

Cabezal de pozo con manifold de purga múltiple



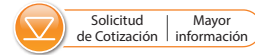
Sello mecánico permanente Waterloo



Bomba y transductor de muestreo dedicado



Encamisado y conector de PVC de 2"



Fabricado bajo licencia exclusiva de la Universidad de Waterloo.  
Patente canadiense n.º 1232836 Patente estadounidense n.º 5048605 y patentes internacionales.

## Sistema\* Waterloo de monitorización de niveles múltiples de agua subterránea

El sistema Waterloo se usa para obtener muestras de agua subterránea, mediciones con el cabezal hidráulico y mediciones de permeabilidad desde muchas zonas discretamente aisladas en una sola perforación.

El Dr. John Cherry en el Groundwater Institute de la Universidad de Waterloo creó el sistema Waterloo en 1984. Desde entonces, Solinst ha realizado regularmente un desarrollo y ajuste sobre una base continua.

### Ventajas del sistema Waterloo

- Profundidad detallada de caudal y concentraciones
- Costos reducidos del proyecto
- Tiempos reducidos de purga y muestreo
- Menos pozos perforados
- Alteración reducida del sitio
- Diversas opciones de monitorización
- Muestreo aislado en zonas discretas con contaminantes
- Caracterización de alta resolución del sitio

## Datos detallados en 3 D

Cuando se emplean varios sistemas Waterloo en un sitio, éstos permiten obtener información detallada en tres dimensiones del agua subterránea a un costo razonable. Una ventaja es la menor cantidad de pozos perforados y los tiempos reducidos de monitorización.

El sistema modular se puede personalizar para los requerimientos únicos del proyecto. Esto permite monitorizar zonas ubicadas en profundidades deseadas usando opciones adecuadas para aplicaciones de roca de fondo, sobrecarga o combinación.

La monitorización discreta de zona es el único medio de obtener datos precisos para la interpretación y evaluaciones del sitio. Los cortes transversales de niveles múltiples proveen los datos detallados necesarios para calcular el flujo de masa y evaluar aproximadamente el riesgo para los receptores.

### Instalaciones en puertos múltiples

- **Instalaciones de sobrecarga o roca de fondo**
  - Permiten monitorizar múltiples zonas en cualquier escenario geológico
  - Instalaciones en zonas de agua subterránea o vadasas
- **Sellos mecánicos permanentes Waterloo**
  - Diseñados para roca de fondo u orificios encamisados
  - Diseñado para sellos permanentes

## Por qué niveles múltiples Brindan una comprensión más clara de las condiciones del subsuelo

Cuando se monitoriza una serie de intervalos aislados discretos a varias profundidades en una sola perforación se capturan datos de calidad superior. La información detallada proporcionada por los niveles múltiples en forma de caudal horizontal y vertical, junto con el muestreo de zonas discretas para detectar contaminantes, es necesaria para realizar evaluaciones precisas del sitio.

- **Mejora las evaluaciones del sitio y la gestión del riesgo**
  - Los niveles múltiples proporcionan datos de alta resolución para ingresar en modelos conceptuales más representativos del sitio.
  - Los cortes transversales de los niveles múltiples a través de un paso del caudal del agua subterránea proporcionan los mejores datos para emplear en los cálculos de Flujo de masa. Esto ha demostrado que es una herramienta importante para las evaluaciones del sitio que requieren estimaciones reales de máxima concentración de contaminantes/riesgo a receptores.
  - Optimiza el rendimiento de la remediación en el sitio usando datos detallados en 3 D a partir de una serie de niveles múltiples. Posteriormente, se pueden emplear los cortes transversales para evaluar el éxito de la opción de remediación elegida y las mejoras.
- **La economía tiene sentido**
  - Reducciones probadas de costos para perforaciones y eliminación de sedimentos.
  - Los costos del tiempo del personal de campo y eliminación son bajos cuando se reducen los volúmenes de purgado. El intervalo discreto que abarca un puerto de niveles múltiples da lugar a volúmenes más pequeños de purgado, respuestas rápidas a cambios de nivel y es ideal para técnicas de muestreo de bajo caudal.
- **Superar sesgos con pozos con filtro por mucho tiempo**
  - La mezcla de contaminantes sobre filtros largos distorsiona las variaciones verticales lo cual produce una infravaloración de la extensión aérea de las plumas y de la verdadera concentración de contaminantes.
  - El caudal vertical ambiental dentro del pozo tiene potencial para transmitir contaminantes a zonas no contaminadas.

## Diseño del sistema Waterloo explicado

El sistema Waterloo usa componentes modulares que forman una cuerda de encamisado sellada de diversas longitudes de encamisado, sellos mecánicos, puertos, un conector base y un manifold de superficie. Esto permite la colocación precisa de puertos en zonas exactas de monitorización.

La tubería de monitorización conectados al vástago de cada puerto conectan en forma individual esa zona de monitorización a la superficie. El sistema estándar está fabricado en PVC de 2" (50 mm) Sch. 80 para perforaciones de 3"- 4" (75 - 100 mm) y usa sellos mecánicos de 3 pies (915 mm) de longitud. Se dispone de componentes de acero inoxidable y tubos Teflon®.

### Juntas de modulares de sellado\*

El diseño de la junta de fácil aplicación del sistema Waterloo emplea un cable de nylon como refuerzo y un o-ring. Esto hace que las juntas sean confiables y a prueba de fugas para que el núcleo de la cuerda del encamisado del Waterloo esté aislado de aguas de formación externa. Sólo se puede acceder al agua subterránea por medio de los vástagos del puerto y equipo de monitorización conectado. Este sello hermético evita el contacto entre el agua de inflado del sello mecánico dentro del encamisado y el agua de formación fuera del encamisado.

### Manifolds de cabezal de pozo personalizados

El manifold completa el sistema en la superficie. Organiza, identifica y coordina la tubería y/o cables desde cada zona de monitorización.

El manifold permite la conexión a cada transductor dedicado por vez y una conexión sencilla de un solo paso para la operación de las bombas. Cuando se seleccionan las bombas dedicadas, un único cabezal de pozo permite que se purguen zonas individuales en forma separada o que se purguen muchas zonas simultáneamente para reducir tiempos de campo.



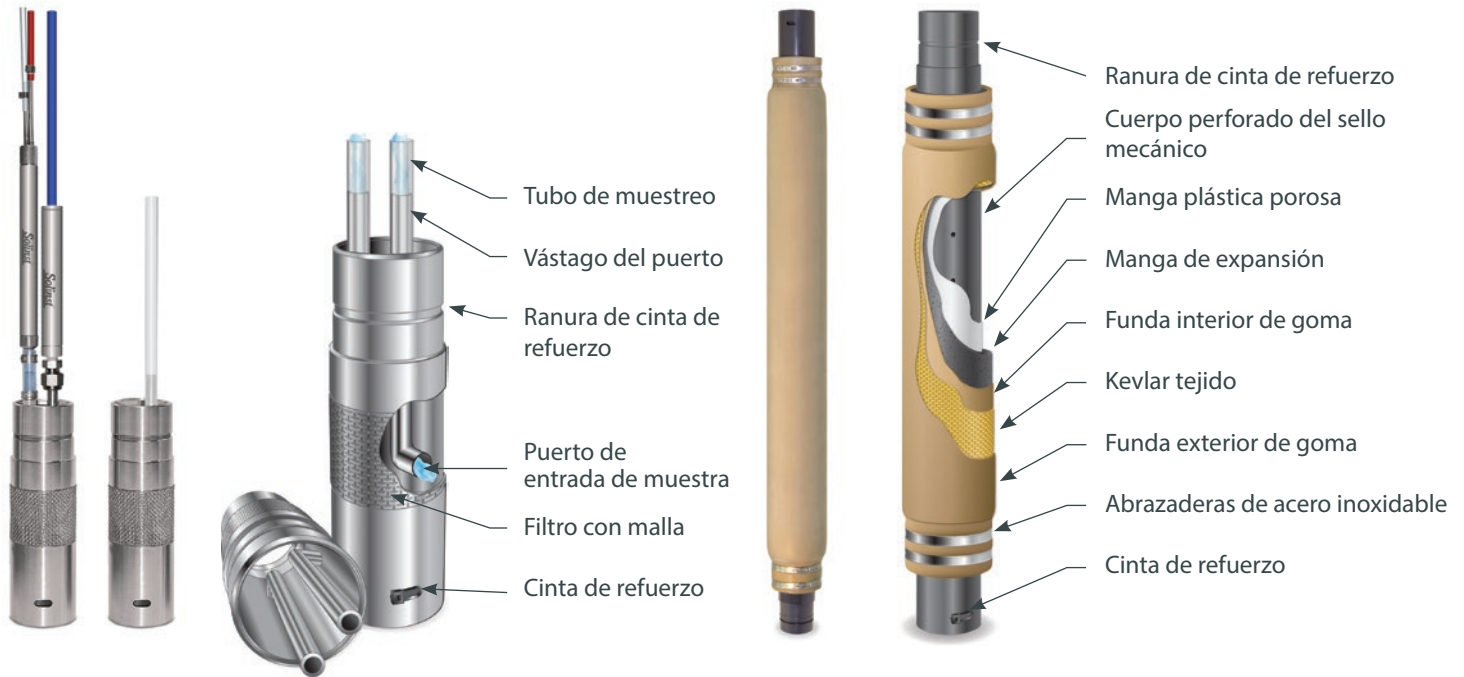
Componentes estándar del sistema Waterloo, incluyendo sello mecánico, puerto (vástago dual), encamisado de PVC, conector con base de PVC y Manifold



Juntas o-ring con cable de refuerzo

Manifold

\* Patente de EE. UU. 5,255,945 @Teflon es una marca comercial registrada de DuPont Corp.



Puertos de acero inoxidable

Sello mecánico permanente Waterloo

## Tecnología de puertos de zonas discretas

Los puertos de monitorización del sistema Waterloo están fabricados en acero inoxidable 316. Los sellos mecánicos aíslan a los puertos en cada zona de monitorización deseada y se conectan en forma individual al manifold de la superficie con tubos de diámetro angosto. De esta manera, el agua ingresa al puerto, pasa por dentro del vástago hacia arriba dentro del tubo de monitorización conectada al vástago hasta su nivel estático.

Se puede especificar una bomba de muestreo o un transductor de presión para cada zona de monitorización conectando el vástago del puerto. Se dispone de puertos de vástago dual para permitir mediciones tanto de muestreo como de cabezal hidráulico desde el mismo puerto. En forma alternativa, la tubería de monitorización puede dejarse abierta para permitir mediciones de muestreo y de cabezal hidráulico con equipo portátil.

## Instalación del sistema Waterloo

La instalación del sistema Waterloo comienza con el conector de la base y las secciones más inferiores. Los componentes se unen en el orden requerido. A medida que cada puerto nuevo pone en posición un nuevo tubo de monitorización, se conecta a ésta una bomba dedicada y/o un transductor. Los siguientes componentes se enroscan sobre esta tubería, construyendo la cuerda de encamisado hasta que se completa el armado del sistema Waterloo. Generalmente, las instalaciones se completan en un día usando un equipo de 3 a 4 personas. Solinst puede proveer capacitación para el sistema Waterloo, según solicitud.

## Sellos mecánicos permanentes: Sellos diseñados

Los sellos diseñados aseguran integridad a largo plazo de los sellos en orificios de fondo de roca y pozos encamisados. Usan una manga de expansión activada de agua colocada sobre el cuerpo del sello mecánico perforado. Una capa de plástico poroso distribuye el agua en forma pareja hacia el material de expansión del sello mecánico. Una funda de goma/kevlar/ goma envuelve el material de expansión. La capa de goma/kevlar provee fuerza para puentear a través de fisuras grandes. El caucho de la goma forma un sello efectivo contra la pared de la perforación.

Se agrega agua dentro de la cuerda encamisada sellada después de la instalación. El agua pasa a través del cuerpo del sello mecánico dentro de la manga de expansión, haciendo que el material se expanda. De esta manera un sello diseñado se forma permanentemente contra la pared de la perforación.

## Flexibilidad del sistema Waterloo

El sistema Waterloo es flexible para adaptarse a sus criterios de diseño. Cada sistema Waterloo está personalizado para satisfacer las necesidades únicas de monitorización y las condiciones del subsuelo del sitio:

- aplicaciones de fondo de roca o sobrecarga
- monitorización en zonas de agua subterránea o vadosas

Los sellos mecánicos y puertos se instalan con precisión para poder monitorizar cada zona discreta aislada de interés, eliminando todas las zonas con contaminación cruzada en el área.

## Aplicaciones de sobrecarga

Los sistemas de niveles múltiples pueden usarse para monitorizar zonas múltiples dentro de formaciones no consolidadas como en fondo de roca.

Hay tres métodos de instalación del sistema Waterloo:

- Dentro del vástago de perforación o el encamisado temporario. Se deja que las formaciones de arena colapsen alrededor del sistema Waterloo.
- Dentro del vástago de perforación o encamisado temporal se usan métodos estándar de tolva para colocar arena alrededor de los puertos y sellos de bentonita en el espacio anular entre las zonas de monitorización, ya que se eleva el vástago de perforación o el encamisado temporal.
- Dentro de un pozo encamisado o con filtro se usan sellos mecánicos para sellar zonas.

## Instalación dentro del filtro de pozo/encamisado

Los contratistas de perforación pueden instalar un encamisado de 3" o 4" y cuerda de filtro usando métodos típicos de colocación de arena y bentonita. Luego se puede instalar un sistema Waterloo dentro del filtro y cuerda de encamisado con puertos y sellos mecánicos permanentes.

## Consideraciones del tamaño de la perforación

Los sellos mecánicos Waterloo están diseñados para usar en perforaciones de 3" - 4" (75 - 100 mm). Los sistemas se pueden instalar en perforaciones mayores usando:

- Colocación de arena y bentonita para aislar zonas específicas de monitorización.
- Malla y encamisado de 3-4" instalados dentro de un orificio mayor, completado instalando un sistema Waterloo con sellos mecánicos.



Uso de registros núcleo para identificar ubicación de puertos y sellos mecánicos (izquierda). El manifold de purgas múltiples con transductores y bombas dedicadas para cuatro monitorizaciones de zona (derecha).

### Sistema Waterloo estándar de 2" (50 mm)

Opciones de monitorización que dependen del sitio	n.º de zonas
Bombas dedicadas y tubería abierta	6
Bombas dedicadas y transductores	8
Sólo bombas dedicadas	12
Sólo tubería abierta (varía con el tamaño del tubo)	15
Sólo transductores de presión dedicados	24

## Número de zonas de monitorización por orificio

El número máximo de zonas e monitorización para un sistema Waterloo está determinado por el número de tubos y/o cables que entren en la cuerda de encamisado. Este número depende de las opciones de monitorización elegidas. Los sistemas pueden diseñarse para monitorizar de 2 hasta 24 zonas.

## Opciones de monitorización

- **Bombas de muestreo dedicadas y/o transductores de presión**

Cada puerto de monitorización puede adecuarse con una bomba de muestreo dedicada y/o transductor de presión. Esto maximiza la velocidad dentro de la que se puede obtener cada conjunto de datos y elimina la necesidad de descontaminar y repetidamente bajar instrumentos portátiles. Las bombas de muestreo son adecuadas para muestreo de muchos tipos de contaminantes incluyendo VOC (Compuestos orgánicos volátiles, por su sigla en inglés).

Los volúmenes de purgado son muy pequeños. Se puede realizar un purgado simultáneo con bombas dedicadas en todas las zonas. Los puertos con dos vástagos permiten ubicar una bomba y un transductor en exactamente el mismo nivel.

- **Tubería abierta**

La versión más básica emplea tubo abierto conectado a cada puerto. Esta opción permite la monitorización con un muestreador portátil y un medidor de nivel de agua de diámetro estrecho. Esto proporciona un dispositivo muy económico y flexible para monitorización de niveles múltiples.

- **Combinación de tubería abierta y equipamiento dedicado**

Una tercera opción es elegir una combinación de tubería abierta y equipamiento dedicado en diferentes zonas. Este método combina las ventajas de equipamiento portátil menos costoso para zonas menos profundas y el equipamiento dedicado de tiempo más eficiente para zonas más profundas.

- **Sólo monitorización del nivel del agua**

El sistema Waterloo puede componerse sólo con transductores de presión para monitorización de presión en hasta 24 zonas discretas.

## Bombas de muestreo dedicadas

El equipo dedicado reduce el tiempo y el esfuerzo requeridos para obtener datos, ya que el equipamiento no se baja dentro de la perforación y se reducen los volúmenes de purgado. Da ahorros significativos de costo y evita la contaminación cruzada.

Para muestreo de larga duración o frecuente los sistemas Waterloo usan más comúnmente impulsión a gas, bombas Solinst de doble válvula con acero inoxidable y válvulas de Teflon. Se conecta una bomba directamente al vástago de cada puerto y el tubo de polietileno de doble línea o Teflon conecta la bomba al manifold del cabezal del pozo.

Las unidades de control de bomba son fáciles de usar. Tienen acoples de conexión rápida con sólo una conexión requerida al manifold. Se obtienen muestras de todos los niveles fácil y rápidamente. La característica de purgas múltiples del manifold facilita el purgado de algunos o todos los niveles en forma simultánea.



Recolección de una muestra desde un DVP dedicado y toma de mediciones de presión con el modelo 404 de lectura de cuerda vibrante Geokon (arriba).



## Purgado y muestreo en caudal bajo

Los volúmenes de purgado son muy pequeños debido al poco espacio anular y diámetros de tubos empleados en el sistema. En consecuencia, aunque los caudales sean bajos, el muestreo es rápido, especialmente con bombas dedicadas cuando todas las zonas se pueden purgar en forma simultánea.

Las bombas de vejiga y doble válvula dedicadas, (DVP), como una DVP portátil son ideales para cuando se desea obtener muestras de bajo caudal y técnicas de purgado.



Bomba de doble válvula Modelo 408M

## Muestreador flexible de agua subterránea

La microbomba de agua subterránea (Micro DVP) provee muestras de alta calidad, usa tubo coaxial de Teflon y es lo suficientemente pequeño para adaptarse a tubo de un DI de 1/2" (13 mm). La combinación única de flexibilidad y tamaño hace que la bomba sea ideal para muestras en profundidad en tubos flexibles pequeños.

## Transductores dedicados

Los transductores de presión dedicados permiten una medición rápida y precisa de la temperatura y de la presión total del agua. A menos que los niveles de agua sean poco profundos, los transductores son el método preferido de medición de nivel de agua, tanto desde el punto de vista de eficiencia como de precisión.

Los transductores comúnmente elegidos para usar en el sistema Waterloo son transductores de cable vibrante sin ventilación, muy precisos y resistentes. Tienen una operación superior a largo plazo con cambio mínimo a lo largo del tiempo. Se pueden leer con una unidad de lectura manual o con un datalogger que puede proveer monitorización remota, sin necesidad de control continuo y telemetría, si se desea. Se dispone de transductores con rangos de presión desde 50 hasta 500 psi. (7.25 kPa hasta 72.5 kPa).

Bombas de muestreo dedicadas y transductor



## Monitorización de nivel de agua de zona discreta

Se pueden hacer mediciones de nivel de agua en puertos Waterloo adaptados con un tubo abierto usando el medidor de nivel de agua modelo 102 P1. Tiene una sonda flexible con pesa, DE de 1/4" por 1,5" de largo (6,35 mm x 38 mm).

El muestreo se puede realizar en tubería abierta usando una mini bomba de inercia, la micro bomba de doble válvula o una bomba peristáltica.



Medidor de nivel de agua Modelo 102 P1

## Sitios de monitorización cuando se ha empleado el sistema Waterloo

Diversas industrias y consultores han especificado el sistema Waterloo para numerosos sitios en todo el territorio de EE. UU., Canadá y en el extranjero. Los sistemas Waterloo han sido especificados y aprobados en varios sitios con designación Superfund o RCRA y en cada una de las regiones E.P.A. de EE. UU.

### El sistema Waterloo se ha usado para:

- definir patrones de caudal de agua subterránea
- monitorización de rendimiento de sistemas de bomba y tratamiento
- identificación y determinación de distribución espacial de contaminantes
- Sistema de alerta temprana/detección de contaminantes migratorios

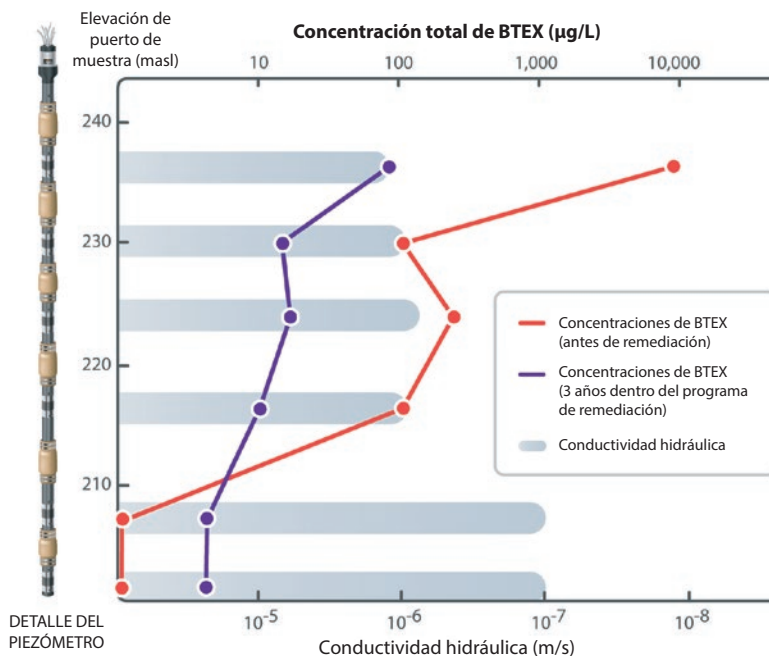
## Proyectos

### Los sistemas Waterloo se han empleado para monitorizar:

- intrusión de agua salada
- limpiezas industriales
- fugas de tubos
- fuga/rehabilitación de dique
- identificación/limpieza de contaminantes
- sitios de derrame de DNAPL y LNAPL
- desecho/vertedero de desperdicios
- encuesta de gas de tierra

## Datos confiables

La efectividad del sistema Waterloo está probada por su capacidad de obtener con precisión y repetidamente datos de presión y química del agua subterránea desde varias zonas diferentes en una sola perforación. Los datos a continuación muestran una disminución en la contaminación total de BTEX debido a operaciones continuas de bomba y tratamiento en una fuga de tubería de petróleo.



Evaluación de fuga de tubería subterránea de petróleo. Tres instalaciones de 150 pies (45 m). Se realizaron dos pruebas de permeabilidad de cabezal de elevación de dos puntos en cada intervalo del sistema de niveles múltiples. (Consulte el diagrama de la izquierda que muestra la distribución de contaminantes.)

## Un sistema Waterloo que se adapta a su aplicación

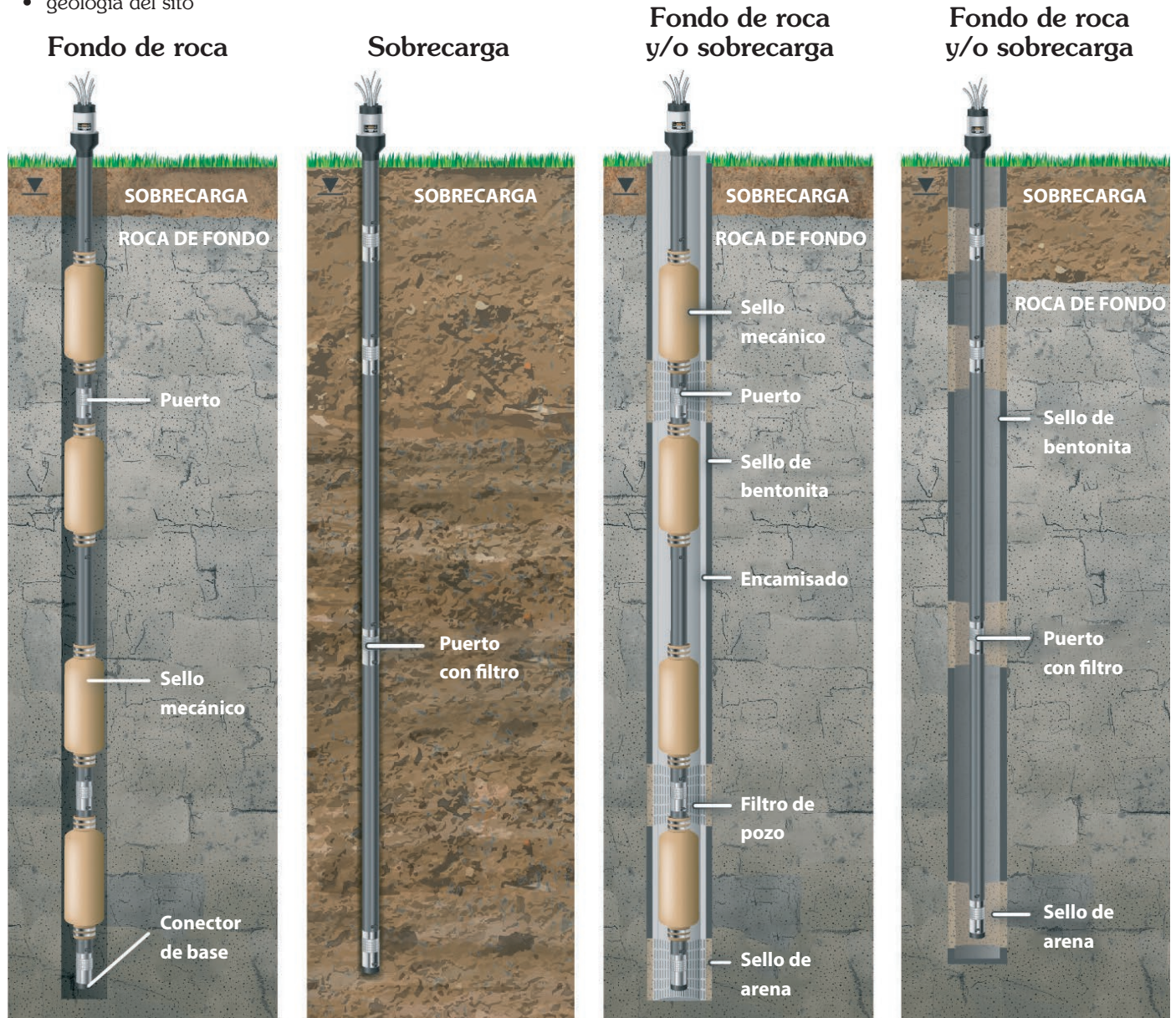
Su sistema Waterloo puede estar diseñado para adaptarse a su singular aplicación y requerimientos del sitio.

Cada diseño se puede basar en su:

- método de perforación
- zonas de interés
- métodos de monitorización preferidos
- consideraciones de costo
- profundidad, diámetro y tipo de orificio
- geología del sitio

Su sistema puede estar diseñado para que se adapte al tamaño y profundidad de perforación, haya o no encamisado presente. Puede decidir sobre el número de zonas a monitorizar y la profundidad en que se ubicarán estas zonas. Seleccione sus opciones de monitorización preferidas y todo material necesario que pueda requerir.

Durante el desarrollo de sus planes, el personal técnico de Solinst estará complacido en ayudarlo a rever las opciones y personalizar un sistema Waterloo que mejor se adapte a sus necesidades. A continuación se muestran cuatro ejemplos de instalaciones que se pueden aplicar a su proyecto:



Sellos mecánicos permanentes en orificios

Entierro directo: Colapso de formación con puertos con filtro

Sellos mecánicos permanentes en encamisado o filtro de pozo

Colocación directa: Arena y bentonita con puertos con filtro



Se instalaron cuatro sistemas Waterloo para monitorizar una liberación de compuesto clorado. Se instalaron sistemas en profundidades que oscilaban desde 430 pies a 750 pies, con 7 zonas de monitorización. Los puertos fueron construidos con bombas de doble válvula y transductores de cable vibrante.



Investigación de contaminantes en una base aérea de EE. UU. Sistemas Waterloo instalados a 700 pies en sobrecarga usando pozos con filtro y encamisados. Hasta 6 zonas por orificio con bombas y transductores dedicados.



Una investigación de propiedades hidráulicas debajo de un gran sitio de desechos. Se eligieron sistemas Waterloo de niveles múltiples para realizar muestreo de calidad del agua y poder determinar la zonas con mayor permeabilidad dentro del acuífero.



Sitio de vertedero sobre granito fracturado, monitorizado con cinco sistemas Waterloo. Cada sistema compuesto por bombas de doble válvula dedicadas y transductores de presión en intervalos de 4-6 a profundidades de 275 pies (84 m). El manifold de purgas múltiples permitió la monitorización de 21 zonas que se completó en menos de 2 días.

26 de febrero de 2015