

Geomizer®: Simulador geotérmico para optimizar la operación en campos geotérmicos con problemas potenciales de incrustación

Samuel Mendoza

Nalco Company, Illinois, EUA. Correo: smendoza@nalco.com

Resumen

Geomizer® (*Geothermal Optimizer*) es una aplicación desarrollada para la industria geotérmica que permite modelar e identificar rápidamente el potencial de formación incrustante en procesos geotérmicos. Con esta herramienta se puede recomendar la mejor solución costo-efectiva para resolver los problemas identificados y lograr una operación confiable que reduzca las interrupciones no programadas, abatiendo los costos totales de operación. El Geomizer® puede ser configurado para cualquier arreglo de plantas geotermoeléctricas que van desde uno o varios pozos productores, pozos de reinyección, y/o circuitos con plantas de ciclo binario. El programa es suficientemente flexible para seleccionar el programa de tratamiento más efectivo que permita manejar las necesidades de cambios de operación en la planta. En este trabajo se presentan cuatro casos de estudio en los que mediante el Geomizer® se logró diseñar, validar y/o recomendar un programa de tratamiento químico para prevenir problemas de incrustación de sílice y calcita, así como definir las mejores condiciones operacionales para mantener la confiabilidad, eficiencia y productividad de sistema de producción geotérmico.

Palabras clave: Operación de campo, incrustación de sílice y calcita, inhibición, programa de simulación.

Introducción

Debido a la naturaleza química de los fluidos en los pozos geotérmicos siempre ha sido un reto para los encargados del desarrollo de nuevos campos y de la operación de unidades comerciales predecir las características incrustantes que pueden presentarse en pozos productores, pozos de reinyección, mezclas de fluidos individuales (dónde el potencial incrustante de la mezcla aumenta), y unidades de ciclo binario.

En una encuesta realizada entre nuestros clientes se concluyó que los simuladores disponibles actualmente en el mercado requieren largo tiempo para llevar a cabo la simulación. Además, estas resultan tediosas, y se basan principalmente en las especies conocidas.

Con el objetivo de tener una herramienta de simulación para campos geotérmicos que permita realizar corridas de una manera más amigable, sencilla, rápida y precisa se desarrolló el simulador llamado Geomizer®. Este simulador utiliza la información mecánica, operacional y química del campo para determinar las condiciones óptimas de operación que prevengan problemas de incrustación, para garantizar así la disponibilidad, eficiencia y producción al mínimo costo total de operación.

El Geomizer® tiene la habilidad de enlazar las diferentes corrientes presentes en un campo geotérmico calculando el Índice de Incrustación en cada punto del proceso. Con esta información el simulador selecciona la mejor opción para prevenir la incrustación según las especies químicas presentes. El simulador permite diseñar el modelo considerando procesos múltiples con base en el diagrama real de la planta, incluyendo mezclas de corrientes, identificando y cuantificando problemas potenciales a lo largo del proceso.

El Geomizer[®] también permite evaluar el impacto debido a cambios operacionales y químicos de la planta, como por ejemplo, cambios en los pozos productores, cambio en la presión de operación del separador y cambios en la temperatura del intercambiador de calor en una planta binaria, apoyando en la selección de los ajustes químicos requeridos, lo que incluye modificación del pH/alcalinidad y selección del mejor programa y dosificación del inhibidor de incrustaciones.

El Geomizer[®] fue desarrollado por el área de Investigación y Desarrollo para la Industria de Generación Geotermoeléctrica de la compañía Nalco, considerando las mejores herramientas de simulación e incorporando las experiencias y mejores prácticas adquiridas a través del servicio a clientes en la industria geotérmica alrededor del mundo por más de 30 años. La filosofía del programa permite enlazar las diferentes operaciones unitarias presentes en la planta, comenzando con el pozo de producción, y siguiendo a las subsecuentes operaciones unitarias utilizando las características químicas calculadas en el sistema anterior como entrada a la siguiente etapa, minimizando así los requerimientos de entrada de datos. El programa utiliza algoritmos específicos para calcular el impacto en mezclas, y la determinación del inhibidor de incrustaciones, así como la dosis óptima basada en cálculos asociados a los Índices de Saturación para todas las especies posibles, de acuerdo a la composición química del fluido geotérmico en el pozo productor.

El Geomizer[®] puede utilizarse para:

- Optimizar nuevos diseños en campos existentes o en campos nuevos.
- Reducir el tiempo y costo para verificar el impacto de la química en mezclas de pozos de plantas nuevas.
- Optimizar la operación conociendo la composición química de los fluidos de los pozos productores y reinyectores y/o sus mezclas.
- Definir parámetros de operación para maximizar el Retorno de Inversión (ROI) y garantizar una operación confiable y eficiente, maximizando la generación eléctrica con el mínimo costo total de operación.

A continuación se presentan cuatro casos de estudio utilizando el Geomizer[®].

Caso 1. Incrustación de sílice en una planta de ciclo binario en Nueva Zelanda

Se trata de un productor geotermoeléctrico en un campo de Nueva Zelanda, con problemas de incrustación de sílice en una planta de ciclo binario.

Datos básicos

- Tipo de planta: dos plantas binarias en paralelo usando la salmuera del Separador de Baja Presión (BP).
- Flujo de salmuera a las plantas binarias: 2500 toneladas por hora (t/h).
- Temperatura de entrada a la planta binaria: 132°C.
- Temperatura de salida de la planta: 87°C
- Problema: Incrustación de sílice en los intercambiadores de calor
- Impacto: 1 MWh de pérdida de producción por cada planta, es decir un total de 2 MWh. Necesidad de lavado ácido con ácido fluorhídrico (HF).

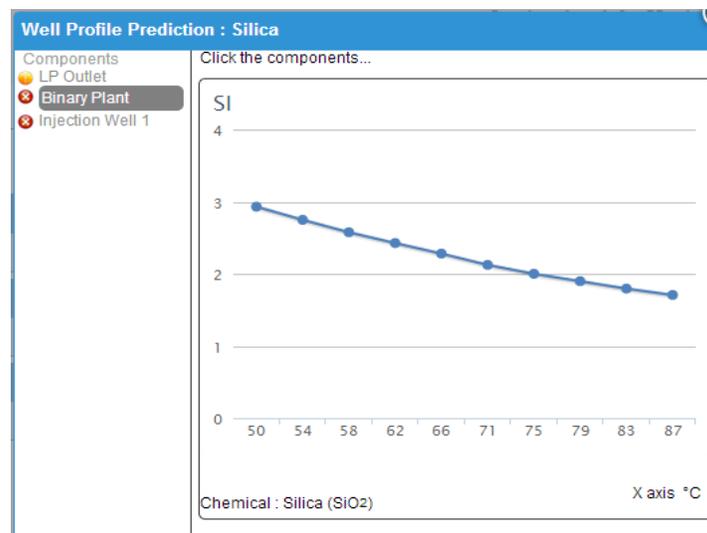
Solución

Se hizo un levantamiento MOC (Mecánico, Operacional y Químico) para diseñar el modelo de la planta en el Geomizer[®] y hacer las corridas de simulación. Estas corridas fueron las siguientes.

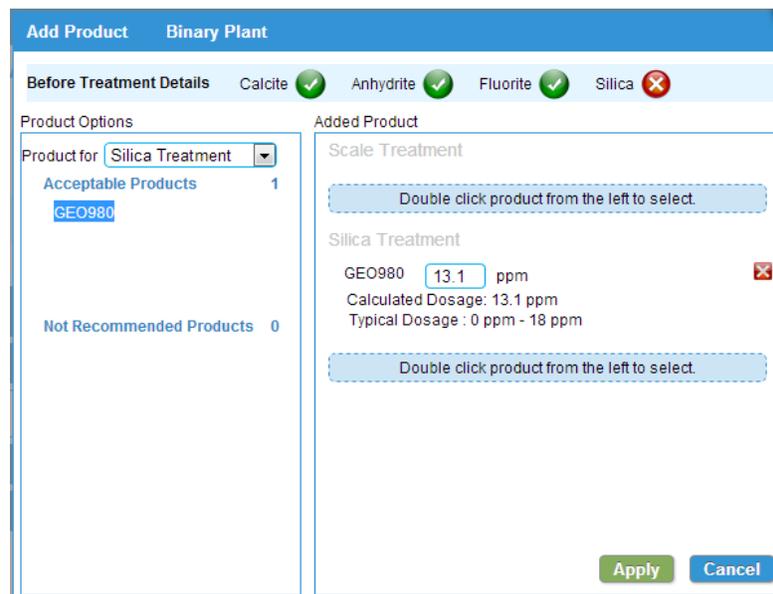
1. Identificación de problemas de incrustación. Como se observa en la imagen siguiente el simulador calcula que no hay problemas (color verde) para los casos de la calcita, la anhidrita y la fluorita, mientras que para sílice predice problemas de incrustaciones (color rojo) en la planta binaria y en el pozo de inyección, tal como ocurría en la vida real.

1. Scenarios		2. Plant Configuration		3. MOC Data Input		4. Analysis Result		5. Product Selection	
Calculated Parameters									
Components		Scale					Silica SiO ₂	Others	
		Calcite CaCO ₃	Anhydrite CaSO ₄	Fluorite CaF ₂					
Production Well	1	✓	✓	✓		⚠		⚠	
LP Outlet		✓	✓	✓		⚠		⚠	Details
Binary System	1	✓	✓	✓		✗		⚠	
Binary Plant		✓	✓	✓		✗		⚠	Details
Injection Well	1	✓	✓	✓		✗		⚠	
Injection Well 1		✓	✓	✓		✗		⚠	Details

2. Curva de Índice de Saturación de Sílice. El Geomizer[®] predice un Índice de Saturación de 1.70 para la sílice a la temperatura de 87°C (ver imagen abajo). Este valor es exactamente igual al calculado anteriormente utilizando otros simuladores tradicionales pero en un tiempo de 6 horas.



3. Recomendación de Programa Químico. De acuerdo a la simulación y a la experiencia de Nalco en el control de incrustaciones de sílice, el Geomizer[®] selecciona el programa químico y la dosis requerida para solucionar el problema y evitar paradas no programadas. El producto seleccionado en este caso fue el GEO980 con una dosis de 13.1 ppm (ver imagen abajo).



Ventajas

El Geomizer® tiene una capacidad de simulación rápida y confiable, pues la simulación total del problema requiere alrededor de 30 minutos contra las seis horas de otros simuladores. Adicionalmente, los simuladores tradicionales son generalmente más complejos y arrojan resultados no fácilmente interpretables. El Geomizer® está diseñado específicamente para ambientes geotérmicos, la interfaz con el usuario es simple e intuitiva y puede modelar desde un pozo sencillo hasta un proceso completo.

El este caso concreto, implicó un ahorro potencial al prevenir las posibles pérdidas de producción de unos 600 mil dólares al año.

Caso 2. Incrustación de calcita en pozos de producción de un campo de Nueva Zelanda

Se trata de otro productor geotermoeléctrico en otro campo de Nueva Zelanda con problemas de incrustación de calcita en un pozo productor.

Datos básicos

- Tipo de planta: planta a condensación (tipo flash).
- Problema: incrustación de calcita en un pozo productor.
- Impacto: Reducción en la producción de vapor. Necesidad de lavado con agua a alta presión (*jetting*).

Solución

Se hizo el mismo levantamiento MOC (Mecánico, Operacional y Químico) ya mencionado. Las corridas de simulación fueron las siguientes.

1. Identificación de problemas de incrustación. Como se observa en la imagen de abajo, en este caso el simulador estima problemas (color rojo) para calcita en el pozo de producción. Otras especies como anhidrita, fluorita y sílice no presentan potencial incrustante (color verde).

1. Scenarios		2. Plant Configuration		3. MOC Data Input		4. Analysis Result		5. Product Selection	
		Calculated Parameters							
Components		Scale							
		Calcite CaCO ₃	Anhydrite CaSO ₄	Fluorite CaF ₂	Silica SiO ₂	Others			
Production Well	1	✗	✓	✓	✓	✓	✓	⚠	
Production Well 1		✗	✓	✓	✓	✓	✓	⚠ Details	

2. Curva de Índice de Saturación de Calcita. El Geomizer[®] predice un potencial incrustante para la calcita al estimar un Índice de Saturación >1.0.
3. Recomendación de Programa Químico. De acuerdo a la simulación y a la experiencia de Nalco en el control de incrustaciones de calcita, el Geomizer[®] selecciona como producto de control el Nalco 60123 y recomienda una dosis de 0.4 ppm (ver imagen abajo).

1. Scenarios		2. Plant Configuration		3. MOC Data Input		4. Analysis Result		5. Product Selection		
		Calculated Parameters								
Current Status	1 ✗	0 ⚠	0 ✓	With New Treatment	0 ✗	0 ⚠	1 ✓			
Production Well										1
Production Well 1	✓	Add Product								
Scale Treatment	✓	Product	60123	Silica Treatment	✓	Product				
		Dosage	0.4 ppm			Dosage				

Resultados

Se implementó la aplicación con el inhibidor de calcita y después de seis meses de operación la producción de vapor se había mantenido estable. Se estima un ahorro potencial en la reducción de costos totales de operación de unos 600 mil dólares por año.

Caso 3: Incrustación de calcita y de sílice en un pozo de producción un campo geotérmico de América Central

Se trata de un productor de energía geotérmica en un campo geotérmico de Centroamérica.

Datos básicos

- Tipo de planta: planta a condensación (tipo flash) (ver Figura 1).
- Problema identificado: potencial incrustante de calcita y sílice en un pozo productor. La sílice se incrustaría después del separador, en las tuberías o en el pozo inyector.
- Impacto: Pérdidas de producción de vapor, y de presión y capacidad en tuberías de reinyección.

Solución

Se hizo el levantamiento MOC (Mecánico, Operacional y Químico), con las mismas corridas de simulación, a saber:

1. Identificación de problemas de incrustación. Como se observa en la imagen de abajo el simulador pronostica problemas (color rojo) para calcita y sílice en el pozo de producción.
2. Curva de índices de saturación. El Geomizer[®] predice para este caso un potencial incrustante para la calcita en el pozo productor, y para la sílice cuando la temperatura descienda de 160°C (índice >1.0), lo cual ocurrirá después del separador flash (ver Fig. 1), tal como se observa en las imágenes siguientes.

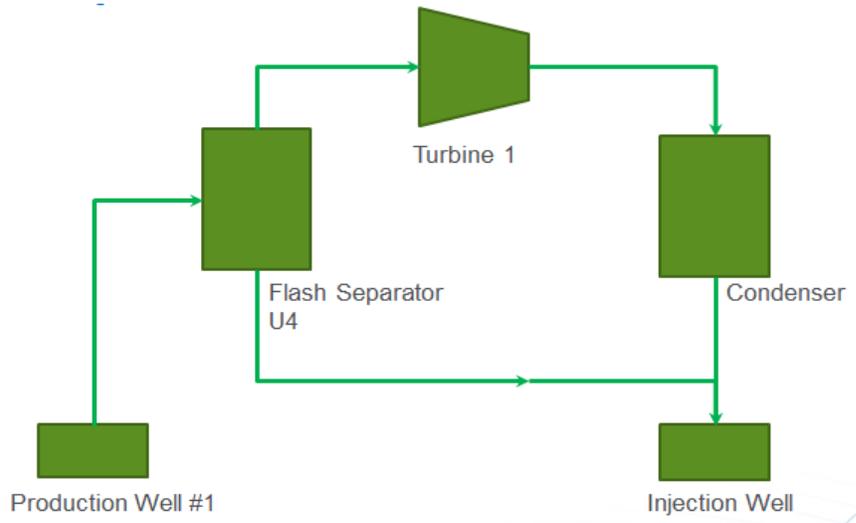
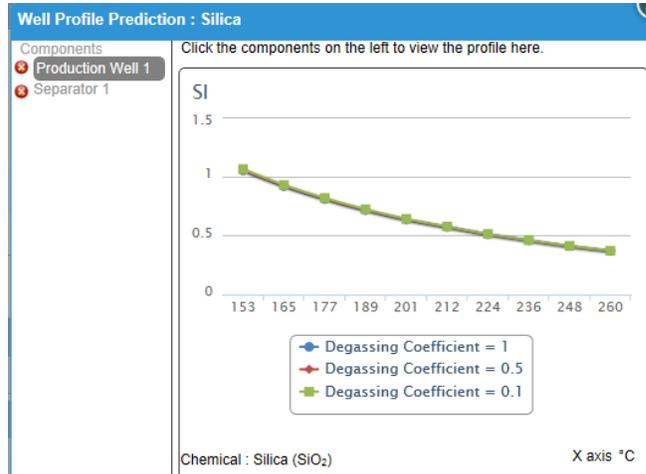
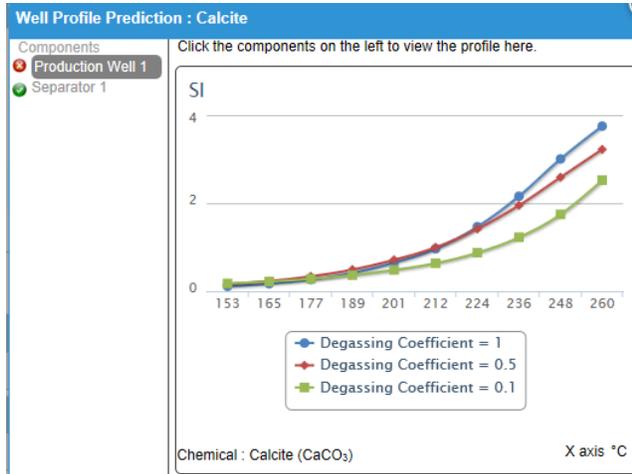


Fig. 1. Diagrama de la planta.



3. Recomendación de Programa Químico. El Geomizer[®] seleccionó en este caso el inhibidor de calcita GEO903 con dosis de 0.5 ppm y el inhibidor de sílice GEO980 con dosis de 1.2 ppm.

Resultados

El operador de la planta decidió comenzar con la aplicación del inhibidor de sílice. Los valores de incrustación disminuyeron de un promedio de 20 mg/día sin inhibidor a 6.8 mg/día utilizando la dosis recomendada por el Gemizer[®] de 1.2 ppm de GEO980. Se continúa tratando de optimizar la aplicación, y se monitorea el depósito de calcita junto con los parámetros operacionales en el pozo productor.

Caso 4: Incrustación potencial de sílice en intercambiadores de calor de una planta de ciclo binario en el sur de California

Se trata de un productor geotermoeléctrico de un campo ubicado al sur de California, EUA.

Datos básicos

- Tipo de planta: planta de ciclo binario de Ciclo Rankin Orgánico (OEC).
- Problema Identificado: potencial incrustante de sílice en intercambiadores de calor.
- Situación: A la fecha la planta utiliza exitosamente el inhibidor de sílice GEO980 a una dosis de 1.8 ppm en tres de los intercambiadores de calor, y a una dosis de 2.5 ppm en la cuarta unidad con éxito. Esta dosis fue sugerida por la simulación realizada con el Geomizer®.

Validación

El operador de la planta decidió reducir la dosis del inhibidor GEO980 a 1.2 ppm, menor que la dosis recomendada por el simulador. Los intercambiadores de calor presentaron signos de incrustación en muy corto tiempo, por lo que la unidad tuvo que ser detenida para limpieza química. Después reanudo operaciones a la dosis recomendada por el Geomizer®. Los intercambiadores fueron inspeccionados un año después y se encontraron en perfectas condiciones.

Conclusiones

El Geomizer® es una nueva herramienta desarrollada específicamente para los procesos y problemas asociados en los campos geotérmicos. El resultado de las simulaciones depende del nivel de precisión en los datos utilizados para crear el modelo, por lo cual es muy importante trabajar con los responsables del campo para obtener información confiable sobre la composición química de los fluidos, y las condiciones operacionales de flujo, presión y temperatura del proceso. Hasta la fecha las corridas de validación han sido exitosas, corroborándose problemas ya conocidos de incrustación y permitiendo desarrollar una estrategia operacional, mecánica y química que garantice la máxima producción de vapor y energía eléctrica, así como la protección de los equipos, y la consiguiente reducción de los costos totales de operación.

Bibliografía

- Gill, J., and G. Jacobs, 2011. Development of New Silica Inhibitor – Laboratory and Field Study. *Geothermal Resources Council Transactions*, Vol. 35.
- Gill, J., 2008. Scale Control in Geothermal Brines – New Inhibitors for Calcium Carbonate and Silica Control. *Geothermal Resources Council Transactions*, Vol. 32.
- Nalco Company, Case Study #1 Geomizer, 2013. Nalco Geomizer simulation tool rapidly identifies scale potential to help prevent significant production loss at geothermal power plant in New Zealand.
- Nalco Company, Case Study #2 Geomizer, 2013. Nalco Geomizer enhances scaling issue identification process to reduce total cost of operation.

Nalco Company, 2013. Geomizer Users Manual V1.0.1.