

## **NOTICE CONCERNING COPYRIGHT RESTRICTIONS**

This document may contain copyrighted materials. These materials have been made available for use in research, teaching, and private study, but may not be used for any commercial purpose. Users may not otherwise copy, reproduce, retransmit, distribute, publish, commercially exploit or otherwise transfer any material.

The copyright law of the United States (Title 17, United States Code) governs the making of photocopies or other reproductions of copyrighted material.

Under certain conditions specified in the law, libraries and archives are authorized to furnish a photocopy or other reproduction. One of these specific conditions is that the photocopy or reproduction is not to be "used for any purpose other than private study, scholarship, or research." If a user makes a request for, or later uses, a photocopy or reproduction for purposes in excess of "fair use," that user may be liable for copyright infringement.

This institution reserves the right to refuse to accept a copying order if, in its judgment, fulfillment of the order would involve violation of copyright law.

ANALISIS DE DATOS DE INYECCION DEL POZO O-473 DEL CAMPO  
GEOTERMICO DE CERRO PRIETO.

U. Redona V.  
Comisión Federal de Electricidad  
Coordinadora Ejecutiva de Cerro Prieto  
Mexicali, Baja California, México.

RESUMEN.

Con la finalidad de evaluar al pozo O-473 del campo geotérmico de Cerro Prieto se realizó una serie de Pruebas Transitorias de Presión del tipo inyección-recuperación con gastos de 60, 90, 120- y 255 ton/hr además de una prueba denominada de Inyección de larga duración en la cual se manejó un gasto promedio de 313 ton/hr a una presión de cabezal promedio de 37.86 psig durante una parte de la prueba (20 días) y un gasto de 265 ton/hr y presión de vacío durante el resto de la misma (4 días), habiéndose inyectado un total de 175,751 tons; posteriormente se efectuó otra prueba de inyección-recuperación con gasto de 361 ton/hr con la que se determinó un incremento en el producto-Kh del 74.2% con respecto al correspondiente a la serie de pruebas originales, observándose de dichos resultados la estimulación del pozo y buena capacidad de aceptación que conducen a iniciar la reinyección en frío y sin tratamiento en este pozo.

INTRODUCCION.

En un campo geotérmico en operación comercial, comúnmente se presentan graves problemas con el manejo y disposición de la salmuera de desecho. Existen varias alternativas de solución para la disposición de ésta, de las cuales la reinyección es la que presenta la mayor conveniencia a la vida productiva del campo, siempre y cuando se establezca la estrategia adecuada, puesto que, además de evitar una posible contaminación en las vías de distribución superficial de aguas no geotérmicas que consecuentemente conllevará a un mejor control ecológico en la región, existe la posibilidad de proporcionar, en parte, un restauramiento energético, así como de una recuperación hidráulica del subsuelo. (2 y 3)

Los estudios de reinyección en Cerro Prieto se han estado realizando en pozos que fueron perforados con fines exploratorios, en algunos de los casos y pozos inactivos de observación, posteriormente a su etapa productiva, y con posibilidades de desarrollar la reinyección tanto por su localización, condiciones geológicas del estrato de terminación y condiciones mecánicas de la tubería propia del pozo. Para estos estudios se han realizado dos subdivisiones, denominadas: reinyección en caliente y reinyección en frío. La primera de estas consiste en utilizar salmuera sin tratamiento a temperatura y presión de separación de un pozo productor y la reinyección en frío consiste en utilizar salmuera sin tratamiento a temperatura ambiental contenida en la laguna de evaporación solar y conducida hacia el pozo reinyector por medio de equipo de bombeo.

Las pruebas de reinyección en este campo dieron inicio en agosto de 1977 en el pozo M-9 utilizando salmuera del pozo productor M-29, habiéndose llevado a cabo en este sistema varios periodos de prueba manejando gastos relativamente pequeños (20 a 80 ton/hr) y en general, condiciones de operación limitadas, e impuestas por las condiciones de producción y características del pozo emisor.

De acuerdo a lo anterior y considerando el grave problema que se pudiera ocasionar al tornarse insuficiente la capacidad de almacenamiento de las lagunas de evaporación solar conforme la expansión productiva del campo, se planeó y decidió llevar a cabo un conjunto de pruebas de reinyección en frío con gastos máximos de entre 200 y 300 ton/hr en pozos próximos a la laguna mencionada y a su vez lo suficientemente retirados de la zona de explotación como para provocar una prematura irrupción del frente térmico del fluido inyectado, en esta etapa experimental.

ANALISIS DEL POZO O-473.

Para determinar la capacidad receptora de fluido y condiciones petrofísicas de la formación correspondiente a la zona adyacente al pozo se estableció un programa de análisis, el cual consta de pruebas preliminares y continuos monitoreos de las condiciones termodinámicas y mecánicas del mismo, y que está basado principalmente en las Pruebas de inyección-recuperación.

Las pruebas efectuadas en el pozo O-473 fueron realizadas utilizando una bomba centrífuga y fluido de la laguna mencionada anteriormente.

PRUEBA DE ACEPTACION.

El objetivo de ésta prueba es el determinar las condiciones de recepción de fluido, impuestas por la formación, y de conocer el rango de gastos posibles a manejar durante las pruebas restantes; iniciando la prueba con gastos pequeños el cual es incrementado conforme periodos cortos de tiempo y las condiciones de resistencia a la aceptación, representada en la presión de cabezal.

Durante la prueba en el pozo O-473, se presentó una presión máxima de cabezal de 140 psig misma que descendió hasta cero en un periodo aproximado de 45 min. habiéndose registrado gastos de 38.1 ton/hr hasta 85.8 ton/hr, conforme la variación de presión presentada.

#### PRUEBA DE PERDIDA DE AGUA.

Posteriormente a la prueba anterior (P. acepta -- ción) se realiza la prueba de pérdida de agua la cual consiste en establecer un gasto constante de inyección y efectuar un registro de temperatura ordinario durante la misma, y tiene como objetivo estimar las zonas o estratos receptores de fluido de la formación. En el pozo O-473 no se logró cumplir el objetivo de la prueba, asumiendo se que la inyección se desarrolla por las primeras secciones de tubería ranurada; lo anterior fue considerado en base a los reportes de pérdida de circulación en la historia de perforación del pozo y a las condiciones de inyección presentadas en la prueba de aceptación.

#### PRUEBAS DE INYECCION-RECUPERACION.

Una vez analizados los resultados de las pruebas anteriores se procedió a diseñar y realizar la serie de Pruebas de inyección-recuperación, con la finalidad de determinar los parámetros petrofísicos de las formación en esa zona.(1)

En el pozo O-473 se realizaron cuatro pruebas de este tipo manejando gastos de 60, 90, 120 y 255-ton/hr con periodos de 12 hrs. por etapa de las cuales se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla No. 1.

#### PRUEBA DE INYECCION DE LARGA DURACION.

Esta prueba se desarrolla con la finalidad de establecer las condiciones de inyección del pozo y observar su comportamiento en todos sus aspectos durante la inyección de un gasto mayor en un período de aproximadamente un mes de duración.

De acuerdo a la prueba realizada en el pozo O-473 se observó que conforme el transcurso del tiempo de inyección, fué disminuyendo la presión de cabezal estabilizándose a los 20 días de prueba -- -- -- aproximadamente, para posteriormente mantenerse en presión de vacío durante el resto de la prueba (fig. No.1). Durante el período mencionado el gasto presentó un decaimiento ligero y continuo en su comportamiento hasta el momento en que se presentó la baja repentina de presión. En el período de prueba previo al decaimiento repentino de presión, se manejó un gasto promedio de 313.7-ton/hr a una presión de cabezal promedio 37.86 psig. Posteriormente a las condiciones mencionadas se registró un gasto promedio de 265 ton/hr a una presión de -8.1 psig habiéndose inyectado un total de 175,751 tons durante todo el período de prueba.

#### MONITOREO.

El monitoreo de las condiciones de fondo del pozo se lleva a cabo por medio de una serie de registros de calibración, presión y temperatura y se efectúan al inicio del programa de pruebas a realizar en este. Asimismo, durante las pruebas de inyección de larga duración, periódicamente se llevan a cabo estas series de registros seguidos de una prueba inyección-recuperación, con la fina-

lidad de observar el comportamiento de las condiciones termodinámicas y mecánicas del pozo, así como la evolución de las condiciones petrofísicas de la formación, provocada por la inyección. También durante esta prueba se efectúan monitoreos de las condiciones de inyección en superficie tales como: gasto, presión de cabezal y muestreos del fluido de inyección para análisis químico.

#### CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas correspondientes al procedimiento de evaluación aplicado en el pozo O-473, se infiere lo siguiente:

- El pozo presenta muy buenas características de aceptación, ya que ofrece una mínima resistencia a la recepción de fluido que, posteriormente a un corto período de tiempo se convierte en una resistencia nula, alcanzando presiones máximas de vacío de hasta -10.8 psig (fig. No.1).
- Se observa claramente la estimulación del pozo, de acuerdo a los comentarios anteriores y al incremento del 74.2% del producto Kh, de las pruebas de inyección-recuperación realizadas previamente y posteriormente a la prueba de inyección de larga duración (tabla No.1).
- Se llevará a cabo la experimentación de la reinyección en frío con salmuera de la laguna de evaporación solar y utilizando solamente el potencial ofrecido por la presión atmosférica.
- Será conveniente efectuar un riguroso y detallado monitoreo de las condiciones de fondo del pozo tanto químicas como petrofísicas, así como mecánicas del mismo, con la finalidad de evitar cualquier posible daño al sistema, además de optimizar las variables de operación del mismo.
- Asimismo durante la reinyección en frío se llevará a cabo un monitoreo periódico de las condiciones químicas y termodinámicas de fondo y superficie de los pozos inactivos y productores circunvecinos al pozo reinyector.

#### REFERENCIAS.

- 1.- Bourdet, D., Ayoub, J.A. and Pirard, Y.M.: Use of the pressure derivative in well test interpretation, paper SPE12777 presented at the California regional meeting, april, 1984.
- 2.- Horne, R.N., 1984 Reservoir engineering aspects of reinjection: prepared for seminar on utilization of geothermal energy for electric power - production and space heating, Florence, 1984.
- 3.- Vetter, O., Injection, injectivity and injectability in geothermal operations. Geothermal resources council, transactions, sept/1979.

TABLA No. 1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS INYECCION-RECUPERACION REALIZADAS EN EL POZO O-473.

No. DE PRUEBA	GASTO PROMEDIO (Ton/Hr)	TIPO DE PRUEBA	PRODUCTO Kh (md-m)	S ( adim )
1	59.6	INyec.	658.3	3.3
1	59.6	REcUP.	2478.2	2.9*
2	89.3	INyec.	1856.6	1.07
2	89.3	REcUP.	4119.3	5.42
3	120.5	INyec.	3209.9	3.14
3	120.5	REcUP.	3914.5	3.11*
4	255.3	INyec.	- -	- -
4	255.3	REcUP.	2703.5	-1.46
5	361.1	INyec.	- -	- -*
5	361.1	REcUP.	5566.1	-4.6*

- VALORES DEL PRODUCTO Kh CONSIDERADOS PARA LA ESTIMACION DE UN VALOR PROMEDIO.
- PRUEBA DE INYECCION-RECUPERACION EFECTUADA POSTERIORMENTE A LA PRUEBA DE INYECCION DE LARGA DURACION.

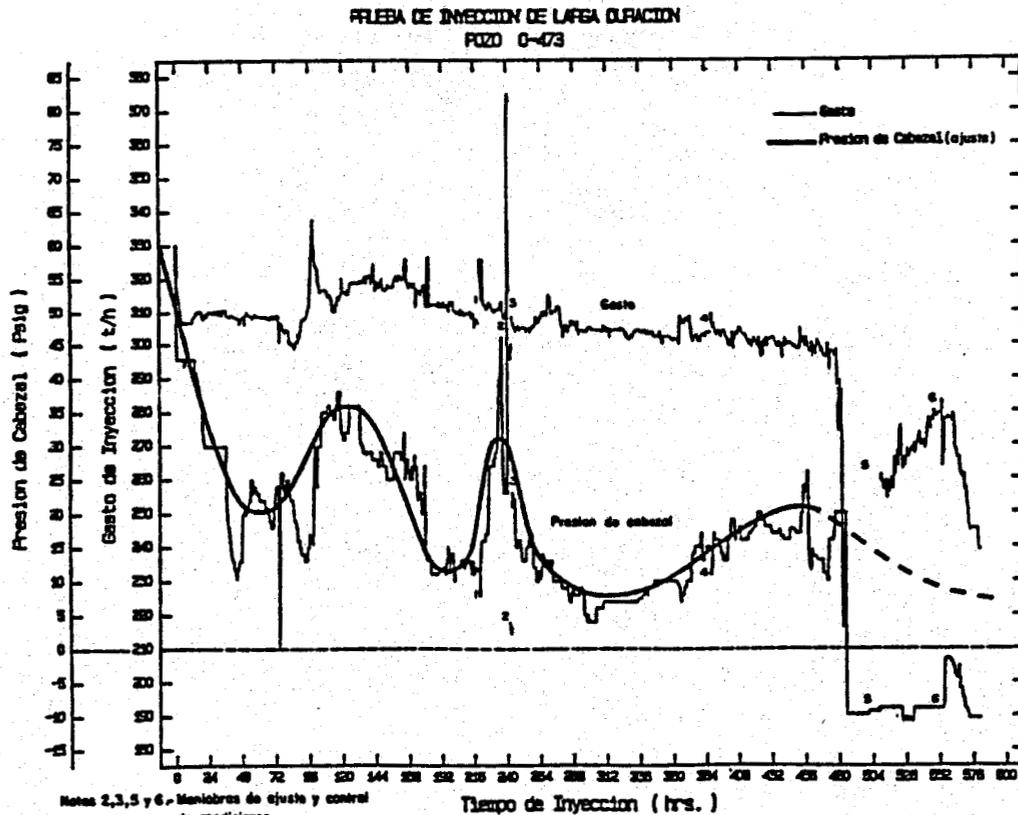


FIGURA No. 1