



# Instrucciones de aplicación



## Tabla resumen de la aplicación PetroCleanze

La siguiente tabla es una guía de referencia rápida que proporciona solo la información más relevante. Revise detenidamente todo el documento, así como las fichas de datos de seguridad de los productos, antes de cualquier aplicación. Póngase en contacto con el servicio de asistencia técnica de REGENESIS para obtener más asistencia.

<b>Componentes</b>	<p>PetroCleanze es un producto de dos componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RegenOx Part A</b> (oxidante; polvo blanco soluble)</li> <li>• <b>PetroCleanze</b> (catalizador; gel líquido verde/ marrón).</li> </ul> <p>La proporción suele ser de 1 kg de PetroCleanze por 1 kg de Part A, pero puede variar (se recomienda discutir la proporción con REGENESIS)</p>
<b>Posibles métodos de aplicación</b>	Empuje directo (direct push); En pozos; En puntos fijos con válvulas; En excavación
<b>Número de campañas de inyección</b>	Normalmente se requieren más campañas. Distancia típica entre campañas: desde 1-2 semanas hasta 1 a 2 meses, según las condiciones. Se recomienda discutir la estructura y dosis de las campañas con REGENESIS
<b>Factor de dilución típico y actividad de mezcla - Empuje directo, puntos con válvulas y excavación</b>	<p><b>Factor de dilución típico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Part A y PetroCleanze se pueden mezclar juntos</li> <li>• 5% sobre el peso de Part A (discutir con REGENESIS factor de dilución exacto)</li> <li>• 1 kg de Part A en 20 litros de agua</li> </ul> <p><b>Mezcla:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar polvo de la Part A al tanque ya lleno de agua</li> <li>• Mezclar bien hasta que esté completamente disuelto</li> <li>• Agregar un poco de agua al cubo del PetroCleanze y mezclar, para que el gel sea más fluido</li> <li>• Agregar PetroCleanze solo después de que la Part A esté completamente disuelta</li> <li>• Seguir mezclando durante el proceso de inyección</li> </ul>
<b>Factor de dilución típico y actividad de mezcla - En pozo</b>	<p><b>Factor de dilución típico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Part A y PetroCleanze deben aplicarse por separado</li> <li>• 5% para la Part A y PetroCleanze (discutir con REGENESIS factor de dilución exacto)</li> <li>• 1 kg de PetroCleanze en 20 litros de agua</li> <li>• 1 kg de Part A en 20 litros de agua</li> </ul> <p>Mezcla (repetir por separado para cada componente, primero PetroCleanze y luego la Part A alternando un lavado del pozo con agua limpia):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar el componente al tanque ya lleno de agua</li> <li>• Mezclar bien hasta completar la solución/ homogeneización</li> <li>• Seguir mezclando durante el proceso de inyección</li> </ul>
<b>Bomba de inyección recomendada</b>	Bomba de diafragma
<b>Presión de inyección recomendada</b>	Inyección de baja o media presión. Normalmente de 1 a 5 bares. Ajustar la presión con el regulador de presión. Tomar nota de la presión y el caudal de cada paso, y de los niveles piezométricos en los puntos de inyección (si son pozos) y en los pozos/ piezómetros cercanos
<b>Inyección de empuje directo</b>	Se recomienda la punta retráctil; punta activada por presión como alternativa. Pasos de inyección típicos cada 30 cm. Definir en el campo si usar la secuencia de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba. Inyección de una única solución que contiene las dos partes (ver puntos anteriores)

<b>Aplicación en pozo</b>	<p>Aplicar PetroCleanze primero; lavar con agua limpia; luego aplicar la Part A. Inyección a presión; NO alimentar por gravedad.</p> <p>Usar obturador inflable simple o doble. Lavar bien con agua limpia después de aplicar cada parte del producto (al menos 2 veces el volumen del pozo - verificar los volúmenes con REGENESIS). Es de esperar una reducción en la eficiencia del pozo, debido a los residuos sólidos</p>
<b>Aplicación en puntos fijos con válvulas</b>	<p>Esperar a que el cemento en los puntos madure antes de realizar inyecciones (al menos 2-4 semanas). Utilizar un obturador inflable doble para aislar grupos de válvulas individuales. Inyección de una única solución que contiene las dos partes (ver puntos anteriores)</p>
<b>Aplicación en excavación</b>	<p>Mezclar con agua antes de la aplicación.</p> <p>Colocar en el fondo de la excavación.</p> <p>Mezclar bien con el suelo en la base de la excavación con una excavadora, para facilitar el contacto</p>
<b>Recomendaciones adicionales</b>	<p>Lavar y limpiar siempre los equipos con agua limpia.</p> <p>Sellar los puntos de inyección de empuje directo después de la inyección</p>
<b>Actividades de bombeo y extracción</b>	<p>Utilizar una bomba o un camión vacío u otro sistema de extracción.</p> <p>Regla de oro: extraer al menos 3-5 veces los volúmenes inyectados.</p> <p>Evaluar las actividades de bombeo observando regularmente el pH, la acumulación de LNAPL y el color de agua subterránea. Las actividades de recuperación física de los contaminantes desorbidos pueden comenzar de 1-3 días a 5-7 días después de las inyecciones, dependiendo de la respuesta del sistema. Permitir flexibilidad en los tiempos y volúmenes de extracción</p>
<b>Monitoreo recomendado</b>	<p>Después de cada evento de inyección, monitoreo de campo frecuente (aproximadamente 3 veces por semana) del pH, el aumento de LNAPL y el color del agua para tomar decisiones sobre las actividades de extracción. Normalmente, seguimiento mensual después de la última campaña de inyección. El período de seguimiento suele ser de 2 a 3 meses. Se recomienda el seguimiento entre campañas de inyección (después de completar las actividades de extracción y antes de la inyección de la próxima campaña).</p> <p>Parámetros: contaminantes de interés. Pruebas de soporte: O<sub>2</sub>, redox, pH, conductividad eléctrica</p>

## Instrucciones de aplicación

PetroCleanze® es un compuesto de dos componentes, que incluye el activador PetroCleanze (una formulación modificada de RegenOx® Part B), para ser aplicado en combinación con RegenOx® Part A (oxidante alcalino sólido a base de percarbonato de sodio). El activador PetroCleanze (también llamado PetroCleanze) es un gel líquido espeso de color verde/ marrón clasificado como corrosivo de Clase 8 que se envasa en cubos de 18,1 kg, mientras que RegenOx Part A es un polvo blanco seco clasificado como oxidante de Clase 5.1 que se envasa en sacos de 18.1 kg.

PetroCleanze está formulado para aumentar la viabilidad y la eficiencia de las técnicas de extracción forzada, como la extracción de doble fase, la extracción por vacío mejorada y los sistemas de bombeo (Pump & Treat). La aplicación subterránea de PetroCleanze se realiza comúnmente mediante inyección de empuje directo o mediante pozos de inyección o puntos fijos con válvulas o en excavación, generalmente durante varias campañas de inyección con los correspondientes eventos de bombeo de agua subterránea para eliminar la contaminación desorbida. El programa recomendado de inyección y extracción será especificado por REGENESIS durante la fase de dimensionamiento.

El compuesto no representa un riesgo para las estructuras y los servicios subterráneos, lo que lo hace adecuado para su uso en sitios operativos con una gran red de servicios subterráneos.

Las fichas de datos de seguridad (SDS) para la Part A y el PetroCleanze se proporcionan junto con cada envío de material; el usuario debe leerlas y comprenderlas detenidamente para asegurarse de que PetroCleanze se manipule y almacene adecuadamente y de que se utilice el equipo de protección personal adecuado. Se asume que el usuario está adecuadamente formado y es competente en la materia y que ha realizado una evaluación completa y específica de los riesgos para la salud, seguridad y medio ambiente de las obras a realizar.

## Actividad previa a la aplicación

Antes de aplicar PetroCleanze, REGENESIS recomienda realizar una prueba de inyección preliminar en el área de inyección con agua limpia. Este procedimiento es útil para determinar la cantidad de líquido que el área de tratamiento puede aceptar y proporcionará información valiosa sobre el caudal y la presión que se utilizarán al aplicar el producto. Se recomienda que el volumen de la prueba de inyección de agua sea entre un 15% y un 20% más que el volumen previsto en un solo punto de inyección; por ejemplo, si el proyecto especifica un volumen de PetroCleanze de 1000 litros por punto, la inyección de prueba de agua debe apuntar a inyectar 1150-1200 litros. Generalmente, se considera adecuada una bomba capaz de suministrar hasta 30-50 litros/minuto y hasta una presión de aproximadamente 6-8 bares. La prueba de inyección debe realizarse con los mismos métodos de aplicación que para los reactivos.

RegenOx Part A es un polvo fácil de manipular, teniendo cuidado de minimizar la formación de polvo; el complejo activador en gel PetroCleanze es generalmente fácil de manipular, pero puede ser viscoso, especialmente a bajas temperaturas. Es posible aumentar la fluidez del producto para sacarlo del cubo agregando una pequeña cantidad de agua llenando el cubo del PetroCleanze cerca de la cresta y mezclando usando un taladro con un dispositivo mezclador o manualmente con una paleta, asegurándose de mover cualquier producto depositado en el fondo del cubo. Una vez que se ha sacado el producto del cubo, es necesario agregar una pequeña cantidad de agua para lavarlo y asegurarse de que se haya usado todo el producto.

## Mezcla y aplicación de empuje directo

Cuando se inyecta el compuesto en modo de empuje directo (direct push), RegenOx Part A y PetroCleanze se pueden mezclar con agua en el mismo tanque de mezcla y co-inyectarse. Generalmente, una concentración de RegenOx Part A entre 4% y 6% es óptima. Tenga en cuenta que la dosis de RegenOx Part A y PetroCleanze puede variar entre las diferentes campañas de aplicación. En este caso, REGENESIS lo destacará durante la fase de dimensionamiento de la intervención.

PetroCleanze y RegenOx Part A se mezclan rápidamente en agua cuando se dosifican en el rango de solución recomendado. REGENESIS recomienda agregar el polvo RegenOx Part A lentamente a la cantidad requerida de agua y mezclar usando un equipo de tamaño apropiado para asegurar una mezcla completa en todo el tanque. La solución debe mezclarse en tanques de tamaño adecuado. Idealmente, el tanque debe ser cónico o de fondo plano para permitir una mezcla completa y no tener depósitos de sólidos sin disolver. REGENESIS no recomienda depender de la recirculación para mezclar el compuesto, aunque este método puede ayudar al proceso de mezcla.

Una vez que la Part A se haya disuelto en agua, PetroCleanze se puede verter directamente del cubo en el tanque y luego mezclar bien. Cualquier residuo que quede en el cubo del PetroCleanze debe eliminarse con agua limpia y un taladro con un dispositivo de mezcla y agregarse al tanque de mezcla. La tabla 1 muestra, en el caso de las inyecciones de empuje directo, las cantidades de agua de dilución y los volúmenes de inyección final utilizando los factores de dilución recomendados.

Solución a preparar (%)	Cantidad de RegenOx Part A (kg)	Cantidad de PetroCleanze (kg)	Volumen de agua de mezcla (L)	Volumen final aproximado (L)
4	18,1	18,1	430	470*
5	18,1	18,1	340	380*
6	18,1	18,1	280	320*

Tabla 1: Cantidades de mezcla del producto para inyecciones de empuje directo

\* El volumen total aumenta como resultado de la adición de los compuestos

Cuando la Part A y el PetroCleanze se mezclan en el mismo tanque, puede ocurrir un ligero fenómeno de floculación y formación de espuma, por lo que se recomienda mezclar continuamente la solución durante el proceso de inyección. Una vez que se ha vaciado el tanque de mezcla, se recomienda usar agua limpia para lavar/ limpiar el tanque para evitar que los sólidos se acumulen con el tiempo. Esto también ayudará a lavar la bomba de inyección, las tuberías y las varillas de inyección de empuje directo. REGENESIS también recomienda lavar todos los equipos con abundante agua limpia al final de cada jornada laboral y al final del trabajo de inyección. No es posible dejar el compuesto ya mezclado en el tanque de mezcla durante períodos prolongados (por ejemplo, durante la noche).

REGENESIS recomienda el uso de puntas perforadas retráctiles o puntas perforadas para la inyección de arriba hacia abajo en lugar de puntas activadas por presión, ya que permiten una mayor facilidad de inyección y una mejor distribución del reactivo. Las varillas de inyección deben empujarse hasta la profundidad de inyección del paso específico y luego debe inyectarse la mezcla; será necesario tomar nota de los caudales y presiones utilizados en cada paso de inyección. Al final de la inyección en el paso, es necesario mover las varillas de inyección y luego continuar con las inyecciones en el siguiente paso, hasta el final de las inyecciones previstas para cada punto. Una vez que se aplica el volumen deseado, se debe usar agua limpia para enjuagar la bomba, el tubo y la punta de inyección y asegurarse de que todo el producto se aplique en la capa de interés. Una vez que se completa la inyección en todo el punto, el punto de inyección debe sellarse adecuadamente con bentonita o cemento. El propósito de esta actividad es aislar las posibles vías a la superficie que pueden causar fugas de producto inyectado y/o agua subterránea. Si la aplicación se basa en una configuración de cuadrícula de puntos, la aplicación debe realizarse trabajando sistemáticamente desde el exterior hacia el centro del área de inyección para minimizar la sobrepresión local del agua subterránea y el desplazamiento de la contaminación. Siempre que sea posible, se debe mantener una distancia adecuada entre los puntos de inyección consecutivos para evitar sobrecargar la formación con el producto inyectado (por ejemplo, inyectar en un punto cada 3 puntos de la barrera o saltar al menos 1-2 puntos en una configuración de cuadrícula).



Fig. 1 RegenOx Part A en el tanque de mezcla



Fig. 2: Punta perforada retráctil (izquierda) y punta perforada para inyección de arriba hacia abajo (derecha) © esp-shop.com



Fig. 3: Punta activada por presión

## Mezcla y aplicación en pozo

REGENESIS recomienda que en general los pozos de inyección sean de PEAD (HDPE) con un diámetro  $\geq 50$  mm, con la sección ranurada colocada exactamente en correspondencia con el nivel de tratamiento y un ancho de las ranuras de 1-0,5 mm. Siempre que sea posible, el sellado del pozo a lo largo de la sección ciega debe consistir en un mínimo de 300 mm de pellets de bentonita, sobre los cuales se aplica una mezcla de arena y cemento para sellar la superficie. Antes de la inyección de cualquier reactivo, REGENESIS recomienda que los pozos de inyección se purguen de cualquier partícula fina presente.

La co-mezcla y la inyección simultánea de RegenOx Part A y PetroCleanze no es posible en absoluto para la aplicación en pozos, debido al riesgo de bloquear las ranuras del pozo con floculado que se puede crear cuando las dos partes se mezclan y reaccionan juntas. Se recomienda aplicar PetroCleanze primero en todos los pozos, luego enjuagar con agua limpia con volúmenes 2-3 veces el volumen del pozo, luego seguir la aplicación de la Part A y enjuagar nuevamente inmediatamente. Generalmente, una concentración de PetroCleanze entre 4% y 6% y RegenOx Part A entre 4% y 6% es óptima. La Tabla 2 muestra cómo obtener estas concentraciones.

Solución a preparar (%)	Cantidad de PetroCleanze (kg)	Cantidad de RegenOx Part A (kg)	Volumen de agua de mezcla (L)	Volumen final aproximado (L)
4%	18,1		430	900*
4%		18,1	430	
5%	18,1		340	720*
5%		18,1	340	
6%	18,1		280	600*
6%		18,1	280	

Tabla 2: Cantidades para la mezcla de PetroCleanze para inyecciones en pozo \* El volumen total aumenta como resultado de la adición de los productos

PetroCleanze debe agregarse lentamente a la cantidad requerida de agua en el tanque de mezcla y agitarse usando un equipo del tamaño adecuado para asegurar una mezcla completa en todo el recipiente. La solución debe mezclarse en tanques de tamaño adecuado. Idealmente, el tanque debe ser cónico o de fondo plano para asegurar una mezcla completa y no tener depósitos de sólidos sin disolver. REGENESIS no recomienda depender de la recirculación para mezclar PetroCleanze, aunque este método puede ayudar al proceso de mezcla. Cualquier residuo que quede en el cubo del PetroCleanze debe eliminarse con agua limpia y un taladro con un dispositivo de mezcla y agregarse al tanque de mezcla. PetroCleanze tiene un color verde/marrón cuando se diluye en agua.

RegenOx Part A se mezcla rápidamente en agua cuando se dosifica en el rango de solución recomendado. REGENESIS recomienda agregar el polvo RegenOx Part A lentamente a la cantidad requerida de agua y mezclar bien. RegenOx Part A tiene un aspecto blanco lechoso cuando se disuelve en agua.

Cada uno de los componentes solo se puede inyectar bajo presión. Se recomienda utilizar obturadores inflables simples o dobles para presionar el pozo.

Después de cada actividad de inyección de cada uno de los componentes, cada pozo de inyección debe enjuagarse con agua limpia. El volumen de agua de lavado debe ser equivalente a al menos 2-3 volúmenes del pozo. Al inyectar el compuesto en el pozo, los pozos de inyección y los piezómetros de monitoreo vecinos deben estar sellados herméticamente o, alternativamente, equipados con un manómetro y una válvula de seguridad. Esto reduce la posibilidad de un cortocircuito del producto a la superficie.

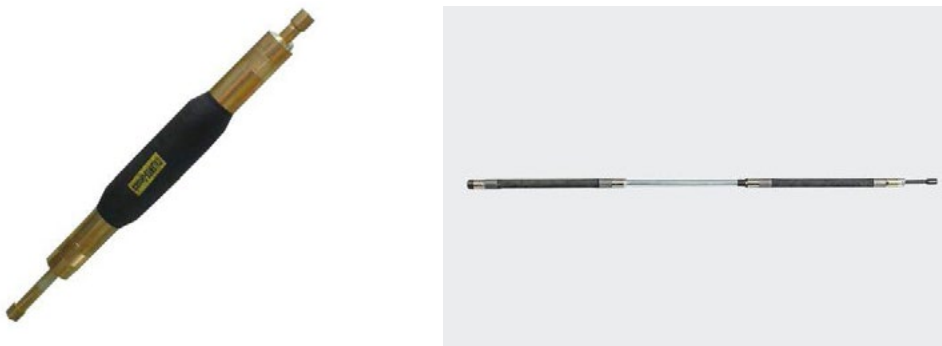


Fig.4: Obturador inflable simple (izquierda) (© italswiss.com) y obturador doble (derecha) (© desoi.it)

## Mezcla y aplicación en puntos fijos con válvulas (tubos de manguito)

Las inyecciones de PetroCleanze también se pueden realizar mediante puntos de inyección multinivel realizados ad hoc que permiten inyectar en el subsuelo mediante válvulas de inyección y no ranuras (parecidos a los tubos de manguito). Consisten en tubos ciegos equipados con válvulas de inyección específicas colocadas a lo largo del tramo de interés; el espacio entre la tubería y el diámetro externo de la perforación se rellena con mezclas de sellado para no crear rutas de migración preferenciales para los productos durante las fases de inyección.

La preparación de la mezcla se lleva a cabo de la misma manera que para las inyecciones de empuje directo: de hecho, es posible mezclar y co-aplicar la Part A y PetroCleanze. Consulte lo que se informa en el párrafo “Mezcla y aplicación de empuje directo” para obtener detalles sobre la actividad de mezcla.

Una vez preparada la mezcla, las inyecciones se realizan a intervalos regulares de profundidad aislados mediante obturadores inflables dobles. En general, se recomienda aislar las secciones de inyección que



que no superen los 1,5-2 m; se recomienda contactar a los técnicos de REGENESIS para definir este parámetro antes de iniciar las actividades. Al final de las operaciones, el punto de inyección debe limpiarse cuidadosamente inyectando agua limpia para eliminar cualquier mezcla residual que pueda incrustar la tubería y dificultar las inyecciones posteriores en el futuro.



Fig.5: Tuberías para puntos fijos con válvulas (izquierda) y obturadores inflables dobles para inyección en puntos fijos con válvulas (derecha)

## Eventos de subida de producto a la superficie

Si se observa una subida superficial excesiva de PetroCleanze y/o agua subterránea durante las obras de inyección, comuníquese con REGENESIS para obtener asistencia técnica.

De forma preliminar, se pueden considerar las siguientes acciones/comprobaciones:

- Para inyecciones de empuje directo:
  - ¿Qué tipo de punta de inyección se utiliza? Generalmente, el uso de una punta retráctil o perforada determina un menor riesgo de que el producto suba a la superficie.
  - ¿PetroCleanze se aplica uniformemente en el espesor vertical de interés? Puede haber capas con diferentes permeabilidades que responden de manera diferente durante las inyecciones.
- Para aplicaciones en pozos:
  - ¿Se inyectaron la Part A y PetroCleanze por separado?
  - ¿Se utilizó suficiente agua de lavado entre la aplicación de la Part A y PetroCleanze y entre las campañas de inyección?
  - ¿Cómo se construyeron los pozos? ¿Se ha realizado un sellado suficiente?
- Verificar que la geología en campo se corresponda con lo esperado, ej. ¿Es la formación permeable como se esperaba?
- Asegurarse de que no se ejecutan inyecciones consecutivas en puntos adyacentes
- Reducir el caudal y la presión de inyección
- Aumentar la dilución (para formar una solución menos reactiva)

## Aplicación en excavación

Para aplicaciones en excavación, RegenOx Part A y PetroCleanze pueden mezclarse con agua en el mismo tanque de mezcla y aplicarse conjuntamente. Generalmente, una concentración de RegenOx Part A de alrededor del 5% se considera óptima. Sin embargo, en el caso de aplicación utilizando un cucharón de excavadora, también se puede utilizar una solución más concentrada, en caso de que se desee limitar la cantidad de líquido a introducir en la excavación. Si es así, comuníquese con REGENESIS para obtener asistencia técnica. Para la preparación de la solución, consulte las instrucciones de mezcla en el párrafo “Mezcla y aplicación de empuje directo”.

Dependiendo del tamaño de la excavación, la aplicación se puede realizar vertiendo la mezcla directamente en la excavación, usando una bomba y mangueras, o usando un cucharón de excavadora. En general, se recomienda proceder de la siguiente manera:

- Lo ideal es dividir la superficie en secciones iguales, dentro de las cuales aplicar una cantidad conocida de producto;
- utilizar una excavadora con un cucharón dentado para mezclar el producto con el suelo en la base de la excavación, teniendo cuidado de no crear una capa superficial de producto sin mezclar, sino de homogeneizarlo tanto como sea posible con el suelo natural presente en el fondo de la excavación;
- proceder a rellenar la excavación inmediatamente después de haber terminado todas las campañas de aplicación y extracción.

## Actividades de extracción/bombeo

Las aplicaciones de PetroCleanze deben ir seguidas de un período en el que los pozos y los piezómetros se controlen periódicamente; indicativamente se puede considerar 3 veces por semana, pero esto depende de las características geológicas y de contaminación (REGENESIS puede recomendar de forma sitio-específica durante la fase de dimensionamiento de la estrategia de remediación). Los piezómetros deben monitorearse con referencia a una disminución en el pH o un aumento en la fase de sobrenadante libre (LNAPL) o un aumento en el olor/ formación de emulsión de agua contaminada.

Cuando ocurre una de estas condiciones, se debe realizar una extracción forzada (por ejemplo, mediante camión vacío o sistema de bombeo/Pump & Treat). Si bien es necesario planificar estas actividades de recuperación antes de la inyección, se recomienda mantener la mayor flexibilidad posible para adaptar las actividades de acuerdo con las evidencias de desorción. Si no se observan cambios en el pH o aumento de LNAPL después de 2 semanas, se debe realizar igualmente una recuperación forzada de líquidos para evitar que el contaminante desorbido vuelva a la fase adsorbida al suelo. Por favor, contacte con REGENESIS en caso de dudas sobre cuándo realizar la actividad de extracción.

Si bien cada sitio requiere un programa específico de actividades, en general se recomienda proceder, para cada campaña, de la siguiente manera:

1. ejecución de monitoreo previo a la inyección (muestreo + parámetros químico-físicos) en puntos de inyección (si son pozos) y en piezómetros o pozos inmediatamente adyacentes al área de tratamiento;
2. ejecución de la inyección de los productos de acuerdo con los procedimientos específicos en función del tipo de puntos de inyección utilizados (empuje directo, pozos o puntos fijos con válvulas);
3. pausa de un período que puede variar de 1-2 días a 5-6 días en función de las características específicas del sitio (durante el cual es aconsejable monitorear los parámetros químico-físicos y en particular el pH a diario);
4. en el caso de que se observe la aparición de producto libre, remoción del producto mediante bombas neumáticas u otros sistemas para la remoción del sobrenadante (ej. skimmer), controlando el llenado diariamente y repitiendo la intervención todas las veces que sigue formándose una capa suficiente para poder realizar una remoción directa;
5. al final de las actividades de remoción del producto o si no aparece ningún producto libre:
  - A. ejecución de monitoreo completo de pre-bombeo (muestreo + parámetros químico-físicos + pruebas organolépticas) en los puntos de inyección (si son pozos) y en los piezómetros o pozos inmediatamente adyacentes al área de tratamiento donde se observa la llegada del reactivo (el aumento de pH es indicativo de la llegada del reactivo);
  - B. bombeo en los puntos de inyección (si son pozos) y los piezómetros o pozos inmediatamente adyacentes al área de tratamiento donde se observa la desorción;
  - C. ejecución de un monitoreo completo post-bombeo (muestreo + parámetros químico-físicos + pruebas organolépticas) en los puntos de inyección (si son pozos) y en los piezómetros o pozos inmediatamente adyacentes al área de tratamiento;
6. monitoreo de los parámetros químico-físicos + controles organolépticos durante al menos una semana (una o dos mediciones) para verificar el final de las condiciones de desorción;
7. en el caso de que se observe una persistencia de las condiciones básicas y sobre todo evidencia de desorción, repetición de la actividad de bombeo y controles posteriores.

Si la aplicación de PetroCleanze se realiza a través de pozos de inyección, se pueden utilizar los mismos pozos para la extracción. Si la aplicación PetroCleanze se completa mediante empuje directo o puntos fijos con válvulas, se deberán considerar métodos de extracción alternativos. Los puntos de empuje directo se pueden colocar alrededor de pozos de extracción o zanjas excavadas, siempre que se disponga de un acceso adecuado para utilizar la sonda de empuje directo.

Si la aplicación se realiza en la excavación, la recuperación puede tener lugar desde la propia excavación, procediendo a la eliminación mediante bombeo selectivo de la fase sobrenadante o agua muy contaminada. También se recomienda, una vez eliminada la fase libre desorbida, volver a mezclar el suelo del fondo de la excavación y luego observar la posible reaparición de más producto sobrenadante a eliminar. El relleno de la excavación debe realizarse cuando no se observe más desorción. Cabe destacar que los tiempos de reacción en el caso de aplicaciones en excavación pueden ser muy rápidos (incluso unas pocas horas), por lo que es necesario organizar las actividades para poder proceder con las primeras fases de recuperación en poco tiempo.

En lo que respecta a las fases de bombeo, se pueden realizar bien mediante bombeo y puesta en marcha de la planta de tratamiento (si está disponible en el sitio) o mediante camión de vacío. La cantidad de agua a eliminar es absolutamente específica del sitio, sin embargo, generalmente se considera bombear al menos 3 veces el volumen inyectado para cada campaña. Teniendo en cuenta que las aguas extraídas están generalmente muy contaminadas (o incluso con fase libre emulsionada en algunos casos), se recomienda comprobar antes de la aplicación la viabilidad real de la intervención, en particular en términos de gestión/ tratamiento del agua y del producto extraído. Al respecto, se destaca que en un tratamiento que incluye desorción química, tener una fase de bombeo ineficiente reduce de hecho significativamente la efectividad de la tecnología hasta el punto de poder hacer que la intervención en sí no sea útil.

En cualquier caso, se recomienda no esperar demasiado entre las fases de inyección y bombeo ya que es importante realizar el bombeo cuando la desorción se encuentra en su máxima eficiencia; si el pH, por ejemplo, ya ha vuelto a valores similares a los de la preinyección, significa que ya no se encuentra en condiciones de fuerte desorción. Este tipo de intervenciones deben realizarse procurando tener una buena flexibilidad en la gestión de las actividades, de forma que se pueda adaptar las diferentes fases a la respuesta del subsuelo y así optimizar las intervenciones. Entre las distintas campañas de aplicación de PetroCleanze conviene dejar un mínimo de 4-6 semanas para que el producto pueda actuar por completo antes de continuar con la intervención.

## Más consideraciones y precauciones

Es un conocimiento generalizado que las tecnologías in situ basadas en procesos químicos y de biodegradación tienen el potencial de modificar temporalmente las condiciones de potencial redox y el pH del agua subterránea en la que se aplican, lo que podría conducir a alteraciones temporales en las concentraciones de algunos metales y metaloides sensibles al redox y al pH. Además, en el caso de aplicación en pozos o en el caso de productos que ingresen directamente a piezómetros de monitoreo, una acumulación de residuos de producto puede permanecer dentro del pozo, especialmente en el caso de solubilización incompleta de productos sólidos, lo que puede conducir a una reducción de la permeabilidad del pozo y una pérdida de representatividad del propio pozo (limitada al período de liberación de los productos). En cualquier caso, cabe señalar que en general no se recomienda el uso de piezómetros de monitoreo como pozos de inyección, ya que consigue una pérdida de representatividad de los datos. Por favor, contacte directamente con el personal técnico de REGENESIS si necesita más información o para discutir cómo realizar una posible limpieza de los pozos de residuos de producto.