



Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados (Segundo día de dos días)

2 de agosto 2011, 16:00 - 19:30hs, horario de la costa este de los EE UU
(20:00-23:30 GMT)

Los presentadores:

Victor Manuel Sánchez Granados (gtecnica@geolyma.com.mx, + 52 (55) 57391145)

Susana Saval Bohorquez, (ssavalb@iingen.unam.mx, +52 (55) 56233676)

Omar Pineda (omar.pineda@erm.com)

Jerjes Pantoja (jeresp@cam-mx.com)

María Rocha Jiménez (ma_rochaj@yahoo.com.mx)

Rosa María Flores Serrano (rfs@pumas.iingen.unam.mx, +52 (55) 56233600)

Javier Llamas Viramontes (javier.llamas@insecami.com.mx)



Agenda

2 de Agosto 2011

- El estudio de caracterización de sitios contaminados: 15:00 – 16:00h
Ponente: Ing. Jerjes Pantoja
45 minutos de ponencia, 15 minutos para sesión de preguntas y respuestas.

- Guía de muestreo final comprobatorio: 16:00 – 16:20h
Ponente: M.C. Maria Rocha Jiménez
20 minutos de ponencia.

- El estudio de evaluación de riesgos ambientales de sitios contaminados: 16:30 – 17:30h
Ponente: Dra. Rosa María Flores
45 minutos de ponencia, 15 minutos para sesión de preguntas y respuestas.

- El estudio de evaluación de riesgos ambientales de sitios contaminados: 17:30 – 18:30h
Ponente: Dr. Javier Llamas Viramontes
45 minutos de ponencia, 15 minutos para sesión de preguntas y respuestas.

Encuentro Latinoamericano sobre Remediación
de Sitios Contaminados.
4 y 5 de agosto de 2011

Curso sobre Remediación de sitios contaminados
1 al 3 de agosto de 2011



El Estudio de Caracterización de Sitios Contaminados

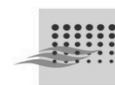
Jerjes Pantoja Irys
Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.



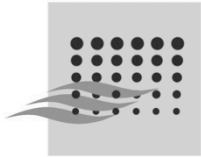
giz



Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo

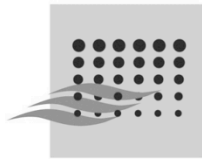


ReLASC
Red Latinoamericana
de Prevención y Gestión
de Sitios Contaminados

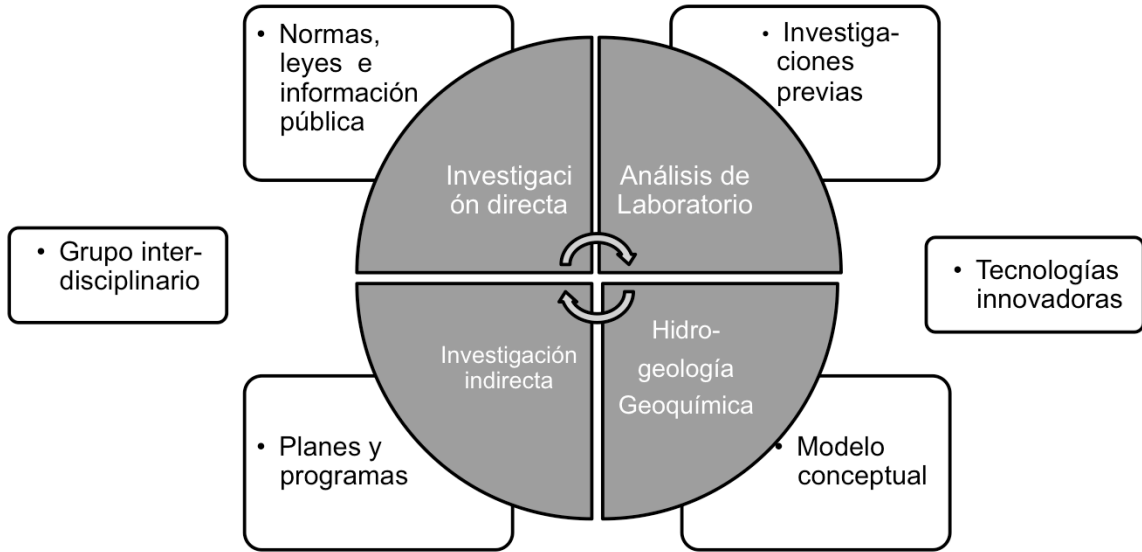


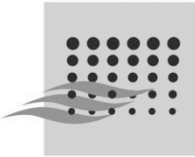
Referencias

- Referencias Bibliográficas de Interés
- 1) SEMARNAT, 2010. Guía Técnica para Orientar en la Elaboración de Estudios de Caracterización de Sitios Contaminados.
 - 2) ASTM D6235 - 04(2010) .Standard Practice for Expedited Site Characterization of Vadose Zone and Ground Water Contamination at Hazardous Waste Contaminated Sites.
 - 3) ASTM E1912 - 98(2004). Standard Guide for Accelerated Site Characterization for Confirmed or Suspected Petroleum Releases.
 - 3) ASTM D5730 – 04. Standard Guide for Site Characterization for Environmental Purposes With Emphasis on Soil, Rock, the Vadose Zone and Ground Water
 - 5) US EPA , 1993. Subsurface Characterization and Monitoring Techniques. A Desk Reference Guide. Volume I y II.



Caracterización de Sitios Contaminados





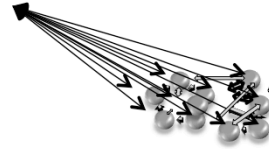
Probabilidad, Estadística, Criterio y "Economía"



1 muestra de laboratorio=
250 g



1 m³ de suelo

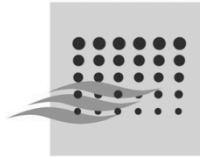


4,000 muestras de
laboratorio para
analizar a "toda la
población de suelo" en
1 m³



Si el costo de la corrida analítica completa de la NOM-138 es cercano a **US\$500** por muestra; analizar toda la "población" de suelo en 1 m³ sería cercano a **US\$ 2,000,000.00**

Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México

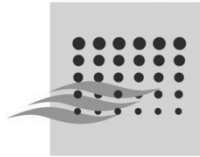


Caso Práctico de Investigación de un Sitio Contaminado en México

DESCRIPCIÓN DEL SITIO: Planta Química ubicada en el sur de México, **en un parque industrial**, con más de 30 años de operación. Enfocada a la producción de productos celulósicos de grado industrial.

DETONADOR: Como parte de una transferencia de propiedad entre dos empresas privadas se buscó identificar la presencia de pasivos ambientales asociados a las operaciones productivas realizadas en la planta.

ACTIVIDADES PREVIAS: Una de las partes llevó a cabo una Evaluación Ambiental de Sitio, Fase I y Fase II. Esta evaluación evidenció la presencia de pasivos ambientales en suelo y agua subterránea como consecuencia de la presencia de residuos enterrados y áreas de almacén dentro de la propiedad de la industria.

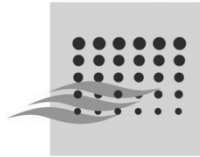


Información Pública Regional Disponible

❖Clima

- Templado húmedo
- Temperatura anual promedio de 15.7°C
- Período más caluroso de abril a junio
- Temporada de lluvia de julio a septiembre
- Precipitación promedio anual 882mm
- Vientos dominantes del Norte y Noreste

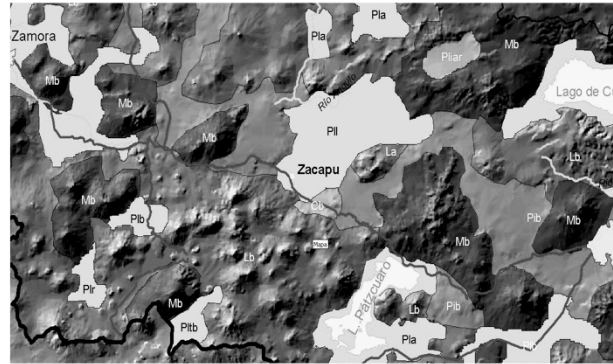




Información Pública Regional Disponible (cont.)

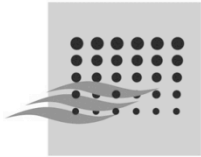
❖ Geomorfología

- Subprovincia Sierras y Bajíos Michoacanos
- La mayor parte de las cordilleras que rodean el área se caracterizan por serranías y zonas lacustres que van de 2 000 a 3 200 m s.n.m.m.
- El área de estudio se encuentra a una altitud de 1989 m s.n.m.m.



Sistemas geomorfológicos	Simbología
Montañas	Límite estatal
Lomeríos	Localidad urbana (> 50,000 hab.)
Colinas	Carretera principal
Piedemontes	Límite de la cuenca
Planicies	Río permanente
Planicies Intermontanas	Presa o lago

Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México

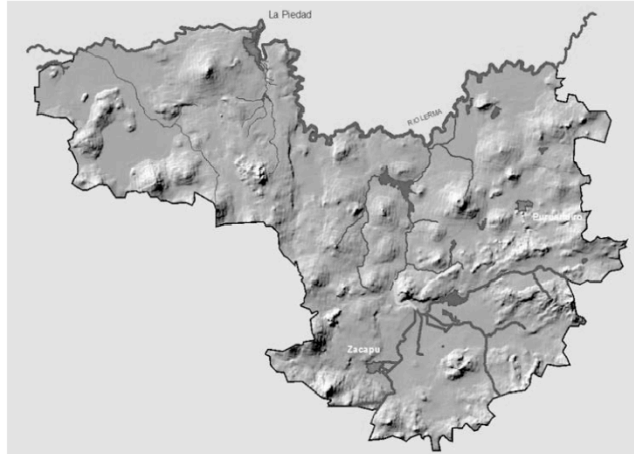


Información Pública Regional Disponible (cont.)

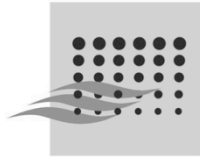
❖ Hidrografía

- Cuenca Hidrológica del Río Lerma.
- Río Angulo y La Patera.
- Existen manantiales que son usados para riego y abastecimiento de la industria local.

IMPORTANTE: Hasta antes del año 1900 esta región fue una gran laguna endorreica.



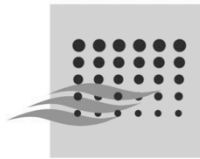
Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



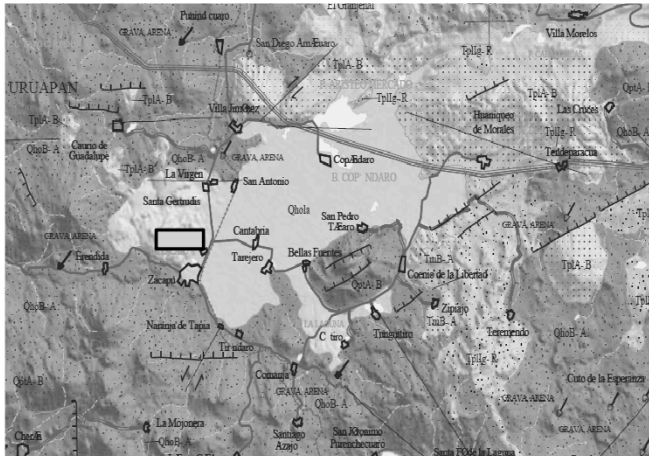
Información Pública Regional Disponible (cont.)

❖ Geología

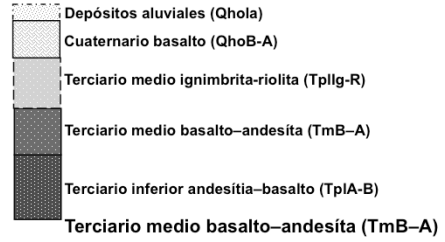
- El área de estudio se ubica en el fondo de una amplia depresión con altas zonas basálticas principalmente hacia el noreste e inmersa en depósitos fluviolacustres y vulcanosedimentarios.
- Los suelos que forman la ribera de la laguna son uniformes y de clasificación lacustre, de coloración negra y de alta plasticidad, los constituyen en su mayoría depósitos de materiales arrastrados por la lluvia, procedentes de las formaciones montañosas que rodean el valle.
- Las rocas que afloran en el área son de origen ígneo extrusivo, parte de ellas, principalmente las de menor cohesión, han sido fragmentadas, transportadas y depositadas en las depresiones estructurales.

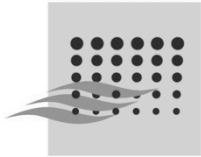


Información Pública Regional Disponible (cont.)



COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

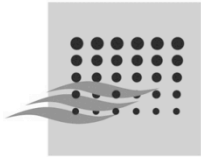




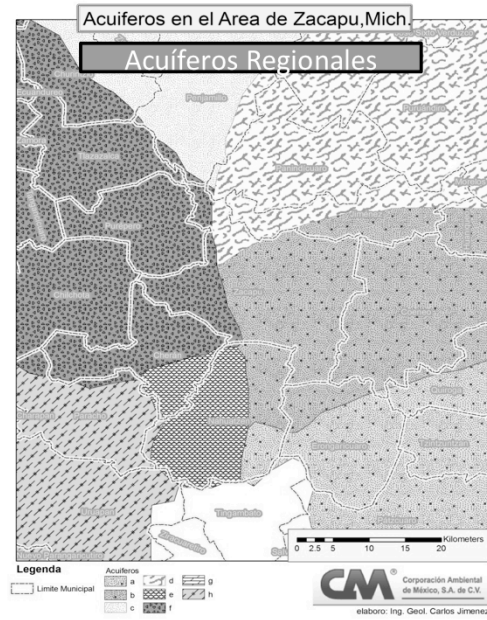
Información Pública Regional Disponible (cont.)

❖ Hidrogeología

- Tipo de Acuífero.
 - El acuífero principal del valle, se denomina como Acuífero Zamora, el cual tiene una extensión superficial de 2,400 km² y ocupa las porciones alta y media de la subcuenca del Río Duero.
 - Está formado por derrames basálticos, piroclásticos, materiales aluviales y depósitos lacustres. Los tres primeros son los elementos más permeables, los últimos constituyen acuitardos de permeabilidad media a baja.
 - Su espesor aumenta de los bordes hacia el centro del valle, donde alcanza valores hasta de 350 m; está limitado inferiormente por basaltos, y en las porciones bajas del valle está semiconfinado por los depósitos lacustres,



Información Pública Regional Disponible (cont.)

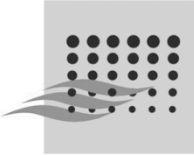




Información Pública Deseable pero NO Disponible

❖ Temas no disponibles actualmente en México

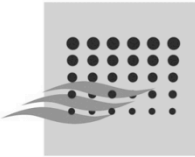
- Registros de Perforación Geotécnica.
- Registros de Perforación Ambiental.
- Registro de terminación de pozos de monitoreo.
- Columna estratigráfica somera (suelo).
- Planos de nivel piezométrico someros.
- Geoquímica de agua subterránea somera.



Investigación Integral del Sitio

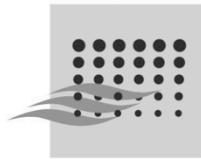
❖ Componentes Principales (implementación en 3 eventos independientes de trabajo de campo):

- Exploración geofísica eléctrica y radar.
- Plan de muestreo de suelos someros e intermedios.
- Plan de instalación de pozos de monitoreo y muestreo de agua subterránea somera.
- Plan de identificación y clasificación de residuos enterrados.
- Estimación de parámetros geohidrológicos /transporte de contaminantes.
- Modelación matemática del agua subterránea.
- Identificación de receptores potenciales.



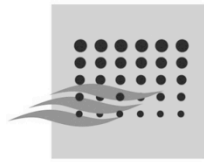
Fotogalería 2008



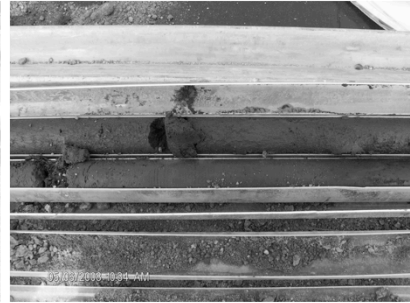


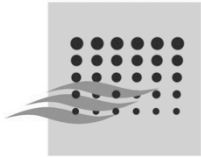
Fotogalería 2008





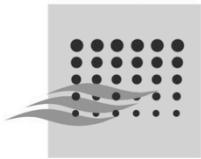
Fotogalería 2011





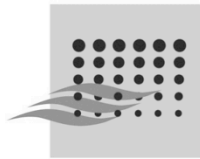
Fotogalería 2011



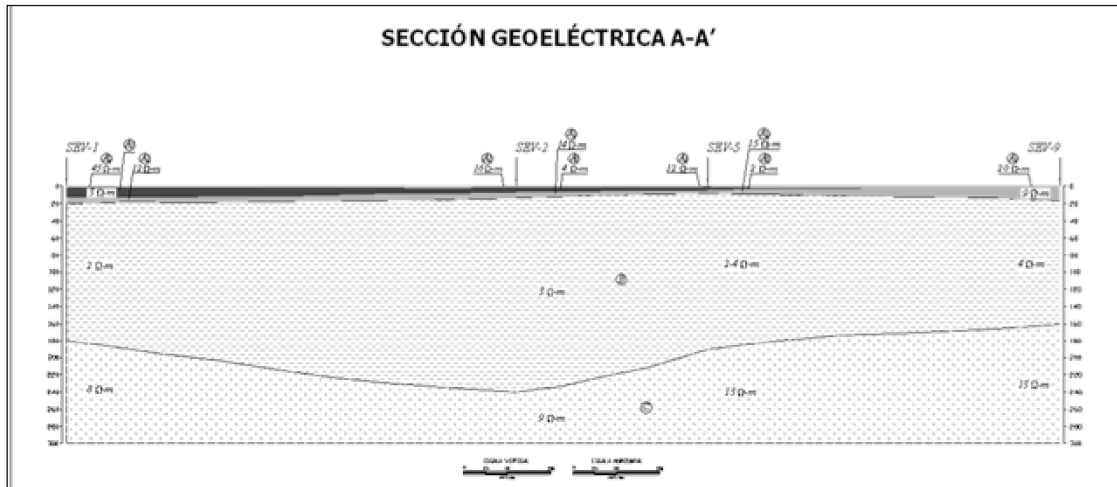


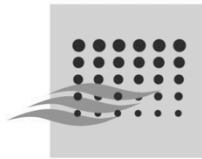
Fotogalería 2011



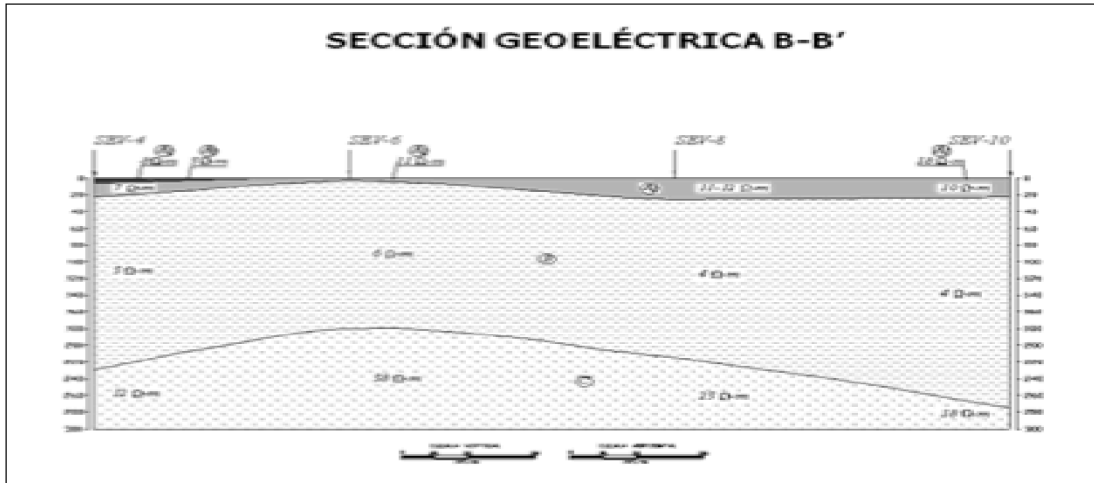


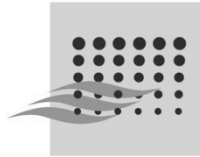
Exploración Geofísica





Exploración Geofísica





Conclusiones Geofísicas

Unidad A

Se considera una unidad impermeable , por lo que el agua pluvial tiene bajas posibilidades de infiltrarse de forma vertical .

Unidad B

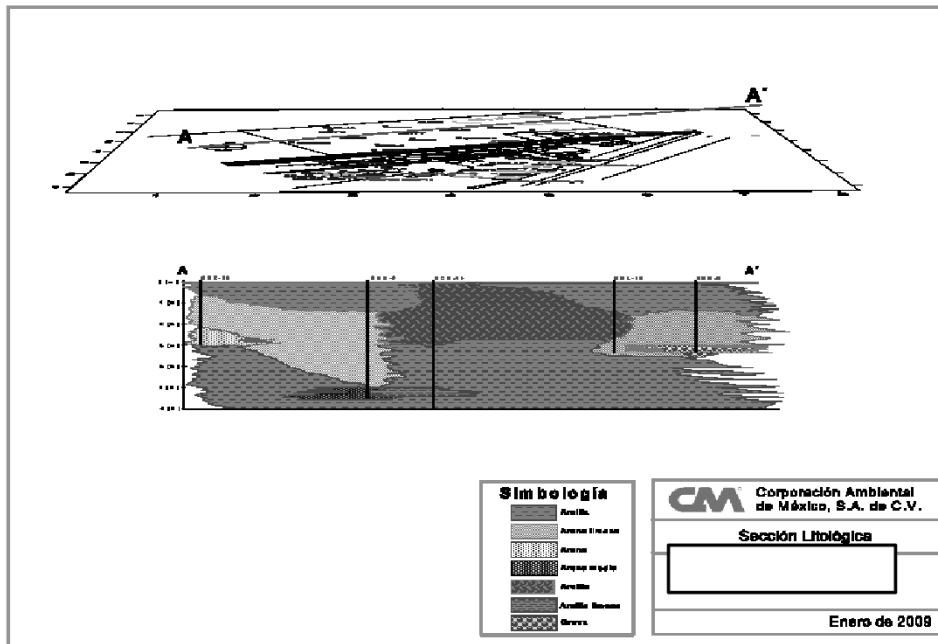
Esta Unidad no presenta oportunidades extractivas debido a la presencia de agua de mala calidad.

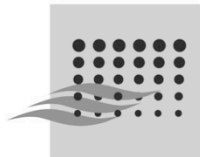
Unidad C

Esta Unidad representa la mayor importancia hidrogeológica dentro del área de estudio. Profundidad superior por debajo de los 200 m con respecto a la superficie.







*El método de georadar no dio resultados adecuados.

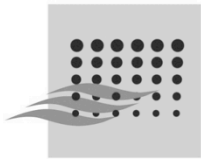
Estratigrafía Local





Resultados Analíticos (residuos)

ID muestra	C	R	E	T	I	B
						
"MCD1"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso
"MCD2"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso
"MCD3"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso
"MCD4"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso
"MCD5"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso
"MCD6"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso
"MCD7"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso
"MCD8"	No Corrosivo	No Reactivo	No Explosivo	No Tóxico	No Inflamable	No Biológico Infeccioso

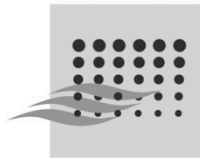


Resultados Analíticos (Suelo)

ID Muestra	SB11-1m	SB11-2,10m	Referencia
Análisis	Resultado (mg/kg)		
Profundidad	1m	2,10m	RSLChC (2008)
Tricloroetileno	<0,037	6,24	14
Tetracloroetileno	8,23	39,51	2,7
1,4-Diclorobenzeno	<0,064	10,99	13
1,2,4-Triclorobenzeno	<0,031	3395,20	790

➤ La concentración promedio de sulfatos fue de 2 170 mg/kg . No existen límites máximos permisibles en suelo.

➤ En el caso del Vanadio , no se reportaron concentraciones que excedieran los límites máximos permisibles establecidos en los criterios de comparación de la NOM-147.

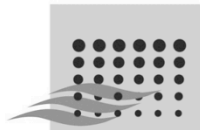


Resultados Analíticos (Agua Subterránea)

Parámetros (VOCs)	Muestras (ug/l)		Criterios de Referencia
	PM-9A	PM-10	RSLCh 2008
Cloruro de vinilo	15,77	<1,359	0,016
Tricloroetileno	<1,216	12,79	1,7
Tetracloroetileno	<0,932	303,5	0,11
Clorobenceno	31,51	<0,833	91
1,4-Diclorobenceno	33,89	51,25	0,43
1,2,4-Triclorobenceno	<0,887	5212	19

Parámetros (sVOCs)	Muestra (ug/l)	Criterios de Referencia
	PM-10	RSLCh 2008
1,2,4-Triclorobenceno	18 844,00	19

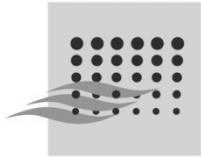
ID Muestra	Vanadio (µg/L)	sulfatos (µg/L)
PM-5	<30,74	1 138 500
PM-8	<30,74	388 970
PM-9	<30,74	475 590
PM-10	711,29	52 253 50
PM-27	44,42	370 190
PM-29	<30,74	7 835 680
PM-30	<30,74	1 636 150
MC-109	104,99	226 530
MC-112	347,44	569 480
MC-110	620,83	374 180
RSLChc (2008)	180	NL



Parámetros hidrodinámicos y granulométricos

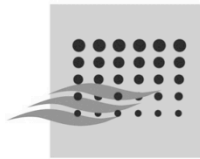
Tipo de suelo	Profundidad (m)		Densidad (Ss)	Humedad (%)	Densidad de Sólidos (r, gr/cm ³)	Granulometría (mm)			Cond. Hidráulica (k, cm/seg)
						Gravas	Arenas	Finos	
Arcilla limosa con arena fina, color café oscuro	1,00	2,00	2,514	40,61	2,53	2,68	27,18	70,13	3,249E-07
Arcilla limosa con arena y gravillas aisladas, color verdoso	0,50	1,50	2,572	37,09	2,55	4,79	24,08	71,12	2,440E-07
Arcilla de alta plasticidad y materia orgánica, color café oscuro	2,00	3,00	2,387	81,19	2,39	0,00	15,09	84,91	6,495E-08
Arcilla arenosa poco limo, color verde oscuro	1,00	3,60	2,475	55,55	2,47	0,24	45,72	54,04	2,800E-07
Arcilla de alta plasticidad con materia orgánica, color verde oscuro	6,00	7,00	2,374	81,94	2,37	0,00	6,78	93,22	8,603E-08
Arcilla de alta plasticidad con materia orgánica, color café oscuro	2,00	3,00	2,456	75,53	2,44	0,00	10,33	89,67	7,544E-08
Arcilla limosa con arena fina, color verde claro	2,00	3,00	2,591	33,15	2,59	0,00	19,55	80,45	1,260E-06
Arcilla arenosa poco limo, color verde oscuro	2,00	3,00	2,552	52,41	2,55	0,00	7,83	92,17	9,093E-07
Arcilla de alta plasticidad con materia orgánica, color café oscuro	5,00	6,00	2,403	84,60	2,39	0,00	10,86	89,14	9,732E-07
Arcilla limosa con arena fina, color café oscuro	2,00	3,00	2,55	44,14	2,55	0,00	14,88	85,12	1,535E-07
	Promedio		2,49	58,62	2,48	0,77	18,23	80,99	4,371465E-07

Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



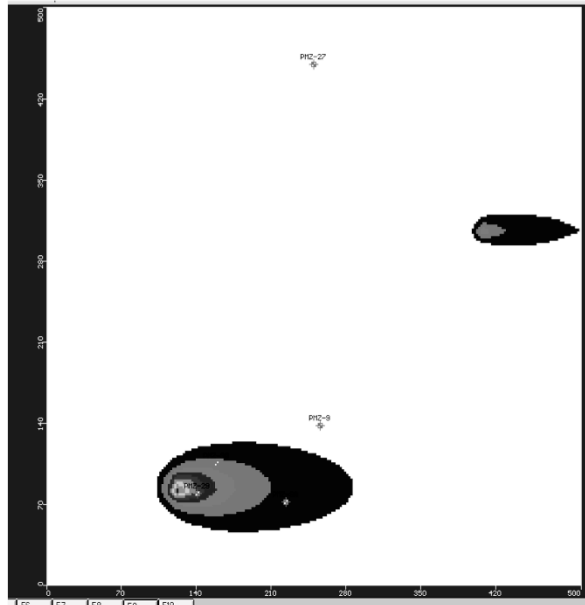
Consideraciones para Modelación del Cuerpo de Agua Subterránea

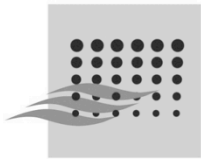
PARÁMETROS DE TRANSPORTE		
Parámetro	Estimación	Fuente
Velocidad advectiva de flujo	$V_x = 0.0055$ m/día	CAM
Coefficiente de difusión molecular del Solute	$D_{\text{VANADIO}}^* = 8,8 \times 10^{-6}$	Fetter, 2004
Dispersión hidrodinámica longitudinal	$D_L = 200$ m	CAM
Dispersividad longitudinal	$\alpha_l = 1$ m	CAM
Dispersividad transversal	$\alpha_T = 0.01$ m	CAM
Coefficiente de distribución	$K_d = 0,21$	Gabinete; Fetter, 2004, Brown & Scott, 1979
Coefficiente de retardo	$R = 1.06$	CAM
Velocidad del Solute en el acuífero	$V_{\text{VANADIO}} = 0.0052$ m/día	CAM



Modelación Matemática de Flujo y Transporte

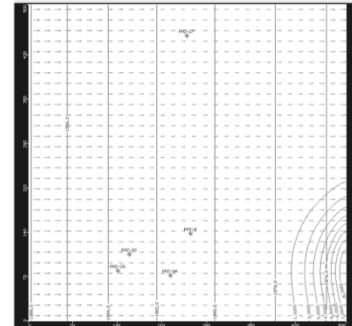
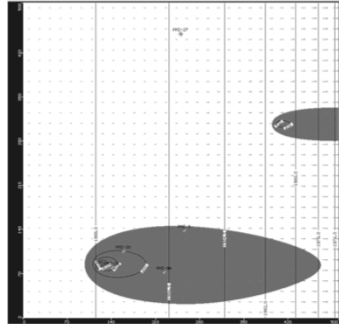
Configuración calculada de la pluma de vanadio durante 20 años, desarrollada a partir de 1988 (fecha probable de inicio de la contaminación) hasta el 2008 (distribución actual modelada).





Modelación Matemática de Flujo y Transporte

Configuración
calculada de la pluma
de vanadio
desarrollada al
quinto y al décimo
año.

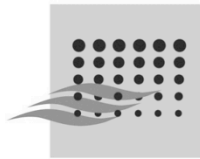


El proceso de dispersión y difusión podría ayudar a reducir drásticamente las concentraciones de VANADIO en los próximos 20 años, de mantenerse las condiciones hidrogeoquímicas que se aplicaron en el modelo de simulación.

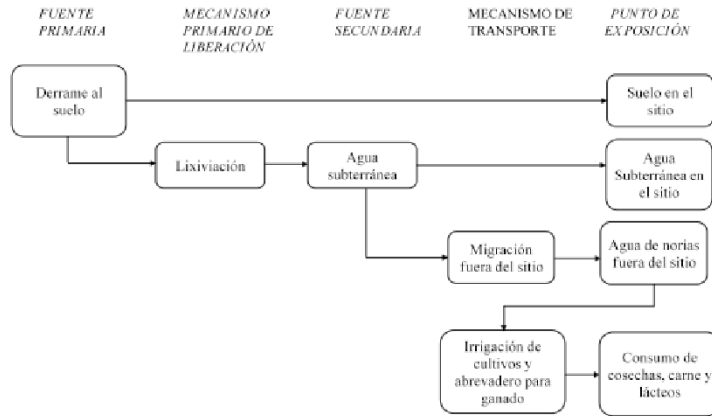
- Con el modelo se calculó la variación del tamaño de la pluma bajo los efectos del cese de las fugas y la acción de dispersión del contaminante. Los resultados indican que a partir del décimo año el contaminante se ha dispersado en toda la zona y su concentración a disminuido muy por debajo de los niveles establecidos en las normas, y a niveles prácticamente imperceptibles por las técnicas de análisis de laboratorio.

Curso de Capacitación sobre Remedación
de Sitios Contaminados

1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Rutas de Exposición y Receptores Potenciales

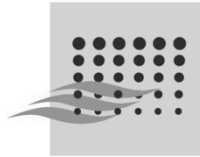


- (a) Aunque esta ruta este completa, no se considera una fuente exposición significativa.
- (b) Comúnmente, un pozo municipal de abastecimiento de agua fuera de la instalación. Por lo tanto, esta ruta está incompleta.
- (c) Las norias fuera del sitio no son comúnmente utilizadas para el abastecimiento de agua potable. Sin embargo, se evaluó conservadoramente que en un hipotético escenario futuro la noria sería aprovechada para el abastecimiento de agua potable.

RECEPTORES

	HUMANOS				BIOTA	
Trabajadores en el Sitio						
Trabajadores de Servicio y de Construcción						
Trabajadores agrícolas fuera del sitio						
Residentes jóvenes y adultos fuera del sitio						
Ganado (Cárnicos y lácteos)						
Cosechas que crecen fácilmente						

RUTA DE EXPOSICIÓN	Trabajadores en el Sitio	Trabajadores de Servicio y de Construcción	Trabajadores agrícolas fuera del sitio	Residentes jóvenes y adultos fuera del sitio	Ganado (Cárnicos y lácteos)	Cosechas que crecen fácilmente
Ingestión	-	-				
Dérmico						
Inhalación	-	-				
Ingestión	(b)					
Dérmico	(b)	-				
Inhalación	-	-				
Ingestión/Consumo					(c)	-
Dérmico					-	
Inhalación			(a)	(a)		
Ingestión					-	



Conclusiones

La presencia en el sitio de plumas contaminantes de compuestos volátiles, semi-volátiles, metales y sulfatos en agua subterránea y/o suelo; además de la presencia de residuos NO peligrosos enterrados, crean la necesidad de generar una Evaluación de Riesgo Ambiental, para los posibles receptores y rutas de exposición identificadas durante la caracterización del sitio.



Gracias

ReLASC LA : www.relasc.org
Capítulo México: www.relascmex.org

GIZ (Cooperación Internacional Alemana)
Oficina de Representación en México
Av. Insurgentes Sur No. 826, 11° Piso
Col. Del Valle
03100, México, D.F.
Tel. +52-55-56-24-33-30
Internet: www.giz.de/mexico

Ing. Jerjes Pantoja Irys

Dirección: Texcoco 100, Colonia
Satélite Acueducto.
Monterrey, Nuevo León. CP. 64960
Tel. (81)8004.0393
Email: jerjesp@cam-mx.com
Internet: www.cam-mx.com

Encuentro Latinoamericano sobre Remediación
de Sitios Contaminados.
4 y 5 de agosto de 2011

Curso sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 al 3 de agosto de 2011



Guía de Muestreo Final Confirmatorio

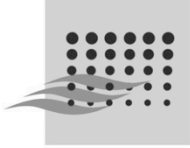
María Rocha Jiménez
Ingeniera Civil. Maestra en Ingeniería Ambiental
Consultor Independiente



Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo

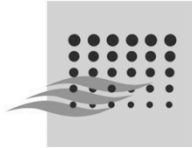


ReLASC
Red Latinoamericana
de Prevención y Gestión
de Sitios Contaminados



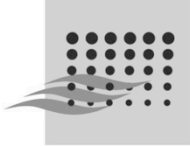
Base legal del Muestreo Final Confirmatorio (MFC)

- Art. 150, Fracción III del Reglamento de la LGPGIR
- No hay especificaciones técnicas en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) o en las Normas Mexicanas (NMX's) acerca de cómo se realiza un MFC

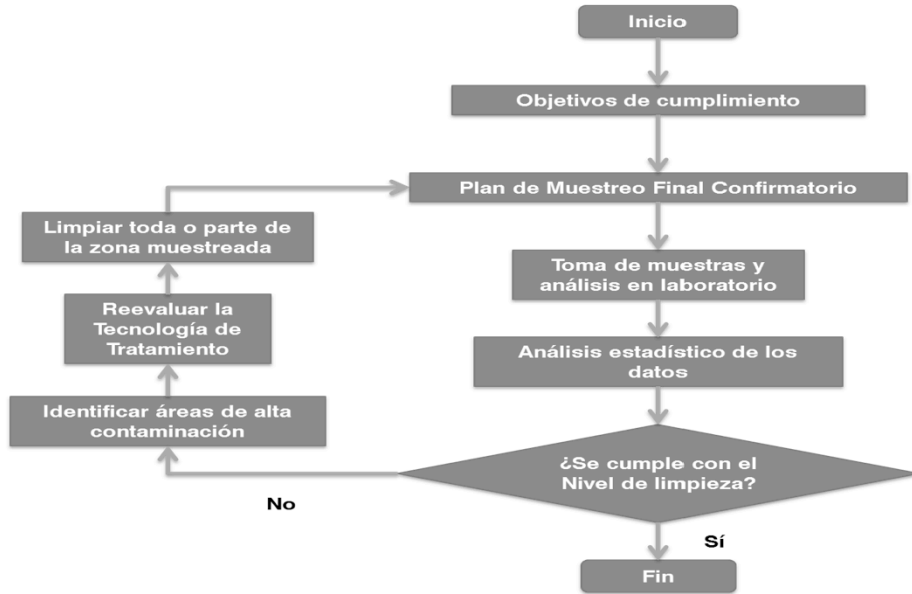


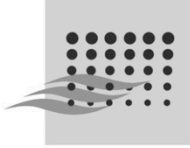
Muestreo Final Confirmatorio (MFC)

Muestreo que se realiza al término del proceso de remediación con el fin de determinar si se han alcanzado las concentraciones, niveles, límites o parámetros señalados en las normas oficiales mexicanas aplicables o en su caso, los niveles de remediación determinados con base en el estudio de evaluación de riesgo ambiental



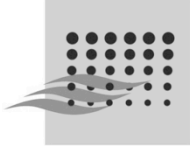
Elementos del Muestreo Final Confirmatorio





Objetivos de Cumplimiento

- **Definición de zona a muestrearse** (ubicación , dimensiones, geometría-plano con coordenadas-)
 - Pilas o celdas (área, altura, volumen en banco y abundado)
 - Excavaciones (paredes y fondo, área, profundidad)
 - Tratamiento in situ (área, profundidad)



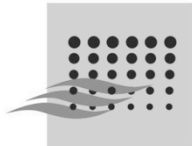
Objetivos de Cumplimiento

- **Nivel(es) de limpieza, establecidos en la resolución del programa de remediación del sitio.**
- **Parámetro estadístico a comparar** (media, percentil u otro).
- **Especificación de tasa de error estadístico aceptable** (5, 10 y 15 %)



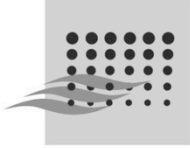
Plan de Muestreo Final Comprobatorio (P-MFC)

- Definición de métodos analíticos a utilizar según el tipo de contaminante presente en el sitio (de acuerdo a NOM's)
- Diseño del muestreo
- Aseguramiento y control de calidad: duplicados, controles internos, etc.
- Equipo de muestreo
- Transporte, almacenamiento y preservación de la muestra



Diseño del Muestreo (P-MFC)

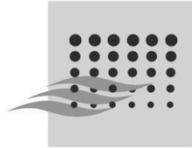
- Tipo de muestreo a realizar (sistemático, aleatorio, estratificado, etc.)
- Marco de muestreo (total de unidades de muestreo).
- Método o fórmula para definir la cantidad de puntos de muestreo de acuerdo al tipo (por ejemplo sistemático)
- Correcciones considerando aspectos específicos del sitio
- Número de muestras por punto de muestreo, especificando profundidades, y aspectos de manejo de muestra.
- Ubicación de las muestras



Correcciones a la Cantidad de Puntos de Muestreo

Correcciones considerando aspectos específicos del sitio a muestrear:

- En excavaciones de área $\leq 1000 \text{ m}^2$ (Por lo menos una en cada pared o dos en caso de paredes muy largas y por lo menos dos en el fondo de la excavación)
- Densidad de muestreo: por lo menos una muestra por cada 300 m^3
- En pilas o celdas por lo menos dos muestras por cada pila
- Consideración de imponderables en campo: dificultad de toma de muestras y su reubicación

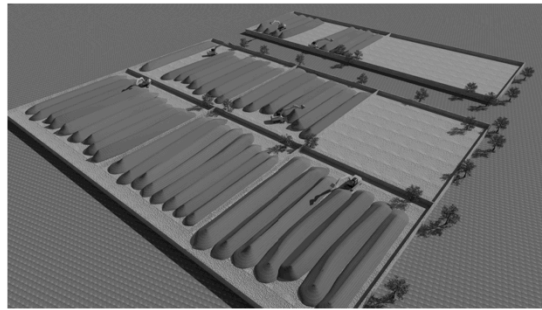


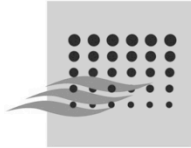
Correcciones a la Cantidad de Puntos de Muestreo continua...

- En tratamiento por landfarming: muestreo sistemático y profundidad de estas entre 0.3 y 0.5 m.
- Tratamiento extracción de vapores y bioventeo. Los puntos de muestreo estarán entre los pozos de influencia equidistantes y en el área de influencia externa de los pozos de la periferia.

Ejemplo

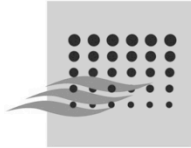
Celdas de tratamiento





Ejemplo

Celda	Biopila	Longitud (m)	Alto (cm)	Volumen medido en banco (m ³)	Volumen con abundamiento (m ³)	No. de unidades de muestreo	Distancia entre unidades de muestreo	Acumulado de unidades	Volumen de biopila / volumen total
J*	1	70	595	1639.4	1918.1	70	1	70	1.67%
	2	70	595	1481.2	1733.0	70	1	140	1.51%
	3	70	595	1478.8	1730.2	70	1	210	1.51%
	4	70	595	1372.7	1606.1	70	1	280	1.40%
	5	70	595	1377.7	1611.9	70	1	350	1.41%
	6	70	595	1257.9	1471.8	70	1	420	1.28%
	7	70	595	1182.4	1383.4	70	1	490	1.21%
	8	70	595	792.3	927.0	70	1	560	0.81%
	9	70	595	913.8	1069.2	70	1	630	0.93%
	10	70	595	1011.4	1183.3	70	1	700	1.03%
	11	70	595	1081.5	1265.4	70	1	770	1.10%



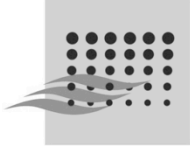
Ejemplo

$$n = \frac{N * S_N^2 * Z_{\alpha/2}^2}{N * d^2 + S_N^2 * Z_{\alpha/2}^2}$$

- n: es el tamaño de muestra
N: es el tamaño de la población = 5338
 S_N : Es la varianza poblacional = 878,377.6238
Promedio de la varianza poblacional = 2340.6522
d: Es la precisión de la media deseada = precisión (15%) x promedio de la varianza (de los datos de concentración iniciales en el suelo) (2340.6522) = 0.15 * 2340.6522 = 351.1
 $Z_{\alpha/2}$: Es el valor del percentil de la distribución de Z de acuerdo al grado de confiabilidad que se desee = 1.645 que corresponde a un nivel de confianza de 95%

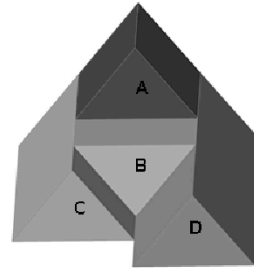
En el ejemplo que se señala da como resultado lo siguiente:

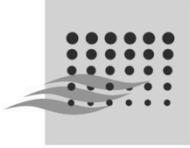
- Que se estimo el tamaño de la muestra calculado $n = 19$.
- Al tamaño de muestra obtenido se le agregó un 10% como medida de seguridad, dando un tamaño de muestra de $n = 21$, este dato se obtuvo al tomar una muestra estadística de cinco celdas.
- Se realizo una extrapolación a los 98,000.06 m³ por lo que nos da un resultado de 38 muestras para el volumen total, realizando el ajuste para lograr al menos 2 muestras por pila nos da un **total de 158 muestras sin duplicado, 173 muestras incluidos los duplicados.**



Ejemplo

A	B	C	D
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100
101	102	103	104
105	106	107	108
109	110	111	112
113	114	115	116
117	118	119	120
121	122	123	124

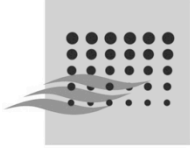




Análisis Estadístico de Datos

Manejo de valores menores al límite de detección en la tabla de resultados resumidos del MFC

- Concentración = Límite de detección
- Concentración = Mínimo valor detectado



Decisión acerca del cumplimiento (¿cumple con el nivel de limpieza o no?)

- Concentraciones $<$ Nivel de Limpieza **limpio**
- Media \geq Nivel de la media **contaminado** a menos que se demuestre lo contrario con la suficiente certidumbre **limpio**
- Proporción o percentil \geq al aceptable para considerar que el sitio ha sido remediado **contaminado** a menos que se demuestre lo contrario con la suficiente certidumbre **limpio**



Información de Contacto

ReLASC LA : www.relasc.org
Capítulo México: www.relascmex.org

María Rocha Jiménez

Ingeniera Civil
Maestra en Ingeniería Ambiental
Email: ma_rochaj@yahoo.com.mx

GIZ (Cooperación Internacional Alemana)
Oficina de Representación en México
Av. Insurgentes Sur No. 826, 11° Piso
Col. Del Valle
03100, México, D.F.
Tel. +52-55-56-24-33-30
Internet: www.giz.de/mexico

Encuentro Latinoamericano sobre Remediación
de Sitios Contaminados.
4 y 5 de agosto de 2011



Curso sobre Remediación de sitios contaminados
1 al 3 de agosto de 2011

El estudio de evaluación de riesgos ambientales de sitios contaminados.

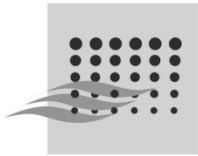
Rosa María Flores Serrano
Instituto de Ingeniería, UNAM



Por encargo de:
Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo

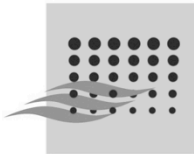


ReLASC
Red Latinoamericana
de Prevención y Gestión
de Sitios Contaminados



Introducción

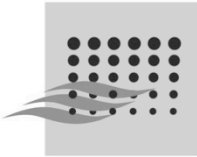
- Definiciones y conceptos
- Evaluación de riesgo a la salud humana
- Evaluación de riesgo ecológico



Definiciones y conceptos

- Evaluación del Riesgo Ambiental (LGPGIR, 2003): Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman.





Definiciones y conceptos

Riesgo = Peligro x Exposición (PBCERF, 1998)

Peligro:

- Cualquier cosa que cause daño (sustancias, huracanes, luz solar, etc.)
- Condición química o física que tiene el potencial para causar daño a la gente, a las propiedades o al ambiente

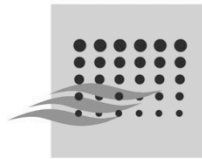
Exposición:

- Magnitud del contacto. Dosis de exposición.

Riesgo:

- Probabilidad de que ocurra un efecto adverso.

Riesgo = ¿Qué tan malo? x ¿Qué tan frecuente?



Definiciones y conceptos

¿Todas las sustancias son tóxicas?

Si

No

“Todas las sustancias son veneno; no existe una que no lo sea. La dosis correcta diferencia a un veneno de un remedio”
Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim

Paracelso
(1493-1541)

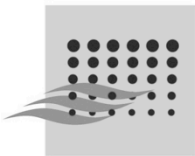


¿Qué cantidad?

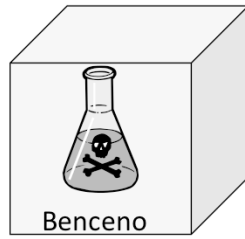


¿Por cuánto tiempo?

¿En qué circunstancias?



Definiciones y conceptos



Se dice que una persona está en “riesgo” cuando está “expuesta” a un “peligro” y la magnitud del riesgo es una función de la peligrosidad de la sustancia y de la magnitud de la exposición.

R = Contacto x Peligro

= Dosis x Factor de Potencia

• 1×10^{-4}

• 1 en 10,000

• 0.0001

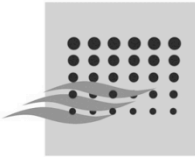
• 0.01 %

• 1×10^{-6}

• 1 en 1'000,000

• 0.000001

• 0.0001 %



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

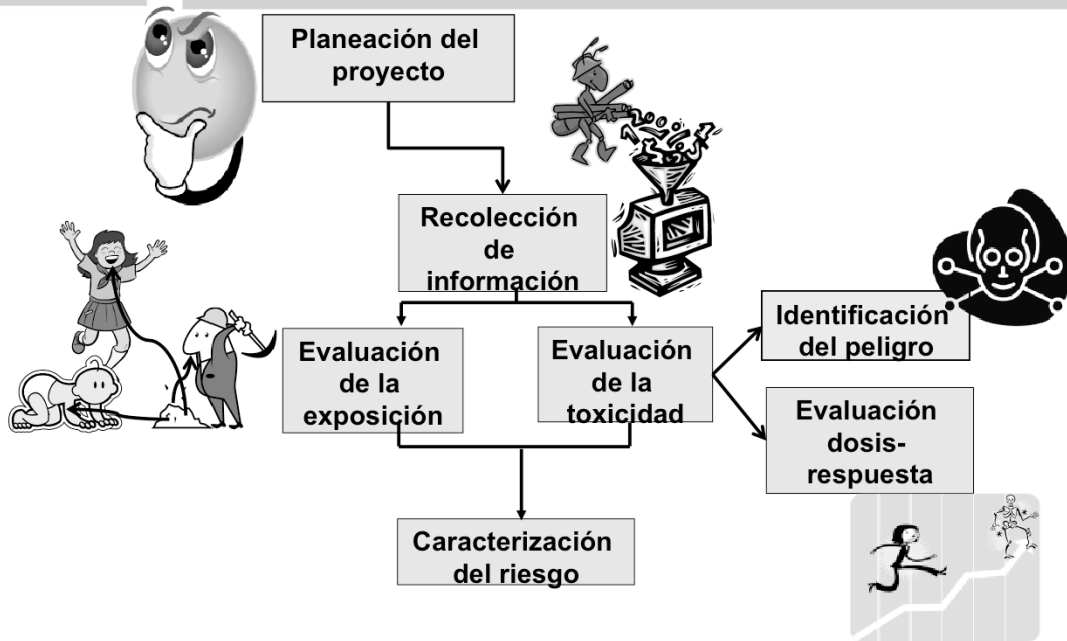
Proceso para estimar la probabilidad de que ocurra un daño en el ser humano como consecuencia de su exposición a las sustancias tóxicas.



1. Identificación del peligro
2. Evaluación de la exposición
3. Evaluación dosis-respuesta
4. Caracterización del riesgo

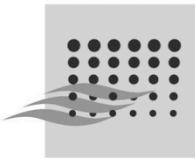
Fuente: NRC (1983)

Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)



Adaptado de: U.S.EPA, 1989; EnHealth, 2001

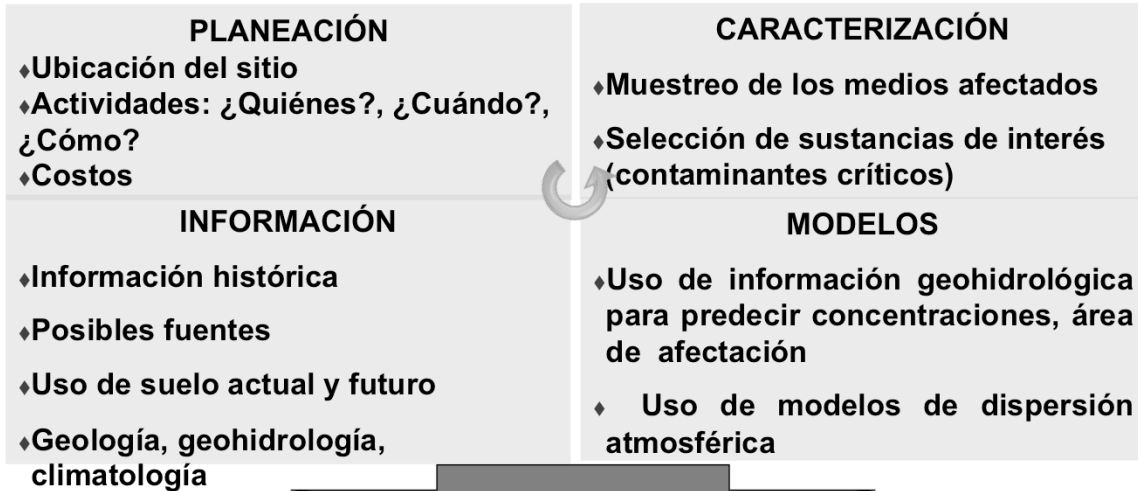
RM Flores
Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



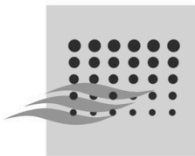
Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

PLANEACIÓN DEL PROYECTO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (RI)

(IP)

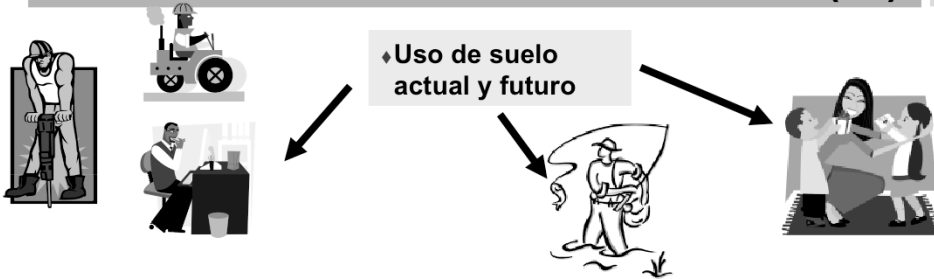


**MODELO
CONCEPTUAL**

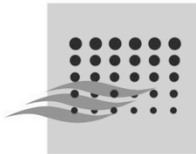


Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (RI) (IP)



	INDUSTRIAL	RESIDENCIAL (0-6 AÑOS)
Peso promedio (kg)	70	15
Duración de la exposición (años)	25	6
Frecuencia de exposición (días/año)	117	350
Frecuencia de exposición dérmica (días/año)	58	175



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (RI) (IP)

Tipo de muestreo

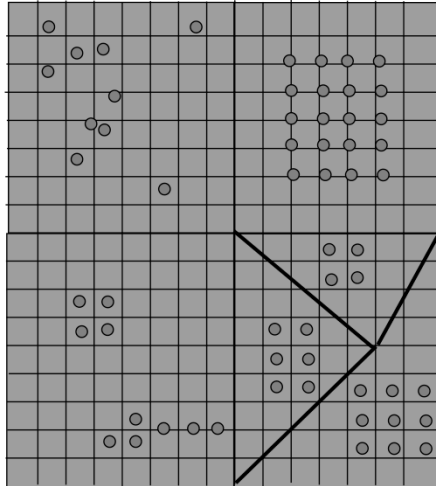
SIMPLE ALEATORIO

Para sitios pequeños y homogéneos.
Muestreo exploratorio

A JUICIO DE EXPERTO, DIRIGIDO

Cuando se conoce el sitio, evento contaminante

63



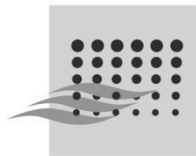
SISTEMÁTICO

Para estimar con precisión zonas críticas, patrones espaciales, exploratorio, a detalle

ESTRATIFICADO

Sitios grandes, previo conocimiento del sitio, evento contaminante

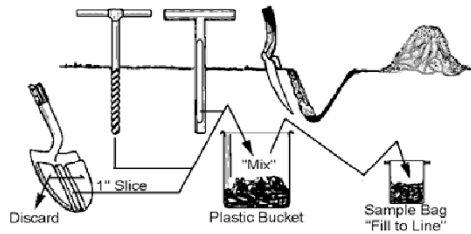
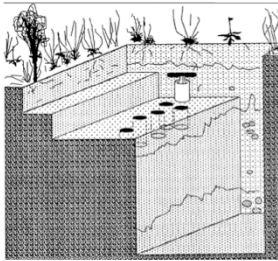
Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México

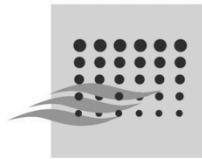


Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (RI) (IP)

Toma de muestras





Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

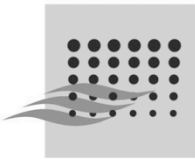
RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (RI) (IP)

Selección de contaminantes críticos

Criterios de peligro o peligrosidad

- Gran persistencia
- Alta bioacumulación
- Alta toxicidad (carcinogenicidad, teratogenicidad, envenenamiento)
- Gran movilidad
- Transformaciones químicas o bioquímicas
- Alta concentración (o volumen)
- Interés público

Albert (1997); Pittinger (1997); Suter (1993)



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

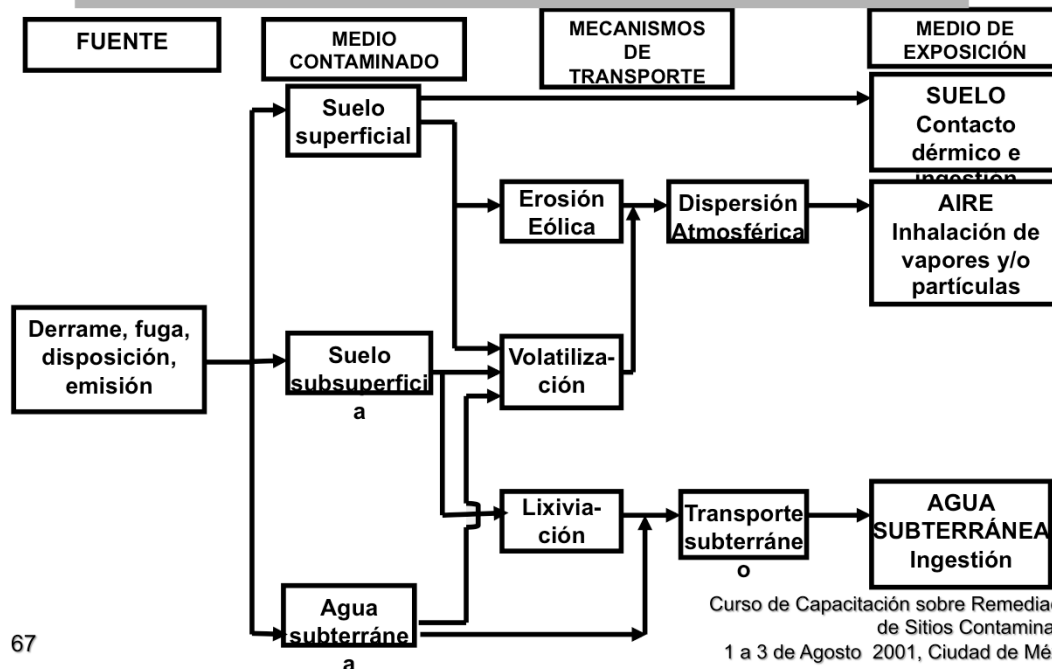
EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN (EE)



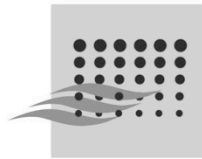


Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

EE: MODELO CONCEPTUAL



Curso de Capacitación sobre Remedación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

EE: MAGNITUD DEL CONTACTO = dosis

¿Cuánto contaminante recibe el receptor?

Condiciones de exposición



Dosis de exposición o dosis administrada

Dosis = mg compuesto/kg peso corporal·día

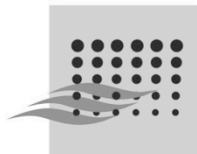
Tipos de dosis: ●administrada ✓

- ● absorbida
- ● efectiva

No hay efectos

DOSIS

Muerte



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

EE: MAGNITUD DEL CONTACTO =

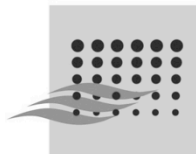
dosis

$$\text{Dosis de exposición promedio (ingestión)} = \left[\frac{Cs \times IRs}{BW} \right] \left(\frac{EF \times ED}{AT \times 365 \text{ d/año}} \right)$$

Dosis de exposición = 1.09 mg/kg·d

Parámetro	Descripción	Valor
Cs	Concentración en suelo (mg/kg)	1000
IRs	Tasa de ingestión de suelo (kg/d)	0.1
BW	Peso corporal (kg)	10
EF	Frecuencia de exposición (d/año)	100
ED	Duración de la exposición (años)	5
AT	Tiempo promedio (años)	5

Factores de exposición de la población



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD(ET) (ED-R)

•TOXICIDAD: ¿Qué efectos produce?

•NO CANCERÍGENOS

DOSIS DE REFERENCIA (RfD, DRf)

Dosis a la que un compuesto no produce efectos adversos (mg/kg·d)

•CANCERÍGENOS

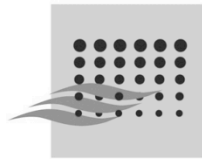
FACTOR DE PENDIENTE DE CÁNCER (CSF, FPC)

Pendiente de la curva respuesta de la dosis (mg/kg·d)⁻¹

•BASES DE DATOS

⇒IRIS (Integrated Risk Information System, <http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>)

⇒The California Environmental Protection Agency (Cal EPA) (<http://www.oehha.ca.gov/risk/chemicalDB//index.asp>)



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO (CR)

Determinar si se han rebasado las dosis consideradas como aceptables

- RIESGO (Cancerígenas) = 1×10^{-4} a 1×10^{-6}
- HQ (No-Cancerígenas) = 1

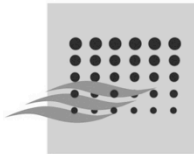
Para sustancias cancerígenas:

RIESGO es la probabilidad adicional de adquirir cáncer debido a una exposición en particular.

$$\text{Riesgo} = \text{Dosis de exposición} \times \text{CSF}$$



Si Riesgo del sitio > Riesgo aceptable Es necesario reducir las concentraciones de los medios o las condiciones de exposición o la biodisponibilidad



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO (CR)

Determinar si se han rebasado las dosis consideradas como aceptables

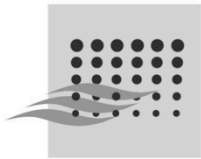
- RIESGO (Cancerígenas) = 1×10^{-4} a 1×10^{-6}
- HQ (No-Cancerígenas) = 1

Para sustancias no-cancerígenas:

El estimado de riesgo se denomina **COCIENTE DE PELIGRO (HQ)** y es una comparación de la dosis de exposición a la sustancia respecto a una dosis de exposición que se considera “segura” (dosis de referencia).

$$HQ = \frac{\text{Dosis de exposición}}{RfD}$$

Si $HQ > 1$ \Rightarrow Dosis de exposición > Dosis de referencia
 \Rightarrow Es necesario reducir las concentraciones de los medios o las condiciones de exposición o la biodisponibilidad



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

SUELO

No cancerígeno

Ingestión

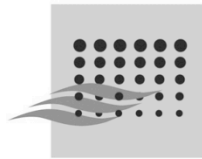
$$HQ = \left[\left(\frac{C_s \times IR_s}{BW} \right) \left(\frac{EF \times ED}{AT \times 365 \text{ día/año}} \right) \right] \times \frac{1}{RfDo}$$

Cancerígeno

Ingestión

$$R = \left[\left(\frac{C_s \times IR_s \times RAF}{BW} \right) \left(\frac{EF \times ED}{AT} \right) \right] \times CSF_0$$

EFH (U.S.EPA, 1997); RAGS (U.S.EPA, 1989)



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

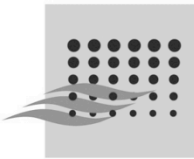
CONCENTRACIONES DE REMEDIACIÓN BASADAS EN RIESGO

SUELO

Cancerígeno

Ingestión $R = \left[\frac{C_s \times IR_s}{BW} \right] \left[\frac{EF \times ED}{AT \times 365 \text{ días/año}} \right] \times CSF_c$

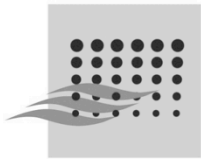
$$C_s = \frac{R \times BW \times AT \times 365 \text{ días/año}}{IR_s \times EF \times ED \times CSF_c}$$



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

CONCENTRACIONES DE REMEDIACIÓN

Parámetro	Descripción	Valores típicos
Cs	Concentración en suelo (mg/kg)	Análisis
Ca	Concentración en aire (mg/m³)	Análisis
IRs	Tasa de ingestión de suelo (mg/d)	100 A 200 N
IRa	Tasa de inhalación de aire (m³/d)	20 A, N
SA	Área de superficie de piel (cm²)	5800 A 2000 N
AF	Factor de adherencia de suelo (mg/cm²/d)	1 A, N
ABS	Factor de absorción del suelo al organismo (adimensional)	Específico
BW	Peso corporal (kg)	70 A 15 N
EF	Frecuencia de exposición (d/año)	350
ED	Duración de la exposición (años)	30 A 6 N
AT	Tiempo promedio (años)	70 Cáncer 30 A No cáncer 6 N No cáncer
RfDo,i,d	Dosis de referencia oral, inhalación, dérmico (mg/kg/d)	Específico
CSFo,i,d	Factor de pendiente de cáncer oral, inhalación, dérmico (mg/kg/d)⁻¹	Específico



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

CONCENTRACIONES DE REMEDIACIÓN BASADAS EN RIESGO

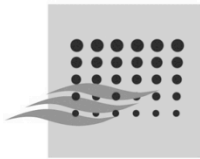
SUELO

Cancerígeno

$$C1 = \frac{TR = RFR = AT_c \times 365 \text{ días/año}}{EF \times ED = \left[\left(Rf_{so} \times 10^{-6} \times (R_{so} \times RAF_{so} + SA \times M \times RAF_{so}) \right) \left(CR_1 = IR_{air} \times (VF + PEF) \right) \right]}$$

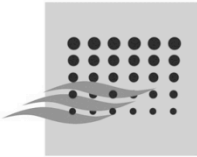
$$VF \left[\frac{\text{mg/m}^3 - \text{aire}}{\text{mg/kg} - \text{suelo}} \right] = \frac{2 \times W \times \rho_s}{U_{air} \times S_{air}} \left[\frac{D_s^{eff} \times H}{\pi \times r \times \left(\frac{D_s}{w_s} + K_d \rho_s + HB_{as} \right)} \right] \times 10^3$$

$$PEF \left[\frac{(\text{mg/m}^3 - \text{aire})}{(\text{mg/kg} - \text{suelo})} \right] = \frac{P_s \times W}{U_{air} \times S_{air}} \times 10^3$$



Evaluación de riesgo a la salud humana (ERSH)

Descripción
RAF = Factor de absorción relativo (adimensional)
VF = Factor de volatilización (adimensional)
PEF = Factor de emisión de partículas (adimensional)
Pe = Tasa de emisión de partículas = $6.9E-14$ g/cm²*s
W = ancho del área contaminada paralela a la dirección del viento (cm)
ρ_s = Densidad aparente del suelo (g suelo/cm de suelo)
Uair=Velocidad del viento en la zona de mezclado de aire (cm/s)
dair = Altura de difusión)zona de mezclado de aire exterior (200 cm)
Deff,s = Difusividad defectiva de suelos en la zona no saturada (cm²/s)
H = Constante de la ley de Henry adimensional (cm³ H₂O/cm³ aire)
$\pi = 3.1416$
t = Tiempo promedio para flujo de vapor (s)
Qws = Contenido volumétrico de agua en el suelo de la zona vadosa (adimensional) (cm³ agua/cm³ suelo).
Kd = Coeficiente de distribución suelo-agua (cm³/g)
Qas = Contenido volumétrico de aire en el suelo de la zona vadosa (adimensional) (cm³ aire/cm³ suelo).
10e3 = factor de conversión para pasar de g/cm³ a Kg/m³



Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

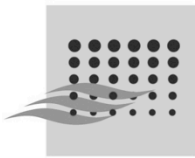
Proceso que evalúa la probabilidad o posibilidad de que efectos ecológicos adversos ocurran en el futuro o estén ocurriendo en el presente como resultado de exposición a uno o más agentes productores de estrés (U.S.EPA, 1998).



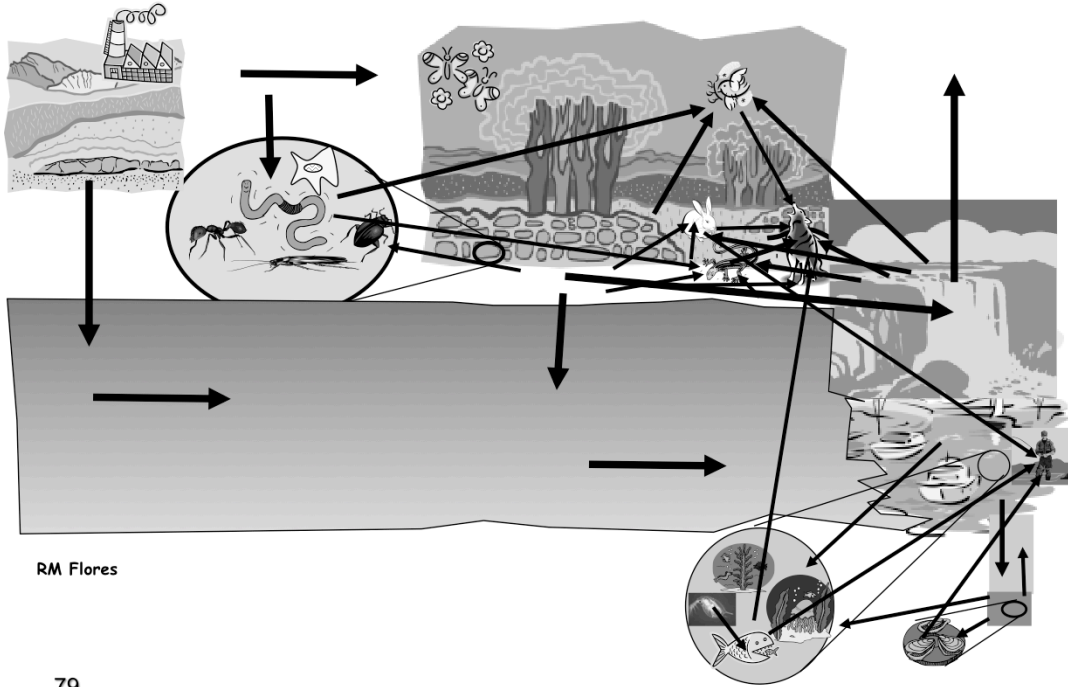
1. Formulación del problema
2. Análisis
3. Caracterización del riesgo

RM Flores

Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México

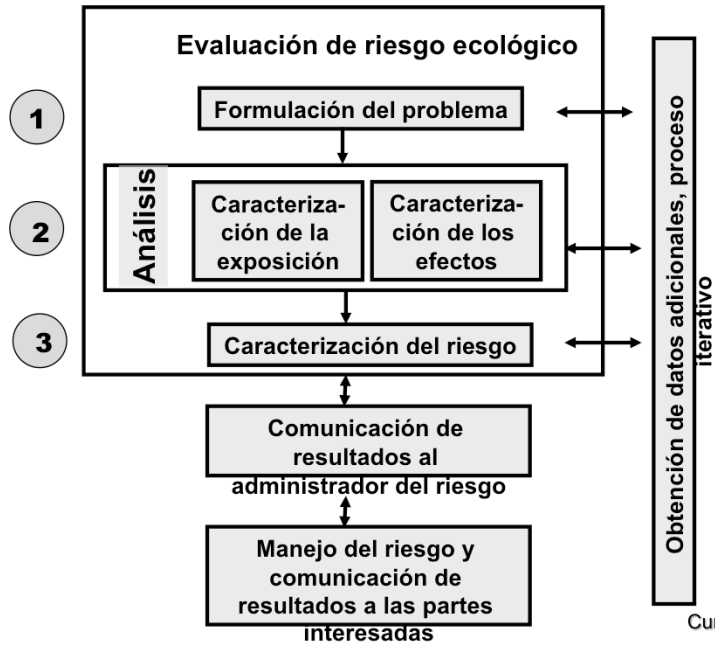


Evaluación de riesgo ecológico (ERE)



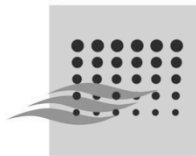
RM Flores

Evaluación de riesgo ecológico (ERE)



Fuente: U.S.EPA (1992)

Curso de Capacitación sobre Remedación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

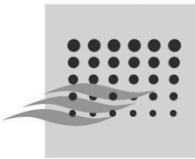
- Información del sitio
- Caracterización biológica
- Caracterización ambiental
- Definir objetivos de evaluación
- Modelo conceptual

2. ANÁLISIS

- Caracterización de exposición
↓
Dosis de exposición
Evidencias
- Caracterización de efectos (Perfil agente-respuesta)
↓
Concentraciones o dosis toxicológicas

3. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Integración de las información para obtener un estimado cualitativo o cuantitativo del riesgo



Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA (FP): INFORMACIÓN SOBRE EL SITIO

Visitas al sitio

¿El sitio está protegido por alguna ley, es una reserva natural?, ¿qué tipo de hábitats existen?



¿Existe información documentada sobre efectos observados?



Ubicación geográfica del sitio.

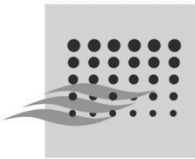


Colectar información histórica del sitio respecto a actividades industriales, pecuarias, recreativas, etc.

¿Existe información documentada sobre presencia de contaminantes?

RM Flores

Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México

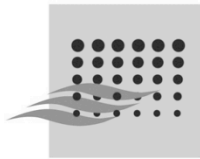


Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

FP: CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

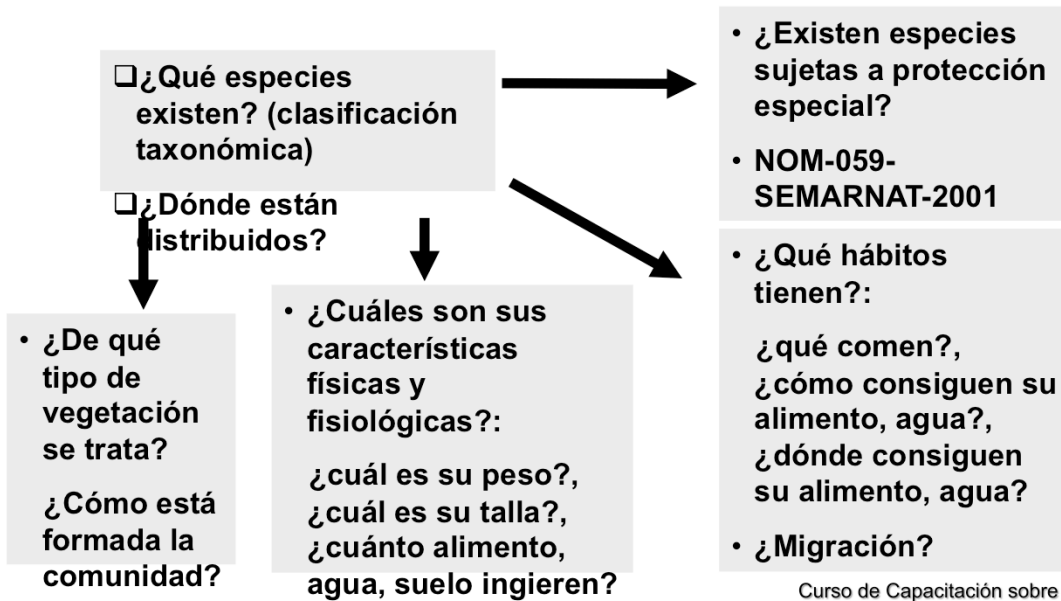
Fauna



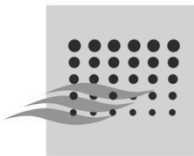


Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

FP: CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA



Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

FP: CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

Fauna

¿De qué tamaño es su población?

¿Cómo está estructurada la población?

¿Cómo está estructurada la comunidad?

¿Cuál es su distribución estacional, geográfica?, ¿ciclos?

¿Se tiene información histórica?

¿Se puede comparar con otro sitio?

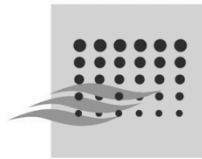
Flora

Características:

- Asociaciones
- Densidad
- Dominancia
- Frecuencia

Índices:

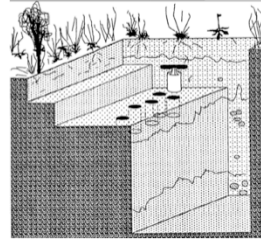
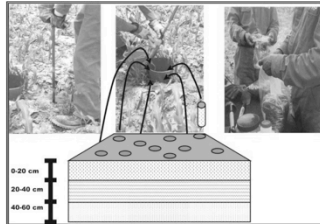
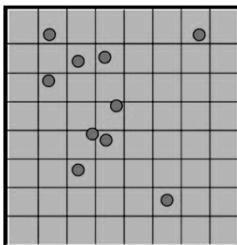
- Diversidad
- Semejanza
- VIR

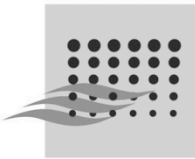


Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

FP: CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

Toma de muestras





Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

FP: DEFINIR OBJETIVOS DE EVALUACIÓN

SUBORGANISMO		ORGANISMO	POBLACIÓN	COMUNIDAD
BIOQUÍMICO	HISTOLÓGICO			
Proteínas relacionadas al estrés	Necrosis	Crecimiento	Tamaño de la población Distribución de edad y tallas	Abundancia relativa
Enzimas antioxidantes	Carcinomas	Muerte	Tamaño de la población Proporción de sexos	Diversidad de especies

m, h

h,d

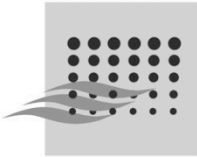
d,s,m,año

m,año

m,año

Importancia ecológica

Dificultad para relacionar el efecto observado a un compuesto en particular



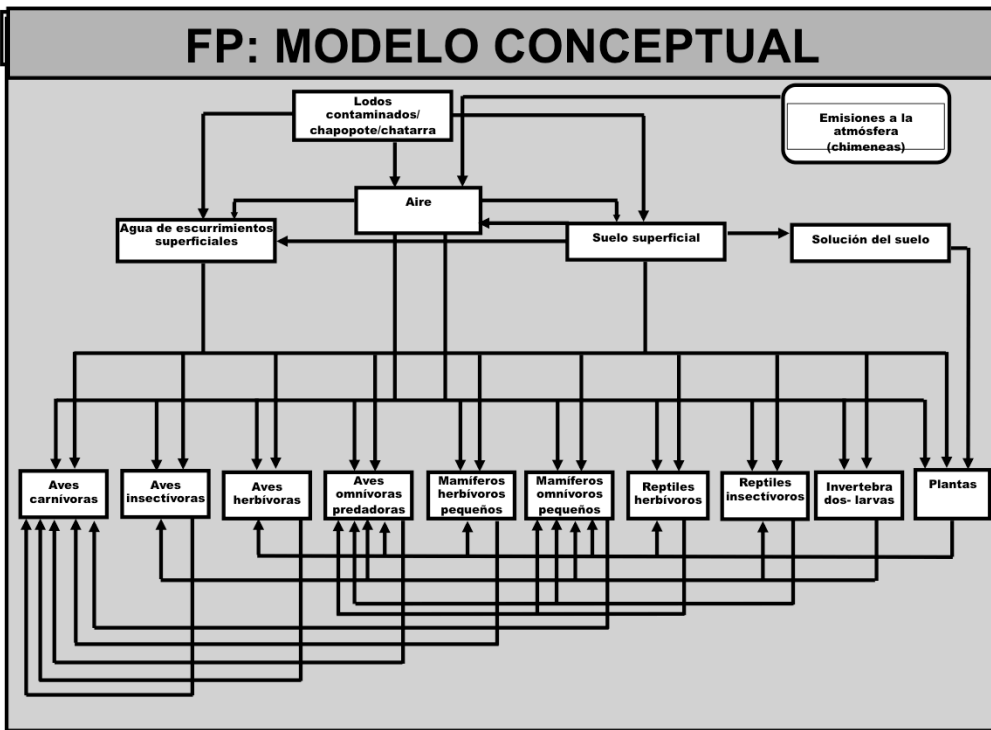
Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

FP: DEFINIR OBJETIVOS DE EVALUACIÓN

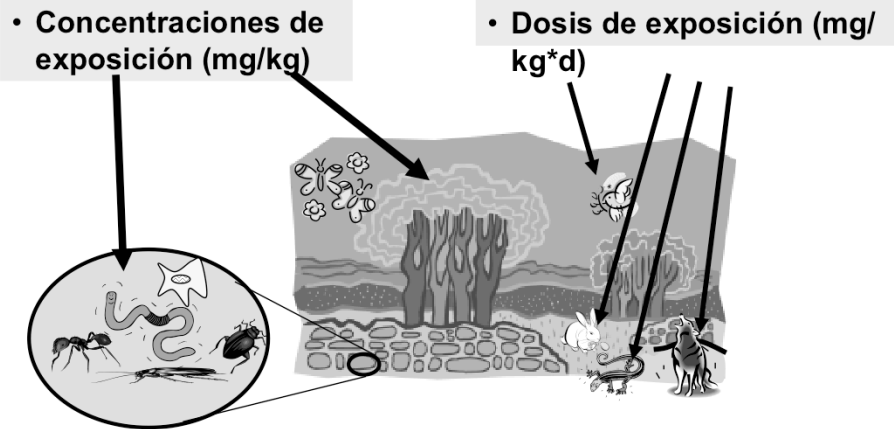
Características (Suter, 1993):

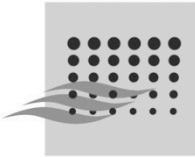
- Relevancia social
- Relevancia biológica
- No ambiguo
- Fácil de medir
- Sensible

Evaluación de riesgo ecológico (ERE)



ANÁLISIS (A): CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN



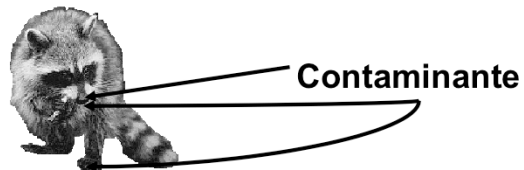


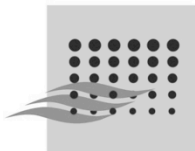
Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

A: CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Vías de exposición

- Ingestión
- Inhalación
- Contacto dérmico



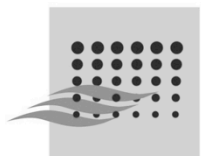


Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

A: CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Dosis de exposición de $DE = \frac{C \cdot TI}{PC}$

DE	Dosis de Exposición de la Sustancia en el Medio físico	mg/kg·d
C	Concentración de la Sustancia en el Medio físico	mg/kg, mg/l, mg/m³
PC	Peso Corporal	kg
TI	Tasa de Ingesta del Medio físico	kg/d, l/d, m³/d



Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

A: CARACTERIZACIÓN DE LOS EFECTOS

• Valor Toxicológico de Referencia (VTR)

• Concentraciones

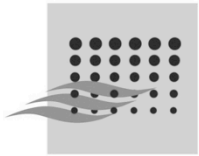
**CL50, CE50,
NOEC**

• Dosis

**NOAEL (c, sc),
LOAEL (c, sc),**

LD50

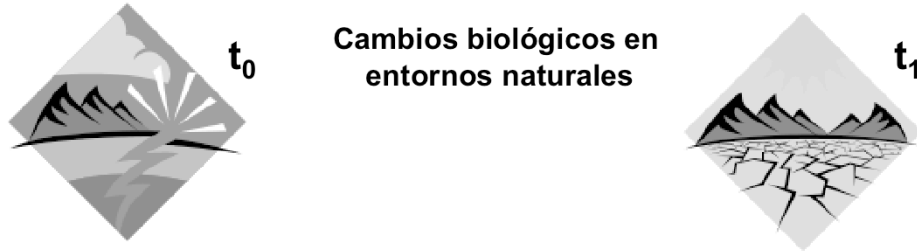
RM Flores



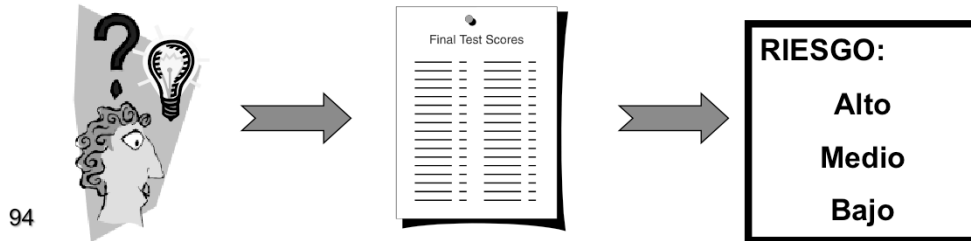
Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

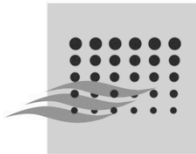
CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO (CR)

1) Estudios de observación en campo



2) Puntuaciones y categorías





Evaluación de riesgo ecológico (ERE)

CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO (CR)

3) Comparación de exposiciones puntuales y estimados de efectos (Cociente de peligro, Cociente de riesgo)

$$HQ = \frac{\text{Dosis o Concentración de exposición}}{\text{VTR (Valor Toxicológico de Referencia)}}$$

Fauna Acuática, macrofauna del suelo, vegetación:

VTR = CL50, CE50, COTMA

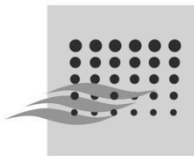
Fauna terrestre:

VTR = NOAEL

Se calcula un HQ por cada par especie animal- compuesto

Si $HQ > 1$

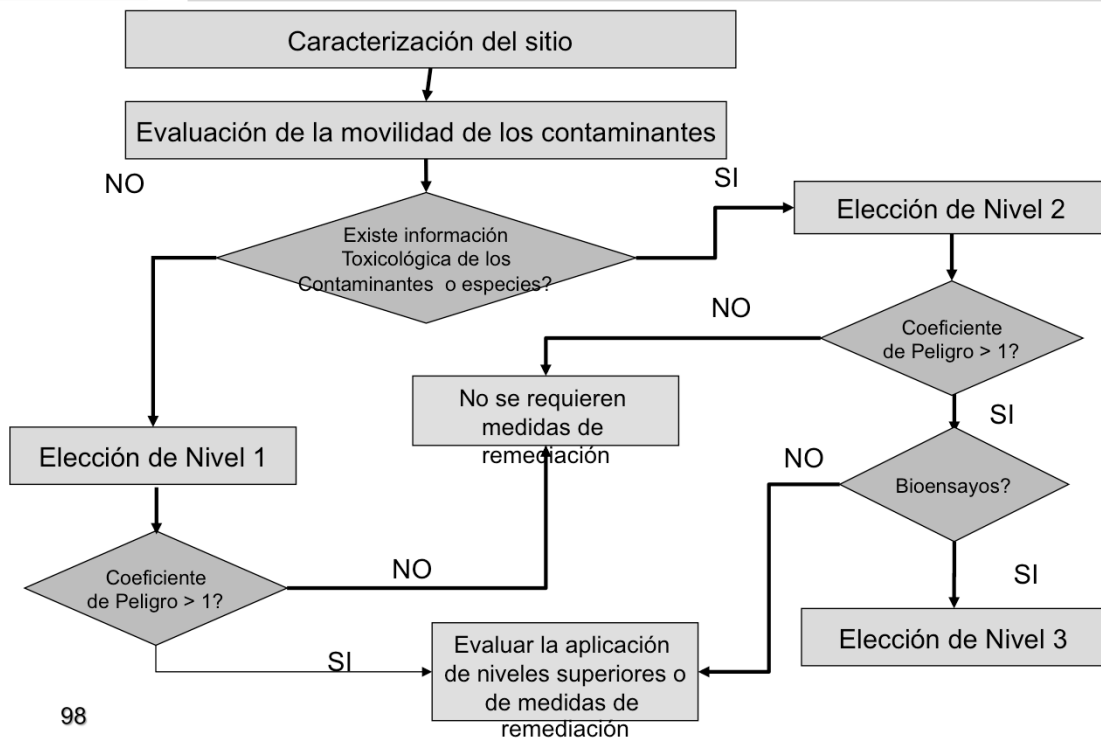
⇒ Es posible que se tengan efectos adversos

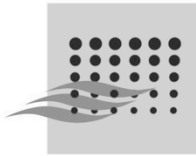


Guía-SEMARNAT

Tipo de receptor	Tipo de área		
	Área Urbana (Industrial/Comercial)	Área no urbana (Agrícola)	Área natural protegida (Ecosistemas valiosos)
Recursos Naturales No biológicos: suelo, agua	Nivel 0 Numeral 3 Caso A	Nivel 0 Numeral 3 Caso A	Nivel 0 Numeral 3 Caso A
Recursos Naturales No biológicos: suelo, agua y Población Humana	Nivel 0 Numeral 3 Caso A y B	Nivel 0 Numeral 3 Numeral 4 Caso A y B	Nivel 0 Numeral 3 Numeral 4 Caso A y B
Recursos Naturales No biológicos y biológicos Especies con valor económico Sin información toxicológica		Nivel 1 Numeral 4 - 4.1 caso B	Nivel 1 Numeral 4 - 4.1 caso B
Recursos Naturales (no biológicos y biológicos) Especies amenazadas/protegidas o con valor económico Con información toxicológica		Nivel 2 Numeral 4 - 4.2 caso B	Nivel 2 Numeral 4 - 4.2 caso B
Recursos Naturales (no biológicos y biológicos) Especies protegidas y ecosistemas			Nivel 3 Numeral 4 - 4.3 caso B
Recursos Naturales (no biológicos y biológicos) Especies protegidas y ecosistemas. IP < 1 y/o sin información Toxicológica			Nivel 1 Numeral 4 - 4.1 caso B

Guía-SEMARNAT





Fuentes de Información

U.S.EPA (United States Environmental Protection Agency) (1988a), Seven Cardinal Rules of Risk Communication, U.S.EPA, Washington D.C

NRC (National Research Council) (1983), Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process, National Academy Press, Washington D.C., ISBN-13: 978-0309033497, 191 p.

U.S.EPA (1989), Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A, Baseline Risk Assessment), Interim Final, Office of Emergency and Remedial Response, EPA/540/1 - 89/001, <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/index.htm> (consultado en abril de 2008).

EnHealth Council (2001), Health-based Soil Investigation Levels, Common Wealth of Australia, Paragon Printers, Fyshwick, 27 p.

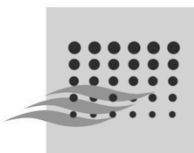
EC (Environment Canada) (2009), Existing Substances Evaluation, Priorities for Assessment, URL: http://www.ec.gc.ca/substances/ese/eng/dsl/cat_criteria_process.cfm

Barra, R (2007), Criteria for the selection of persistent toxic substances for the development of the Data Base on Persistent Toxic Substances and Heavy Metals, URL: <http://www.oas.org/dsd/Quimicos/>, <http://www.oas.org/dsd/Quimicos/Criteriafortheselectionofpersistent.pdf>.

Suter II, G W (1993), Ecological Risk Assessment, Lewis Publishers, Chelsea.

INE (2003), Introducción al análisis de riesgos ambientales, URL: http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/Manuales_Guias_LibrosDW/PNUDDocumentos/Introducci%C3%B3n%20al%20an%C3%A1lisis%20de%20riesgos%20ambientales.pdf

Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Información de Contacto

ReLASC LA : www.relasc.org
Capítulo México: www.relascmex.org

Dra. Rosa María Flores Serrano

Tel. (55)56233600 ext 8653
e-mail: rfs@pumas.iingen.unam.mx

GIZ (Cooperación Internacional Alemana)
Oficina de Representación en México
Av. Insurgentes Sur No. 826, 11° Piso
Col. Del Valle
03100, México, D.F.
Tel. +52-55-56-24-33-30
Internet: www.giz.de/mexico

Encuentro Latinoamericano sobre Remediación
de Sitios Contaminados.
4 y 5 de agosto de 2011



Curso sobre Remediación de sitios contaminados
1 al 3 de agosto de 2011

“Remediación Ambiental de los Extalleres de los Ferrocarriles Nacionales de México”.

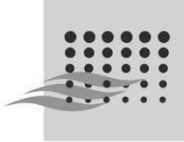
Dr. Javier Llamas Viramontes
Ingeniería y Servicios en Control Ambiental
Industrial, S.A. de C.V.



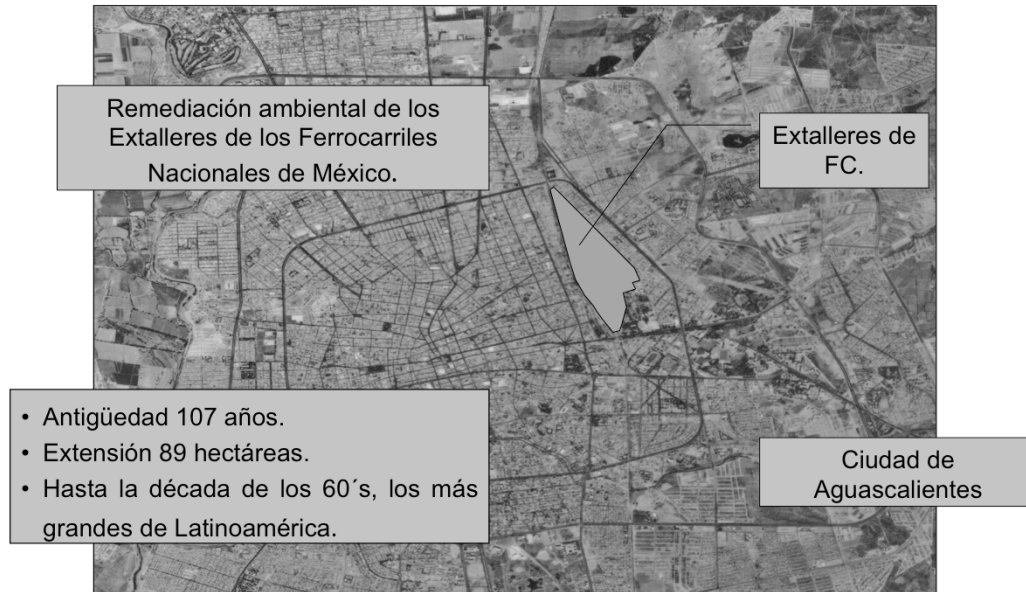
Por encargo de:
Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo

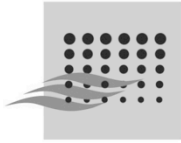


RelASC
Red Latinoamericana
de Prevención y Gestión
de Sitios Contaminados

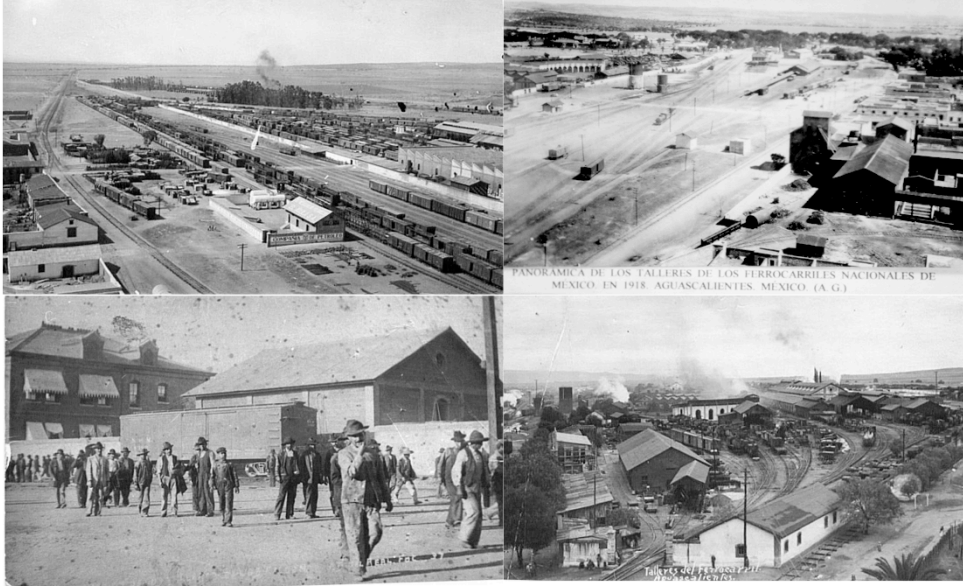


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



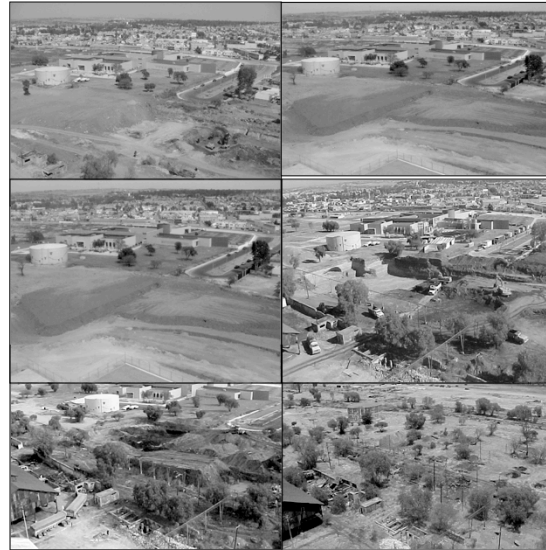


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



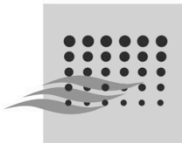


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



Evolución de la Remediación (etapa 1)

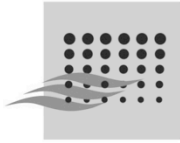
Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



Evolución de la Remediación (etapa 1)



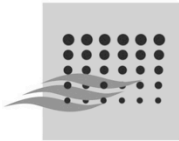
Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



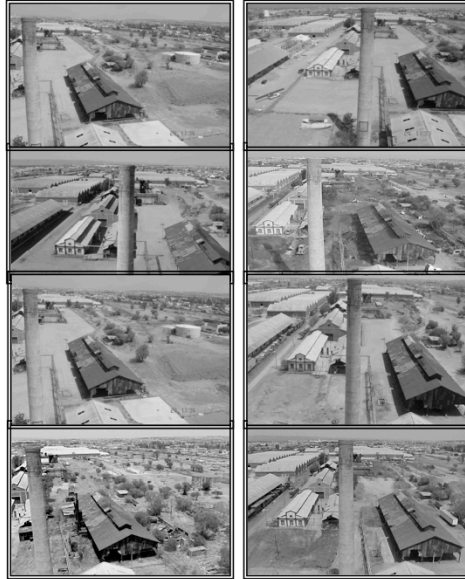
Evolución de la Remediación(etapa

106

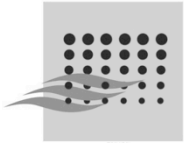
Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



Curso de Capacitación sobre Remediación de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

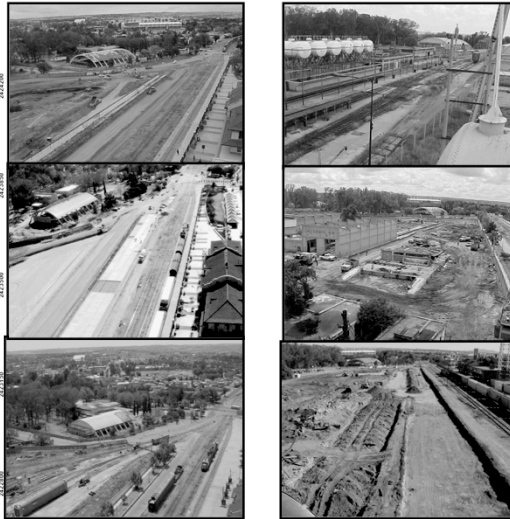


Evolución de la Remediación(etapa 3)

Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México

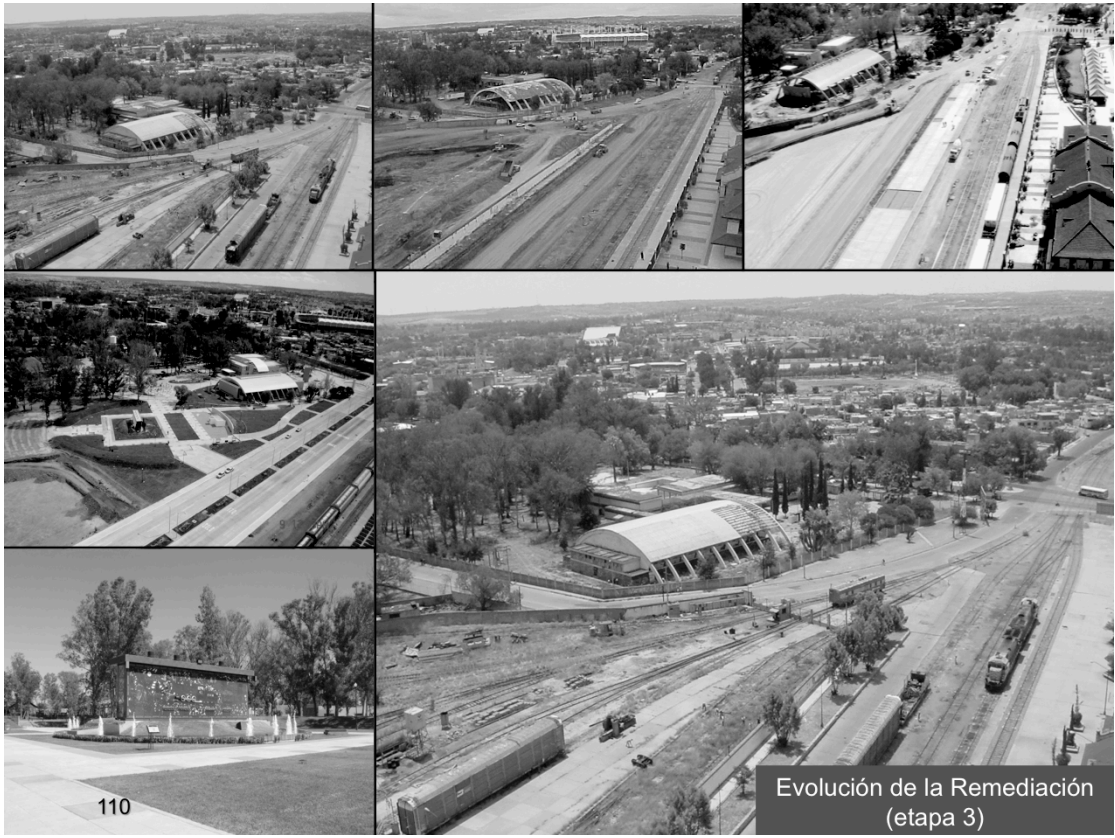


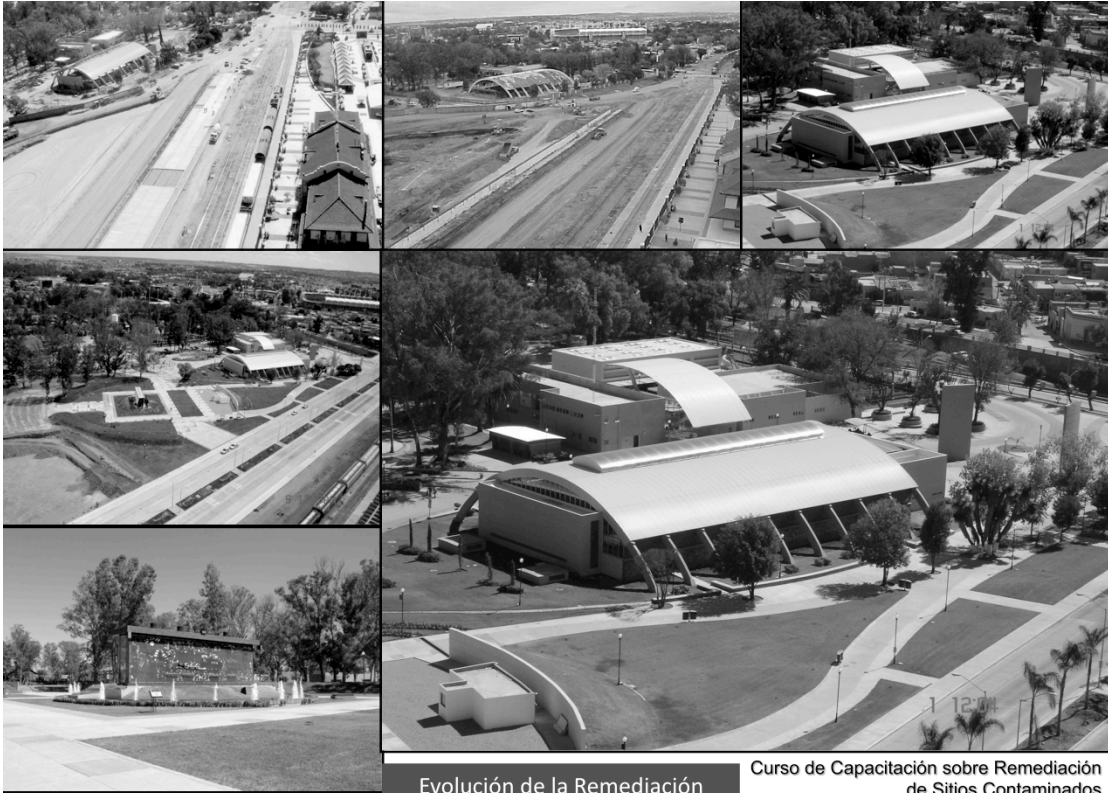
Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

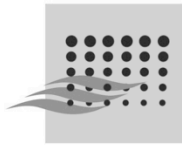


Evolución de la Remediación(etapa 3)

Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



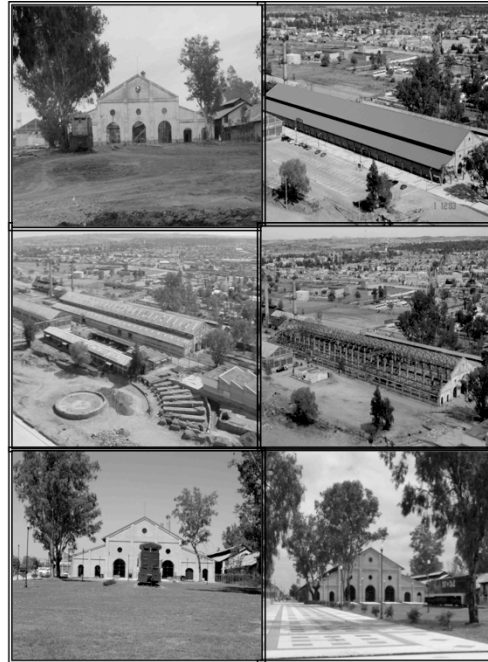


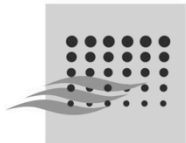


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

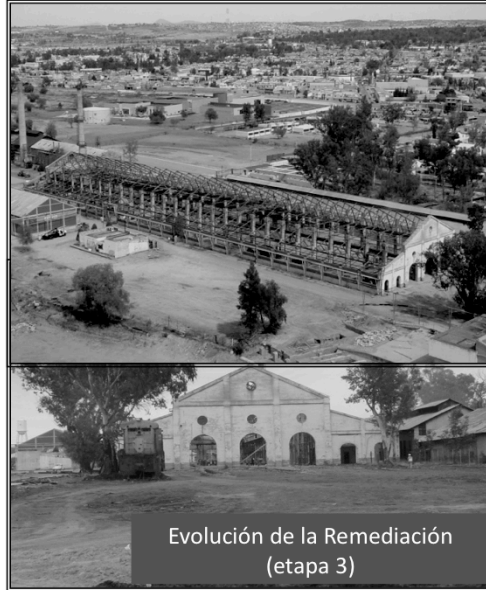


112



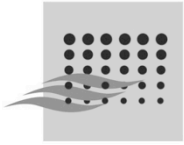


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

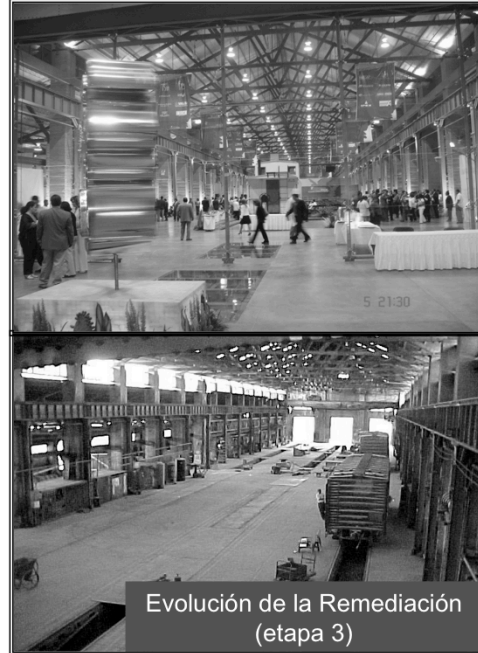


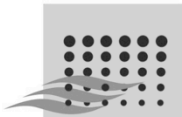
113

Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



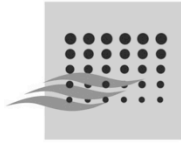


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



Evolución de la Remediación
(etapa 3)



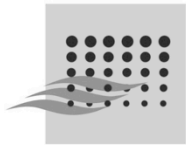


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



Evolución de la Remediación
(etapa 3)

Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México

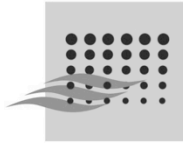


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

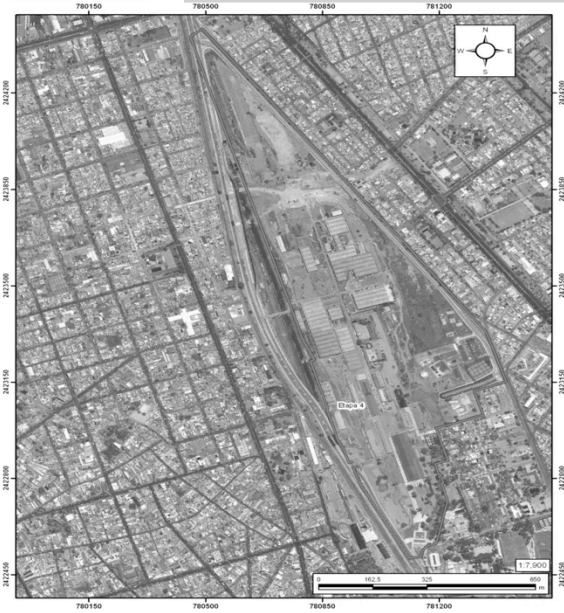


117

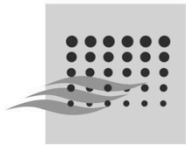
Evolución de la Remediación
(etapa 3)



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



118 Evolución de la Remediación (etapa 4)

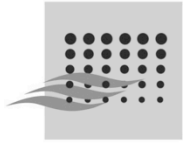


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



119

Evolución de la Remediación
(etapa 4)

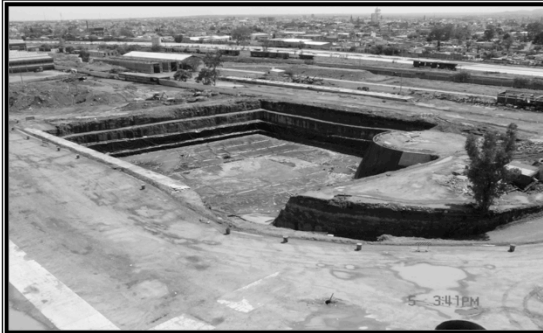


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

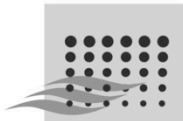




Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

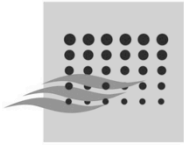


Evolución de la Remediación (etapa 5)

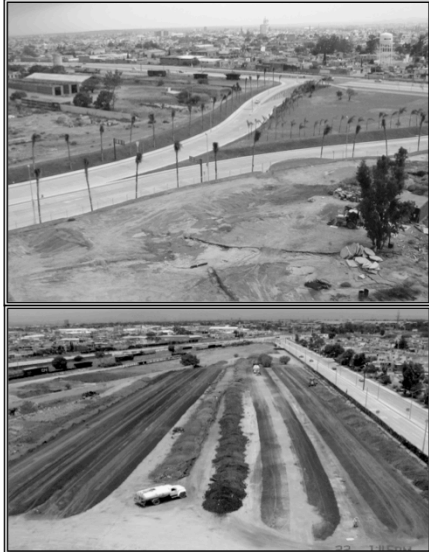


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM





Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

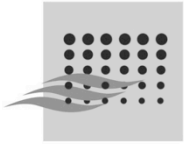


Evolución de la Remediación
(etapa 5)

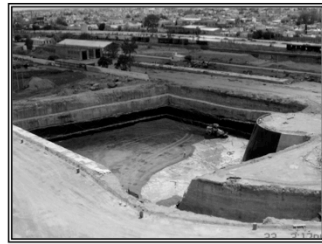
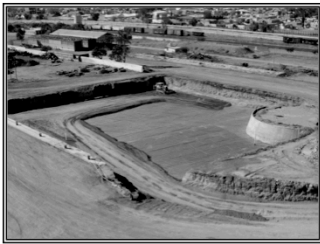
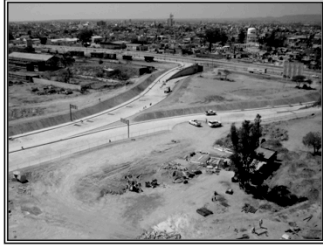
123

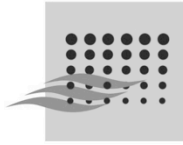


Curso de Capacitación sobre Remediación
de Sitios Contaminados
1 a 3 de Agosto 2001, Ciudad de México



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



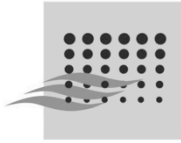


Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

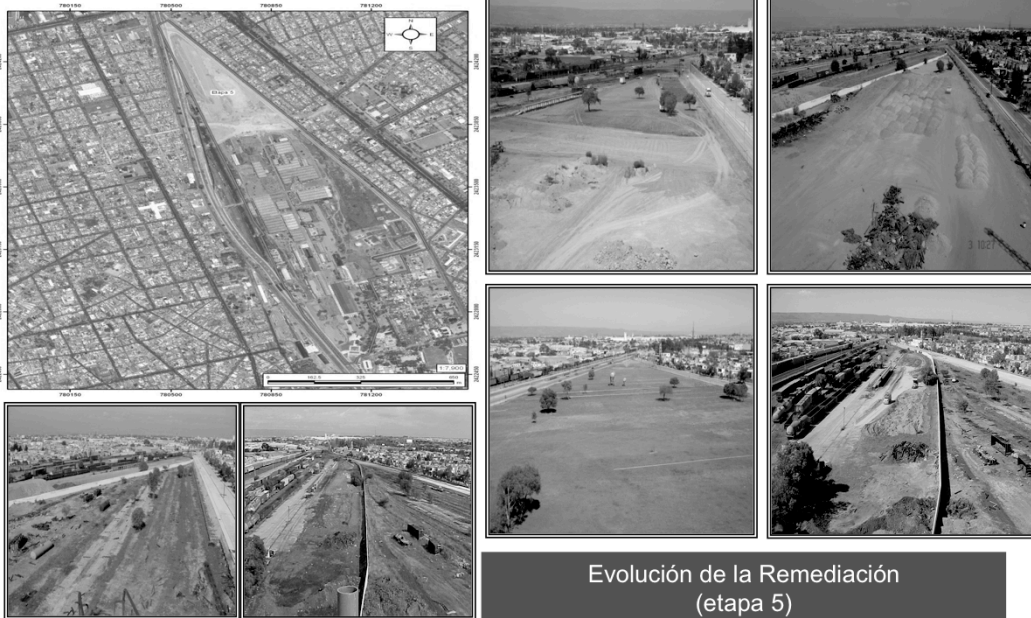


Evolución de la Remediación (etapa 5)

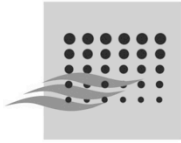




Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM



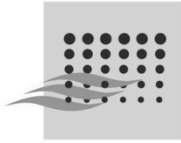
Evolución de la Remediación
(etapa 5)



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

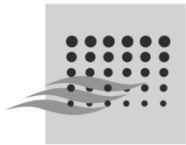


Evolución de la Remediación
(etapa 5)



Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM





Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM





Remediación Ambiental de los ex talleres de FNM

ReLASC LA : www.relasc.org
Capítulo México: www.relascmex.org

GIZ (Cooperación Internacional Alemana)
Oficina de Representación en México
Av. Insurgentes Sur No. 826, 11° Piso
Col. Del Valle
03100, México, D.F.
Tel. +52-55-56-24-33-30
Internet: www.giz.de/mexico

Dr. Javier Llamas Viramontes.

Dirección. Blvd. Miguel de la Madrid # 109
Corral de Barrancos, Maravillas,
Jesús María, Aguascalientes, C.P. 20900

Tel. 449 973-69-63

Email: javier.llamas@insecami.com.mx

Internet: www.insecami.com.mx

▣

Después de que el seminario este completo, por favor visite

- [Enlaces a los recursos adicionales](#)
- [Formulario de comentarios del seminario](#)