

Hidrogeología y Medioambiente:

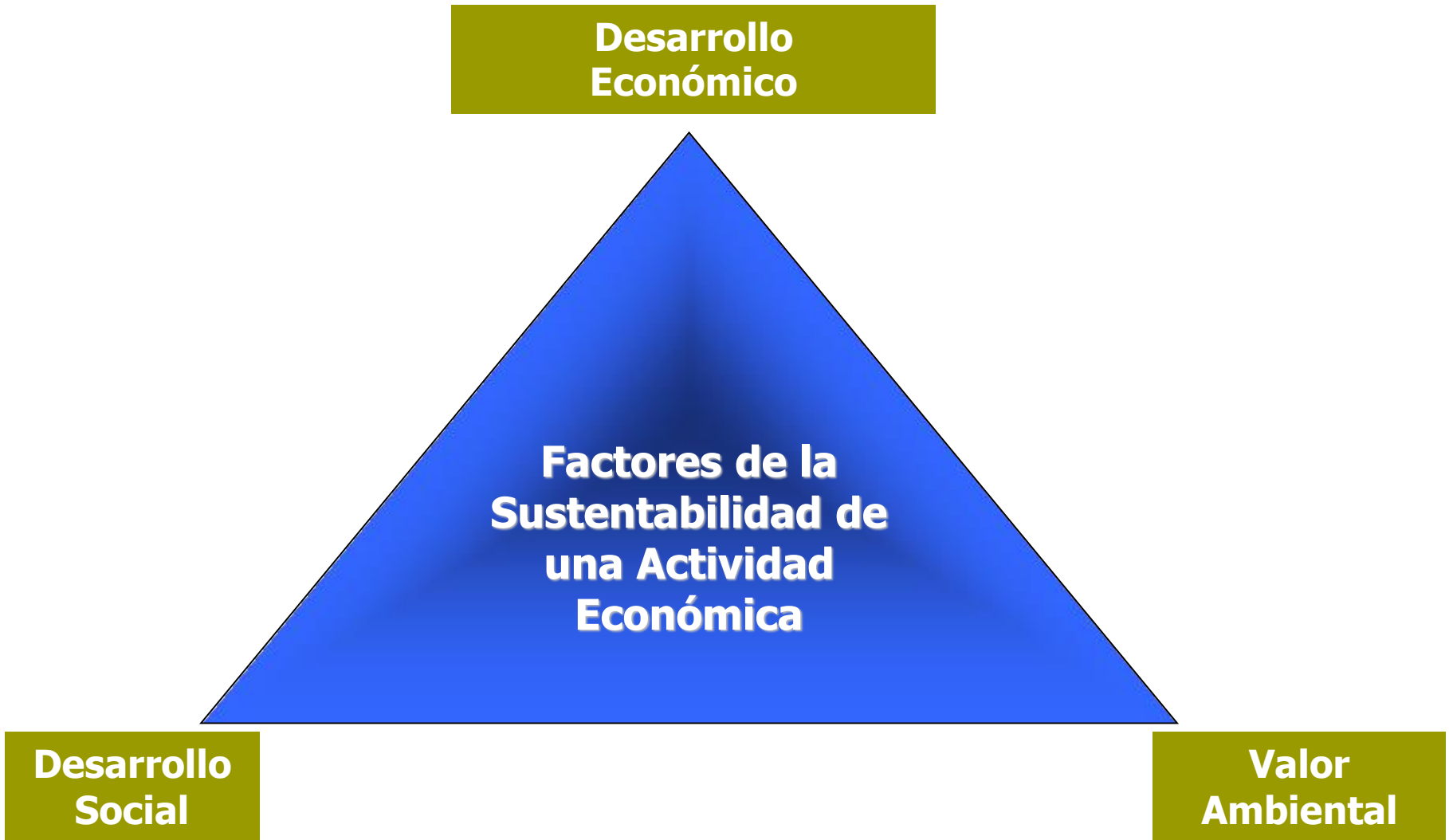
Aguas subterráneas , Subsuelo y Suelo

Ayudamos a preservarlos y adecuar la Afectación Ambiental

Lic. Alfredo Wagner-Manslau

*Cel : 011 15 3033 9996
alfredo.wagner@erm.com*

Factores del Desarrollo Sustentable



Factor Ambiental

**Valor
Ambiental**

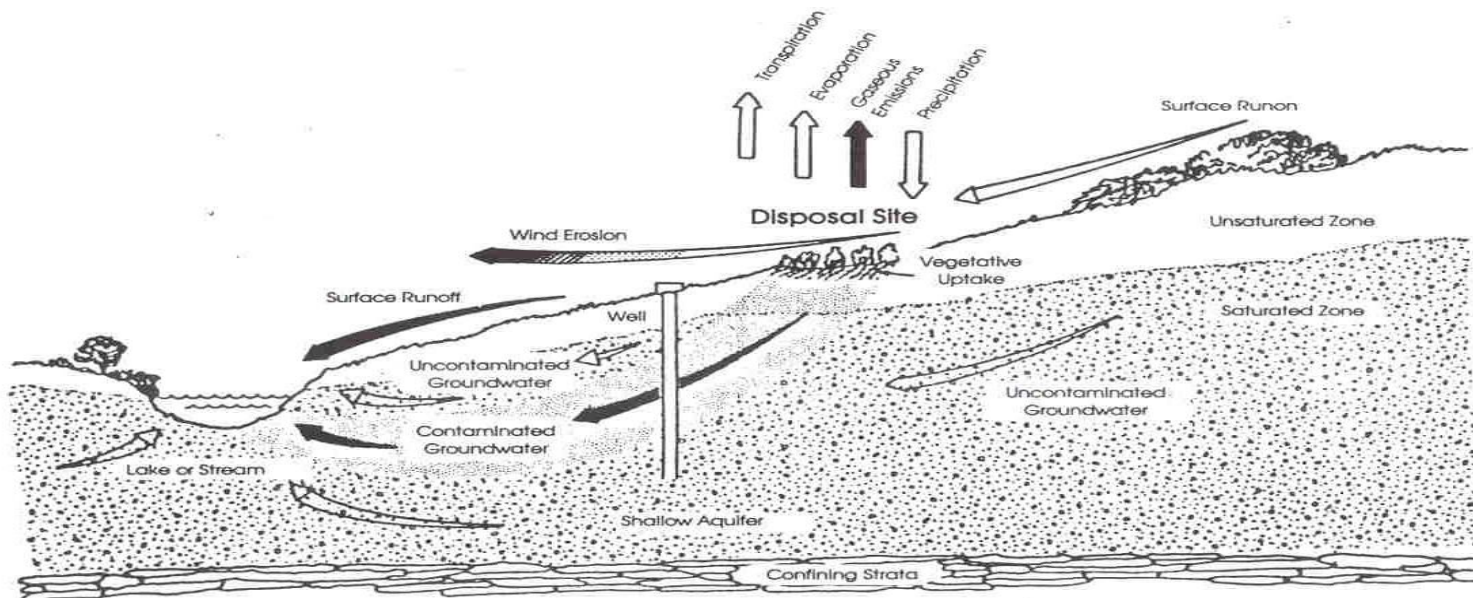


**Medios que puede
afectar una actividad
económica**

-Agua
-Suelo
-Aire
-Biológico

FIGURE 7-1

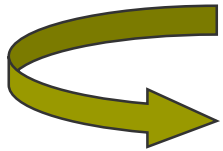
Contaminant Transport from a Land Disposal Site



PREVIO al emplazamiento de la actividad económica :

EIA: Determinación de Potenciales Impactos Ambientales y
DISEÑAMOS Medidas de Mitigación

En una actividad EXISTENTE:



Determinación del Pasivo Ambiental

- ***Pasivo Ambiental: Definición Adoptada:***

Valoración monetaria - contable de las deudas / compromisos de índole medioambiental que gravan a una empresa / institución

- ***Cuantificar el Pasivo*** (*Volúmenes afectados y costos de Adecuación*)

Porque se esta infringiendo la LEY!!

Como?

Pasivos Ambientales: Componentes

- **Legal:**
Incumplimientos en Inscripciones/Registros (multas)
Posibles denuncias o juicios pendientes.
- **Operativo:**
**Manejo de Residuos (especiales, peligrosos, patológicos),
Aislaciones (Asbestos; PCBs).**
Manejo de Insumos (Combustibles, materias primas, etc.),
Efluentes líquidos y gaseosos,
Suelos y Aguas Superficiales
- **Medios Afectados = Contaminación:**
Suelos/sedimentos; Lodos
Aguas subterráneas y superficiales; Lixiviados
Aire/ambiente.
- **Biológico**

Cómo? Instrumentos en la evaluación / cuantificación de pasivos:

- **Caracterización**
- **Análisis de riesgo**
- **Uso futuro del predio**
- **Conocimiento de la legislación**
- **Conocimiento de las alternativas tecnológicas de remediación y de los costos**

Caracterización de Suelo-Subsuelo potencialmente CONTAMINADO y su Remediación

Concepto de Caracterización Sistemática de Sitios Contaminados

- **Fase I:** auditoria determinación de Areas de Potencial Afectación (A.P.A.)
- **Fase II:** *muestreo de A.P.A. y cuantificación*
A- QUE determinar y muestrear; B- COMO muestrear y cuantificar
- **Concepto Fase III:** *Evaluación de Alternativas de Remediación* en base a Valores Guía Legislativos o Evaluación de Riesgos
- **Concepto Fase IV:** Implementación de Tecnologías de **Remediación**
A- Suelos, Sedimentos y Lodos
B- Agua Subterránea, Agua Superficial y Lixiviados

Fases de cuantificación del Pasivo Ambiental

- **Auditoría FASE I (ASTM E 1527-00):**
Evaluación técnico-legal del Predio sobre documentación existente, entrevistas y recorridas.
Determina Áreas de Potencial Afectación (APA), cuantifica preliminarmente el Pasivo Ambiental y recomienda Fase II si necesario
- **Auditoría FASE II (ASTM E1903-97):**
Caracterización para ratificar/rectificar la afectación en las APA y Estimación Pasivo Ambiental (Costos de Adecuación Ambiental).

Fases de cuantificación del Pasivo Ambiental

- **Site Assessment FASE III:**
Evaluación de Alternativas de Remediación
caracterización detallada de la Contaminación
Modelo Conceptual del sitio
Evaluación de Objetivos de Remediación (Legislados Vs. Risk Assessment)
Costos Asociados
Diseño del Plan de Remediación
- **FASE IV:**
Implementación de la Remediación
Muestreo Confirmatorio / Monitoreo

Lineamientos Diseño Fase I, II y III

Hay que ENTENDER el predio para establecer la Relación entre:

FUENTE (principalmente relacionado al Proceso Industrial)



MEDIO AFECTADO (principalmente relacionado a la Geología)



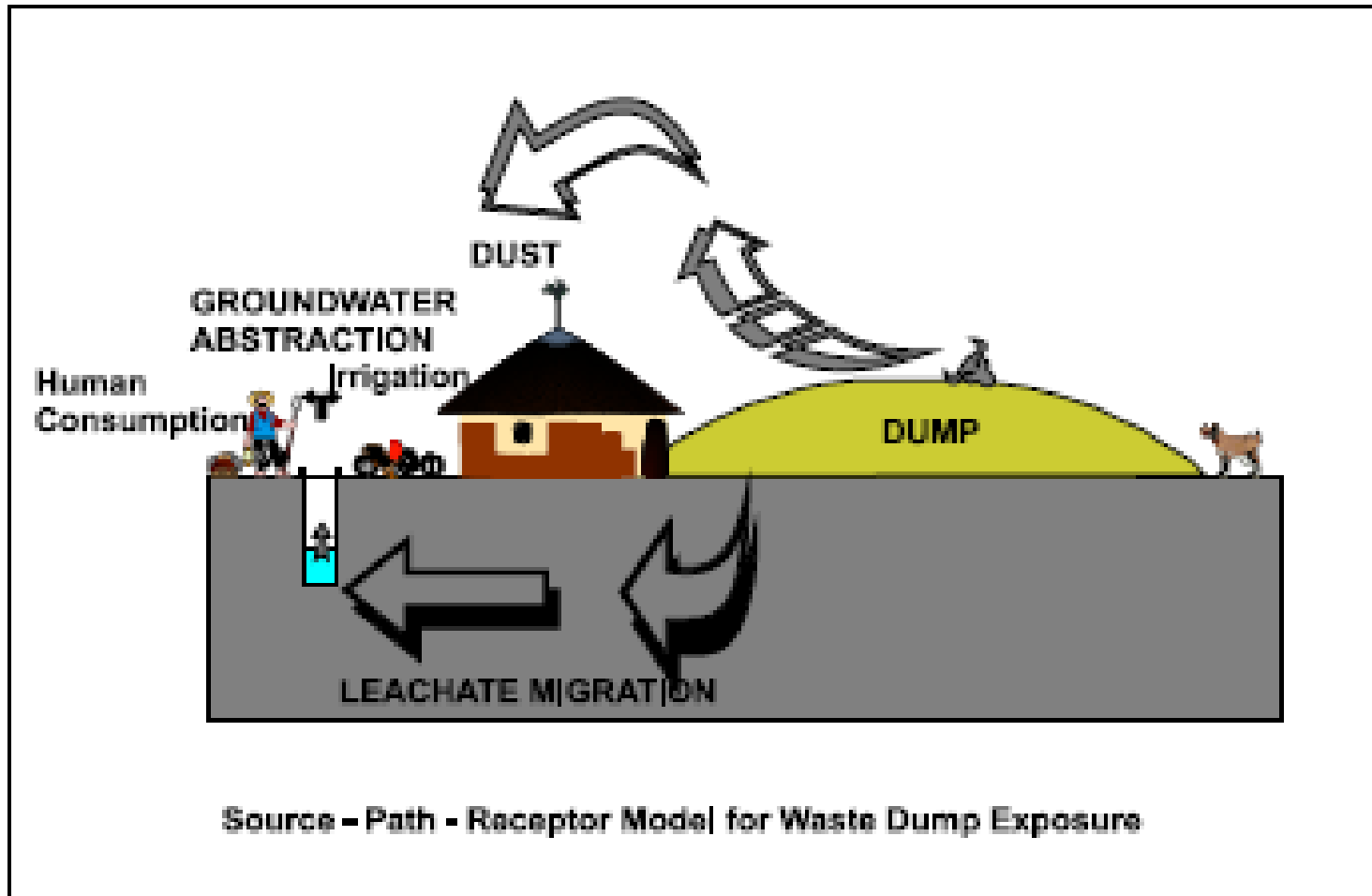
VÍA MIGRACIÓN (ppalmente. relac.a la Geología y Química)



RECEPTOR (ppalmente. relac.a Usos del Sitio e Inmediaciones)

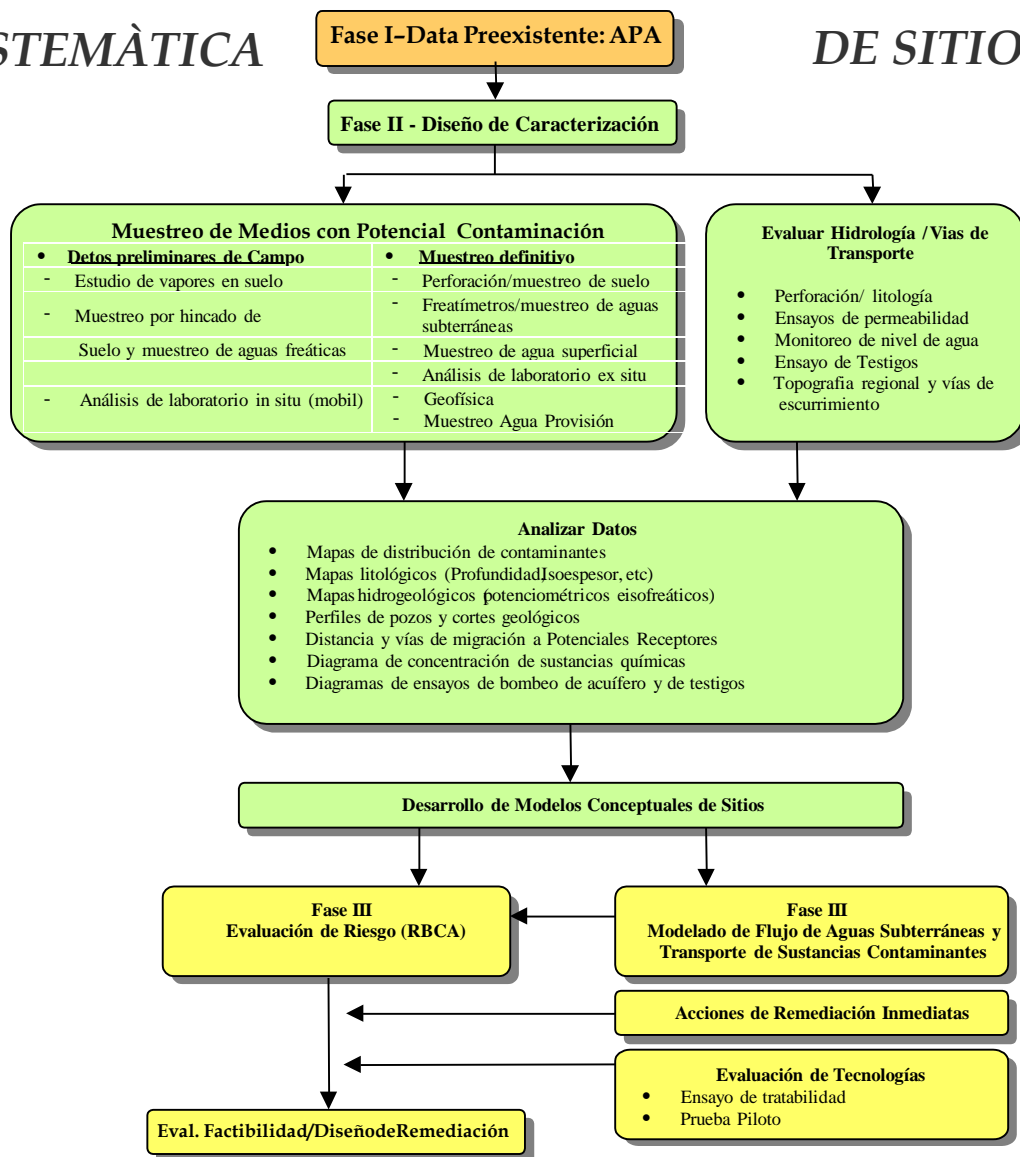
Lineamientos Fase II

Ejemplo de Medios afectados



EVALUACIÓN SISTEMÁTICA

DE SITIOS



Lineamientos Diseño Fase II

Elementos Básicos a considerar:

- **QUE buscar (Tipo y propiedades del contaminante)**
- **DONDE buscar (Aguas Superficiales y Subterráneas, suelo hasta que profundidad, lodos de Efluentes, etc.)**
- **COMO muestrear (Metodo de Perforación, Tipo de muestra, Envases, elementos de muestreo, etc.)**
- **MÉTODO Analítico (Normas a seguir: generalmente EPA)**
- **MAPEO de Subsuelo y Contaminantes en Suelo y Agua**
- **CUANTIFICACIÓN del Medio Afectado (Volúmen de Sobrenadante, Suelo a Tratar, Residuo, Pluma de Agua con Contaminante Disuelto, etc.)** (*Ver Fig: Movimiento en el subsuelo de contaminantes con diferentes Densidades y Típico Derrame de Hidrocarburos*)

MOVIMIENTO EN EL SUBSUELO DE CONTAMINANTES CON DIFERENTES DENSIDADES

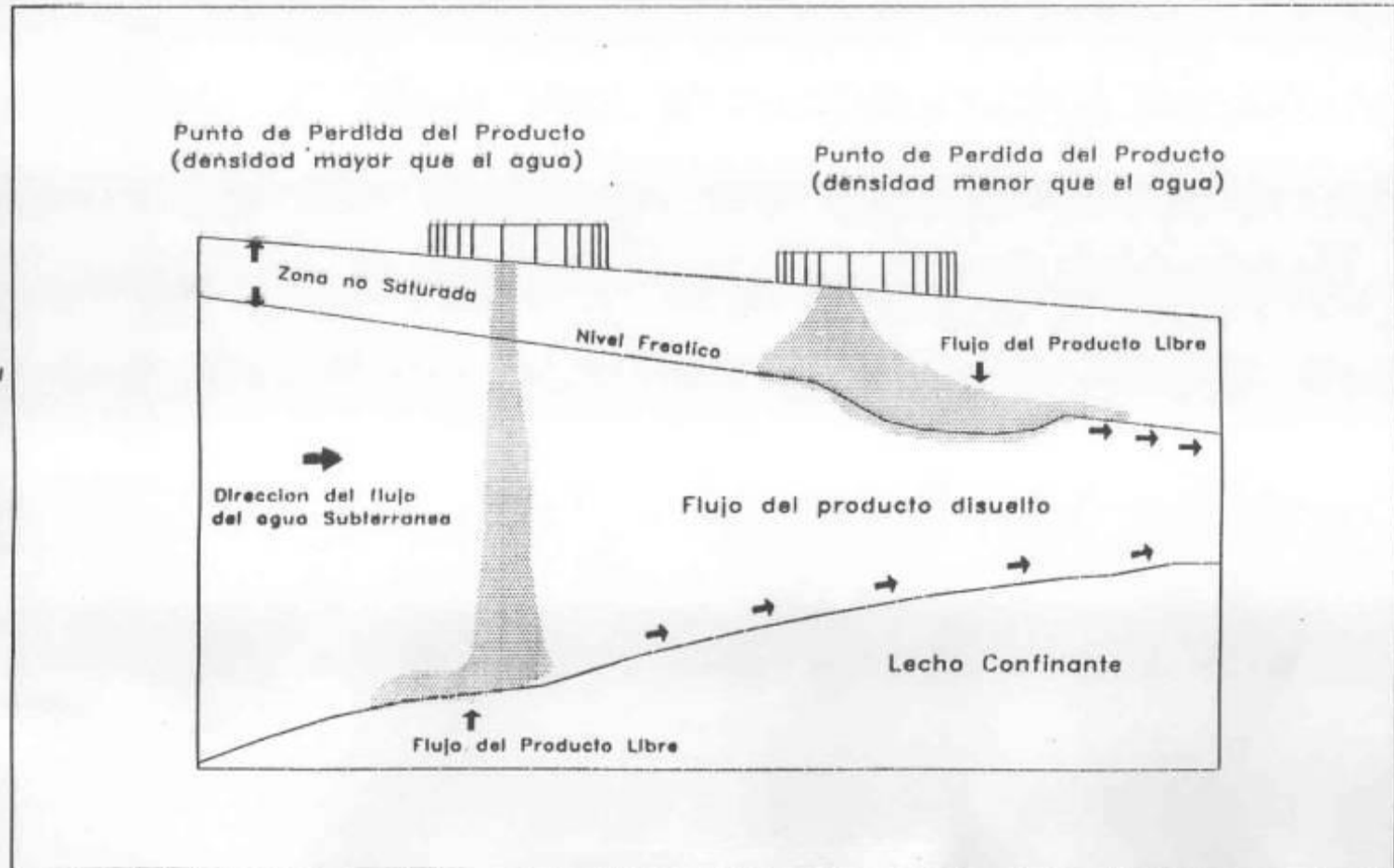
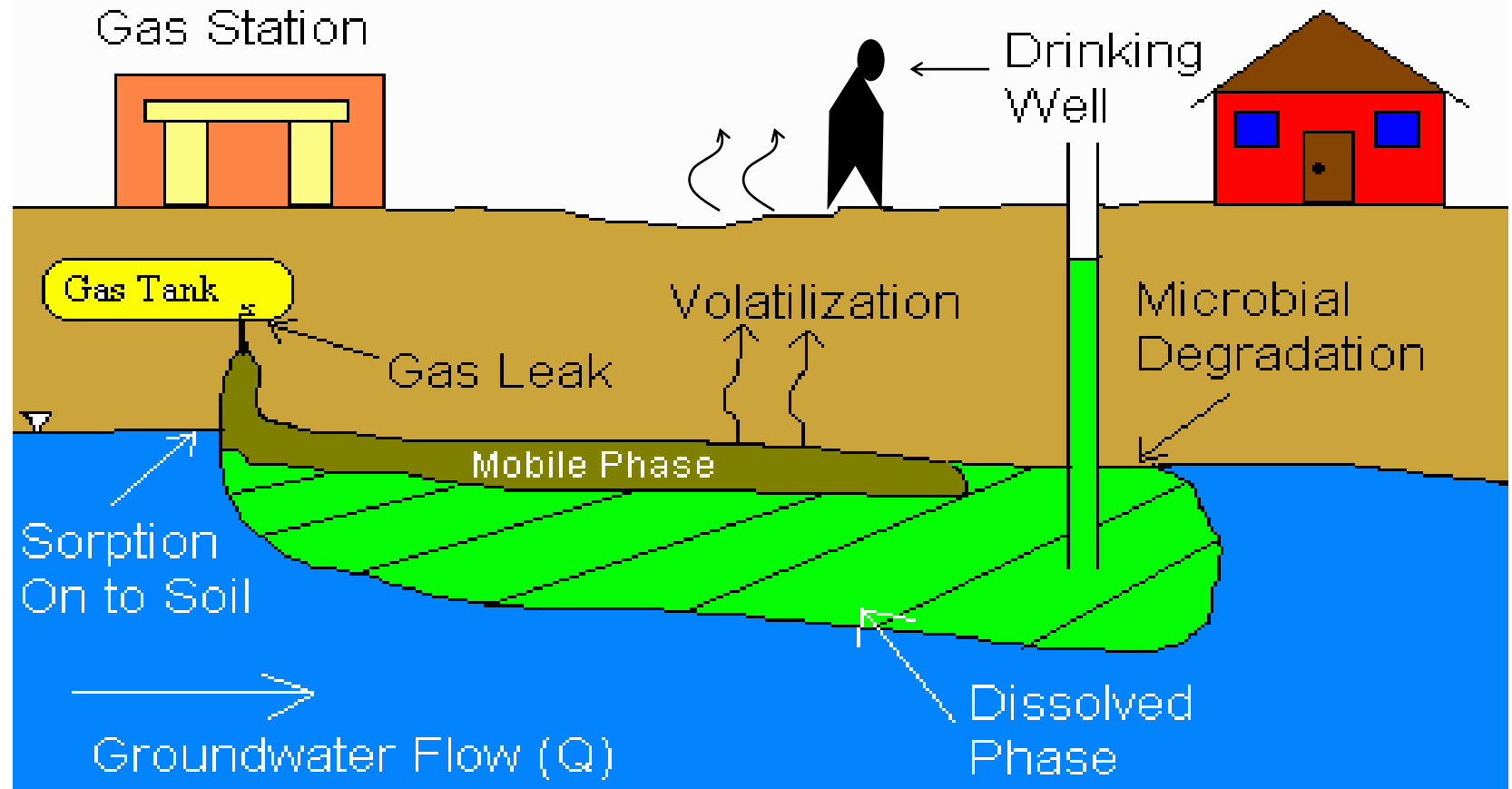


Figura 2 B - 1

Lineamientos Fase II

Ejemplo de Medios afectados



Lineamientos Fase II

DONDE buscar :

- **Aguas Superficiales**
distancia, uso, susceptibilidad, afectación “background”
- **Aguas Subterráneas (*Ver Fig:Esquema de Acuíferos*)**
 - Acuífero freático, semiconfinado, confinado, colgado
 - Profundidad y dirección de flujo
 - Vulnerabilidad
 - Calidad de agua “background”
 - Propiedades del Acuífero (*Permeabilidad , Porosidad Total y Efectiva, Granulometría de los Sedimentos*)
- **Suelos/Sedimentos:**
hasta que profundidad buscar, Contenido Orgánico Total de Suelo/Sedimento, Capacidad de intercambio iónico, Granulometría
- **Lodos de Plantas de Efluentes; Residuos mal dispuestos**

Lineamientos Fase II

COMO muestrear (1):

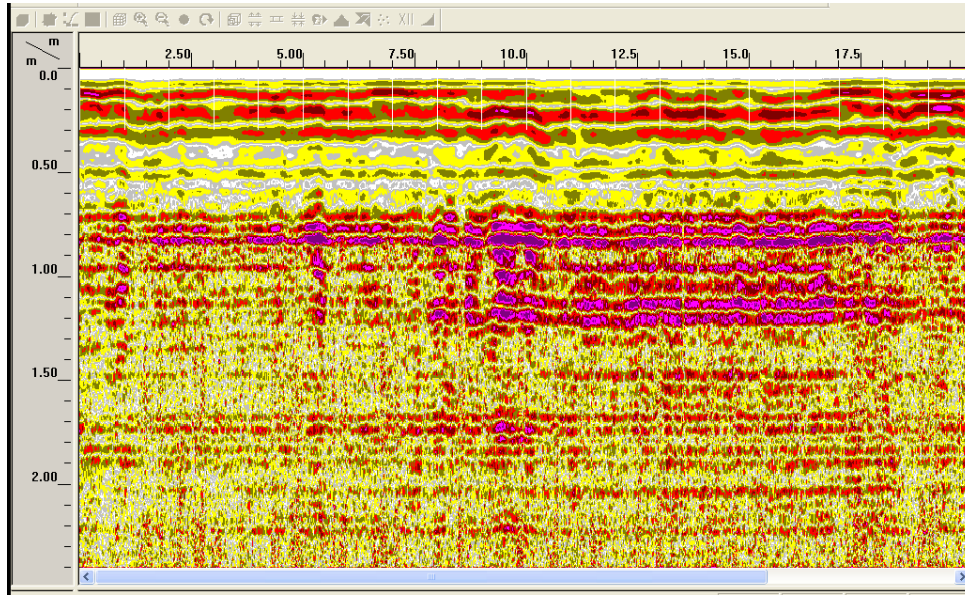
“Sistematizar el muestreo en base a normas internacionales de muestreo de distintos medios que avalen la validez de las muestras (ASTM, EPA-SW 846, etc.), y seguir controles de calidad QA/QC “

- **Metodo de Perforación (para suelo y agua)** *(Ver Fotos)*
 - **Manual** : Pala, Pala Vizcachera, Barreno
 - **Mecanico: en seco:** Helicoide (Solido o Hueco)
 - Hinca mecánica o Hidráulica
 - Calicata con retroexcavadora
 - Cucharéo
 - **con fluído:** Agua o Lodos bentoníticos
 - Aire
 - **Gases de Suelo:** hinca mecánica y muestreo vapores
- **Tipo de Pozo de muestreo de agua:** *(Ver Fig: Corte Transversal Esquemático y Ficha de Pozo)*
 - Transitorio Vs. Permanente
 - Freático Somero Vs. Profundo (a igual o distinto acuífero)
 - Simple Vs. Telescópico

Método Indirectos: GEOFISICO Electromagnético de detección de interferencias del subsuelo o FLNA

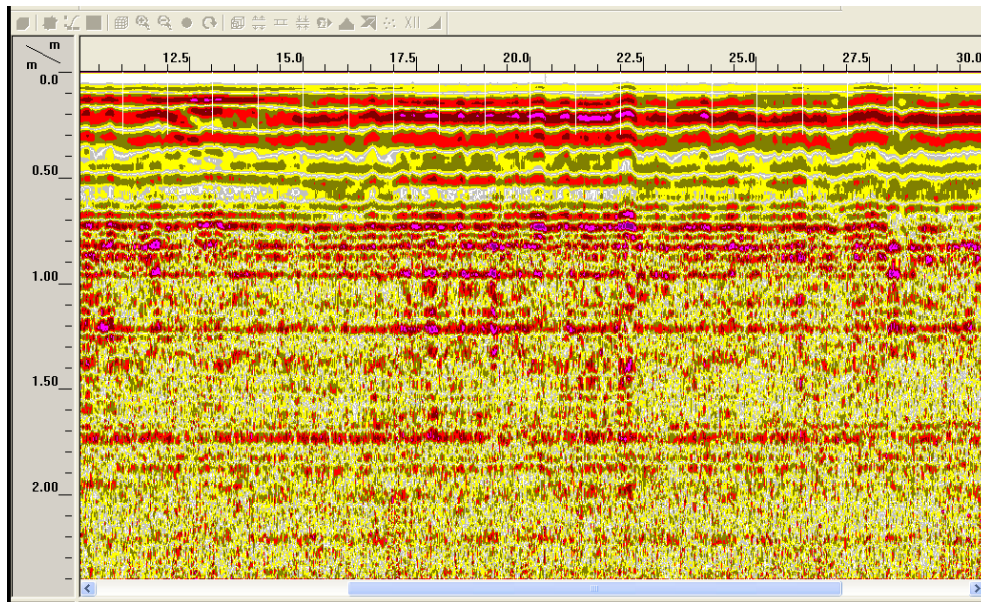


Método Indirectos: GEOFISICO Georadar



Aplicación de Perfiles de Georadar.

Imagen pileta de purga soterrada

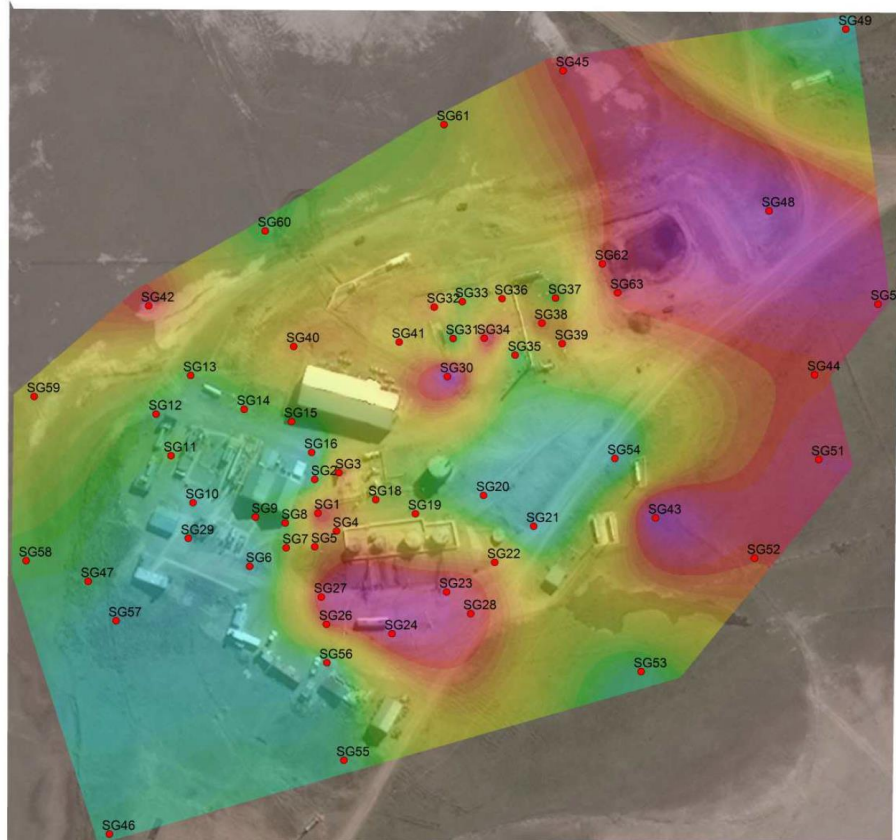


En esta imagen se muestra un sector de otra línea de prospección, próxima a la anterior, donde no se observan vestigios de contaminación.

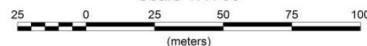
Métodos Indirectos: Muestreo Pasivo de Gases del Suelo

Curvas de Iso - valores de masa de HTP en gases del suelo

© 2014 AMPLIFIED GEOCHEMICAL IMAGING, LLC



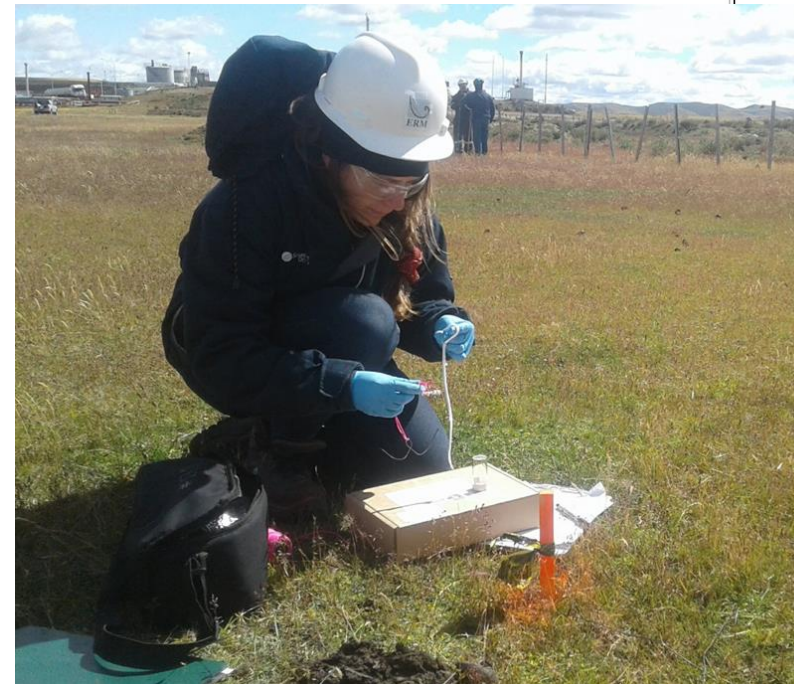
Scale 1:1700



(meters)
Campo Inchauspe / UTM zone 19S

THIS DRAWING AND ANY OF ITS ATTACHMENTS HAVE BEEN PRODUCED FOR THE SOLE USE OF THE RECIPIENT IDENTIFIED HEREIN AND MUST NOT BE USED, REPRODUCED OR MODIFIED IN ANY WAY WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF AMPLIFIED GEOCHEMICAL IMAGING, LLC. UNAUTHORIZED USE IS STRICTLY PROHIBITED PERMANENT TO COPYRIGHT, TRADEMARK AND OTHER APPLICABLE LAWS.

Colocación de Gore-Sorber



AMPLIFIED
GEOCHEMICAL
IMAGING, LLC

100 CHESAPEAKE BOULEVARD
P.O. Box 10, ELKTON, MARYLAND, 21921 USA
PHONE: +1-410-392-7600
FAX: +1-410-506-4700
WWW.AGISURVEYS.NET

ERM Argentina
Rio Grande
Total Petroleum Hydrocarbons
Estimated Soil Gas Concentrations

DATE DRAWN: 27 MAY 2014	DRAWN BY: DMC	ORIG. CAD: shp files	SITE CODE:
REV. DATE:	REV. #:	PROJECT NUMBER: 01066	

Fase II. Muestreo de suelos

*Barreno Manual de
Acero Inoxidable*



Pala Vizcachera



Fase II

*Perforación en
seco con
Helicoide
Hueco*



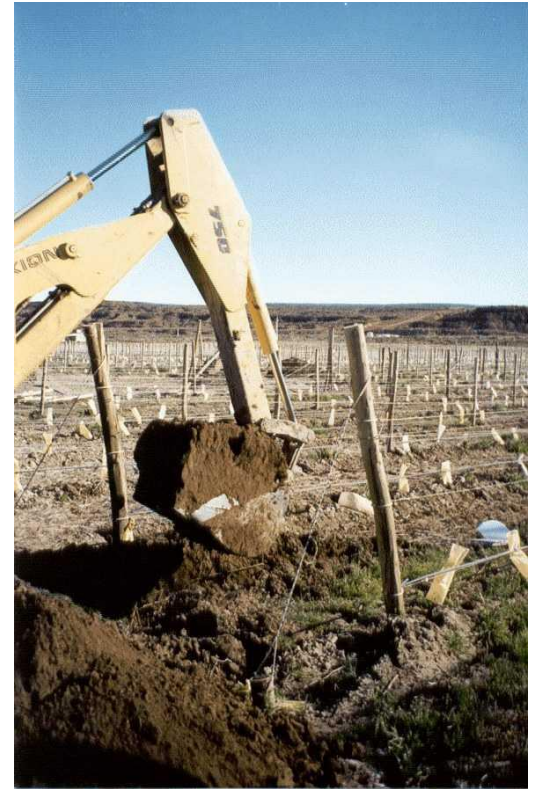
D- Muestreos de Medios Afectados:

Perforación con Helicoide



Fase II

*Calicata para Muestreo de suelo
y/o residuos con
Retroexcavadora*



Fase II

*Equipo de Perforación con
fluido de perforación base
agua para instalación de
Freatímetro*



ACRYLIC LINERS



Ficha de Perforación y Esquema de Pozo

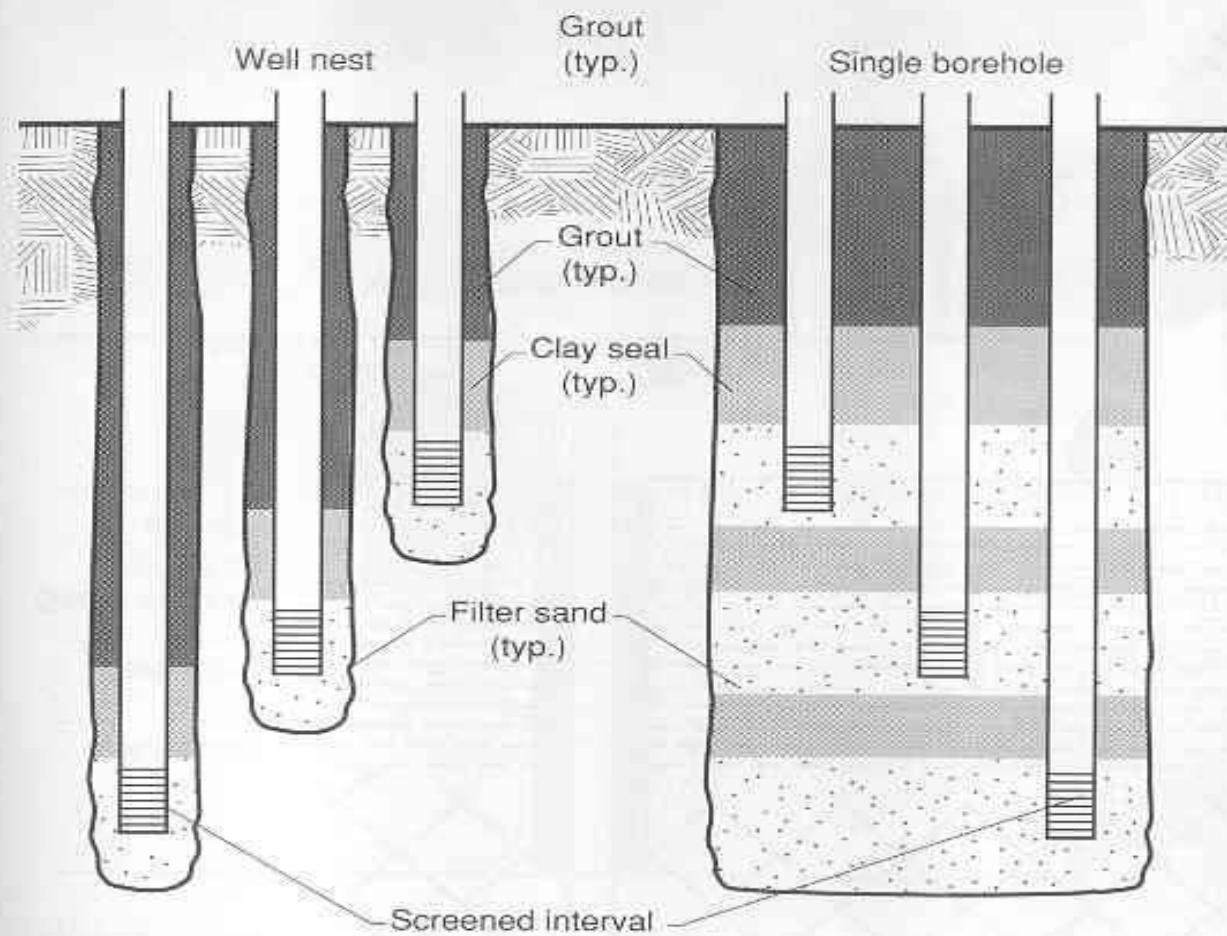


FIGURE 15-27
Multiple and nested wells.

Lineamientos Fase II

COMO muestrear (2):

- **Tipo de muestra**

A- Suelos:

- Superficial Vs. A Profundidad
- Puntual Vs. Compuesta (de mas de un Punto o de un Rango de Profundidad por ej.: 0-0,5m).

B- Aguas Subterráneas:

- Filtrada Vs. No filtrada

C- Aguas Superficiales:

- Filtrada Vs. No Filtrada
- Puntual Vs. Compensada/compuesta

Lineamientos Fase II

COMO muestrear (3):

- **Elementos de muestreo** *(Ver Fotos)*

A- suelos:

- Pala / Cuchara / Espátula (*De acero Inox.*)
- Barreno más Cuchara / Espátula (*De acero Inox.*)
- Guantes Descartables (*evitar contaminación cruzada*)

B- aguas Subterráneas:

- bailer -bombeo manual - bombeo mecánico a bajo caudal

C- Aguas Superficiales:

- Muestreadores de Acero Inoxidable

- **Envases** (según medio y contaminante, consultar con laboratorio):

- Frascos vidrio, frascos plasticos, bolsas plásticas, Viales,etc.

Ver Tabla EPA-SW 846

Fase II

*Headspace para
determinar COV en
suelos con OVA-PID*



Fase II

*Muestreo de agua con
bailer descartable en
vial y con dispositivo
de COVs y de fase
libre (FLNA)*



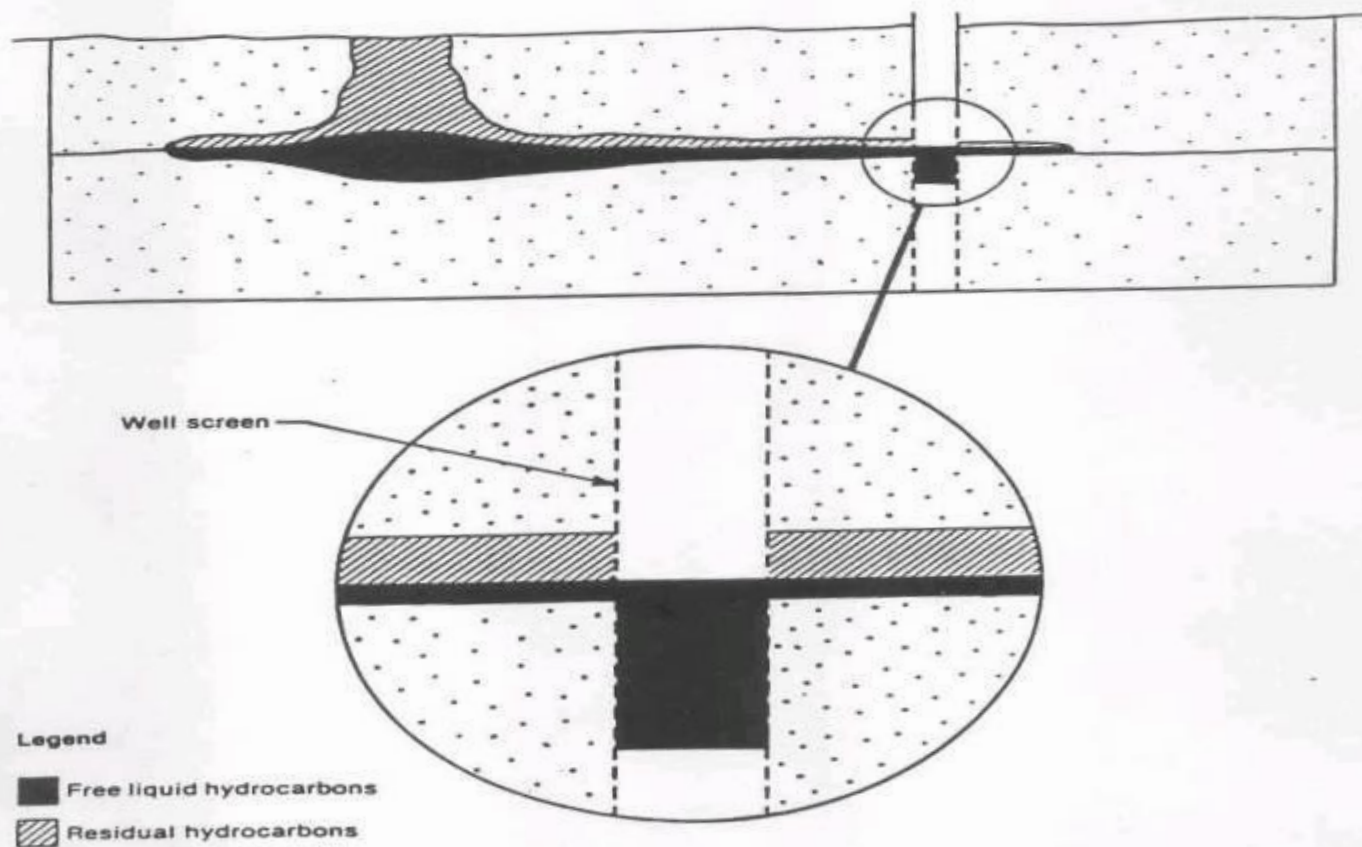
Fase II

Muestreo y Mediciones



Sonda de Interface

*UNA muestra de agua para
Varios Analitos*



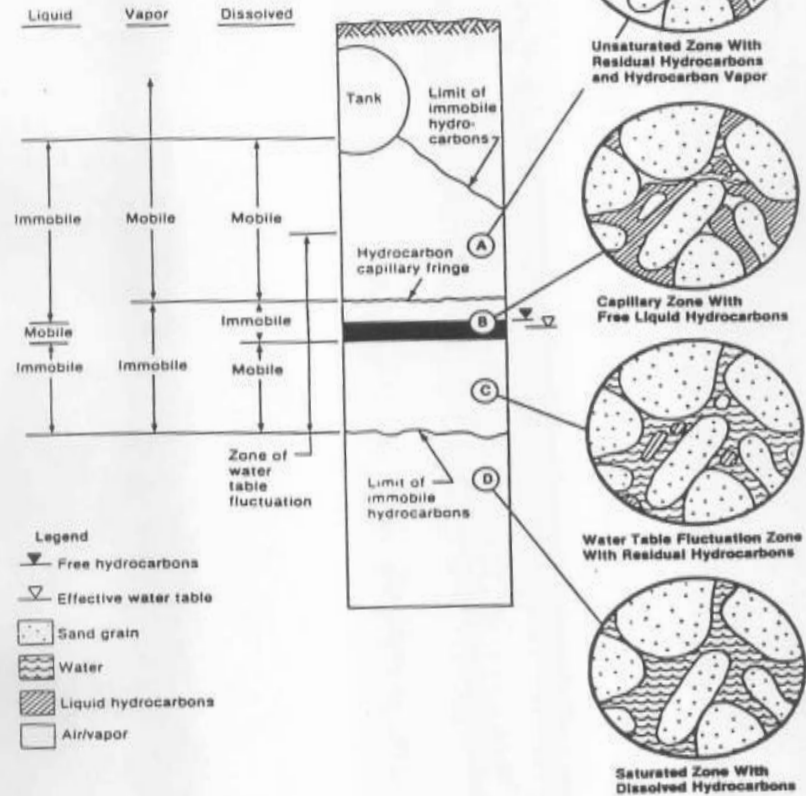
Source: Modified from de Pastovich and others, 1972.

Figure 9—Relationship Between Free Liquid Hydrocarbon Accumulation in a Well and in an Adjacent Aquifer

MOBILITY OF HYDROCARBON PHASES

GENERALIZED CROSS-SECTION

FLUID SATURATION



Source: Modified from Lundy and Gogel, 1988.

Figure 4—Vertical Distribution and Degrees of Mobility of Hydrocarbon Phases in Earth Materials

Movilidad de Fluidos en Porosidad

Lineamientos Fase II

Principles grupos de Contaminantes

Parámetro	Nombre Método	Técnica analítica
HTP (Hidrocarburos Totales de Petróleo)	EPA 8015 (DRO – GRO)	GC – FID
	EPA 418.1	Infrarrojo
BTEX (Benceno Tolueno Etilbenceno Xilenos)	EPA 8015	GC – FID
	EPA 8260	GC – MS
COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles, incluye compuestos clorados)	EPA 8260	GC – MS
COSVs (Compuestos Orgánicos Semi Volátiles)	EPA 8260	GC – MS
HAP (Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares)	EPA 8270	GC – MS
Metales Pesados (Cr, Hg, Cd, Ni, Zn, Sn, Pb, Ag, etc.)	EPA Serie 7000	Absorción Atómica
	EPA Serie 6000	ICP - MS
Pesticidas Organoclorados	EPA 8082	CG – ECD
Test de Lixiviados TCLP	EPA 1311	Extracción de lixiviados

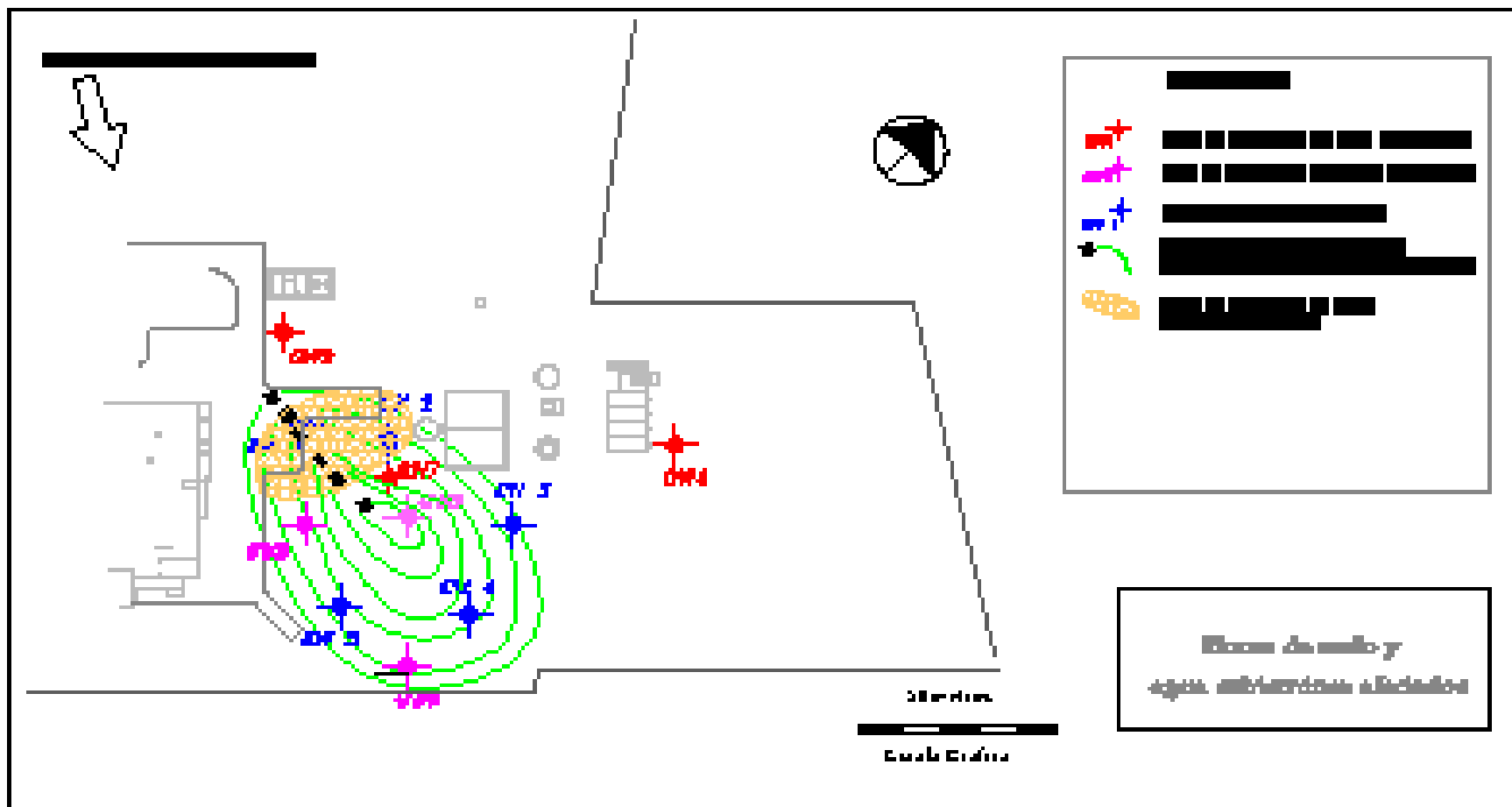
Lineamientos Fase II

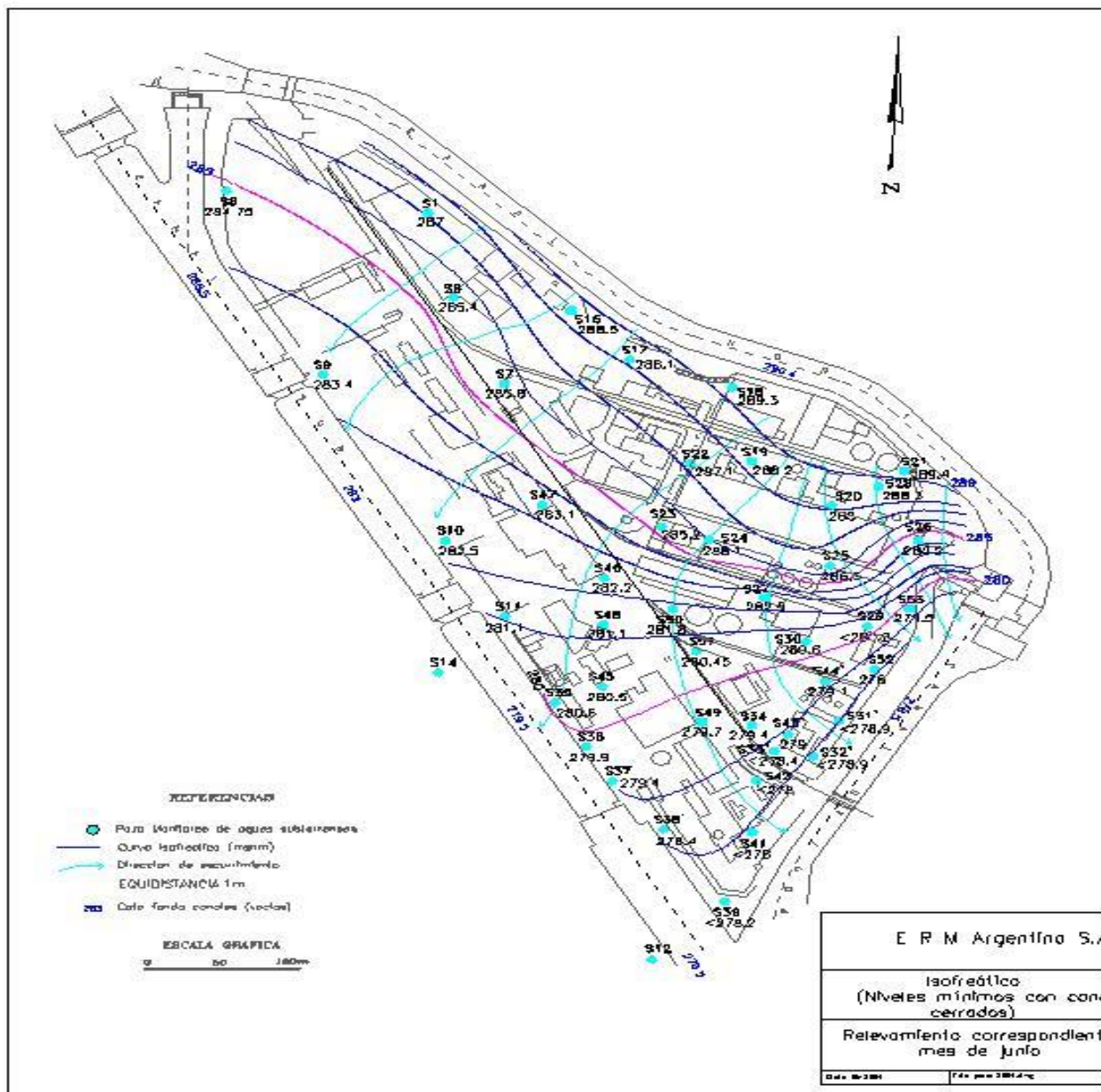
- **MAPEO de Subsuelo y Contaminantes en Suelo y Agua**
 - **Perfiles y Cortes**
 - **Plano Isofreático**
 - **Planos Equipotenciales de otros acuíferos**
 - **Distribución litológica**
 - **Distribución de contaminantes:**
 - Planos Isoconcentración en suelos**
 - Planos Isoconcentración en Aguas**
 - Planos Isoespesor en Suelos y de FLNA**

Recomendación:

usar sistemas de modelación, mapéo e interpolación únicamente con alta densidad de datos o con mucho criterio en la interpretación

Lineamientos Fase II – Mapeo





Hidrogeológico o Isofreático (Junio 2004)

Modelo Hidrogeológico – Zona de Captura B&T -

Modelado matemático mostrando zona de captura con pozo propuesto Aw-4



Legend

- Property boundary
- Well
- Offsite pumping wells (equivalent)
- Modeled groundwater contours, m msl (0.2-m interval)
- Modeled 3-D groundwater flowlines to recovery wells (5-year groundwater travel time between arrows)
- 3-D TCE concentration isocontours:
 - 30 µg/L
 - 300 µg/L
 - 2,000 µg/L
- Recovery well pumping rates:

●	AW-1	1.3 m ³ /h
●	AW-2	4.4 m ³ /h
●	AW-4	3.0 m ³ /h
	Total	8.7 m³/h



Modeled optimized Pumping rate - Mean Water Table Conditions
3-D Groundwater Flow Model Version 5

Figure 3c

Lineamientos Fase II

- **CUANTIFICACIÓN del Medio Afectado** (Volumen de Producto Sobrenadante, Suelo a Tratar, Residuo, Pluma de Agua con Contaminante Disuelto, etc.)

se basa en ajustados Mapas de las plumas de contaminación, mediciones de espesores también ajustados, y otros datos fundamentales a ser recabados durante tareas de campo

Formulas Básicas para cálculo de Volúmenes

Sólidos (Suelo, residuos, lodos): **Area x Espesor = Volumen**

(Ver Esquema Porosidad)

Líquidos Totales(en zona saturada): **A x E x Poros.Tot. = V Tot.**

Liq. Recuperable (zona sat.): **A x E x Por. Efect. = V Recup. Max**

En todos los casos, multiplicando por el Peso Específico se obtiene el peso a disponer y/o tratar

Factores de Fase II y III

- **Determinar si existen Vías de migración preferencial**
- **Establecer Vías de exposición a los contaminantes**
 - Fase Vapor
 - Fase Disuelta en agua
 - Producto Libre Sobrenadante
 - Suelo
- **Tipo de Receptor**



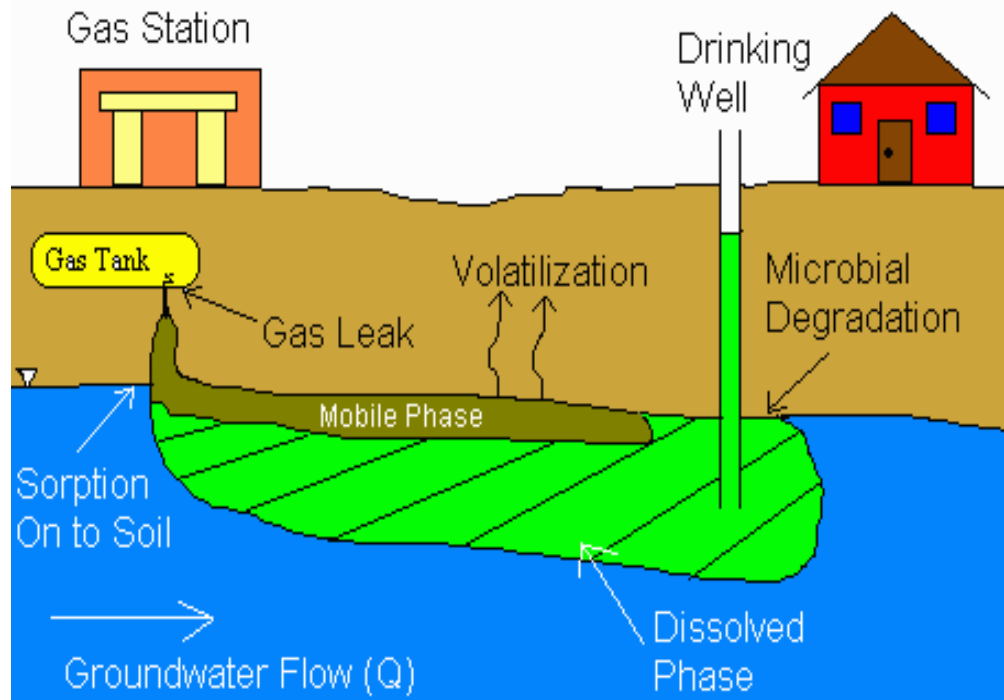
Para evaluación de Riesgo a la Salud Humana

Fase III: Estudio de Riesgo

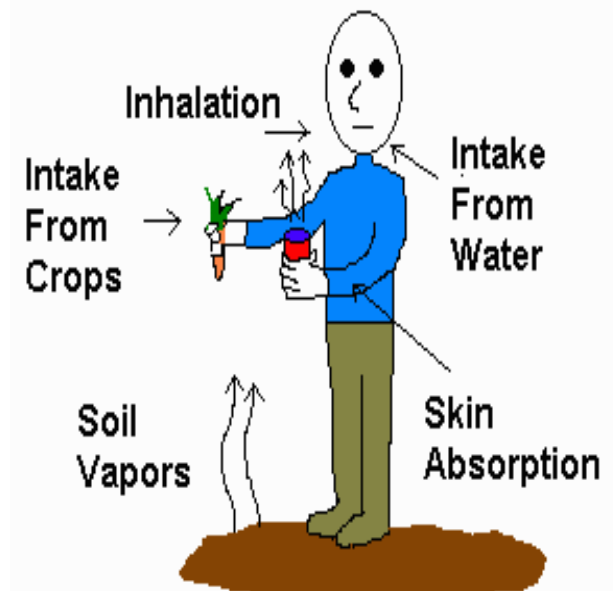
Aspectos generales del RBCA

De esta manera, el RBCA reconoce la diversidad de condiciones y escenarios asociados a cada caso en particular.

MODELO CONCEPTUAL



Routes of Pollutant Intake



Fase III: Estudio de Riesgo

Cuales son los niveles de referencia que permiten evaluar el grado de afectación de un sitio?

A) Niveles Guía fijados en las Leyes (por ej.: Dto. Reg. 831/93 - Ley Nacional de Res. Peligrosos N° 24.051).

B) Niveles sitio específicos obtenidos a partir del Análisis de Riesgo a la Salud Humana (por ej.: RBCA).

- ↓ El RBCA permite complementar los niveles establecidos en el marco regulatorio (niveles de referencia no regulados, evaluaciones sitio-específicas, superposición en la aplicación de distintas regulaciones).**
- ↓ El RBCA ayuda a maximizar la relación beneficio/costo de las Acciones Correctivas, por medio de un aval técnico que permite establecer niveles de referencia específicos para ser adoptados como objetivos de remediación.**

Fase III: Estudio de Riesgo

Qué es el RBCA?

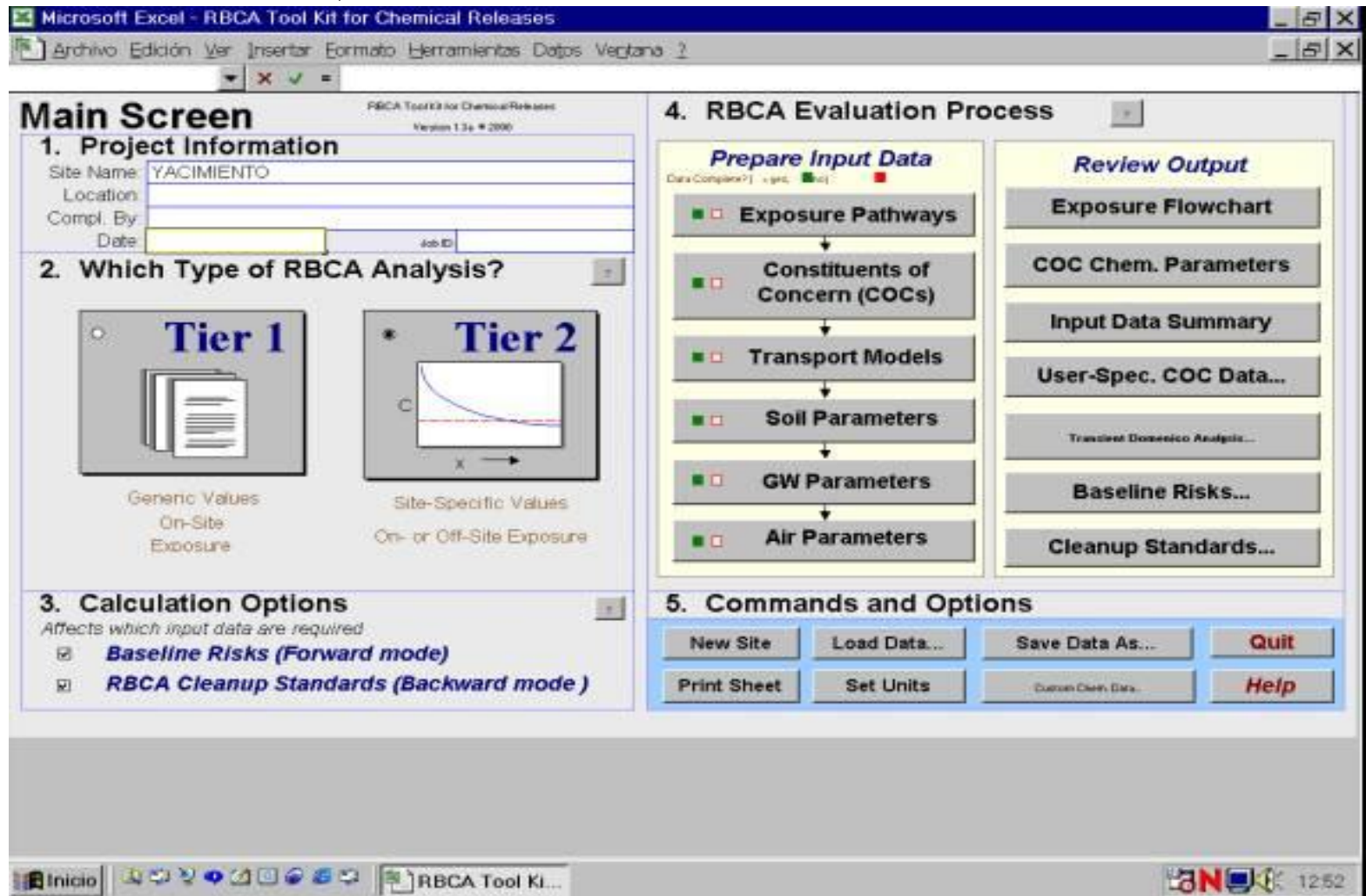
- ↓ El RBCA (Risk-Based Corrective Action) es una herramienta para la toma de decisiones en casos de contaminación para la protección de la la Salud Humana y el Medio Ambiente.
- ↓ El RBCA responde a metodologías normalizadas por la ASTM (American Society for Testing and Materials) y Adoptadas en Norma IRAM.

$$\text{RIESGO} = \text{EXPOSICIÓN} \times \text{TOXICIDAD}$$

- ↓ El RBCA permite establecer criterios cuantitativos:
 - ▮ *Niveles de referencia para distintos medios afectados, asociados al riesgo tolerable a la salud humana.*

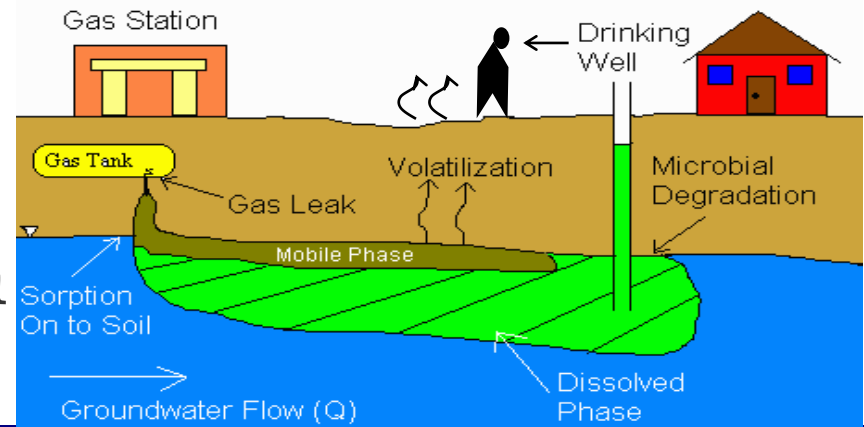
Fase III-Análisis de Riesgo Análisis Cuantitativo (Software ToolKit)

Fig.3



Fase 3- Análisis de Riesgo

Ejemplo de Aplicación



RBCA Tool Kit for Chemical Releases, Version 1.3a

Exposure Pathway Flowchart

Site Name: Yacimiento Job ID:
 Location: Date: 1-Oct-04
 Compl. By:

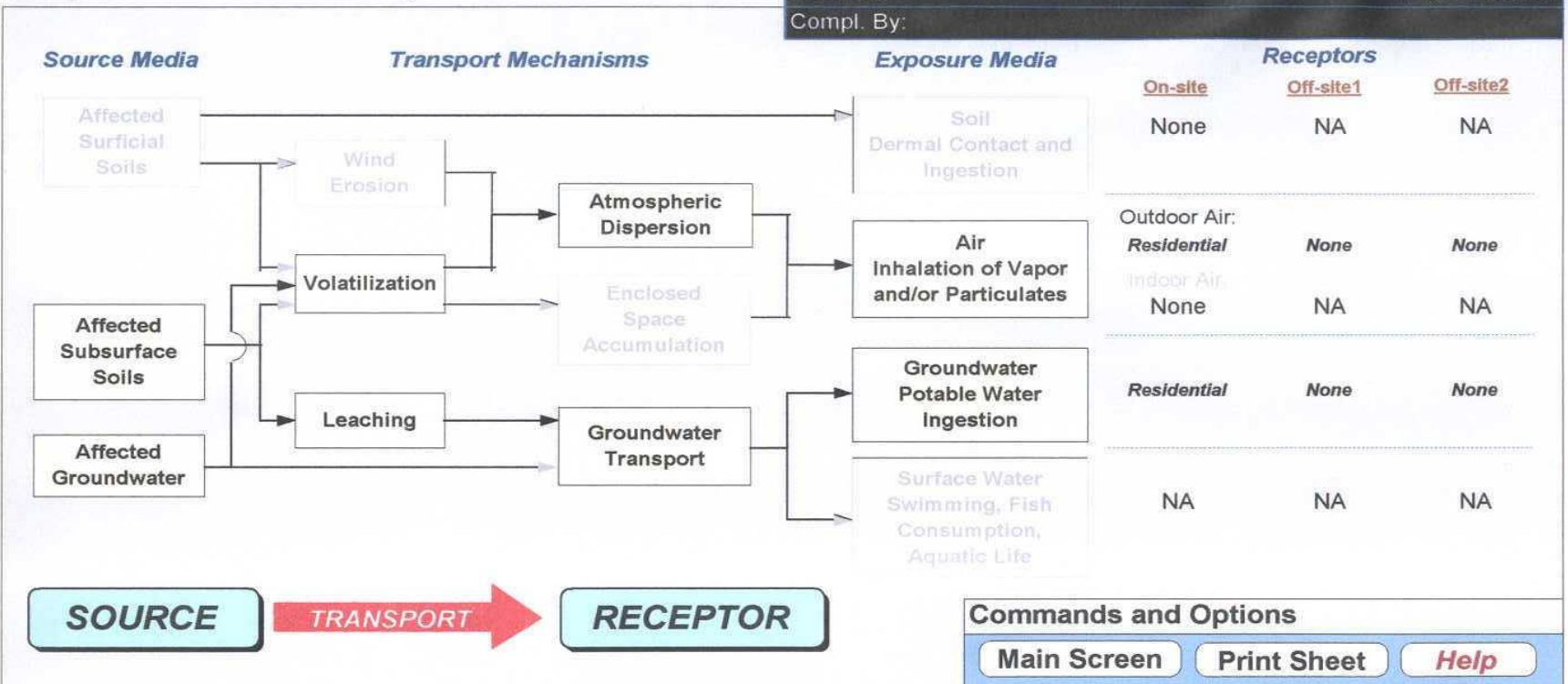


Tabla de Alternativas de Remediación,

con sus Costos Asociados, Tiempos de Ejecución e Implicancias Legales

Area de Tanques						
<i>Alternativas de tratamiento</i>		<i>Costo Estimado</i>	<i>Permitting</i>	<i>Tiempo Implementacion</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Orden de seleccion</i>
Remover & tratam. Ex – situ	Relleno de Seguridad					
	Landfarming					
	Incineracion					
Remover & Tratam. In - situ	Biopila + Bombeo&Tratamiento.					
Remediacion In - Situ	Extraccion Vapores del Suelo					

La opción de técnicas de remediación para los medios afectados será presentada como PLAN DE REMEDIACION a las Autoridades para su discusión y Aprobación

Conceptos Fase IV:

TABLA RESUMEN DE TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN DE LA US-EPA

Table 3-2: Treatment Technologies Screening Matrix

(Web Page: WWW.FRTR.GOV/MATRIX2/SECTION3/TABLE3_2.HTML)

Resume las técnicas de tratamiento que la US-EPA, el Departamento de Defensa, la Fuerza Aerea y otras entidades oficiales Norteamericanas han consensuado como metodologías avaladas, probadas y autorizadas para Remedación de Sitios Contaminados.

Considera los medios a tratar, los elementos a tratar con cada técnica, tipo de costos asociados, tiempos de ejecución, residuos que genera la técnica, disponibilidad en el mercado y si es In - situ o Ex - situ.

Se adjunta a continuación muestra electrónica de la Tabla 3-2.

Se mencionarán más adelante los tratamientos más usuales aplicados localmente.

Tabla Matrix: Sólidos

TABLE 3-2: TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX																	
Rating Codes ● Above Average ○ Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" ID - "Insufficient Data" ◇ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific con- taminant and its application	Development Status	Treatment Train	Relative Overall Cost & Performance					Availability	Nonhalogenated VOC's	Halogenated VOC's	Nonhalogenated SVOC's	Halogenated SVOC's	Fuels	Inorganics	Radionuclides	Explosives	
			O&M	Capital	System Reliability & Maintainability	Relative Costs	Time										
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge																	
3.1 In Situ Biological Treatment																	
4.1 Bioventing	●	●	●	●	●	●	○	●	●	◇	●	○	●	○	◇	○	
4.2 Enhanced Bioremediation	●	●	○	○	○	●	○	●	●	●	●	◇	●	◇	◇	●	
4.3 Phytoremediation	●	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	◇	○	○	○	○	
3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment																	
4.4 Chemical Oxidation	●	●	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	◇	○	○	
4.5 Electrokinetic Separation	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	
4.6 Fracturing	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.7 Soil Flushing	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	
4.8 Soil Vapor Extraction	●	○	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	
4.9 Solidification/Stabilization	●	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○	
3.3 In Situ Thermal Treatment																	
4.10 Thermal Treatment	●	○	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	
3.4 Ex Situ Biological Treatment (assuming excavation)																	
4.11 Biopiles	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	◇	●	◇	○	○	
4.12 Composting	●	●	●	●	●	●	○	●	○	○	○	◇	●	○	○	●	
4.13 Landfarming	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◇	
4.14 Slurry Phase Biological Treatment	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	◇	●	◇	○	●	
3.5 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming excavation)																	
4.15 Chemical Extraction	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.16 Chemical Reduction /Oxidation	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.17 Dehalogenation	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.18 Separation	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.19 Soil Washing	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.20 Solidification/Stabilization	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3.6 Ex Situ Thermal Treatment (assuming excavation)																	
4.21 Hot Gas Decontamination	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.22 Incineration	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.23 Open Burn/Open Detonation	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.24 Pyrolysis	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.25 Thermal Desorption	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3.7 Containment																	
4.26 Landfill Cap	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.27 Landfill Cap Enhancements/Alternatives	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3.8 Other Treatment																	
4.28 Excavation, Retrieval, Off-Site Disposal	●	●	●	●	●	◇	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

Tabla Matrix: Líquidos

Ground Water, Surface Water, and Leachate																
3.9 In Situ Biological Treatment																
4.29 Enhanced Bioremediation	●	●	○	●	●	●	◇	●	●	◇	●	◇	●	◇	○	●
4.30 Monitored Natural Attenuation	●	●	○	●	●	●	◇	●	●	●	●	●	●	○	○	○
4.31 Phytoremediation	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	◇	○	○
3.10 In Situ Physical/Chemical Treatment																
4.32 Air Sparging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
4.33 Bioslurping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○
4.34 Chemical Oxidation	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	◇	○	●
4.35 Directional Wells (enhancement)	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
4.36 Dual Phase Extraction	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
4.37 Thermal Treatment	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
4.38 Hydrofracturing Enhancements	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
4.39 In-Well Air Stripping	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	○	●	○	○	○
4.40 Passive/Reactive Treatment Walls	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	●	●	◇	○	●
3.11 Ex Situ Biological Treatment																
4.41 Bioreactors	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	◇	●	○	○	●
4.42 Constructed Wetlands	●	●	●	○	◇	●	◇	○	●	●	●	◇	●	●	○	●
3.12 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming pumping)																
4.43 Adsorption/ Absorption	●	●	○	●	●	○	○	●	●	●	●	●	○	●	◇	○
4.44 Advanced Oxidation Processes	●	●	○	○	●	●	○	●	●	●	●	●	●	◇	◇	●
4.45 Air Stripping	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○
4.46 Granulated Activated Carbon/Liquid Phase Carbon Adsorption	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	◇	○	◇
4.47 Groundwater Pumping/Pump & Treat	●	●	○	○	●	○	○	●	●	●	●	◇	●	●	○	●
4.48 Ion Exchange	●	●	○	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	●	○
4.49 Precipitation/Coagulation/Flocculation	●	●	●	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	●	○
4.50 Separation	●	●	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	◇	◇	○
4.51 Sprinkler Irrigation	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○
3.13 Containment																
4.52 Physical Barriers	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●		●
4.53 Deep Well Injection	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.14 Air Emissions/Off-Gas Treatment																
4.54 Biofiltration	●	N/A	●	●	◇	●	●	○	●	◇	◇	◇	●	○	I/D	◇
4.55 High Energy Destruction	○	N/A	I/D	I/D	○	●	I/D	●	●	●	●	●	●	●	I/D	○
4.56 Membrane Separation	○	N/A	I/D	I/D	○	●	I/D	●	●	●	●	●	●	○	I/D	○
4.57 Oxidation	●	N/A	●	●	●	●	I/D	●	●	●	●	●	●	○	I/D	○
4.58 Scrubbers	●	N/A	●	○	●	●	I/D	●	○	○	○	○	○	○	I/D	I/D
4.59 Vapor Phase Carbon Adsorption	●	N/A	●	●	●	●	I/D	●	●	●	●	●	●	○	I/D	●

Fase IV: Tecnologías de Remediación

Algunas Tecnologías de remediación aplicadas localmente

In situ

(Biológico; Físico-Químico; Confinamiento)

- Biotratamientos
- Fitorremediación
- Lavado de suelos (soil flushing)
- Extracción de vapores (vacío)
- Estabilización
- Tratamientos Térmicos
- Cobertura Multicapa
- Pantalla de Baja Permeabilidad

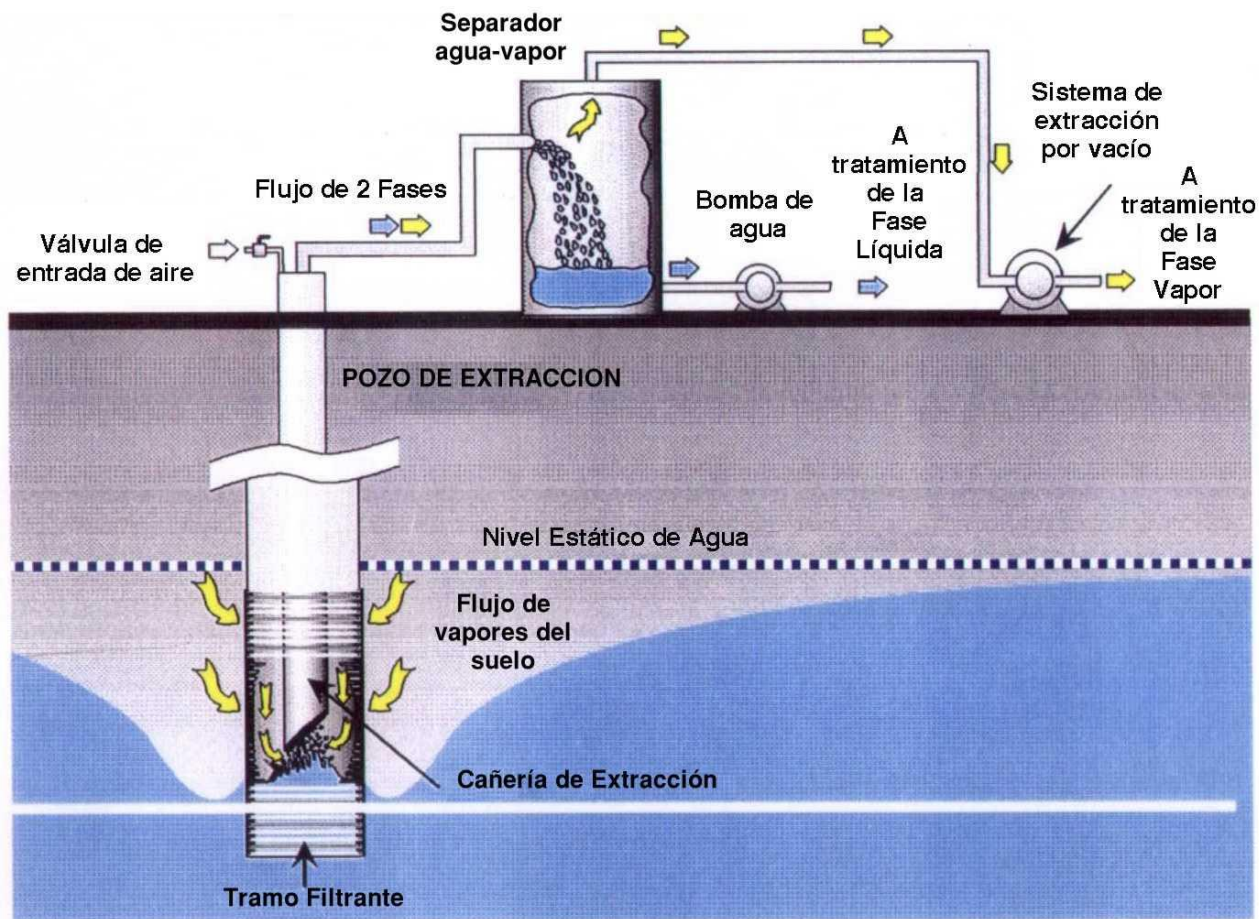
Ex situ

(Biológico; Físico-Químico; Confinamiento)

- Laboreo Orgánico
- Compostage
- Lavado de suelos (soil washing)
- Estabilización
- Incineración
- Desorción térmica
- Disposición en Rellenos Sanitarios o de Seguridad

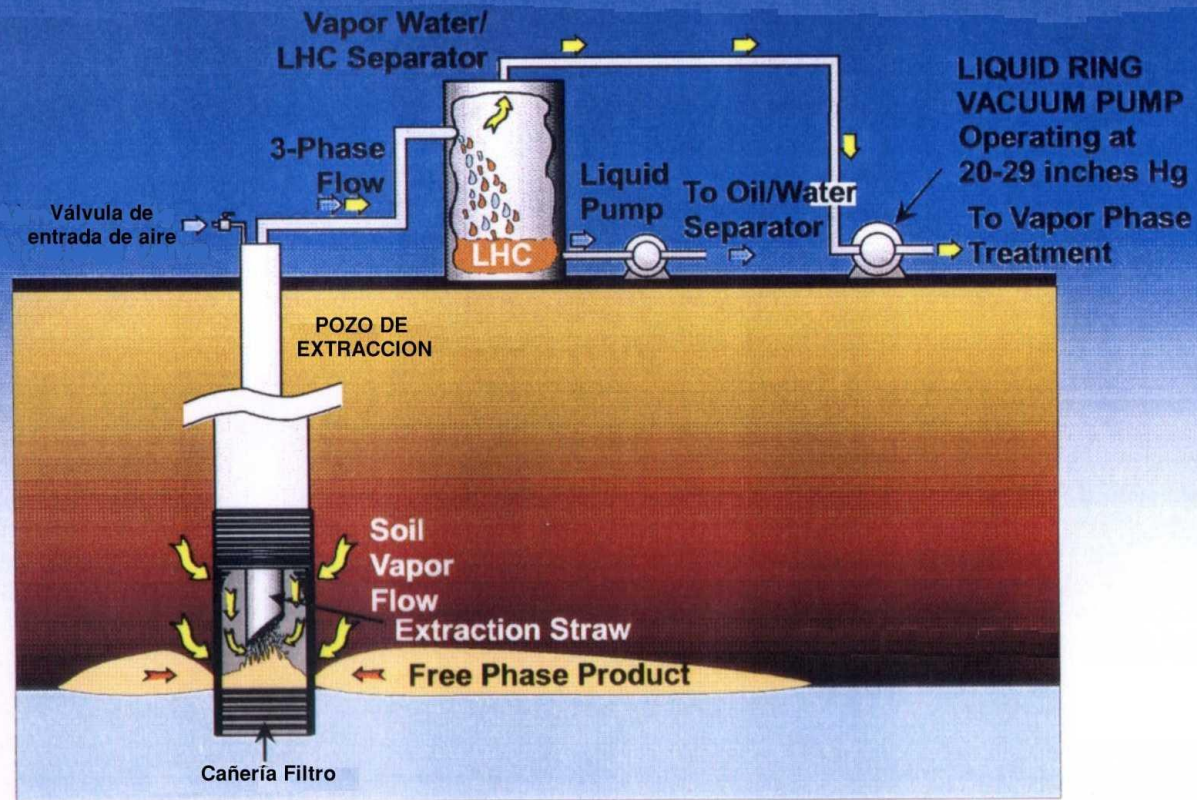
Fase IV: Tecnologías de Remediación

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE 2 FASES



Fase IV: Tecnologías de Remediación

2-Phase Bioslurping System



Fase IV: Tecnologías de Remediación

Equipo Extracción por Vacío de 2-Fases



Extracc.
2 Fases
x VACIO



Tecnologías de Remediación

Adsorción de Hidrocarburos en Fase Libre en Extractores Pasivos



Fase IV: Tecnologías de Remediación

Estabilización de SUELOS Contaminados

Ex Situ

- Operación discontinua.
- Versatilidad.



Fase IV: Tecnologías de Remediación

Estabilización de Suelos In-Situ



Retroexcavadora con rodillo de accionamiento hidráulico.



Rodillo hidráulico.



Aplicación de lechada de reactivo de estabilización con rodillo hidráulico.

Fase IV: Tecnologías de Remediación

Biorremediación por Biopila

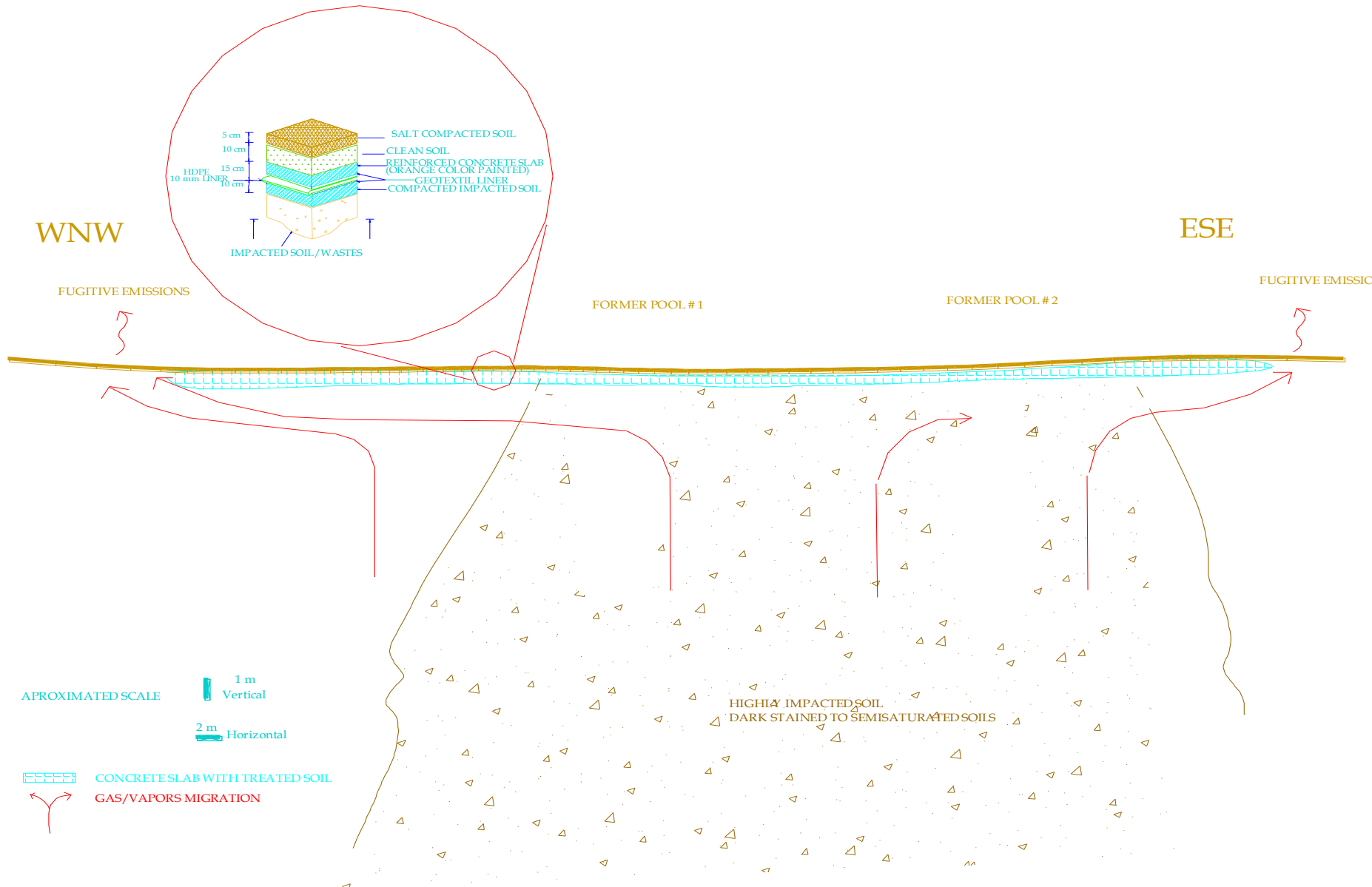


Fase IV: Tecnologías de Remediación

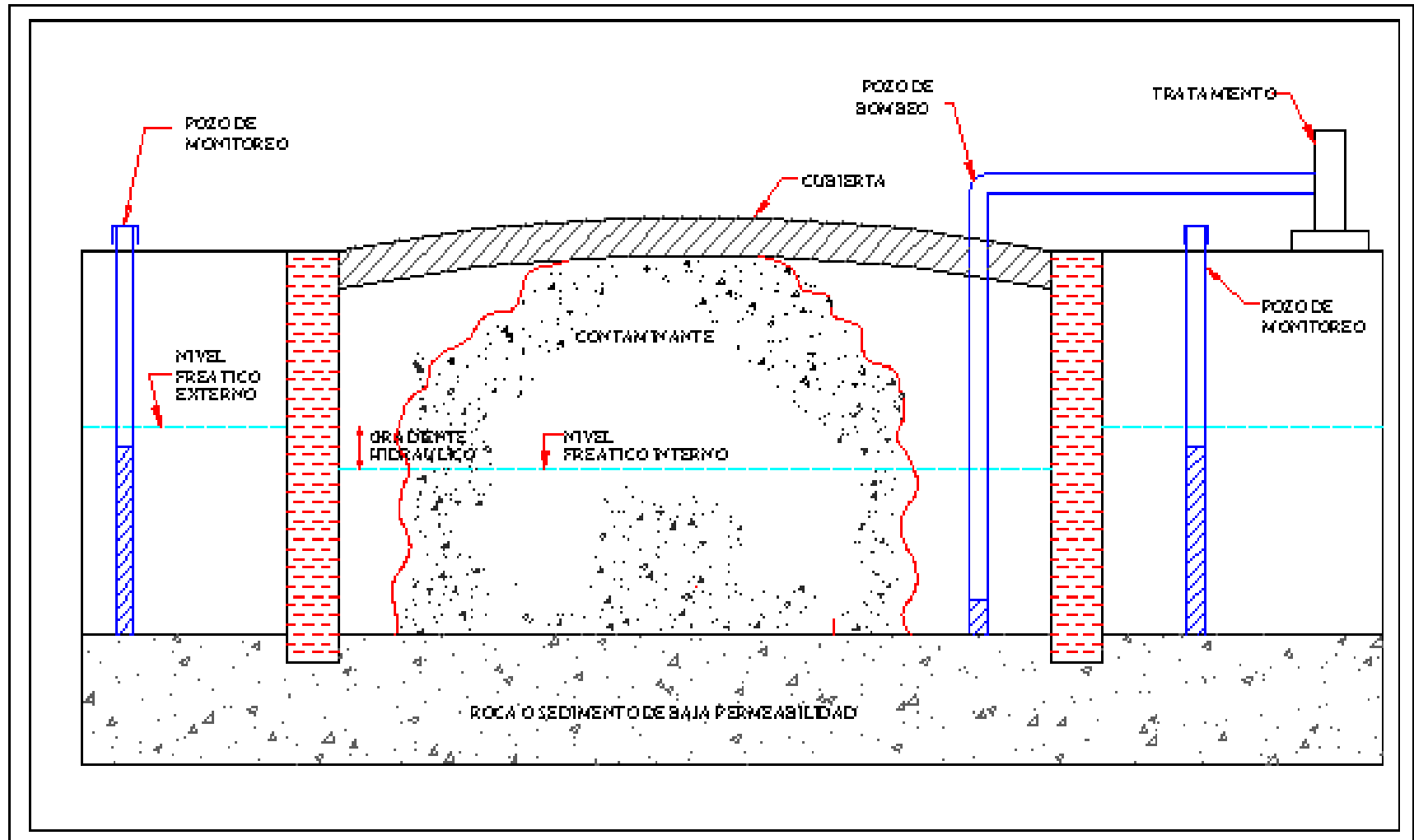
Soil Washing



Capping: Diseño de una Cobertura Multicapa In Situ



Contención Clásica por medio de Pantalla de Baja Permeabilidad



Método de excavación de Pantalla de Baja Permeabilidad

