coincide con el desarrollo del eje anticlinal del mismo nombre.

Los objetivos geológicos para la perforación de este pozo fueron la investigación de las **areniscas cuarcíticas fisuradas** de las formaciones **Santa Rosa** e **Icla** del Devónico, que se consideraron saturadas con gas, en una estructura profunda de la Sierra de Aguaragüe, comparable en su dimensión a la productiva de gas y condensado de la formación

Huamampampa suprayacente.

Completación:

La Completación del pozo se realizó en el año 1.995 . En esta operación se punzaron las formaciones **Santa Rosa** e **Icla**, comprobándose en ambas la presencia de hidrocarburos gaseosos; por esta razón se colocó en el pozo una instalación de producción dual para producir estas formaciones por separado y de esta manera estudiar la evolución del potencial de las mismas. Ver *Figura N° 2 (Instalación Inicial)*.

En esta oportunidad no se punzó la formación **Huamampampa**, a la espera de la definición de un método que permitiera contener o estabilizar la invasión de agua que estaba sufriendo este reservorio (ya verificada en varios pozos del yacimiento). Una vez definido este método (llamado Coproducción), se planificó la recompletación del pozo, con el objetivo de desarrollar reservas de gas y condensado mediante la puesta en producción de dicha formación.

Recompletación, Punzamiento de la Formación Huamampampa:

Como consecuencia del incremento de la demanda de gas se decidió intervenir el pozo para punzar la formación **Huamampampa**. Esta operación involucraba las siguientes tareas:

- a.- Remoción de la instalación de producción dual que permitía la explotación individual de las formaciones **Santa Rosa** e **Icla**.
- b.- Equipar al pozo de una instalación de producción dual que permitiera la explotación individual de la formación **Huamampampa** y conjunta de las formaciones **Santa Rosa** e **Icla**; puesto que existía una incompatibilidad de presiones entre aquella (Huamampampa estaba depletada) y estas.
- c.- Punzamiento de Huamampampa en desbalance, con el objeto de eliminar daños preexistentes, ocasionados durante la perforación del pozo y la cementación del casing de 9 5/8”.

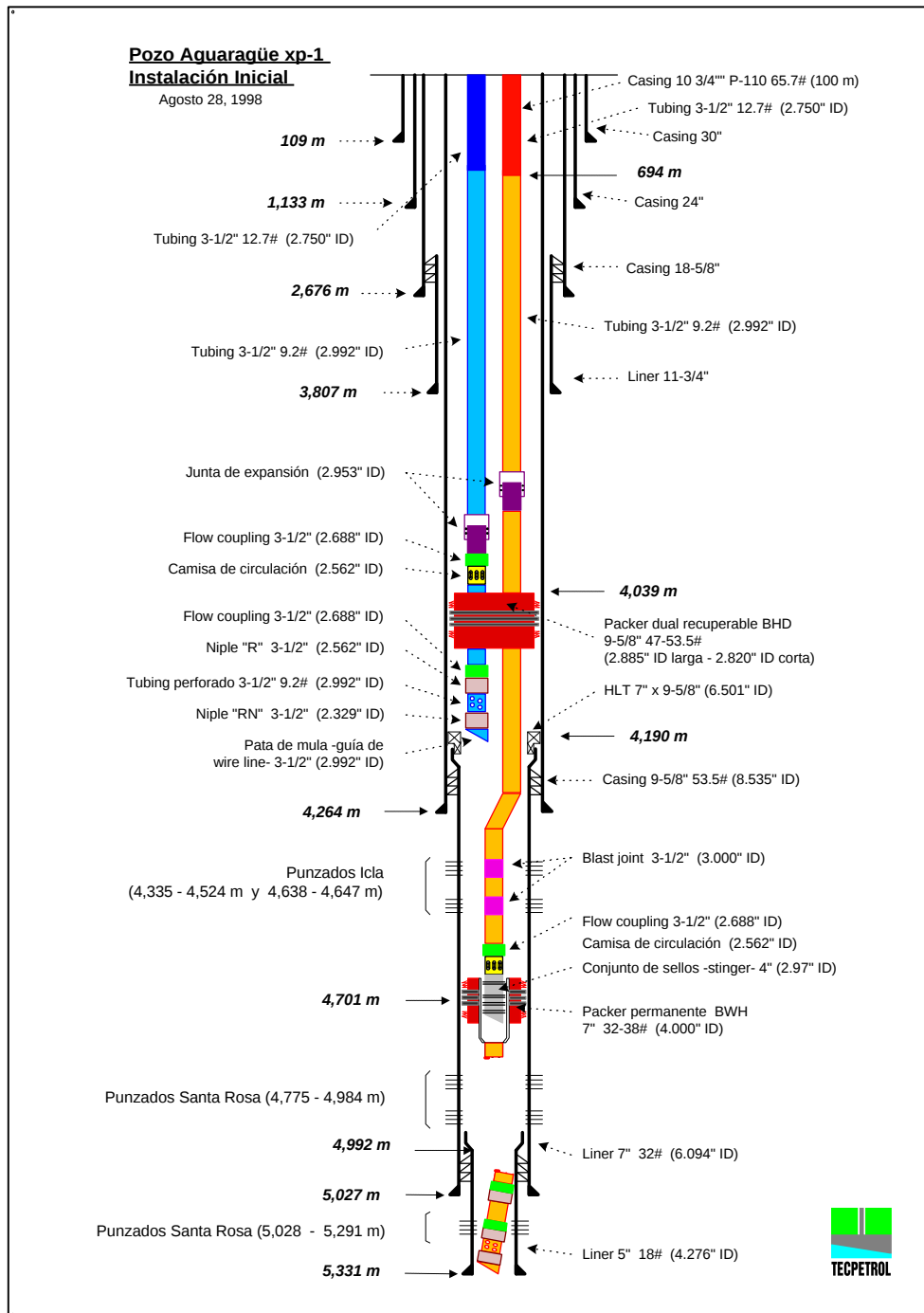


Figura N° 2: Instalación Inicial

Desarrollo

Daño Existente:

El objetivo básico establecido para la intervención fue el punzamiento de la formación Huamampampa, con la premisa de eliminar los daños existentes, que fueran producidos durante la perforación y cementación del pozo.

La presencia de daños que disminuirían el potencial productivo estaba fundamentada por los siguientes datos:

1. Lodo utilizado;
 - 1.1. Características, inverso base gasoil con 10% agua y bajo contenido de sólidos.
 - 1.2. Densidad usada en el tramo (formación Huamampampa): 0,995
 - 1.3. Material obturante utilizado: Carbonato de Calcio (Ca CO_3) granular.
2. Pérdida de lodo registrada durante la perforación del tramo de interés: 126 m^3
3. Calidad de la cementación del casing 9 5/8" 53.5# : muy buena .
4. Características de la roca reservorio: Cuarcita Fisurada
5. Condición del reservorio: depletado

Como la finalidad principal de la perforación de este pozo fue explorar las formaciones Santa Rosa e Icla, no se realizaron ensayos a pozo abierto (DST) en la formación Huamampampa, en consecuencia se carecía de datos de esta formación, debiéndose extrapolar la información existente, obtenida de los otros pozos perforados en el yacimiento; a pesar de esta circunstancia, las pérdidas de lodo ocurridas durante la perforación, el tipo de obturante utilizado para controlar estas pérdidas y las características de la roca reservorio, respaldaron la suposición de la existencia de un Skin alto. Por otra parte el conocimiento de que la formación Huamampampa estaba depletada, adquirido a través de mediciones realizadas en pozos vecinos al St. Ag xp-1, sumado a la verificación de una cementación exitosa del casing 9 5/8" 53.5# (cañería de aislación de la formación Huamampampa) tal como pudo comprobarse a través de los registros de cemento (SBT "Segmented Bond Tool"), alertaron sobre la existencia de un daño adicional en el reservorio producido por el cemento.

Remoción del daño / Sistema de Punzamiento:

Habiéndose fijado como objetivo primario la remoción del daño durante la Completación, se analizaron diferentes alternativas para alcanzarlo minimizando riesgos, estableciéndose como condición el **evitar** (si esto fuese posible) **el ahogue** de la formación con posterioridad al punzamiento, ya que este ahogue produciría un daño (difícil de cuantificar) que haría peligrar parcial o totalmente los efectos positivos del punzamiento en relación con la eliminación del daño preexistente:

a.- **Punzado en sobrebalance** (con cañones TCP), combinado con una estimulación ácida (ácido clorhídrico): Esta técnica utilizada para la remoción de un daño, se basa en la creación en el reservorio de microfisuras durante la operación de punzamiento, por la acción de un fluido presurizado que a la vez que provoca el disparo (cabeza de fuego por presión) remueve el daño existente dentro del tunel de punzado mediante una acción erosiva. Para que este procedimiento sea exitoso, se debería presurizar (y provocar el disparo de los cañones) a una presión semejante a la presión de fractura de la formación;

en el caso de Huamampampa esta presión era incompatible con los requerimientos de seguridad, puesto que excedía ampliamente la resistencia de los materiales utilizados en el pozo (casing, tubing, cabeza de pozo, armadura de surgencia, etc.) y del equipamiento de superficie previsto para la Completación. Al respecto cabe aclarar que estos materiales y equipamiento eran aptos para 10.000 psi .

b.- **Punzado en desbalance** (con cañones TCP). Esta técnica usa un desbalance adecuado a favor del pozo, evitando una estimulación posterior. El éxito de la misma depende de la cuantificación del desbalance en relación con el tipo y características del reservorio, de forma tal de remover el daño evitando ocasionar efectos nocivos en la formación (tales como movimiento de finos). En nuestro caso particular esta técnica se adecuaba particularmente no sólo al reservorio, sino también a la instalación de producción (tubing y herramientas de producción de acero al Cromo 13) seleccionada para este pozo, ya que prescindía del uso de ácido clorhídrico que es altamente corrosivo para el acero al Cromo 13 (por acción ácida y por la presencia en altas concentraciones de iones cloruro).

Selección de Cañones y Cargas:

Luego de efectuarse el análisis de estas alternativas, se decidió adoptar Punzamiento en desbalance para la formación Huamampampa. Respecto de las características de los cañones y de las cargas a utilizar se efectuaron las siguientes consideraciones:

_ Debido a que en la mayoría de los pozos, el daño en la formación (en general) es de poca penetración, el uso de una alta densidad de disparos, cargas de alta penetración y una fase mayor a 0° incrementaría la productividad por la disminución de interferencias alrededor del pozo. Se decidió utilizar una densidad de 6 spf “shot per foot” (tiros por pie), con cargas DP “deep penetration” (alta penetración) y con un ángulo de fase de 60°.

_ Se evaluó el tiempo de exposición de los explosivos a la temperatura existente a la profundidad de punzado (aproximadamente 200 horas a 120 °C), en consecuencia los explosivos seleccionados para estas condiciones de trabajo fueron HMX.

_ Selección de Cañones y accesorios: La Instalación Final de Producción (ver *Figura N° 3 Instalación Actual*), constaría de dos columnas de tubing identificadas como: **Columna Larga**, por la cual producirían las formaciones Santa Rosa e Icla (inferiores), aisladas por un packer permanente fijado en un liner de 7” 32# y una **Columna Corta**, por la cual produciría la formación Huamampampa (superior), aislada por un packer hidráulico dual fijado en un casing 9 5/8” 53.5#. A pesar que el diámetro del casing que debía contener los cañones era grande (Drift casing 9 5/8”: 8.500” = 215,9 mm), debíamos considerar que era necesario bajar en este casing las dos columnas de tubing 3 1/2” 9.2# SEC Cr-13 (OD: 3.929” = 99.8 mm) con sus accesorios de producción (Niples de Producción, Flow Couplings, Blast Joints, etc.) y los cañones con sus respectivos accesorios. Además de las restricciones de espacio antes mencionadas, se condicionó la selección de los cañones a:

a.- Minimizar la modificación de las propiedades mecánicas del tubing contiguo a la columna de cañones; evitando daño, deformaciones y (de fundamental importancia) **anular** el riesgo de punzar la columna de tubing (**Columna Larga**). Todo esto se consiguió con una adecuada selección de accesorios (de cañones y del tubing).

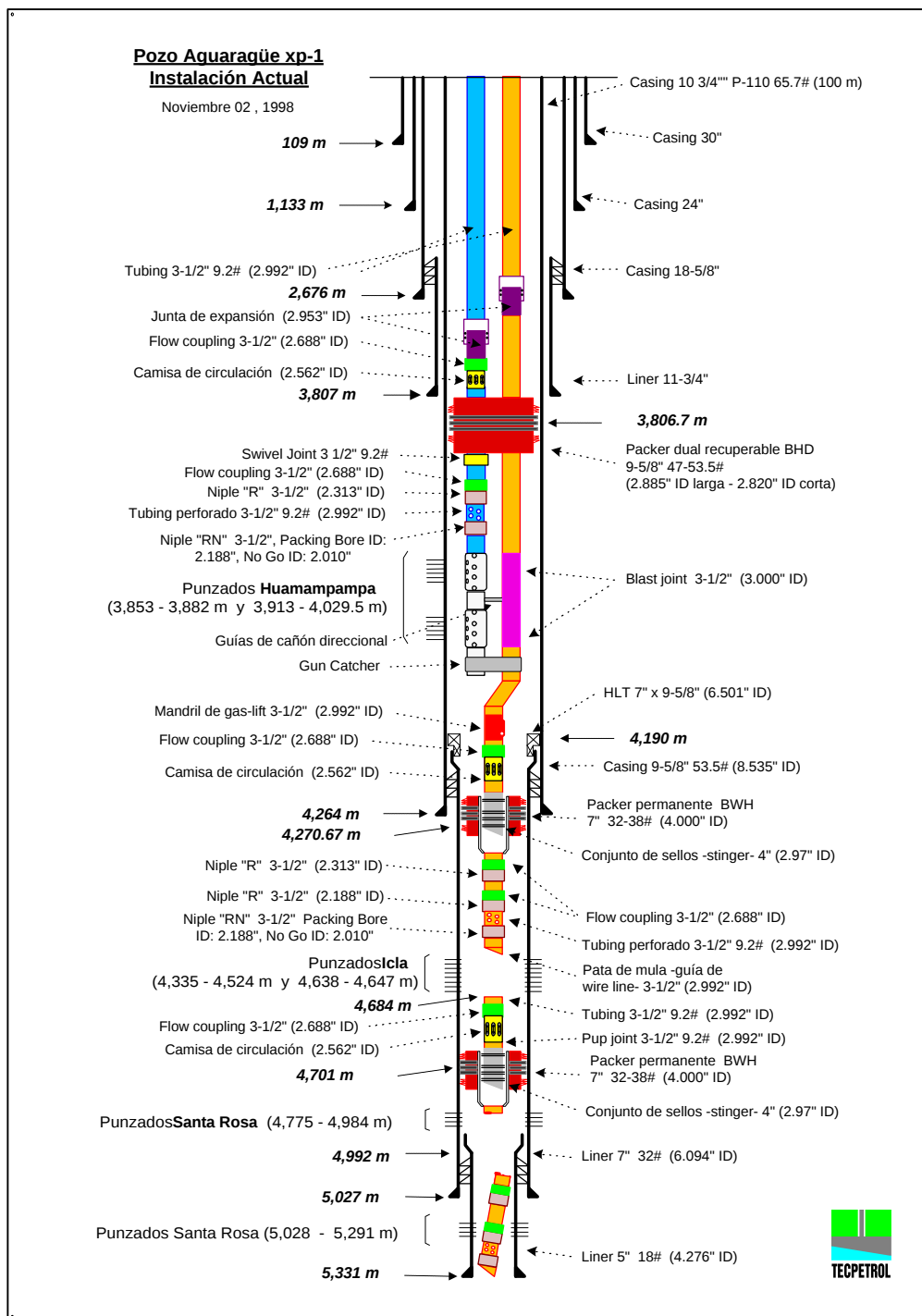


Figura N° 3: Instalación Actual

- b.- Minimizar la modificación de las propiedades mecánicas del casing, evitando daño o rajadura del mismo.
- c.- Lograr la máxima efectividad del punzamiento.

Cañones: para cumplir con las condiciones antes enunciadas, se optó por cañones OD: 3 3/8" (85,7 mm) TCP direccionales tipo Scallop 6 spf DP 26 g, con explosivos HMX, ángulo de fase 60°. Al respecto, es importante destacar que para esta selección se tornó crítica la condición c.- puesto que con el sistema de cañones adoptado (en función de las restricciones espaciales y la necesidad de preservar el tubing), se podría prever una disminución de la producción debido a que el flujo provendría solamente de una parte del pozo ya que el ángulo de disparo sería de 60° (en oposición al tubing de la Columna Larga). Esta circunstancia se estudió, concluyéndose que los riegos asumidos estaban minimizados por el sistema de fisuras conductivas interconectadas que poseía la formación Huamampampa.

Accesorios de los Cañones:

_ La orientación de los Cañones estaba garantizada por un sistema de

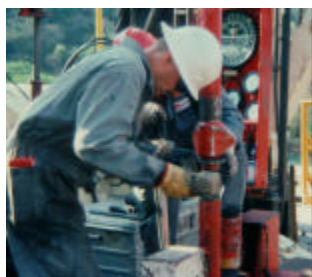


Figura N° 4: Guía de cañones

_ Para establecer una vinculación permanente en dos puntos (uno de ellos era el packer dual) entre las dos columnas (Columna Larga o de producción de las formaciones Santa Rosa e Icla y la columna de Cañones o Corta: de producción de la formación Huamampampa), se colocó en la Columna Larga (a una distancia establecida con precisión) una **guía de cañones** o Gun Catcher que permitiría un movimiento de la columna de cañones sobre el eje vertical pero impediría los desplazamientos laterales de esta columna.

abrazaderas o **guías** especiales, vinculadas a la columna de cañones sin libertad de movimiento, colocadas en una posición preestablecida (mediante marcas) y aseguradas en algunas uniones cañón – cañón mediante tuercas de ajuste.

Este accesorio tendría por función impedir el “despegue” de la columna de cañones durante la bajada de la instalación, evitando el enrosque de la misma alrededor de la Columna Larga.



Figura N° 5: Gun Catcher

_ Para permitir el montaje de los Cañones independientemente del montaje del tubing de la Columna Larga, se colocó, por debajo del packer dual, un accesorio en la Columna Corta que permitiría girarla (y con ella a los cañones) denominado **giratorio** o Swivel.

Accesorio de tubing: A fin evitar deformaciones del tubing (durante el punzamiento) y minimizar las consecuencias de la erosión por el flujo de gas (durante la producción), se decidió el reemplazo de la parte de la Columna Larga que debería estar enfrentada a los punzados a realizar en la formación Huamampampa, por Blast Joints (tubulares que tienen igual diámetro interior que el tubing correspondiente, pero con un mayor espesor de pared).

Programación del trabajo:

Datos

Pozo :	Aguaragüe xp-1
Tipo de pozo:	Productor
Fluido de terminación:	Formiato de Sodio
Densidad:	1.150 g/l
Presión hidrostática a 4.200 m:	6.857 psi (47.277 kPa)
Temperatura:	270° F (132 °C)
Casing:	9 5/8" 47# / 53#
Casing ID:	8,535" (216.8 mm)
Casing Drift (53#):	8,500" (215.9 mm)
Tubing:	3 ½ " L-80 9,2# SEC Cr 13
Tubing ID:	2,992" (76 mm)
Tubing Drift:	2,897" (73.6 mm)
Tubing máxima Tracción:	207.216# (93.900 kg)
Tubing Colapso:	10.530 psi (72.600 kPa)
Tubing máxima presión interna:	10.160 psi (70.050 kPa)
Desviación máxima (para TCP):	33.7 deg/100 ft (°/30 m)
Dog Leg Above ("Patás de Perro")	2.616,00 m (MD) 26,0 deg/100 ft 3.072,00 m (MD) 14,7 deg/100 ft 3.204,00 m (MD) 18,6 deg/100 ft 3.348,00 m (MD) 33,7
deg/100 ft	3.367,00 m (MD) 24,0 deg/100 ft 3.681,00 m (MD) 16,4 deg/100 ft 3.712,00 m (MD) 26.2 deg/100 ft 4.870,00 m (MD) 59,8 deg/100 ft
Profundidad Vertical Medida:	4.001,00 m (MD)
Profundidad Verdadera:	3.959,10 m

Cañones TCP (Tubing Conveyed Perforating)

Cañones:	3 3/8" Scalloped Dual 6 spf gun
Cargas:	3 3/8" Premium , 23 g Alta Penetración
Tipo de explosivo:	HMX
Cabeza de Disparo Primaria:	3 3/8" Multiaction Firing Head (Model III D)

Cabeza de Disparo Redundante:	TDF 3 3/8" (fondo de la sarta) TDF 1 11/16" Multiaction (en la parte superior de la sarta)
Niple de Producción:	2 3/8" BIT
Sujetadores de Cañones:	Gun Guide – "Y" Block Catcher Guide
Señal de Disparos en Superficie:	Detector Sónico

Punzados a realizar

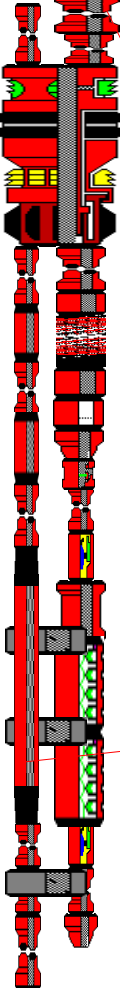
3.853,00 a 3.860,00 m	7,0 m (23 ft)
3.862,00 a 3.863,50 m	1,5 m (5 ft)
3.865,50 a 3.870,00 m	4,5 m (15 ft)
3.875,00 a 3.882,00 m	7,0 m (23 ft)
3.913,00 a 3.934,00 m	21,0 m (69 ft)
3.948,50 a 3.951,00 m	2,5 m (8 ft)
3.953,00 a 3.957,00 m	4,0 m (13 ft)
3.959,00 a 3.971,00 m	12,0 m (39 ft)
3.985,00 a 3.987,00 m	2,0 m (7 ft)
3.989,00 a 3.997,00 m	8,0 m (26 ft)
4.000,00 a 4.008,00 m	8,0 m (26 ft)
4.018,00 a 4.029,50 m	11,5 m (38 ft)
Total a punzar :	89,0 m
Total de espaciadores :	87,5 m

Procedimientos

1. Medir y enumerar todos los cañones y accesorios de la completación que van a ser bajados. Depositarlos en un lugar seguro en la locación y en orden de bajada. Todas las medidas deben ser verificadas.
2. Enroscar los elevadores a los cañones que se bajarán primero y mantener colocados con su protector de acero al resto. Sólo se colocará la Cabeza de Disparo TDF de 3 3/8" cuando el cañón este elevado en boca de pozo.
3. Realizar reunión de seguridad con todas las personas involucradas en la operación antes de levantar los cañones para bajarlos al pozo. Solamente personal de la compañía de punzamiento será responsable de las conexiones en boca de pozo.
4. Rever cálculos de las cabezas de presión y explicar al jefe de pozo el funcionamiento de las mismas.

5. Se debe conocer el espacio entre el primer disparo y el extremo de conexión del Packer Dual de la Sarta Corta.
6. Bajar la completación dual como es mostrada en la *Figura N° 6*. Los cañones de TCP serán activados por 3 cabezas de disparo. Una primaria de Jabalina (Mechanical Model III, necesita una presión hidrostática mínima de activación de 250 psi = 1.724 kPa), ésta misma es acompañada por una cabeza de disparo por presión TDF (1 11/16”), a este conjunto se le denomina 3 3/8” Multiaction Firing Head. En la parte inferior de los cañones se colocará otra cabeza de disparo actuada por presión TDF 3 3/8”. Las Cabezas de Disparo TDF 1 11/16” y TDF 3 3/8” serán sistemas redundantes y se activarán a la misma presión desde superficie.
7. Bajar guiador, pup joint 2 3/8”, crossover 2 3/8” x 2 7/8” Niple de Producción 2 7/8”, Cabeza de disparo 3 3/8” TDF y cañones de TCP (Sarta Corta) hasta el punto donde está colocado el “Gun Catcher”. Una vez ajustado los cañones, es conveniente levantar los mismos, medirlos y registrar mientras toda la sarta está siendo bajada al pozo.
 Nota: El Gun Catcher previene la caída de algún componente de la Sarta Corta sobre el Packer inferior debido a los efectos de la corrosión futura. Debe tenerse especial cuidado en la orientación de los “Orienting Tandems” (guías) para prevenir que los cañones se giren mientras son bajados al pozo y alguna carga del cañón quede enfrente a los Blast Joints de la Sarta Larga.
 Instalar sobre el espaciador de seguridad, cabeza de disparo 3 3/8” Multiaction Firing Head, 1 Tubing 2 3/8” , BIT 2 3/8” (Niple de Producción balanceado), Crossover 2 3/8” x 3 1/2”, Pup Joint, Niple No-Go “RN”, Tubing Perforado, Pup Joint, Niple Selectivo “R”, Flow Coupling, 1 Tubing 3 1/2”, ”, Swivel, Packer Dual 9 5/8” Cr-13 .
8. Deberá correrse un Gamma Ray – CCL por la Sarta Larga y chequear el primer Marcador Radiactivo por encima del Packer Dual, continuar registrando hasta encontrar la segunda marca radiactiva que está colocada en 3.852,8 m, continuar bajando hasta encontrar la tercer marca radiactiva en aproximadamente en 4.030,0 m. De estar todo correctamente se harán los preparativos para fijar el Packer Dual.
 Nota: Según programa de Completación se probará por circulación si está correctamente enchufado el Stinger de la sarta larga en el Packer Inferior permanente) y también serán corridas carreras de alambre con Check Valve para probar las distintas sartsas con presión (1.000 psi = 6.895 kPa). En estas maniobras deberá tenerse la precaución de mantener circuitos abiertos de circulación en “U”. Cualquier golpe extremo de presión confinada puede activar los sistemas de disparo por presión. La misma precaución deberá tomarse al momento de la fijación del Packer Dual.
9. Una vez fijado el Packer Dual, se abrirá la camisa superior de la Sarta Corta y se colgarán ambas sartsas. Se sacará la BOP e instalará la armadura de surgencia. Desplazar el fluido de terminación de la Sarta Corta y del espacio anular por fluido de empaque (solución de formiato de Sodio, densidad: 1.150 g/l). Luego se desplazará con Nitrógeno (por la Sarta Corta), hasta la profundidad que corresponda al desbalance requerido para el punzado (2.000 psi = 13.789 kPa).
10. Una vez que el pozo esté acondicionado y las lineas listas para recibir la producción, se colocará la jabalina dentro del lubricador para el momento de largarla y punzar. Debe colocarse el detector sónico de disparos para registrar la detonación.

11. Si por alguna razón se observa que los cañones no han detonado por el sistema de jabalina, se llenará la Sarta Corta con fluido de terminación, presurizando hasta provocar el disparo de los cañones. Luego de ser necesario se inducirá surgencia mediante el bombeo de Nitrógeno con un equipo de Coiled Tubing.



Description	I.D. (mm.)	O.D. (mm.)	Length (m.)	Depth (m.)
Marca Radiactiva				
Packer Dual 9 5/8" BHD Cr 13	SL 74 - SC 75	211.00	SL 277 - SC 3.01	
Tubing 3 1/2" (Mas Flow Coupling)				
No-Go "R" (Mas Pup Joint)	58.70	99	0.35	
Tubing Perforado				
No-Go RN (Mas Pup Joint)	51.05	99	0.35	
Swivel	76.00	112	0.50	
Crossover 3 1/2" x 2 3/8"				
Niple de Produccion 2 3/8"				
Tubing 2 3/8"	50.00	76		
Multiaction firing head (TDF / Model III)				
Safety Spacer	N/A	86.00	3.00	
Top Shot (Marca Radiactiva)				3853.00
Perforating Gun 3 3/8" 6 SPF Dual		86.00		
Gun Guide	N/A	204.97		
Blast Joint (ID 76.2 Mm)				
Perforating Gun 3 3/8" 6 SPF Dual		86.00		
Bottom Shot (Marca Radiactiva)				4029.50
TDF firing head (Redundante)				
Guia Dual	N/A	209.55		

Figura N° 6: Herramienta de Punzamiento

Operación:

El Programa realizado para esta operación establecía como condición previa a la bajada de la nueva instalación de producción (con el sistema de punzamiento con cañones TCP direccionales) la remoción de la existente, que incluía un packer permanente, un packer hidráulico dual, tubing y accesorios de producción (ver *Figura N° 2*). Dentro de las contingencias previstas para esta operación, se contempló la imposibilidad de efectuarla. Tal eventualidad se produjo parcialmente, ya que no fue posible (dentro de los límites económicos previamente establecidos) cumplir esa tarea completamente, quedando en el pozo el packer permanente con stinger colocado y una camisa de circulación. La Contingencia fue salvada (de acuerdo a lo programado) con la colocación del nuevo packer permanente aproximadamente 400 m por encima del anterior.

La bajada de la instalación de producción con dos columnas de tubing 3 ½" 9.2# SEC Cr-13, Blast Joints, Packer Hidráulico Dual, Cañones TCP 3 3/8" direccionales y Accesorios de Producción (Niples de Producción, Camisas de Circulación, Expansion Joints, Mandril de Gas Lift, Flow Couplings, etc.), se realizó de acuerdo a lo planeado. Parte de la Planificación mencionada consistió en la confección de una planilla (Tally) detallando todos los elementos que se bajarían en el pozo, los que fueron previamente medidos (OD, ID, longitud, tipo de rosca y características generales) y determinada su ubicación y orden en la bajada (fueron marcados con un número identificadorio). Durante la bajada se controló y registró el torque de todas las uniones. Antes de efectuar la fijación del packer dual, se controló la hermeticidad de ambas columnas mediante la fijación de tapones en Niples de Producción y presurización de las mismas. En estas operaciones, así como en la realizada durante la fijación del packer dual, y en toda aquella que involucrara presión que pudiera afectar a los cañones (de las tres cabezas de disparo, dos eran accionadas por presión), se cuidó de mantener una vía de alivio para la presión que eventualmente pudiera escapar si fallara uno o varios de los elementos colocados en las columnas de tubing para retenerla.

Una vez insertado el stinger (**Columna Larga**) en el packer permanente y fijado el packer hidráulico dual, se verificó la hermeticidad de ambos elementos y se procedió a bajar el nivel de fluido de terminación en la **Columna Corta**, desplazándolo con Nitrógeno a través de una camisa de circulación. A continuación se detonaron los cañones y se abrió el pozo a la antorcha.

Conclusiones

La finalidad del presente trabajo fue exponer la programación y puesta en práctica de una tecnología original (por primera vez aplicada en el país), como es el uso de los Cañones TCP direccionales.

Es análisis de los resultados permite obtener las siguientes conclusiones:

1.- Aplicabilidad de la Tecnología: el uso de cañones TCP direccionales se justifica cuando se cumplen determinadas condiciones, tales como:

1.1.- Existencia de un daño removible durante el punzamiento.

1.2.- Necesidad de punzar con una instalación de producción colocada y que esta sea dual.

1.3.- Imposibilidad (técnica, económica o ambas) de estimular el reservorio por medio de una acidificación después de colocada la instalación de producción.

1.4.- Que las características del reservorio permitan que la reducción del área punzada, no tenga como consecuencia una reducción de la producción esperada.

1.5.- Que no existan impedimentos para la permanencia de los cañones en el pozo luego del punzamiento.

2.- Necesidad de Planificar: la operación de bajada de la instalación de producción dual con cañones TCP direccionales, insumió 142,5 horas. Este tiempo estuvo distribuido entre el montaje del tubing, blast joints, accesorios de producción y cañones (7.900 m y aproximadamente 910 uniones roscadas), las distintas verificaciones parciales y totales de hermeticidad, operaciones de Slickline (colocación y recuperación de tapones y check valves, aperturas y cierres de camisa de circulación), operaciones de bombeo (recambio de fluidos), y posicionamiento y fijación de packer, desmontaje de BOP (Blow Out Preventer) y montaje de Armadura de Surgencia Dual. La multiplicidad y (en algunos casos) la complejidad de las maniobras a realizar requirió la elaboración previa de un Manual Operativo, donde se describieron detalladamente estas maniobras y se previeron todas las posibles contingencias y la forma de abordarlas, además incluía una descripción de todas las herramientas que se bajarían al pozo y aquella información que eventualmente pudiera ser de utilidad en la operación.

En esta planificación intervinieron todas las compañías proveedoras de equipos, materiales y servicios, quienes aportaron sus propios manuales de normas y procedimientos, además (en el caso que fue necesario) los planos de las herramientas que se usarían.

La distribución de roles y responsabilidades que tendría el personal afectado directa o indirectamente a la operación, fue determinada con la suficiente antelación y fueron establecidos los medios de comunicación para cada una de las circunstancias previsibles.

3.- Cálculos previos: muchas de las maniobras llevadas a cabo, requirieron efectuar cálculos para prever:

3.1.- El comportamiento del sistema conformado por las columnas de tubing y accesorios afectados a variaciones de presión interna y externa, temperatura, esfuerzos de tracción y compresión.

3.2.- La detonación simultánea de las cabezas de disparo del sistema de punzamiento.

3.3.- El comportamiento de los packers, en especial del packer dual (hidráulico) en el momento que se produjera la detonación de los cañones, puesto que estos dispararían en una cámara cerrada de dimensiones reducidas en relación con la cantidad de disparos a efectuar (aproximadamente 1.750 disparos).

Resultados: La producción potencial prevista para la formación Huamampampa fue 450.000 m³/día. Luego de punzada esta formación, la producción obtenida fue 410.000 m³/día, lo que representa el 91 % de la producción prevista.