



## Bioaumentación con Tecnología MICROBE-LIFT® Remedia Laguna de Retención de Drenaje Contaminada en Penang, Malasia.

**Lugar:** Penang, Malaysia

**Contexto:** S-10 es una laguna de retención del río para mitigar inundaciones en Penang, Malasia. El agua de drenajes de Georgetown es canalizada hacia esta laguna profunda de retención de 150M x 85m x 2m antes de descargarse al mar. El exceso de agua en la laguna se vierte al mar ya sea abriendo la compuerta de marea durante marea baja o a través de bombeo mecánico cuando el nivel del mar es más alto que el nivel del agua de la laguna. La laguna de retención impide el ingreso de agua salada hacia Georgetown y permite el flujo libre de agua de drenaje superficial durante fuertes lluvias que coincide con el nivel alto del mar.



**Figura 1:** Imagen de la laguna de retención para la mitigación de inundaciones en Penang.



**Figura 2:** Imágenes adicionales de la laguna y el sistema de drenaje.



**Figura3:** Imágenes adicionales de la laguna y el sistema de drenaje.

Este drenaje permite la descarga tanto del agua subterránea como del agua superficial durante fuertes lluvias y la descarga de aguas residuales incluyendo aguas residuales domésticas, aguas residuales comerciales y de operaciones industriales. La descarga de aguas grises no tratadas forma la mayoría del agua que fluye hacia la laguna en días secos. El nivel de contaminación del afluente se diluye significativamente durante las lluvias fuertes. La DBO del afluente oscila entre 40 mg/l y 250 mg/l y DQO tiene un valor bajo de 100 mg/l y un alto de casi 1,000 mg/l. El caudal afluente también acarrea una alta concentración de sólidos suspendidos y residuos flotantes. La mayoría de residuos flotantes queda atrapada en el desarenador justo antes de entrar hacia la laguna y se remueve físicamente de forma regular. Hay una gran concentración de sólidos suspendidos que se han sedimentado como lodo residual en el fondo de la laguna.

La laguna ha acumulado una capa de lodo residual en el fondo de más de medio metro en tan solo un año de operación. Si se deja sin tratar, la laguna se llenará completamente de lodo residual al cabo de unos cuantos años y será incapaz de cumplir con su objetivo como laguna de mitigación de inundaciones. Además del problema de lodo residual, el mal olor extremo emanado por la laguna ha afectado viviendas cercanas y se ha convertido en un problema significativo para Jabatan Pengairan Dan Aliran Negeri (JPS). JPS también ha expresado su interés en reducir la contaminación por debajo del estándar B antes de descargar al mar para prevenir daños a la vida marina. El estándar B especifica un DBO <50 mg/l y DQO <100mg/l.

La laguna tiene un volumen estimado de 25,000 m<sup>3</sup>. En días secos, las aguas grises provenientes de Georgetown forman la mayor parte del caudal entrante. El caudal estimado es de 5,000 m<sup>3</sup> diarios. Esto da un estimado de cinco días de tiempo de retención, lo cual es ideal para el tratamiento biológico. Se desconoce el caudal estimado durante lluvias fuertes; se estima que es mucho más que el caudal de un día normal. El agua de la laguna se puede reemplazar por completo después de pocos días de fuertes lluvias.

## Objetivo:

---

Se desarrolló un programa de tratamiento de bioaumentación para remover los sólidos del fondo y mejorar la degradación de desechos orgánicos. Se recomendó la Tecnología MICROBE-LIFT®. MICROBE-LIFT® es un biocultivo líquido altamente activo desarrollado y producido por Ecological Laboratories Inc, EE.UU. MICROBE-LIFT® contiene una amplia gama de microorganismos seleccionados por sus capacidades de degradación comprobadas enfocadas en degradar componentes de desechos orgánicos difíciles de descomponer.

De acuerdo al plan, se condujo un tratamiento desde el 29 de agosto del 2005 hasta el 5 de marzo del 2006. Se realizó una inoculación de 10 ppm el primer día; un día afectado por lluvias fuertes inmediatamente después de la inoculación. Esto fue seguido por una dosis de 8 ppm tres días después, seguido de cinco dosis adicionales de 4.5 ppm en el primer mes. Para el período restante se aplicó una dosis de mantenimiento menor a 2 ppm, 12 galones por semana. Dado que el tiempo de retención es limitado debido al aumento de lluvia y la biodegradación se puede aumentar por aeración, se agregó semanalmente BioAktiv, un compuesto mineral natural para oxigenar, para apoyar las tasas de degradación aumentada de la Tecnología MICROBE-LIFT®.

---

## Resultados Obtenidos:

El primer resultado que se notó durante el primer mes del tratamiento fue la reducción significativa de los malos olores percibidos por los trabajadores y las viviendas cercanas. El mal olor prácticamente se eliminó durante el período de tratamiento en el área de la laguna, a excepción de los malos olores en las áreas cercanas al caudal de entrada a la laguna proveniente de aguas sin tratar. El Proyecto de Biorremediación MICROBE-LIFT® S-10 fue presentado durante el Seminario Nacional del Medio Ambiente el 14-16 de diciembre del 2005, organizado por JPS en Penang. Delegados invitados al sitio el 15 de diciembre del 2005 confirmaron que ya no se percibía el mal olor alrededor de la laguna. Solo se percibió el mal olor provenientes del agua entrante no tratada.

Otra indicación de un tratamiento mejorado son las muestras de agua de la laguna que se mostraron más transparentes (menos turbidez) que en el pasado.

Se tomaron muestras de agua en el punto de entrada a la laguna y en el punto de salida, cerca de la compuerta de marea, dos veces al mes para monitorear los parámetros del agua. Se midieron DBO, DQO, TSS y NH<sub>4</sub> total. El grosor del lodo residual también se midió el día de la inoculación, seguido por tres mediciones más durante el período de tratamiento. El grosor del lodo residual se midió por medio de un Sludge Judge® (medidor de lodo) que consta de un tubo de vidrio transparente que introduce en la laguna hasta que topa con el fondo firme.

Luego se cierra el tubo y se sube a la superficie donde se puede medir la columna de lodo residual obtenida. El muestreo y análisis lo realizó un laboratorio independiente. A continuación, se presentan los resultados del tratamiento de seis meses:

## Proyecto en la Laguna de Retención de JPS Penang

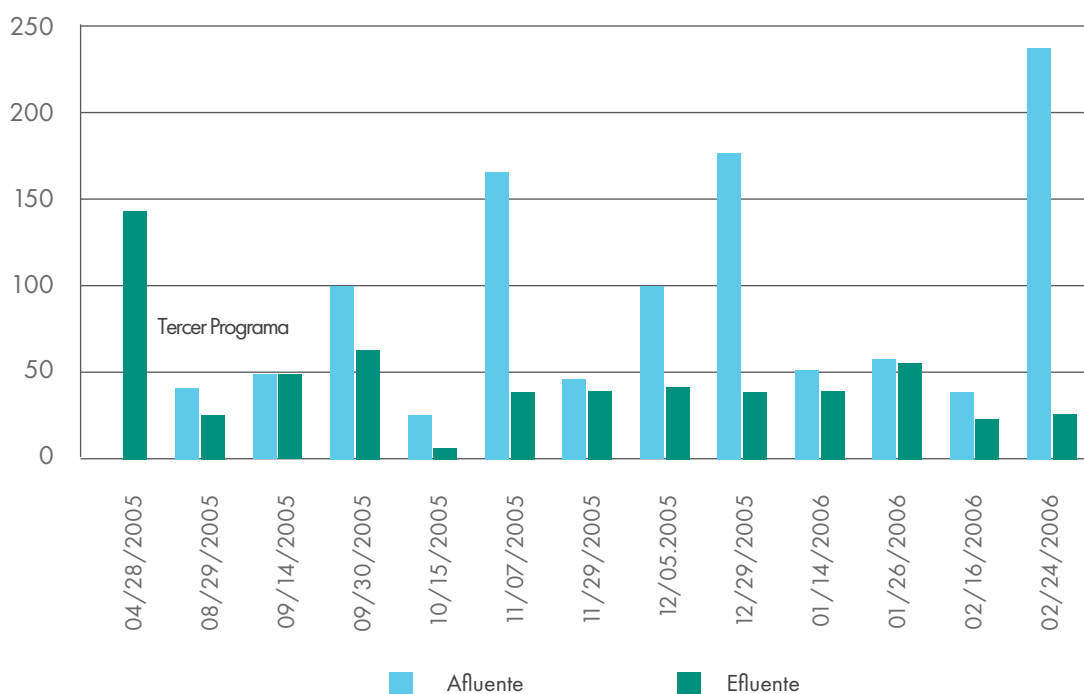
### Mediciones de los Parámetros del Agua

Día	Fecha	Afluyente (en la salida de la manguera de bombeo)				Efluente (en la salida de la descarga)			
		DBO mg/l	DQO mg/l	TSS mg/l	NH <sub>2</sub> mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	TSS mg/l	NH <sub>2</sub> mg/l
	04/28					142	522	196	11.4
1	08/29	42	162	34	11.4	23	98	26	12.2
16	09/14	49	189	45	12.2	48	185	45	20.2
32	09/30	98	383	180	1.9	63	431	52	11.2
47	10/15	28	113	59	11.7	7	42	44	12.2
70	11/07	167	571	113	18.6	39	256	125	13
92	11/29	45	178	34	2.1	39	196	42	11.6
98	12/05	100	408	77	11.4	43	187	18	11.7
122	12/29	178	695	20927	20.4	40	167	51	9
138	01/14	52	197	71	15.4	39	161	56	14.4
150	01/26	59	279	70	15.6	56	223	41	15.6
171	02/16	39	158	50	20.6	22	86	41	13.6
179	02/24	235	975	598	17.4	24	95	37	8.6

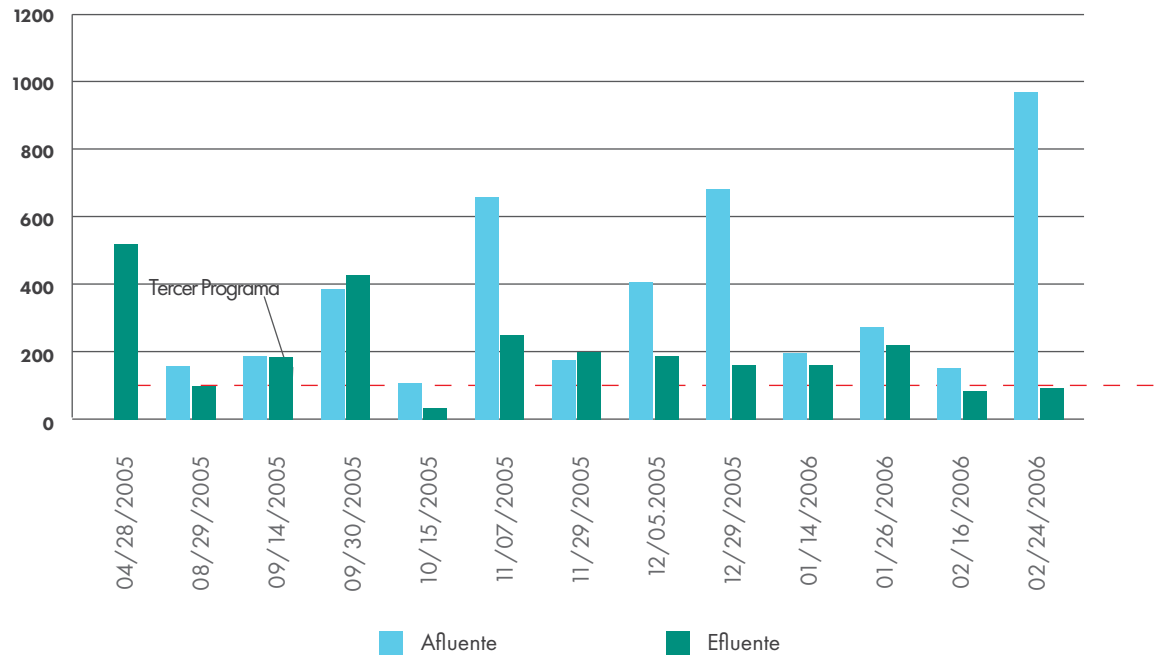
**Figura 1:** Esta tabla muestra datos actuales del período de prueba de abril 2005 a febrero 2006. Nótese los altos niveles de DBO, DQO y TSS antes del tratamiento, los cuales nunca se registraron durante el tratamiento.

**Figura 2:** La diferencia dramática entre los niveles de DBO del afluyente y efluente muestra el logro del tratamiento por medio de bioaumentación.

### DBO del Afluyente vs. Efluente



## Influent versus Effluent COD



**Figura3:** Consecuente con los datos de DBO, los resultados de DQO validan la mejora con el tratamiento. Los datos de los primeros dos meses representan la línea de base antes del tratamiento, mientras que los datos a partir de la línea de base muestran un incremento sustancial en el tratamiento basado en una mayor diferencia entre los niveles del afluente y efluente.

El cambio más significativo entre los parámetros del afluente y efluente ocurre durante los primeros dos meses de tratamiento. Este es el cambio que por lo regular se observa en aplicaciones de bioaumentación, ya que los microorganismos inoculados requieren tiempo para crecer y establecerse dentro del ecosistema. A partir de mediados de octubre 2005 se observa una mejora significativa en el parámetro del agua. Los datos no muestran mucha mejora durante los periodos de mucha lluvia cuando los niveles de contaminación del afluente son bajos. También se notó que el agua en la laguna forma un movimiento circular cuando se descargan grandes volúmenes de agua a través de la compuerta de marea o al ser bombeada. Este movimiento circular mezcló bien el agua del afluente y efluente. Por ello, el agua en la laguna se volvió más homogénea y hubo menos diferencias entre las muestras de agua del afluente y efluente. Este factor explica el presunto incumplimiento con los parámetros del agua durante el 29 de noviembre 2005 y enero 2006.

El lodo residual del fondo continuó reduciéndose a lo largo del período de tratamiento y prácticamente se eliminó antes de febrero del 2006.

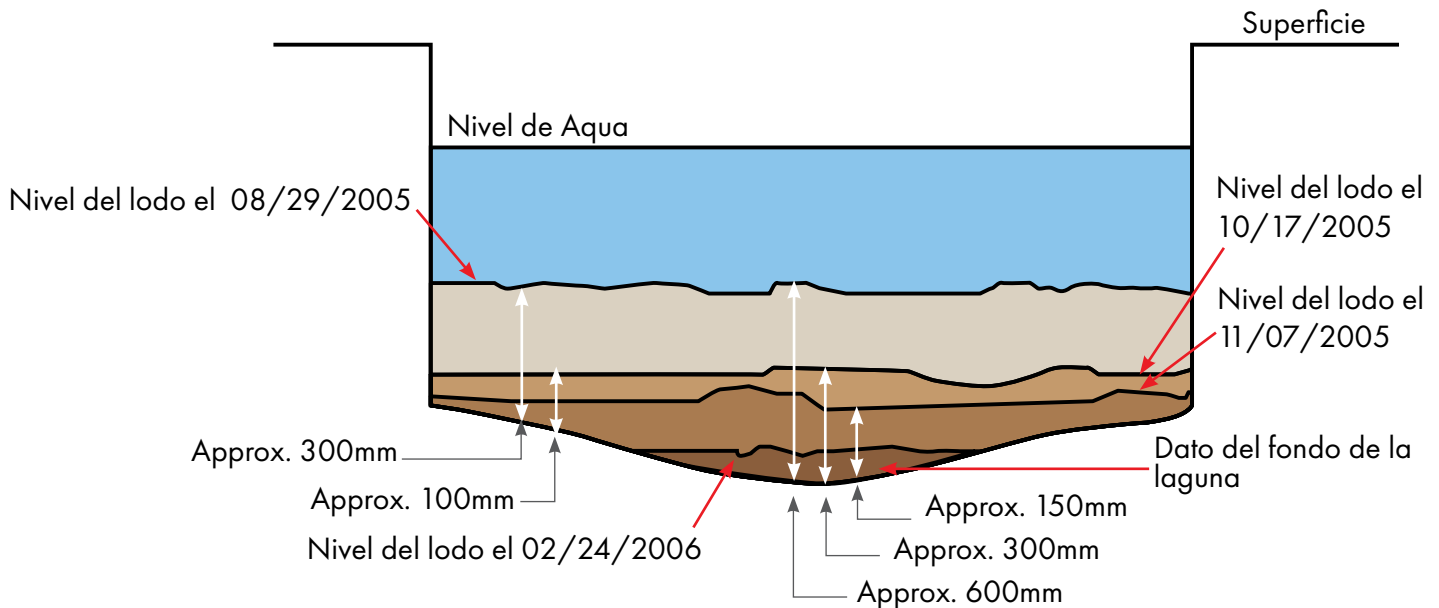
### Nivel Promedio de Lodo

Fecha	En el borde de la laguna (mm)	En el centro de la laguna (mm)
08/29/2005	300	600
10/17/2005	100	300
11/07/2005	80	150
02/24/2006	0	45

**Figura.4:** Figura 4: Esta tabla muestra la eliminación del depósito de lodo residual acumulado, cuya eliminación oscila entre un impresionante 93% a un 100%.

## Schematic Presentation of Sludge Thickness During the Treatment Period

**Figura5:** Este es un diagrama visual de la reducción de sólidos por medio del programa de bioaumentación. La degradación biológica prácticamente eliminó el volumen de lodo residual.



La descomposición del lodo residual orgánico del fondo a menudo contribuye con el aumento de la cantidad de contaminantes en el agua, como se observa en los parámetros del agua durante los primeros dos meses del tratamiento.

Es importante notar que estos sólidos al ser degradados, primero se descomponen en componentes pequeños más solubles que le agregan al agua los parámetros de DBO, DQO y TST hasta que estos también se degradarán. Este es otro factor que se observó en los parámetros del agua durante los primeros dos meses. Mientras el lodo residual de fondo se reduce, se espera observar una mejora más rápida en los parámetros del agua del afluente versus el efluente. Esto se puede observar con claridad en los parámetros del agua que se midieron el 24 de febrero del 2006, donde el DBO, DQO y TSS cumplen con el requisito regulatorio del Estándar B, peso a que la laguna sufre del ingreso de la peor contaminación durante todo el período del tratamiento.

Basándose en la comparación de la lectura inicial del indicador de lodo residual con la medida más reciente del 24 de febrero del 2006, se degradó un estimado de 6,000 m<sup>3</sup> de lodo residual por medio del proceso de biorremediación ecológicamente amigable de la tecnología MICROBE-LIFT®. Basado en RM 80 por m<sup>3</sup> de costos de dragado y vertido, la eliminación del lodo residual biológico le ahorró a la Junta más de medio millón de dólares malayos, haciendo de ésta una solución efectiva y de bajo costo. Además, la Tecnología MICROBE-LIFT® eliminó el mal olor del área alrededor de la laguna y mejoró la calidad del agua antes de la descarga hacia el mar.

En este ensayo, liderado por Goh Kwang Beng de MICROBE-LIFT® ASIA y Oakwell Engineering Ltd. de Singapur, MICROBE-LIFT® logó resultados más allá de los objetivos iniciales de JPS de controlar del mal olor y mejorar la calidad del agua. La tecnología MICROBE-LIFT® mejoró la calidad del agua para obtener parámetros superiores al Estándar B requerido, eliminando con efectividad el problema del mal olor y logrando la reducción del lodo residual, excediendo las expectativas. La reducción del lodo residual ha restaurado la laguna a su funcionamiento original.

Para mayor información sobre la Tecnología MICROBE-LIFT® contactar **Ecological Laboratories, Inc.**  
[www.EcologicalLabs.com](http://www.EcologicalLabs.com)

CS13103