



Ingeniería de Suelos Contaminados Reutilizables



Una innovación canadiense por ingenieros, para ingenieros

Sobre Nosotros

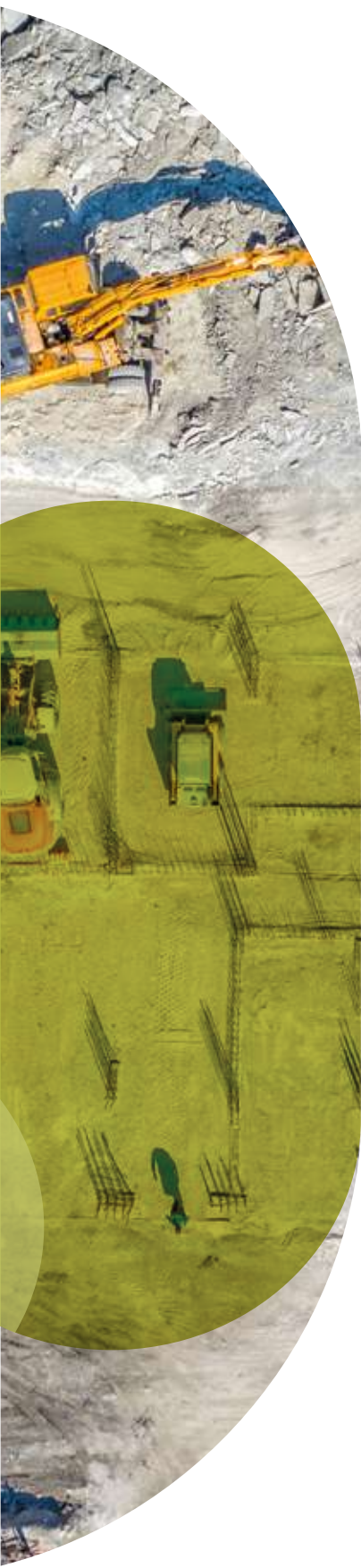
Duraflex Solutions Global tiene su sede principal en Canadá y oficinas en Norteamérica, Latinoamérica, Europa y Asia. Especializada en el desarrollo de productos eficaces, ayudando a las industrias de la construcción y el medio ambiente, hemos desarrollado **Duraflex™ Admixture** para mejorar las capacidades de ingeniería

Junto con sus socios contratistas, **Duraflex Solutions Global** ofrece un paquete completo para la investigación, evaluación, desarrollo de estrategias, remediación y validación de terrenos contaminados utilizando prácticas reconocidas en la industria e incorporando tecnología de vanguardia en forma de **Duraflex™ Admixture (Duraflex)**. Ofrecemos servicios profesionales de diseño y construcción a medida, gestionando una amplia gama de necesidades de los clientes.

Cómo funciona Duraflex™?

Duraflex™ Admixture (Duraflex), es un mineral revolucionario, que transforma el panorama de los materiales de construcción al ofrecer una solución sostenible para el encapsulamiento de contaminantes dentro de los suelos. Cuando se mezcla con cemento y suelos, **Duraflex** crea un material de construcción de alta resistencia, trabajable e impermeable y resistente al aceite, abordando las preocupaciones ambientales asociadas con los sitios contaminados, al tiempo que satisface las demandas de los proyectos de construcción modernos.





Duraflex presenta una excepcional capacidad de resistencia, durabilidad y resistencia a la infiltración de agua y aceite. Su composición única le permite encapsular eficazmente los contaminantes de hidrocarburos y metales pesados dentro de una matriz estable, impidiendo su migración al entorno circundante. Este proceso utiliza normalmente un agente aglutinante de cemento, formando un material duradero y químicamente inerte. Al encapsular los contaminantes, se reduce su movilidad y biodisponibilidad, minimizando los riesgos medioambientales y facilitando una reutilización segura.

Desde el punto de vista de la gestión de residuos/clasificación de suelos, los suelos contaminados previamente clasificados como no peligrosos y peligrosos pueden demostrarse como inertes mediante análisis de laboratorio (véase el estudio de caso - Titanic Quarter, Belfast, más abajo).



El proceso de encapsulación consiste en mezclar suelos contaminados con **10% cemento** por peso de suelo y **2% Duraflex** por peso de cemento para formar una mezcla homogénea, mejorando las propiedades adhesivas del cemento, lo que le permite unirse a las partículas del suelo y encapsular los contaminantes de forma eficaz. El proceso de mezcla se gestiona para garantizar una mezcla homogénea en todo el material contaminado. El material resultante se coloca inmediatamente para su aplicación de ingeniería con la fase de curado inicial que se produce varias horas después de la producción. El proceso de curado dura más de 5 días.

Beneficios de **Duraflex** encapsulación e ingeniería

La encapsulación de contaminantes mediante **Duraflex** ofrece numerosas ventajas para los proyectos de rehabilitación medioambiental y construcción:



Protección Medioambiental:

Al encapsular los contaminantes dentro de una matriz duradera, **Duraflex** elimina la lixiviación y la dispersión en el suelo y las masas de agua, minimizando los riesgos medioambientales y salvaguardando la salud del ecosistema.



Remediación Sostenible

Duraflex proporciona una alternativa sostenible a los métodos tradicionales de remediación de suelos, reduciendo la necesidad de excavación, transporte y eliminación de suelos contaminados. Esto no sólo conserva los recursos naturales, sino que también minimiza las emisiones de carbono asociadas a la eliminación del suelo.

*“La matriz del
suelo
solidificado
(remediado)
se convierte
en INERTE”*





Materiales de Construcción Mejorados

La adición de **Duraflex** mejora las propiedades de los compuestos a base de cemento, dando como resultado materiales de alta resistencia, trabajables e impermeables/impermeables. Estos materiales pueden utilizarse en diversas aplicaciones de la construcción, como bases de carreteras, terraplenes, cimientos de edificios y muros de contención.



Ahorro de costes

La encapsulación con **Duraflex** ofrece una solución completa, remediando los suelos contaminados y creando un material de ingeniería de alta resistencia que puede reutilizarse in situ. Por lo tanto, se pueden evitar los costes asociados a un transporte costoso y a la eliminación en vertederos.



Cumplimiento de la Normativa

El encapsulado con **Duraflex** ayuda a cumplir los requisitos normativos para la rehabilitación de suelos y proyectos de construcción. Su eficacia demostrada en la inmovilización de contaminantes garantiza la seguridad medioambiental y el cumplimiento de la normativa.

“Nuestro objetivo es gestionar los costes de los proyectos de nuestros clientes facilitando una estrategia eficaz para resolver los problemas de suelos contaminados. En los últimos 25 años no he visto nada que tenga la capacidad de Duraflex para encapsular metales pesados y crear un material de ingeniería viable como parte del proceso.”

Tommy Shearer, Global Director Environment



Relave Minero

Los estériles mineros, los residuos que quedan tras la extracción de minerales valiosos de la mena, plantean importantes problemas medioambientales debido a su toxicidad y a su potencial para causar daños duraderos a los ecosistemas. Estos residuos, a menudo almacenados en grandes balsas o zonas de contención cerca de los yacimientos mineros, pueden liberar sustancias nocivas al medio ambiente a través de diversas vías, como el agua y el aire, lo que repercute en los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Una de las principales preocupaciones en relación con los residuos mineros es su composición química, que suele incluir metales pesados como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, entre otros. Estos metales suelen estar presentes en altas concentraciones y pueden persistir en el medio ambiente durante largos periodos, lo que supone graves riesgos tanto para la salud humana como para la integridad ecológica.

El impacto medioambiental de los residuos mineros va más allá de la contaminación inmediata, con consecuencias a largo plazo que pueden persistir durante décadas o incluso siglos. Las medidas para mitigar estos efectos suelen ser complejas, costosas y requieren muchos recursos.

Duraflex es ideal para gestionar eficazmente los residuos mineros. Gracias a sus propiedades específicas de resistencia química, **Duraflex** es muy resistente al ataque de los ácidos y al efecto de la congelación/descongelación. Esto resulta especialmente ventajoso en entornos agresivos, incluidos los residuos mineros ácidos y radiactivos. El uso de **Duraflex** para la remediación de relaves mineros contaminados puede reducir el impacto medioambiental y crear material para aplicaciones de ingeniería. El uso de aguas de relaves mineros, dentro del proceso de hidratación de **Duraflex**, ofrece una solución versátil y completa.

A photograph of a military tank, possibly a T-72, mounted on a concrete pedestal in a desert environment. The tank is olive green and has a long barrel. The background shows a flat, arid landscape under a clear sky.

Instalaciones Militares y Residuos de Armas

La contaminación del suelo resultante de las actividades militares y los residuos de armas supone una amenaza polifacética tanto para la integridad medioambiental como para la salud humana. En todo el mundo, el legado de los conflictos armados ha dejado una huella tóxica en los paisajes, con diversos contaminantes que se filtran en los suelos y las aguas subterráneas.

Una de las principales fuentes de contaminación del suelo procede del uso de municiones convencionales, como explosivos y metales pesados, durante los ejercicios de entrenamiento, las pruebas de armamento y las operaciones de combate. Estas sustancias pueden persistir en el medio ambiente mucho tiempo después de su despliegue inicial, filtrándose en el suelo y en los cursos de agua, donde se acumulan y se extienden, a menudo por vastas zonas. Los metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio, que se encuentran habitualmente en las municiones y los explosivos, plantean riesgos importantes para los ecosistemas y las poblaciones humanas, ya que pueden bioacumularse en las cadenas alimentarias y causar problemas crónicos de salud por ingestión o inhalación.

Los residuos típicos de las armas contienen altos niveles de partículas que incluyen contaminantes como el plomo (Pb; munición con plomo) y el cobre (Cu; sin plomo). Como consecuencia, la actividad militar provoca la contaminación del suelo con Pb y Cu, así como con otros metales como Cd, Sb, Cr, Ni, Zn, con la consiguiente translocación de metales al agua, lo que aumenta el riesgo de exposición humana.

Como se ha señalado anteriormente, las capacidades de encapsulación e ingeniería de **Duraflex** ofrecen una respuesta permanente a los terrenos afectados por el uso militar, especialmente en relación con las bases/instalaciones militares, donde existe una variedad de oportunidades de reutilización para los suelos remediados y de ingeniería.



Reutilización de la construcción

Una vez mezclado, el material encapsulado puede moldearse o compactarse, producir un material reutilizable de alta resistencia, que cumple requisitos específicos de construcción con la capacidad de sustituir/evitar el uso de materiales vírgenes costosos, como los áridos. El compuesto resultante presenta una alta resistencia a la compresión, con cero cero, lo que le permite soportar cargas pesadas y condiciones ambientales adversas, como la congelación/descongelación.

Además, las propiedades impermeables e impermeables al aceite de **Duraflex** garantizan durabilidad a largo plazo y resistencia a la humedad, por lo que es adecuado para una amplia aplicaciones de construcción. El potencial de reutilización de los suelos artificiales resultantes en sus lugares de origen es considerable.

El encapsulado con **Duraflex** tiene una amplia gama de aplicaciones en proyectos de rehabilitación medioambiental y construcción:

-  Construcción temporal de un camino de acarreo.
-  Subbase para instalaciones viales permanentes, pistas de aeropuertos.
-  Columnas de suelo de alta resistencia.
-  Cimentación de balsas / encepado.
-  Esteras de apilamiento.
-  Revestimiento y refuerzo del dique.



Gestión del agua

El rendimiento técnico de **Duraflex** ofrece un material de alta resistencia, duradero e impermeable para el control de las aguas y su impacto cuando no se controlan adecuadamente. El atractivo de **Duraflex**, y su capacidad para encapsular elevados niveles de contaminación, es la capacidad de utilizar materiales existentes para la fabricación del material de ingeniería.

Aunque no son exhaustivas, las siguientes son aplicaciones típicas de **Duraflex**:

-  Construcción de barreras contra inundaciones/infraestructuras de defensa.
-  Construcción y refuerzo de orillas y diques.
-  Reparación/prevenición de la erosión costera de los diques.
-  Construcción y refuerzo de canales y vías navegables.
-  Establecimiento de vías navegables alternativas para facilitar el mantenimiento y la construcción en la infraestructura existente.
-  Construcción de hábitats naturales en la orilla para proteger y favorecer el establecimiento de la fauna.

En la mayoría de los casos en los que hay tierras/suelos contaminados, existe un riesgo para las aguas subterráneas locales y los medios de aguas superficiales. **Duraflex** puede utilizarse para establecer barreras protectoras para estas aguas naturales y, cuando las circunstancias hayan afectado a la calidad del agua, podemos incorporar las aguas contaminadas a las necesidades de hidratación del proceso de remediación.

Caso de Estudio

Fundado en 1861, el astillero Harland & Wolff de Belfast (Irlanda del Norte) tiene una larga historia como uno de los centros de construcción naval más importantes del mundo. Desde sus humildes comienzos en el siglo XIX hasta su papel fundamental en la construcción de buques emblemáticos como el RMS Titanic, Harland & Wolff ha dejado una huella indeleble en la historia marítima. Sin embargo, junto con su legado de innovación y destreza industrial, las actividades del astillero también han contribuido a la contaminación del suelo y el agua, liberando contaminantes como metales pesados, hidrocarburos y otras sustancias peligrosas.

La reurbanización del histórico astillero de Belfast, que incorpora fases residenciales, de ocio y comerciales/industriales, pone de manifiesto problemas con niveles significativos de contaminación en la zona. Las investigaciones detalladas e intrusivas llevadas a cabo por Practical Waste Solutions (**PWS**), nuestro socio europeo con sede en Irlanda, demostraron la existencia de altos niveles de contaminación por metales pesados e hidrocarburos en el subsuelo, hasta 3 m por debajo del nivel del suelo.

Y lo que es más importante, el desarrollo residencial, con su inherente aumento del riesgo para la salud de los receptores humanos, planteaba el reto de proporcionar una solución altamente eficaz y permanente.

Trabajando con **PWS** que gestionó el proyecto en las fases de investigación y remediación, demostramos el éxito de **Duraflex** al encapsular niveles significativamente altos de contaminación por hidrocarburos y metales en el histórico emplazamiento del Titanic en Belfast, Irlanda del Norte.



La remodelación del solar incluyó la construcción de bloques de apartamentos de varios niveles para uso mixto residencial y comercial. La zona exterior incluía un espacio público. El uso a largo plazo del emplazamiento, con una zona ajardinada exterior, planteaba el reto de garantizar que los futuros receptores humanos no corrieran el riesgo de sufrir los impactos del emplazamiento histórico.

El emplazamiento del Titanic, afectado por muchos años de fuentes de contaminación, era perfecto para probar la capacidad de **Duraflex**, para diseñar una solución permanente para la contaminación profunda del suelo/agua y permitir la reclasificación de suelos contaminados peligrosos a inertes.



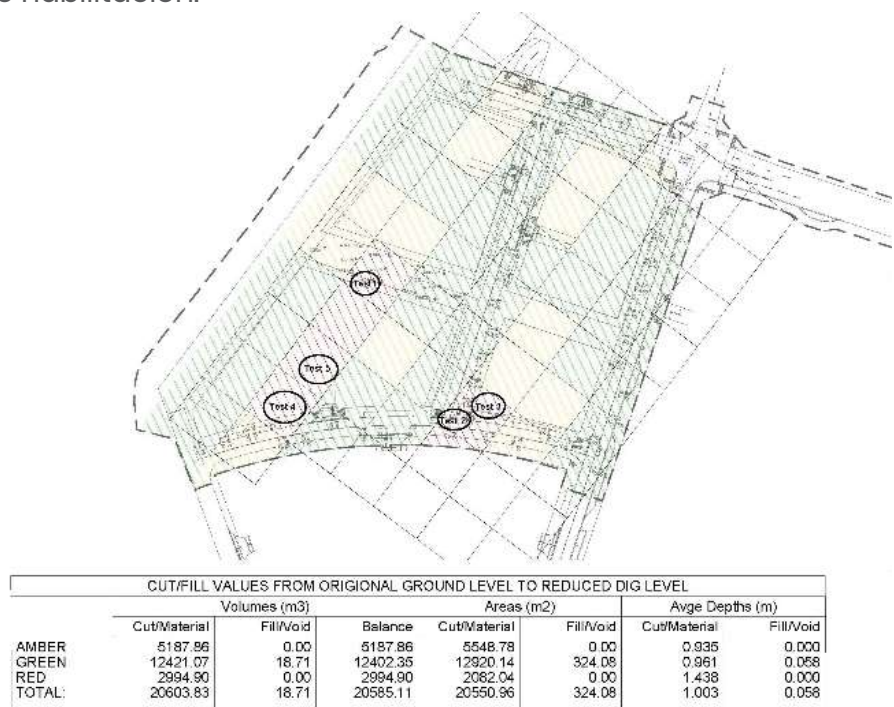
La preparación del emplazamiento supuso la excavación de 24.000 m³ de subsuelos, incluidos los restos de pilotes, ofreciendo una excavación a nivel reducido de aproximadamente 2,5m-3m de profundidad en todo el emplazamiento.



Antes de proceder a la preparación y excavación del terreno, se contrató a **PWS** para que llevara a cabo una investigación detallada e intrusiva del terreno que se iba a excavar. La estrategia de investigación se basó en un enfoque triple:

- Clasificar los estratos de suelo que se van a excavar, determinando el grado de contaminación medido en función de los valores orientativos de suelo reconocidos en el Reino Unido y;
- Delimitar los suelos que planteaban un riesgo inaceptable para la salud y gestionar las operaciones de excavación para segregar estos suelos.
- Determinar la cantidad de suelos contaminados que requieren saneamiento y facilitar una solución de saneamiento rentable.

La investigación intrusiva realizada por **PWS** dio lugar a la excavación de 64 pozos de prueba en todo el emplazamiento en un sistema de cuadrícula de 20 metros. Este proceso permitió obtener una visión detallada de las condiciones del terreno con respecto a los niveles de contaminación y la cartografía de datos resultante ayudó en la fase operativa de las obras de habilitación.



La investigación detallada redujo significativamente la cantidad de suelos que se preveían inaceptables, de 24.000 m3 (unas 43.200 toneladas) inicialmente a 1.621 m3 (unas 2.917 toneladas) que resultaron ser peligrosos debido a los hidrocarburos y los metales.

El muestreo y los análisis realizados durante la investigación identificaron niveles significativos de contaminación, en particular de plomo (muy probablemente debido al uso de pintura con plomo) y gasóleo/aceites pesados (probablemente debido al uso de equipos mecánicos y aceites minerales utilizados en las actividades de fabricación de componentes).

Tabla 1 – Resultados reales de los análisis del suelo antes y después del tratamiento con Duraflex

Metals	Units	Test 1	Test 1 with Duraflex	Test 2	Test 2 with Duraflex	Test 3	Test 3 with Duraflex	Test 4	Test 4 with Duraflex	Test 5	Test 5 with Duraflex	Limit of Detection
Cadmium	mg/kg	<0.1	<0.005	<0.01	<0.005	<0.1	<0.005	<0.005	<0.005	\	\	<0.005
Lead	mg/kg	22010	<0.05	1430.00	<0.05	133.00	<0.05	0.13	<0.05	\	\	<0.05
Mercury	mg/kg	0.4	<0.01	0.40	<0.01	0.1	<0.01	<0.01	<0.01	\	\	<0.01
Nickel	mg/kg	68.6	0.06	115.7	0.25	48.5	0.25	0.41	<0.02	\	\	<0.02
Selenium	mg/kg	<1	<0.03	4.00	<0.03	1	<0.03	<0.03	<0.03	\	\	<0.03
Zinc	mg/kg	180	<0.03	26800.00	<0.03	126.00	<0.03	<0.03	<0.03	\	\	<0.03
Aliphatics												
>E03-C10	mg/kg	\	\	146390.00	<30 (EC10-C40)	351.00	<30 (EC10-C40)	<0.1	<0.1	4.6	2.6	<0.1
>EC10-12	mg/kg	\	\	\	\	\	<30 (EC10-C40)	<0.2	<0.2	191.4	14.7	<0.2
>EC12-16	mg/kg	\	\	\	\	\	\	<4	<4	849	58	<4
>EC16-21	mg/kg	\	\	\	\	\	\	<7	<7	346	36	<7
PAHS												
Naphthalene	mg/kg	2.55	0.58	5.97	0.17	32.99	0.58	0.67	0.27	\	\	<0.04
Phenanthrene	mg/kg	0.36	0.08	12.07	2.55	>>360.071	5.73	25.08	2.51	\	\	<0.03
Benzo(a)Anthracene	mg/kg	22.57	3.04	4.32	2.80	110.61	3.04	15.62	2.61	\	\	<0.06
Chrysene	mg/kg	22.04	2.92	4.51	2.56	106.65	2.92	15.12	2.58	\	\	<0.02
Benzo(a)Pyrene	mg/kg	17.69	4.59	3.73	2.67	95.60	2.80	18.63	3.03	\	\	<0.04
Indeno(123-cd)Pyrene	mg/kg	7.17	2.8	2.59	1.75	51.97	2.09	10.32	1.80	\	\	<0.04
Dibenzo(ah)Anthracene	mg/kg	3.15	2.09	0.52	0.48	9.08	0.35	4.19	0.59	\	\	<0.04
Benzo(ghi)Perylene	mg/kg	7.17	0.35	2.25	1.69	53.54	1.83	10.63	1.61	\	\	<0.04
Benzo(b)fluoranthene	mg/kg	19.42	3.3	5.06	2.79	105.77	3.30	19.48	3.27	\	\	<0.05
Benzo(k)fluoranthene	mg/kg	7.55	1.29	1.97	1.09	41.13	1.29	7.58	1.27	\	\	<0.02

Al remediar los suelos contaminados con **Duraflex**, también se produce un suelo de ingeniería de alta resistencia, lo que facilita su reutilización dentro de la fase de construcción/trabajos preliminares. La fórmula para el proceso de remediación **Duraflex** es:



Ahorro de Costes

En relación con los costes previstos y reales del proyecto, el trabajo realizado por **PWS** y **DSG** presentaron ahorros significativos.

Debido a la naturaleza peligrosa de los suelos contaminados encontrados, las instalaciones de tratamiento y eliminación debidamente autorizadas sólo pueden encontrarse fuera de Irlanda. Por lo tanto, la gestión por terceros fuera del emplazamiento resulta extremadamente cara.

A continuación se ofrece una guía del ahorro de costes obtenido mediante la investigación detallada y el tratamiento de la fracción de suelo contaminado resultante utilizando **Duraflex**.

Resumen del ahorro de costes utilizando Duraflex™ Admixture

- ✓ A partir del trabajo de investigación detallada del emplazamiento, PWS pudo **reducir la cantidad de suelos contaminados en un 93,25%**.
Esto también equivale a una **reducción del 93,25% en los costes de eliminación del suelo**, comparando el coste previsto de los suelos contaminados con el de los suelos inertes.
- ✓ Utilizando Duraflex™ Admixture para tratar los 1.621m3 contaminados **redujimos el coste potencial de eliminación del suelo en un 46,80%**.
El proceso de tratamiento también produce un material de alta resistencia con pruebas de laboratorio que confirman +7 MPa (+7 N/mm²).
- ✓ **Ahorro del 100% de los costes** de suministro y transporte de materiales, como áridos, reutilizando 1.621 m3 de suelos de ingeniería recuperados in situ para la subbase de carreteras, canales de drenaje,

El uso de **Duraflex** tanto para remediar los suelos altamente contaminados como para "fabricar" un suelo de ingeniería reutilizable, demostrando capacidades de alta resistencia, supone un importante ahorro de costes para el cliente.



Duraflex es una empresa que provee soluciones de tecnología limpia, aplicada a la estabilización de suelos, tratamientos de suelos, diagnósticos, entre otros. Buscamos tener un gran impacto en el medio ambiente; así como ayudar a optimizar costos y tiempo en proyectos de construcción, mostrando nuestro compromiso con la innovación sostenible y un futuro más verde.



+54 9 2234 48-4864



+54 9 2234 48-4864



mg@duraflexla.com



duraflexglobal.com



Duraflex Solutions Global

