

CATÁLOGO REMEDIACIÓN DE BROWNFIELDS EN EL MUNDO



1

EXPERIENCIAS REFERENCIALES
PARA LAS SALINAS



Centro Logístico en Arpajon, Francia

Ficha técnica:

- Características: sitio ubicado en zona residencial, ciudad de Arpajon, aproximadamente a 30 km al sur de París.
- Duración total del proyecto: 18 meses (2014 a 2016)
- Tipo de trabajo: Desmantelamiento de base logística para obras civiles, que incluye tanques de almacenamiento de combustible y emulsión.
- Cantidad de suelo tratado: 24000 m³ de suelo contaminado.
- Contaminantes existentes (promedio / máximo): BTEX: 50/150 ppm; TPH: 10000 / 25000ppm; PAH: 90 / 1500ppm.
- Tipo de tratamiento: biorremediación por biopilas in situ.

Resumen:

En la ciudad de Arpajon, distante 30 km al sur de Paris, Francia, la empresa de ingeniería Ortec Générale de Dépollution, desarrolló un proyecto de remediación a gran escala para tratar suelos con hidrocarburos (TPH, HAP y BTEX), utilizando principalmente la técnica de biopilas on-site, un proceso de remediación en el cual los suelos contaminados son excavados y dispuestos en zonas acondicionadas dentro del mismo predio, donde luego se lleva acabo el tratamiento respectivo.

El sitio, de 23.200 m², era originalmente utilizado como centro logístico y para el almacenamiento de hidrocarburos en estanques (combustibles y emulsiones). **Como se aprecia en la fotografía, el proyecto está inmerso en una zona residencial y frente a equipamiento urbano relevante, como el Centre Hospitalier d'Arpajon¹, el hospital de la localidad.**

Tras el cese de su operación, se llevó a cabo el proceso de caracterización del sitio, el cual indicó los siguientes resultados para los contaminantes principales en el suelo:

Contaminante	Concentración Media (ppm)	Concentración Máxima (ppm)
BTEX	50	150
TPH	10.000	25.000
HAP	90	1.500

¹ www.ch-arpajon.fr

Luego del desmantelamiento de las instalaciones, el proyecto consideró la excavación de suelos contaminados siguiendo estrategias, según los tipos de suelo identificados:

- Biopilas (suelos medianamente impactados, 11.400 m³). El suelo remediado sería utilizado fuera del sitio.
- Biopilas (suelos altamente impactados, 12.300 m³). El suelo remediado sería utilizado en el mismo predio, como relleno.
- Desorción térmica (suelos extremadamente impactados, 3.500 t). Los suelos altamente impactados fueron llevados fuera del sitio a una planta de tratamiento térmico para su neutralización.

El proyecto consideró una duración de 18 meses, durante el cual se monitorearon los microorganismos de la biopila, la calidad del suelo tratado y de los gases emanados para garantizar que los compuestos disminuyeran y que la operación de las biopilas no afectase a la población en el entorno.



Proyecto de biorremediación en Arpajon, Francia

Refinería en Czechowice-Dziedzice, Polonia

Ficha técnica:

- Características: Refinería de petróleo ubicada al sur de Polonia.
- Duración total del proyecto: 20 meses (1997 - 1999)
- Tipo de trabajo: tratamiento de suelos acidificados con lodo petrolífero, cuya contaminación se había producido tiempo atrás.
- Cantidad de suelo: 120 toneladas) de hidrocarburos de petróleo
- Contaminantes existentes: suelos acidificados con lodo petrolífero. Los compuestos de benzo (a) pireno y BTEX se identificaron como contaminantes preocupantes en aproximadamente 3300 m³ de suelo.
- Tipo de tratamiento: biorremediación mediante biopilas

Resumen:

En la localidad de Czechowice-Dziedzice, 45 km al sur de Katowice, Polonia, el consorcio formado por el US DOE y el IETU desarrollaron pilotos de gran escala para demostrar la efectividad de técnicas de biorremediación, con el objetivo de tratar suelos acidificados con lodo petrolífero y cuya contaminación se había producido hace un tiempo considerable.

Respecto al contexto urbano en el cual se desarrolló este proyecto, este se llevó a cabo en una refinería de petróleo, emplazada contigua a un barrio de usos mixtos de la localidad.

El proyecto consideró el tratamiento de aproximadamente 3.300 m³ de suelos en biopila. Las concentraciones de los contaminantes de mayor preocupación (TPH, BTEX y HAPs) se resumen en la siguiente Tabla.

Contaminante	Concentración Media (ppm)	Concentración Máxima (ppm)
BTEX	0,1	27,4
TPH	-	30.000
HAP	5	164

Si bien se consideró analizar una serie de tecnologías, la conformación de biopilas para validar la aplicabilidad de la biorremediación resultó ser la alternativa más ventajosa.

En su diseño, consideró una combinación de aireación pasiva y activa, junto con la aplicación de nutrientes, humectación desde el sistema de tratamiento de aguas de la misma refinería y surfactantes, todo lo anterior para aumentar la biodegradación de los contaminantes.

El proyecto tuvo una duración de 20 meses, donde más del 81% (120 toneladas) de hidrocarburos de petróleo fueron biodegradados exitosamente. En la zona activamente aireada de la biopila, se alcanzaron tasas de degradación de 121 ppm/día, mientras que los conteos de microorganismos y las mediciones de deshidrogenasa dieron la mejor correlación con las tasas de biodegradación.

Al final de los 20 meses, las concentraciones de TPH y todos los PAH estaban por debajo de las pautas de riesgo de Polonia y EE.UU. para suelos poco profundos (0.3-15 m) para sitios con usos múltiples (incluidos los residenciales).



Ubicación Proyecto de Biorremdiación en Refinería Czechowice-Dziedzice, Polonia
(Fuente: imagen Google Earth)

Campus Luigi Einaudi, Turín, Italia

Ficha técnica:

- Características: terreno de 4,5 hectáreas, ubicado en el corazón histórico de la ciudad, inserto en plena trama urbana.
- Duración total del proyecto: 10 años, entre 2001 y 2011.
- Tipo de trabajo: saneamiento de uso anterior, entre 1850 y 1980, cuando el terreno fue utilizado por la planta Italgas para la producción de gas de carbón, con lo que allí se almacenaron productos con hidrocarburos.
- Cantidad de suelo: 50.000 m³.
- Contaminantes existentes: hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos alifáticos, cianuros, sulfuros y metales pesados.
- Tipo de tratamiento: biorremediación con biopilas y bioventing para suelo; agua subterránea se ha tratado mediante un sistema de bombeo, sobresaturación de oxígeno y reinyección en el acuífero.

Resumen:

En el centro de Turín, Italia, se encuentra ubicado el Campus Universitario Luigi Einaudi de la Universidad de Turín, donde se imparten clases para 8.000 estudiantes y que cuenta, además, con residencia universitaria.

Se trata de un terreno de 4,5 hectáreas, ubicado en el corazón histórico de la ciudad, que fue reconvertido gracias a un proceso de remediación mediante biopilas, permitiendo recuperar y devolver a la comunidad un terreno altamente valioso por estar inserto en plena trama urbana.

Entre 1850 y 1980 el sitio fue utilizado por la planta Italgas para la producción de gas de carbón, con lo que allí se almacenaron productos que contienen hidrocarburos, como el alquitrán de hulla y el negro de carbón. Los residuos de estos productos incluían hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos alifáticos, cianuros, sulfuros y metales pesados.

La geología del sitio consiste en depósitos fluviales y glaciares de grava y arena en una matriz de suelo arenoso. El acuífero se encuentra a unos 9-10 m del nivel del suelo. Dadas estas características, los suelos arenosos fueron saneados mediante procesos de biorremediación como biopilas y bioventing, tecnologías de biorremediación que usan microorganismos nativos del terreno para biodegradar los constituyentes orgánicos adsorbidos por los suelos, para el cual es introducir un flujo de aire u oxígeno para acelerar el proceso.

La caracterización del sitio identificó más de 50.000 m³ de tierra que no cumplían con las concentraciones permitidas para usos residenciales. Complementariamente, el agua subterránea se ha tratado mediante un sistema de bombeo, sobresaturación de oxígeno y reinyección en el acuífero.

El proceso de saneamiento del terreno se llevó a cabo entre los años 2001 y 2011 y todavía, aun con estudiantes asistiendo a clases, se desarrolla el saneamiento de agua de manera segura. El proyecto de regeneración urbana fue diseñado por el estudio del afamado arquitecto y diseñador británico, Norman Foster, y se inauguró en el año 2012. Su ubicación central significó un claro potencial para la reurbanización del sitio, siendo elegido como el nuevo centro educativo de la Universidad de Turín.



Westerlo, Bélgica

Ficha técnica:

- Características: sitio ubicado en Seveso, Westerlo, Bélgica, afectado por xileno
- Duración total del proyecto: 6 años (2016 - 2021)
- Tipo de trabajo: biodegradación aeróbica, aire / biosparging, (D / L) remoción de NAPL y extracción de vapor del suelo
- Cantidad de suelo: > 18.000 m³ (landfarming)
- Contaminantes existentes: BTEX (El más alto: Xileno) y aceites minerales
- Tipo de tratamiento: Landfarming y biorremediación aerobia in-situ

Resumen:

Greensoil lleva a cabo una remediación a gran escala en un sitio de la localidad de Seveso, ubicado en Westerlo, Bélgica².

El terreno se encontraba fuertemente afectado por xileno, el suelo y las aguas subterráneas mostraban altos niveles de concentración en dos antiguas áreas de producción.

La remediación se inició en el año 2016 y continúa a la fecha, donde se realiza un proceso en base a excavación e instalación de biopilas in situ del suelo en la zona no saturada y manchada, y biorremediación aerobia in situ del suelo y las aguas subterráneas en la zona saturada.

En específico, la instalación consiste en un sistema de tratamiento biológico de aguas subterráneas, un sistema de eliminación de aire que consta de depósitos de biopilas, biodepurador, filtro compost y GAC, depósitos de biopilas (desde 500 m³ hasta 5.000 m³) y una unidad de soplado de 500 m³/h para bioventilación.

A la fecha, la situación del proyecto de remediación es la siguiente:

Concentración	Max. conc.	Valor objetivo de remediación	Estado
en suelo	> 25.000 mg / kg	379 mg / kg.ds Xileno	en marcha
en agua	89.000 µg / l	5,320 µg / l de xileno	inicio 2018

² <https://www.greensoilgroup.com/en/project/westerlo-full-scale-btex-soil-and-groundwater-remediation/1>



Cochera de Buenavista, España

Ficha técnica:

- Características: Sitio destinado al mantenimiento y depósito de tranvías y autobuses durante 50 años.
- Encargado del proyecto: Ayuntamiento de Madrid
- Duración total del proyecto: 10 años en dos fases de descontaminación
- Tipo de trabajo: retiro de infraestructura y descontaminación de suelos con hidrocarburos
- Cantidad de suelo: 15.668 m³
- Contaminantes existentes: mayormente TPH (total petroleum hydrocarbons)
- Tipo de tratamiento: deserción térmica (fase 1) y biopilas (fase 2)

Resumen³:

La cochera de Buenavista fue inaugurada en el año 1955 y clausurada en 2006, año en que se abrió la actual cochera de Carabanchel. En Buenavista se realizó el mantenimiento y depósito de tranvías y autobuses durante 50 años.

Bajo la zona de repostado (el lugar donde se guardaba el combustible) de la cochera se instalaron tanques de gasóleo y aceite; además, tras esta zona se encontraban los pozos del lavadero automático de autobuses, y la filtración de las aguas de estos pozos pudo originar una posible contaminación de la zona del repostado. En la zona Este se instaló un depósito subterráneo de aceite usado que también pudo contribuir a la contaminación de los suelos. Finalmente, hay que tener en cuenta que en la pista pernoctaban autobuses que podían tener pérdidas de gasoil o aceite.

Con el fin de determinar la contaminación generada por estas actividades, en 2005 y 2007 se realizaron diferentes análisis de los suelos. Además, en junio de 2010, antes de la primera descontaminación, se realizó un Estudio Complementario de la Calidad del Suelo.

La primera fase de descontaminación se ha realizado en la zona de surtidores, en la que había enterrados nueve tanques de gasóleo y uno de aceite, cuyo deterioro originó que los hidrocarburos contaminaran el suelo de la zona. En la pista de aparcamiento se detectó una afección generalizada en el área destinada al estacionamiento de autobuses, principalmente en las canaletas que recogían y conducían las aguas pluviales.

³ Fuente: <https://blog.emtmadrid.es/2017/09/30/comienza-la-segunda-fase-de-descontaminacion-de-la-antigua-cochera-de-buenavista/>

Tras llevar a cabo la descontaminación de la primera fase, la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid procedió al cambio de resolución para añadir las nuevas zonas contaminadas en el área de repostado y en la pista de aparcamiento.

En cuanto a las técnicas de descontaminación utilizadas, en la primera fase se empleó la Desorción Térmica, una tecnología que se basa en la aplicación de calor para volatilizar y/o descomponer los compuestos orgánicos presentes en el suelo.

La segunda fase, requirió descontaminar un mayor volumen de terreno pero con menor concentración de contaminantes, por lo que se acordó, junto a la Comunidad de Madrid, usar el tratamiento de biopilas.

Mediante esta técnica, el tratamiento por se produce de una manera natural, mediante microorganismos que degradan el hidrocarburo, de acuerdo a unas adecuadas condiciones de humedad y temperatura que se van controlando a lo largo de todo el proceso. Este sistema apenas produce ruidos y su impacto atmosférico es bajo.

La declaración de suelo contaminado, emitida por la Comunidad de Madrid, estableció que debe extraerse y tratarse todo lo que presente concentraciones superiores a 500 mg/kg de TPH (total petroleum hydrocarbons). Eso significa que se debe tratar 15.668 m³, remover 28.340 m³ de suelo limpio y gestionar como residuos no peligrosos 3.292 m³ de hormigón.

Esta descontaminación se realiza en tres fases con una duración de algo menos de un año por fase. Los trabajos comenzaron el mes de abril de 2017 y a la fecha el proyecto se encuentra terminado, con lo que el Ayuntamiento de Madrid en septiembre de 2020 dio luz verde al proyecto de urbanización, con una superficie total de 38.314 m², de los que 27.574 m² están destinados a dotaciones públicas (viario, zonas verdes y equipamientos) y 10.740 m² a uso residencial.



Puerto Montt

Ficha técnica:

- Características: Planta de combustibles destinada a almacenamiento y distribución de combustibles y líquidos.
- Encargado del proyecto: Esso Chile
- Duración total del proyecto: 1 año
- Tipo de trabajo: extracción de las instalaciones enterrada y remediación de suelos
- Cantidad de suelo: 5.270 m³
- Contaminantes existentes: benceno, etilbenceno, tolueno, pñenos, GRO, DRO
- Tipo de tratamiento: biopilas

Resumen:

La planta de combustibles en Puerto Montt, destinada al almacenamiento y distribución de combustibles y líquidos, estuvo en operación desde el año 1960 hasta el 2005.

En julio de 2007 se iniciaron los trabajos de extracción de las instalaciones enterradas, iniciando un proceso de remediación de los suelos utilizando la técnica de la biorremediación.

El Proyecto “Rehabilitación de Terreno Ex Planta ESSO Puerto Montt para Usos Futuros”, fue calificado favorablemente mediante la Resolución Exenta N° 362/2007 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Los Lagos y se materializó en el Sector de Chinquihue de Puerto Montt.

El tratamiento del terreno contaminado se realizó mediante la técnica de biorremediación mediante biopilas y los compuestos tratados fueron:

Concentraciones iniciales de suelo	
Parámetro	Concentración mg/kg
Benceno	6,2
Etilbenceno	850
Tolueno	140
Xilenos	1.000
Hidrocarburos volátiles (GRO) Orgánicos en el rango Gasolina	3.530
Hidrocarburos totales (DRO) Orgánicos en el Rango Diésel (DRO)	6.750

El volumen total de suelo excavado correspondió a aproximadamente 5.270 m³, el cual fue distribuido en 12 biopilas. Este tratamiento fue realizado con gran éxito puesto que se logró alcanzar las concentraciones requeridas para eliminar el riesgo para la salud de las personas.

El tiempo requerido para que los compuestos de preocupación alcanzaran concentraciones inferiores a los valores objetivo de concentración basados en riesgo (VOCR) fue entre 45 y 59 días para los suelos más limpios y de 113 días para los suelos con mayores concentraciones.

Otro factor de éxito del proyecto, es que las labores asociadas al saneamiento se desarrollaron con gran proximidad a áreas pobladas (alrededor de 50 m de distancia), no generando riesgos ni mayores molestias para la comunidad colindante.

Una vez finalizado el proceso de remediación, el terreno de la Ex Planta ESSO Puerto Montt fue devuelto a Bienes Nacionales.



Dieppe Sud, Francia

Ficha técnica:

- Características: Sitio de 39 hectáreas que albergó actividades industriales y portuarias.
- Duración total del proyecto: 1 año
- Tipo de trabajo: extracción de las instalaciones enterrada y remediación de suelos
- Cantidad de suelo: 1600 m³
- Contaminantes existentes: principalmente hidrocarburos.

Resumen:

El sitio de Dieppe Sur, ubicado en la ciudad de Dieppe en el norte de Francia, albergó durante cerca de dos siglos actividades industriales y portuarias, contribuyendo activamente al dinamismo de la ciudad y al desarrollo de su infraestructura de transporte. A fines del siglo pasado, el receso económico que afectó a la región condujo al cierre de las fábricas dejando como resultado un sitio impactado a nivel de suelo, un pasivo ambiental de 39 hectáreas.

Por su ubicación estratégica, a pasos del centro de la ciudad, y el gran potencial que ofrece el sector para dinamizar el territorio, la Municipalidad de Dieppe ordenó, en 2013, el saneamiento del sitio para su futuro desarrollo como polo de actividad mixto, que incluyera nuevas infraestructuras de transporte, viviendas, negocios, equipamientos culturales, oficinas y hasta un complejo educacional.

El saneamiento del sitio contempló, en primera instancia, un estudio histórico para identificar las zonas contaminadas por hidrocarburos y metales pesados, y desde ahí se definió un plan de acción para la limpieza del terreno. Las tierras que presentaban niveles de contaminación más altos fueron evacuadas hacia un relleno sanitario; mientras que el resto de los suelos impactados, aproximadamente 1600 m³, fueron tratados en el mismo terreno para luego ser utilizados como relleno, lo que permitió a la vez limitar el impacto en el entorno y reducir el traslado de camiones.

Estas tierras fueron confinadas bajo una lona y se le inyectó bacterias que favorecen la degradación de los hidrocarburos, un proceso que se conoce como técnica de biopila. Tras un año de exitoso tratamiento, los niveles de contaminación registrados ya no representaban riesgo para la salud de las personas en el marco de los futuros usos del sitio.

La realización del futuro proyecto urbano en el sitio de 21.000 m² está a cargo del desarrollador inmobiliario belga Wilhem and Co. El plan maestro contempla actualmente 44.000 m² de edificaciones considerando comercios, viviendas, servicios y estacionamientos. Ofrecerá a la ciudad de Dieppe una extensión de su centro histórico constituyéndose en un punto neurálgico de la ciudad, a la vez puerta de entrada y punto de conexión con sus alrededores, gracias a una infraestructura de transporte multimodal: por tierra, tren y vía marítima. Asimismo, se espera también del proyecto que reequilibre los flujos de circulación vehicular dentro y fuera de la ciudad de Dieppe.



Proyecto de biorremediación en la isla de Zorrotzaurre (Bilbao)

Ficha técnica:

- Características: la capital vizcaína participa en un plan de la Unión Europea que busca cómo limpiar parcelas industriales sin necesidad de enterrar la tierra o trasladarla a vertederos.
- Duración total del proyecto:
- Tipo de trabajo: Estiércol de caballo para descontaminar Zorrotzaurre.
- Cantidad de suelo: 2.285 m³
- Contaminantes existentes:

Resumen:

Zorrotzaurre ensaya un método pionero para eliminar la contaminación del suelo: estiércol de caballo. La Junta de Concertación usa una fórmula inédita en Euskadi para limpiar terrenos con hidrocarburos a partir de la acción de bacterias que se “comen” los elementos químicos que contaminan los suelos.

La isla de Zorrotzaurre, que se encuentra localizada enfrente de la sede central de la Ingeniería IDOM, se ha convertido en el banco de pruebas de Euskadi para la utilización del sistema de biopilas para limpiar terrenos contaminados con hidrocarburos. Una técnica contrastada y ecológica que consiste, básicamente, en mezclar la tierra contaminada con materia orgánica, como el compost, y generar pequeñas montañas o pilas donde llevar a cabo el proceso de biodegradación de los contaminantes. La actividad microbiana se estimula, para que vaya más rápido, aireando el montón acumulado y sumando nutrientes y humedad. En este caso se está utilizando mayoritariamente estiércol de caballo que, por su riqueza en nitrógeno, fósforo y calcio, ayuda al crecimiento de bacterias y microorganismos, los cuales se comen los elementos químicos contaminantes.

Zorrotzaurre, formada por los propietarios públicos y mayoritarios de los terrenos de la isla del mismo nombre que se ubica en plena área de desarrollo urbano de Bilbao y que durante décadas se ha visto sometida a una intensa actividad industrial, es la encargada de la descontaminación de la zona y está utilizando el nuevo método en dos puntos diferentes.

Así, en la punta norte, cercana a San Ignacio, se formaron dos hileras de pilas paralelas muy cerca de la zona de excavación. Un total de 2.285 m³, suficiente para cargar 228 camiones con volquete. Para su creación primero se colocó en el suelo una densa lámina de protección, sobre la que se extendió una capa de grava, que, a su vez, fue cubierta por otra tupida tela. Después, en los laterales de la base, se habilitaron canales para recoger los líquidos lixiviados que genera el proceso y que así no contaminen el terreno perimetral. Encima de esta base se va

creando la pila con el material contaminado mezclado con las bacterias y nutrientes y componente orgánicos. Además de las boñigas de caballo también se pueden usar restos de peladuras de plátano o de huevo, que sirven de alimento a los microorganismos. Las claves de la eliminación de la concentración de contaminantes derivados del petróleo por biodegradación son la humedad y la oxigenación de todo el conjunto. Por ello cada cierto tiempo se riegan los montículos y máquinas excavadoras remueven la pila para que se vaya oxigenando el terreno y no se apelmace demasiado. Una toma de muestras periódica permite conocer el grado de limpieza que va a adquiriendo el conjunto, en un proceso que se puede prolongar en el tiempo de cuatro a seis meses.

La fórmula que se está usando el otro sector, Vicinay, es similar pero en esta ocasión las pilas una vez culminadas, están cubiertas por otra tela impermeable y el método de oxigenación, en vez de efectuarse directamente con máquinas excavadoras, se lleva a cabo a través de unos tubos colocados en la base de la pequeña montaña alargada. El nivel de humedad necesario se consigue retirando parte de la cubierta superior y regando la zona, a la vez que se mete más nutrientes. En esta zona se han apilado 9.500 m³ de terreno sucio.

Con las biopilas finalizadas los materiales peligrosos pueden pasar a ser materiales no peligrosos. La clave es que llegue a ser reutilizable para devolverlo a la parcela original y cubrirla. Con ello se elimina el problema de tener que trasladar la tierra contaminada a un vertedero especializado. Este es el objetivo final del proyecto.





2

OTROS CASOS DE BIORREMEDIACIÓN





Lacq (Burdeos), Francia

El Biocentro Séché mantiene una planta de tránsito y tratamiento de suelos contaminados con biopilas en operación y equipamiento complementario, donde se realizan actividades de consolidación, clasificación, tránsito de residuos peligrosos y no peligrosos; tratamiento biológico de suelos contaminados; y tratamiento por lavado de suelo contaminado. Tiene una capacidad de 80 mil toneladas para tratamiento de suelos contaminados por hidrocarburo, BTEX y HAP.



Couvin, Bélgica

Soetaert corresponde a una división de la empresa del grupo de Envisan, que complementa las labores de remediación y procesamiento de sedimentos y suelos, avocándose a la gestión de suelos. El proyecto a visitar permite tener una visión avanzada relativa a gestión de suelos y entibaciones (contención vertical de suelos), manejo de pilotes, tabla estacas, muro berlinés, etc. para proyectos de remediación. Además, ponen especial énfasis en la revisión de medidas de seguridad en proyectos de remediación de suelos.



Carcoke, Bélgica

En este lugar se realiza la rehabilitación del sitio de Carcoke, de 12 hectáreas. La remediación del suelo se realizó mediante excavación y tratamiento de suelo contaminado, tras una extensa prueba piloto de oxidación química mediante inyección directa de persulfato. La remediación considera actividades in situ por extracción multifásica y bombas de profundidad, más la instalación de un sistema de biosparging. A su vez, la remediación de aguas subterráneas mediante la incorporación y tratamiento, bioventilación y oxidación química.



Turín, Italia. Proyecto de Remediación Anaeróbica

Situado a 1 hora de Turín, en plena zona urbana, se trata de un proyecto de inyección de substratos para biorremediación anaeróbica de solventes. El proyecto implica mitigación de los vapores de gas de suelo de PCE con sistema de extracción de vapor de suelo (SVE); extracción de vapores de PCE del suelo; y remediación de aguas subterráneas mediante la inyección de sustancias orgánicas biodegradables en el nivel freático, específicamente inyección de bacterias (dehalococcoides) en 65 pozos, tarea que toma alrededor de un mes y medio de trabajo por cada inyección.



Ciudad de Chesterfield, Inglaterra

El Avenue Coking Works en Wingerworth, Chesterfield, estuvo en operación por más de 40 años produciendo combustibles sin humo y subproductos de carbón asociados. El sitio se cerró en 1992.

Los contaminantes de mayor preocupación tras sus operaciones incluyeron hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP); fenoles; aceite mineral; benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX); y cianuros. Se hicieron pruebas utilizando biorremediación en una biopila de 200 m³ de material contaminado y filtrado. El tratamiento duró 80 días y no llegó a su fin. No obstante para BTEX, naftaleno, fenol, aceite mineral y algunos HAP, se observaron reducciones significativas en las concentraciones de material.



Proyecto de Remediación Rock Bay, Columbia Británica

El Proyecto de Remediación de Rock Bay (el Proyecto) está ubicado en el Puerto de Victoria, que está situado cerca del centro de la ciudad de Victoria, Columbia Británica, así como dentro de los territorios tradicionales de la Nación Esquimalt y la Nación Songhees. El Proyecto implicó la remediación de aproximadamente 1,73 hectáreas de tierras altas contaminadas y 2,02 hectáreas de sedimentos portuarios contaminados. Los sedimentos contaminados representan algunos de los sedimentos más contaminados de todo el puerto de Victoria.



**Astral Developments, Shell UK, Texaco ,
Reino Unido**

Las obras consistieron en la biorremediación ex situ de 15.000 m³ de suelos granulares y la eliminación ex situ de 5.000 m³ de material arcilloso natural impactado. Con el fin de prevenir cualquier recontaminación futura del sitio desde terrenos adyacentes, se instaló un muro de contención de arcilla de 200 metros a lo largo del borde del sitio una vez finalizados los trabajos de remediación de suelos, con la base del muro de contención encajada en los lechos impermeables poco profundos de Woolwich y Reading.



Puerto Hueneme, California USA

Entre octubre de 1996 y enero de 1997 el Sitio Nacional de Pruebas de Hidrocarburos del Centro del Batallón de Construcción Naval (NCBC) dejó concentraciones de hasta 736 mg / kg en el suelo por derrames y fugas de almacenamiento de combustible.

Utilizando la técnica de biorremediación se trataron 9 mts 2 para demostrar la efectividad de la metodología.

Después de 105 días de operación con biopilas las concentraciones de contaminantes disminuyeron de 736 mg / kg a 147 mg / kg.



3

CASOS DE ESTUDIO



Casos de Estudio en torno a remediación de Brownfields en Canadá y Estados Unidos

1. Proyecto de remediación del vertedero Atlas - Welland, Ontario
2. Bentway - Toronto, Ontario
3. Suites del centro - Owen Sound, Ontario
4. Remediación de Brownfield de East Village - Calgary, Alberta
5. Greenwich-Mohawk - Brantford, Ontario
6. Reurbanización de Greystone Village, Ottawa, Ontario
7. Inspiración Lakeview 1 - Mississauga, Ontario
8. Inspiración Lakeview 2 - Mississauga, Ontario
9. Remediación de desastres ferroviarios Lac-Megantic - Lac-Megantic, Quebec
10. Nueva Eva's Phoenix - Toronto, Ontario
11. Centro Deportivo Panamericano - Scarborough, Ontario
12. St. Michael's Hospital 3.0 - Toronto, Ontario
13. Paso elevado de 4th Avenue - Calgary, Alberta
14. Pleasant Hill Village - Saskatoon, Saskatchewan
15. Instalaciones recreativas de Orillia - Orillia, Ontario
16. Tierras de ferrocarril de North Bay - North Bay, Ontario
17. East Village - Calgary, Alberta
18. Cascade Hotel and Casino - Langley, Columbia Británica
19. Avenir Center - Moncton, Nuevo Brunswick
20. Bellows Falls, VT: limpieza de la comunidad que convirtió un terreno abandonado al pie de un puente histórico en el centro de visitantes de Waypoint, que ahora también alberga el mercado de agricultores de Bellows Falls.
21. Bridgeport, CT: Groundwork Bridgeport - Regeneración de lotes urbanos
22. Denver, CO: Groundwork Denver - Transformando Brownfields
23. Glens Falls, Nueva York: Farmers Market
24. Lawrence, MA: Groundwork Lawrence - Jardines comunitarios
25. Lynchburg, VA: Lynchburg Grows : Invernaderos de rosas históricos evaluados y limpiados con la ayuda de la Ciudad y el Estado para recrear un centro de cultivo comunitario.
26. New Britain, CT: Obtenga información sobre una zona industrial abandonada e invernaderos abandonados restaurados para cultivar y vender alimentos locales saludables en: Urban Oaks Organic Farm
27. Filadelfia, PA: Mary Seton Corboy, Greensgrow Farm .
28. Portland, OR: Groundwork Portland - Emerson Street Garden

29. Saginaw, MI: reutilización de zonas industriales abandonadas en un centro de salud y un mercado de agricultores para alimentos saludables
30. De Brownfields a Parkland - Elmhurst Park y Fresh Kills Park, Nueva York, NY: Mejores prácticas de revitalización sostenible de Brownfields (publicado en diciembre de 2013)
31. Heifer International, Little Rock, Arkansas: A Brownfield Revitalization Best Practice (publicado en enero de 2014)
32. The Chicago Center for Green Technology: A Sustainable Brownfield Revitalization Best Practice (publicado en septiembre de 2012)
33. Menomonee Valley de Milwaukee: una mejor práctica de reindustrialización sostenible (publicado en enero de 2012)
34. South Waterfront District, Portland, OR: Una mejor práctica de revitalización sostenible de terrenos abandonados (publicado en octubre de 2012)
35. Atlantic Station, Atlanta, Georgia: A Sustainable Brownfield Revitalization Best Practice (publicado en enero de 2013)
36. Brockton Brightfield, Brockton, Massachusetts: Mejores prácticas de revitalización sostenible de zonas industriales abandonadas (publicado en mayo de 2013)
37. Centro de negocios de Montgomery Park: una mejor práctica sostenible para el redesarrollo de terrenos abandonados (enero de 2014)
38. Artspace Commons, Salt Lake City, Utah: Mejores prácticas de revitalización sostenible de terrenos abandonados (julio de 2014)
39. Moran Center, Burlington, Vermont: A US EPA Brownfields Sustainability Pilot (publicado en enero de 2012)
40. Tabor Commons a Café Au Play, Portland, Oregon: Un piloto de sostenibilidad de Brownfields de la EPA de EE. UU. (Publicado en febrero de 2012)
41. Junio Key Delta Community Center, Portland, Oregon: Un piloto de sostenibilidad de terrenos industriales abandonados de la EPA de EE. UU. (Publicado en enero de 2012)
42. Vertedero de Holmes Road (Proyecto Solar de Houston), Houston, Texas: Un piloto de sostenibilidad de Brownfields de la EPA de EE. UU. (Publicado en mayo de 2012)
43. Anvil Mountain, Silverton, Colorado: Un piloto de sostenibilidad de Brownfields de la EPA de EE. UU. (Publicado en junio de 2012)
44. Proyecto de vivienda para la fuerza laboral de Greenville / Reutilización sostenible de una antigua gasolinera y supermercado, Greenville, SC: Un piloto de sostenibilidad de Brownfields de la EPA de EE. UU. (Publicado en junio de 2012)
45. Reurbanización de Langdale y Riverdale Mills, Valley, Alabama: un piloto de sostenibilidad de terrenos industriales abandonados de la EPA de EE. UU. (Publicado en julio de 2012)