



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Guía para Muestreo de Suelos

en el marco del D.S. 002-2013-MINAM ECA para Suelos

Mag. rer. nat. Achim Constantin (Alemania)



[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Agenda

---

- Programa:

- “ Introducción

- “ Presentación del contenido de la Guía sobre el Muestreo de Suelo (Proyecto)

- Objetivo de la capacitación:

Los participantes tienen conocimiento de la guía técnica sobre el Muestreo de Suelos y cuentan con una visión general del contenido





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Introducción

## ■ Objetivo de la guía sobre el Muestreo de Suelo:

La Guía para Muestreo de Suelos establece especificaciones para: i) determinar la existencia de contaminación en el suelo, ii) determinar la dimensión (extensión horizontal y vertical) de la contaminación, iii) determinar las concentraciones de nivel de fondo, y/o iv) determinar si las acciones de remediación lograron reducir la concentración de los contaminantes en el suelo, de acuerdo a las metas planteadas.

- Muestreo de Identificación
- Muestreo del Nivel de Fondo
- Muestreo de Detalle
- Muestreo de Comprobación de la Remediación



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Contenido de la Guía

---

- Plan de Muestreo
- Técnicas de Muestreo
- Manejo de las Muestras
- Mediadas de Seguridad ocupacional
- Determinación de los puntos de muestreo
- Bibliografía
- Anexos





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Plan de Muestreo

- ¿Cuándo se requiere un Plan de Muestreo?

Para la realización de **cualquier tipo de muestreo**, previamente se debe elaborar un plan de muestreo que contenga la información y programación relacionada con los objetivos del muestreo.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Plan de Muestreo

- ¿Qué debe contener el Plan de Muestreo?
  - Descripción del área en la que se focalizarán los esfuerzos de muestreo (Áreas de potencial interés)
  - Objetivos del muestreo
  - Los tipos de muestreo según los objetivos definidos
  - La determinación de la densidad, y posición de puntos de muestreo
  - Los procedimientos de campo
  - Los métodos de conservación de muestras
  - Las necesidades analíticas a desarrollarse





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Tipos de Muestreo

- Muestreo de Identificación
  - ¿Sitio contaminado (supera ECA o NF) ?
- Muestreo del Nivel de Fondo
  - ¿Alteraciones naturales del suelo (metales/metaloides)?
- Muestreo de Detalle
  - ¿Tipo, magnitud, extensión, profundidad, características etc. de la contaminación del suelo y de otros medios?
- Muestreo de Comprobación de la Remediación
  - ¿Se cumplió con los objetivos establecidos de la remediación ?





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestreo de Identificación (= Exploratorio)

- Se realiza el muestreo en base del estudio histórico y de la inspección del sitio, en las *áreas de potencial interés*, o sea en áreas dónde existen sospechas de una contaminación del suelo
  - No es necesario muestrear todo el predio o emplazamiento de la empresa (por ej. toda la concesión minera)
- Los contaminantes (parámetros) que se analicen serán aquellas sustancias químicas de interés toxicológico o ecotoxicológico generados por las actividades y procesos principales, secundarios y auxiliares, que se desarrollan o se desarrollaron en el sitio de estudio
  - No es necesario analizar todos los parámetros del Anexo I del ECA-Suelos
  - Se deben considerar también parámetros de interés (eco-) toxicológicos no regulados en el Anexo I que son relacionadas a la actividad en el sitio



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestreo de Identificación

- Muestreo dirigido o a juicio de expertos
  - Muestreo que se lleva a cabo sobre puntos específicamente determinados, cuando se cuenta con información previa del sitio, se conoce el producto derramado y es evidente la extensión de la afectación.
- Muestreo estadístico
  - Muestreo que se realiza cuando no se tiene previo conocimiento de la distribución del contaminante.
  - El muestreo se realiza en toda el área posiblemente contaminada pudiendo hacerse de manera aleatoria estratificada y sistemática (regular).
  - Aplicación de diferentes patrones de muestreo, considerando el mecanismo y la distribución que se sospecha para la contaminación .





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

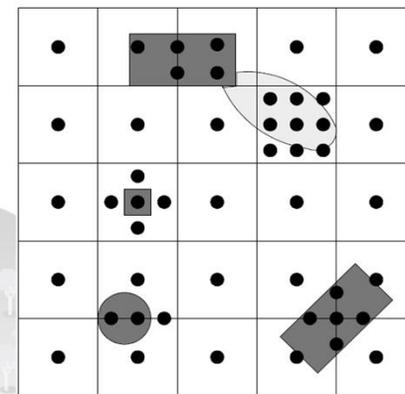
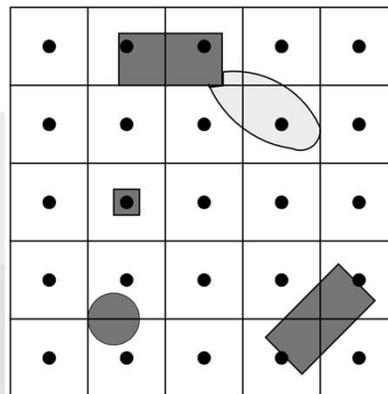
# Patrones de Muestreo

## ■ ¿Qué son *Patrones de Muestreo*?:

Los patrones de muestreo se refieren a las diferentes formas en las que se pueden distribuir los puntos de muestreo en el plano horizontal, para cada sitio en particular, conociendo sus características y el motivo del muestreo.

Patrones de muestreo con distribución:

- uniforme
- aleatoria
- heterogénea
- otros





PERÚ

Ministerio del Ambiente

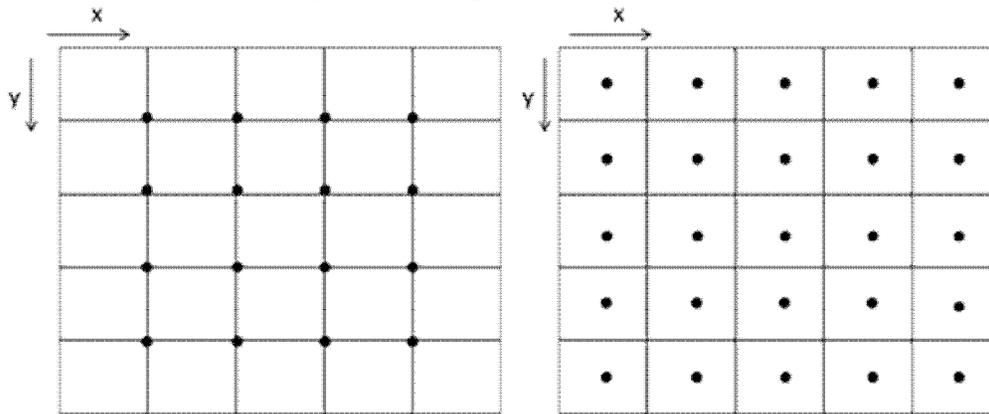


Centro para la Migración Internacional y el Desarrollo

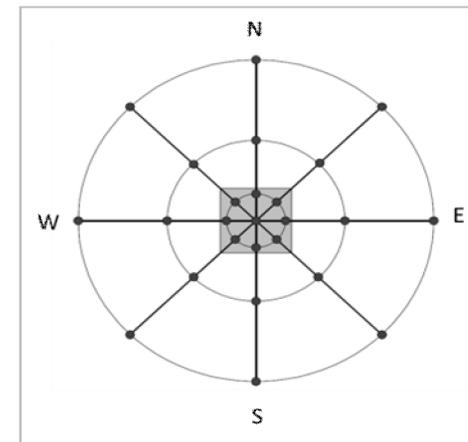
un grupo de trabajo formado por la GIZ y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Patrones de Muestreo- Ejemplos

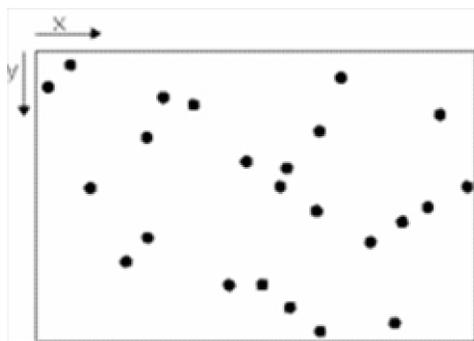
Rejillas regulares



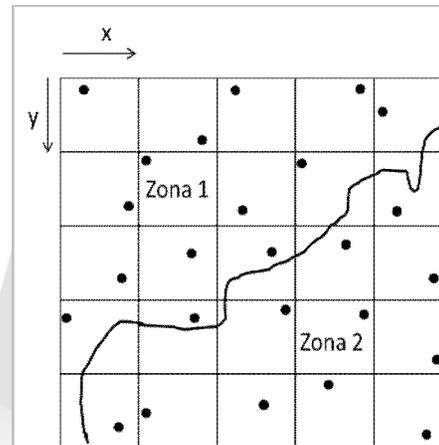
Rejilla circular



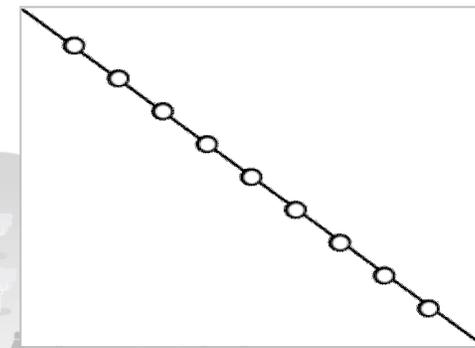
Rejilla aleatorio



Aleatorio sobre rejilla regular



Diagonal





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Número mínimo de Puntos de Muestreo

Área de potencial interés (Ha)	Puntos de muestreo en total
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

## Muestreo de Identificación

Para áreas superiores  
a las 100 hectáreas:

$$N = 0.1X + 40$$

Dónde:

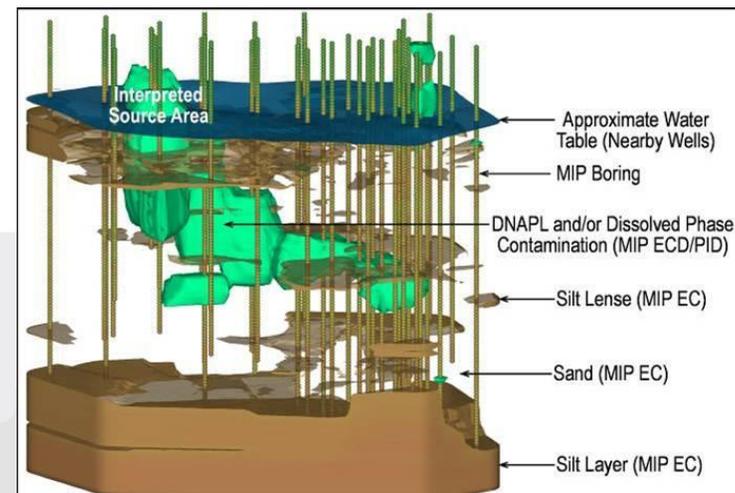
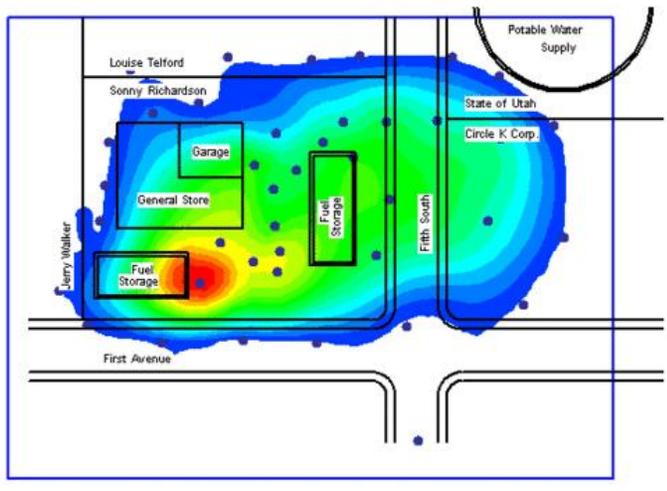
N= Número mínimo de puntos de muestreo

X =Superficie en hectáreas



# Muestreo de Detalle (= de Caracterización)

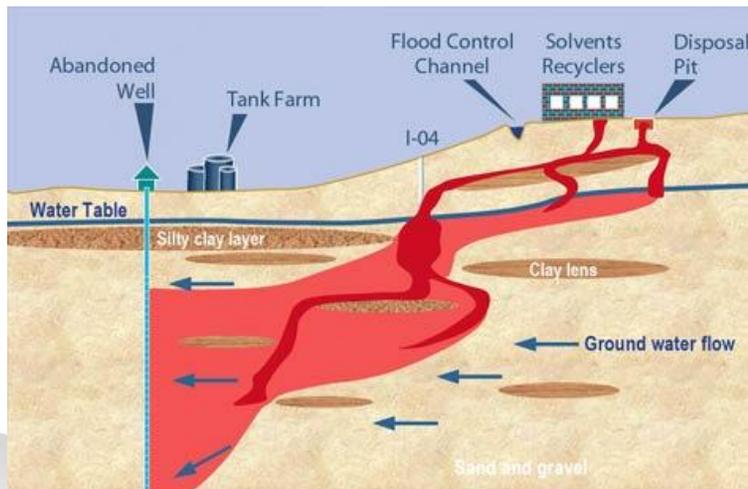
- Determinar el área y volumen (la distribución horizontal y vertical) del suelo contaminado en las áreas de interés determinadas a través de la fase de identificación.
- Cuantifica y delimita las zonas de afectación del suelo y las plumas de propagación en el agua subterránea, tanto en espacio y tiempo, a partir del modelo conceptual redefinido.





# Muestreo de Detalle (= de Caracterización)

- Caracteriza los medios en relación a factores que influyen en la liberación, migración y comportamiento de los contaminantes, a través de la delimitación y cuantificación de los focos.
- Deberá también enfocarse a la determinación de las probables rutas y vías de exposición debiendo considerar los posibles puntos de exposición (en el caso de ERSA).





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Número mínimo de Puntos de Muestreo

Puntos del MI* > ECA o Nivel de Fondo	Puntos de muestreo en el Muestreo de Detalle
1	4
2	6
3	7
4	9
5	11
6	13
7	14
8	16
9	18
10	20
15	28
20	37
25	46
50	90

## Muestreo de Detalle

$$N = 1.75X + 2$$

Dónde:

N= Número mínimo de puntos de muestreo

X = Puntos de muestreo del MI que superaban  
los ECA suelos o Niveles de Fondo

\*) MI = Muestreo de Identificación



PERÚ

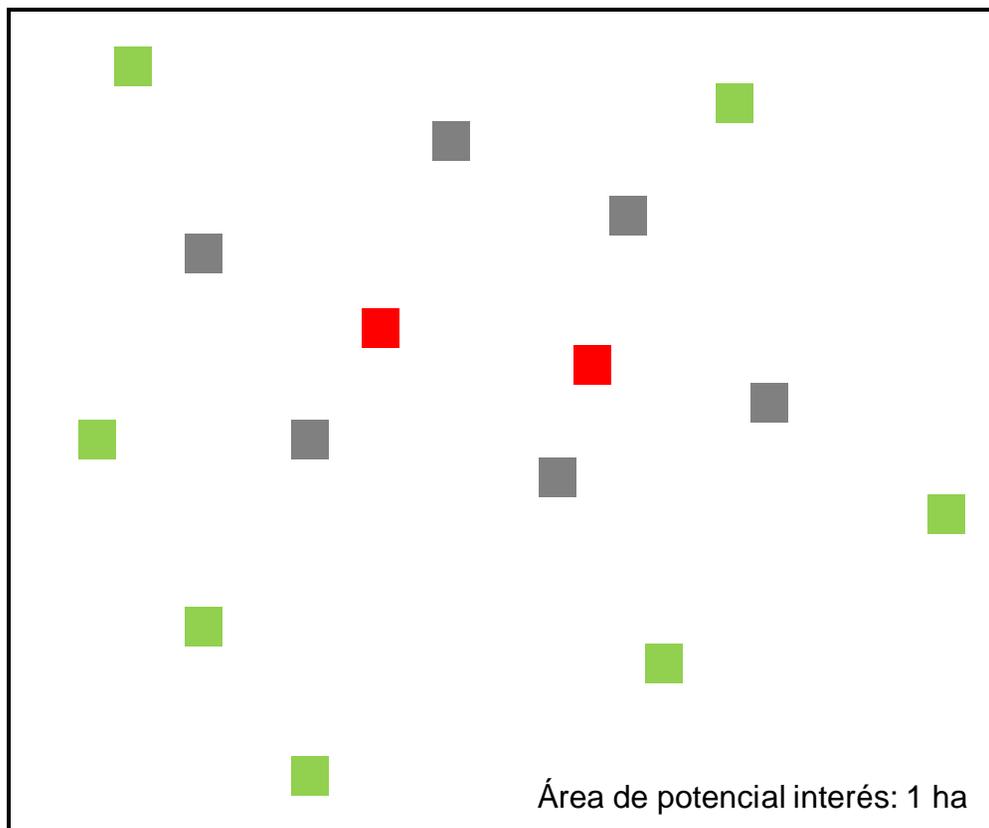
Ministerio del Ambiente



Centro para la Migración Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Número mínimo de Puntos de Muestreo



Puntos del MI* > ECA o Nivel de Fondo	Puntos de muestreo en el Muestreo de Detalle
1	4
2	6
3	7
4	9
5	11
6	13
7	14
8	16
9	18
10	20
15	28
20	37
25	46
50	90

**Muestreo de Identificación:**

< ECA

> ECA

**Muestreo de Detalle:**

Puntos de Muestreo para delimitar la Contaminación



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestreo del Nivel de Fondo

- Determinar los valores naturales del suelo o contaminaciones generados de una fuente ajena de la actividad en estudio, aplicable para metales y metaloides.
- Consideraciones:
  - El sitio de muestreo deberá estar fuera del sitio o predio en estudio y no debe estar demasiado alejado del mismo.
  - El sitio de muestreo deberá presentar una orografía y geología similar al sitio en estudio; y debe de estar en la misma área climática y de vegetación.
  - Las muestras para el nivel de fondo deben ser compuestas, recolectadas en un mínimo de tres áreas diferentes pero con características similares al área de estudio.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

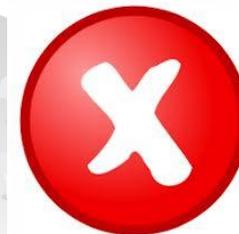


Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestreo de Comprobación

- Tiene como objetivo demostrar que las acciones de remediación implementadas en un suelo contaminado, alcanzaron de forma estadísticamente demostrable, concentraciones menores o iguales a los valores establecidos en el ECA Suelo o los niveles de remediación específicos establecidos en base al Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA), según su guía correspondiente.
- Muestreo de Comprobación depende de las técnicas de remediación aplicados



[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)



PERÚ

Ministerio del Ambiente



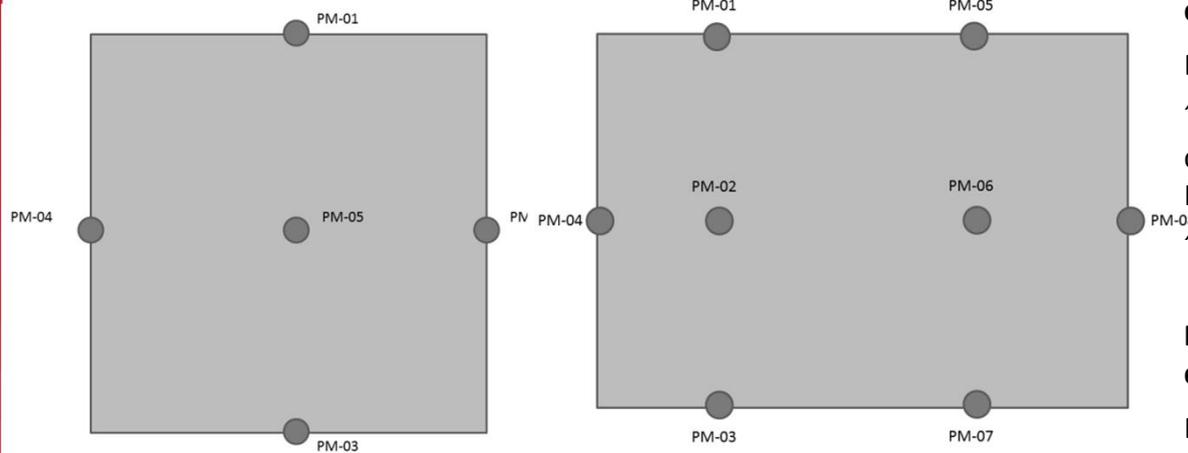
Centro para la Migración Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestreo de Comprobación

## ■ Para el caso de Remoción del Suelo contaminado:

Para áreas de contaminación de forma regular menores a 1 000 m<sup>2</sup>



Para áreas de contaminación de forma regular de 1 000m<sup>2</sup> hasta 9 999 m<sup>2</sup>

El número de muestras y distribución será:

~Una muestra (1) por cada 75 a 100 m lineales en cada pared corta o larga (distancia/75 - 100 = NPM).

~Dos muestra (2) en el fondo por cada 1 000 m<sup>2</sup>.

Para áreas de contaminación de forma regular de 10 000 m<sup>2</sup> a 150 000m<sup>2</sup>

El número de muestras y distribución será:

~Una muestra (1) por cada 75 a 100 m lineales en cada pared corta o larga (distancia/75-100 = NPM).

~ El número de puntos de muestreo (NPM) en el fondo se calculará según la siguiente ecuación.

$$NPM = 18 + 2.34 * A$$

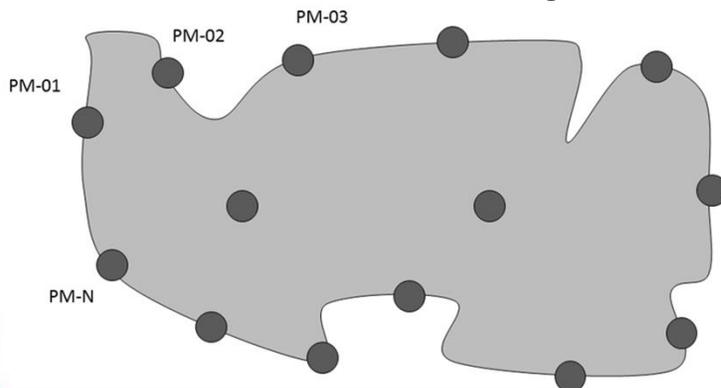
Donde

**NPM** = Número de puntos de muestreo;

**A** = Superficie en hectáreas.

[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)

Para áreas de contaminación de forma irregular menores a 1 000 m<sup>2</sup> y hasta 5 000 m<sup>2</sup>





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Medidas de Seguridad y Salud ocupacional

¡Los trabajos del muestreo implican riesgos para los operadores!

Sustancias  
tóxicas

Sustancias  
inflamables

Manejo de equipos pesados  
(por. ej. perforadoras)

Gases  
(metano, CO)

o .etc.



**Se deberá seguir los procedimientos, protocolos y directivas que están establecidas en las normas sobre seguridad e higiene a nivel nacional**

**Se debe considerar el tema de SyS ocupacional en el Plan de Muestreo**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Técnicas de Muestreo

- ¿Qué factores influyen la técnica de muestreo?
  - La profundidad máxima a la que se va a tomar la muestra.
  - El tipo de textura del suelo.
  - El tipo de contaminante (volátil, semivolátil, no volátil).
  - La accesibilidad al punto de muestreo.
  - El tamaño de muestra necesaria para los análisis requeridos.
  - Posibles inferencias entre los equipos de muestreo y el contaminante.
  - etc.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras superficiales

- Determinar contaminaciones en la capa superficial del suelo.
- Importante para evaluar riesgos para la salud humana a través de un contacto directo con el suelo (ingestión, dérmico, inhalación) y para plantas agrícolas.

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

~Profundidad de aradura

~Capa de contacto oral o dermal de contaminantes

~Profundidad máxima alcanzable por niños



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras superficiales

- Equipos para tomar muestras superficiales:
  - Palas
  - Sondeos manuales
  - Zanjas/Hoyos



[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

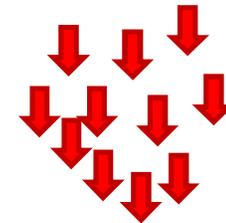


Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

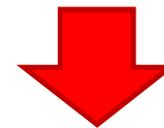
# Muestras superficiales

- Se permite la toma de muestras compuestas.
- Cada muestra compuesta debe consistir de 10-25 sub-muestras.



Sub-muestras

Unir y homogenizar las sub-muestras



Muestra  
compuesta





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

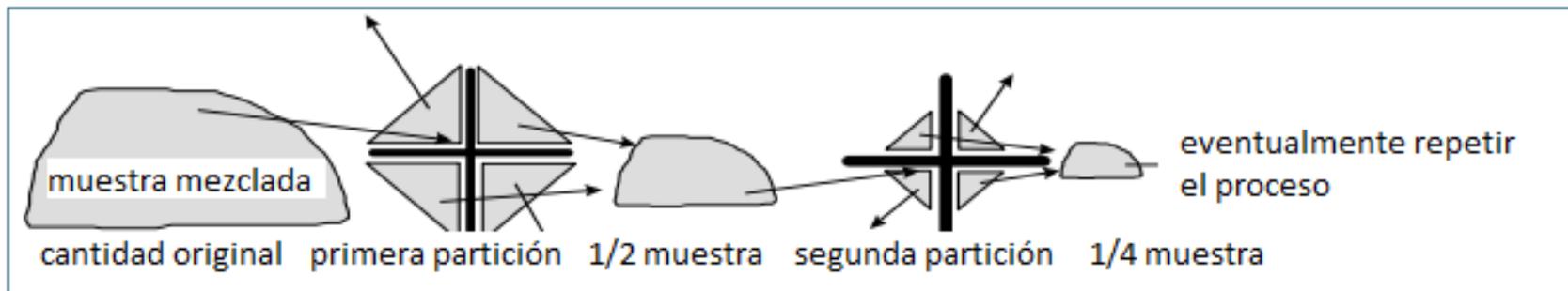


Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras superficiales

## ■ Parición de Muestras:



- Tamaño de la muestra depende, entre otros, de los requerimientos analíticos (parámetros)
- Se requiere previa coordinación con laboratorio
- No aplica para contaminaciones volátiles



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras de Profundidad

---

- Determinar contaminaciones en el subsuelo.
- Importante para evaluar riesgos para la salud humana a través de la migración de contaminantes volátiles y gases (por. ej. metano) y para las aguas subterráneas.
- La profundidad del muestreo depende del tipo del suelo y de los contaminantes en estudio, entre otros.
- Se debe muestrear cada metro de la perforación, considerando la estratigrafía geológica (no mezclar diferentes estratos).
- Para profundidades > 3 m se deben analizar mínimo 3 muestras.
- Se requiere una documentación detallada de la geología y observaciones organolépticas (color, olor => indicios de contaminación) y memoria fotográfica



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras de Profundidad

## ■ Sistemas para la toma de muestras de profundidad:

SISTEMA	APLICACIÓN AL DISEÑO DE MUESTREO	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
CALICATAS	Suelo de superficie suave, con profundidad de 0-100 cm	Barato; fácil para usar, capacidad de profundidad limitada.
SONDEOS MANUALES	Suelo duro, con profundidad de 0-100 cm	Relativamente fácil de usar; capacidad de profundidad limitada; costos bajos.
ZANJAS	Todo tipo de suelo, hasta 4m	Fácil de usar, capacidad de profundidad limitada. Requiere del uso de retroexcavadora.
SONDEOS LINER	Suelo arenoso, hasta 20m	Buen rango de profundidad; calificado para el muestreo de suelos con contaminantes volátiles; costos más elevados.
SONDEOS SEMIMECÁNICOS	Suelo rocoso o arenoso, hasta 10m	Buen rango de profundidad; puede requerir de dos a más operadores; costos medios.
SONDEOS MECÁNICOS	Todo tipo de suelo, grandes profundidades	Buen rango de profundidad, generalmente empleado para ganar acceso a horizontes de suelo más profundos; requiere de mano de obra experimentada, costo más elevado.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras de Profundidad

- Ejemplos:





PERÚ

Ministerio del Ambiente

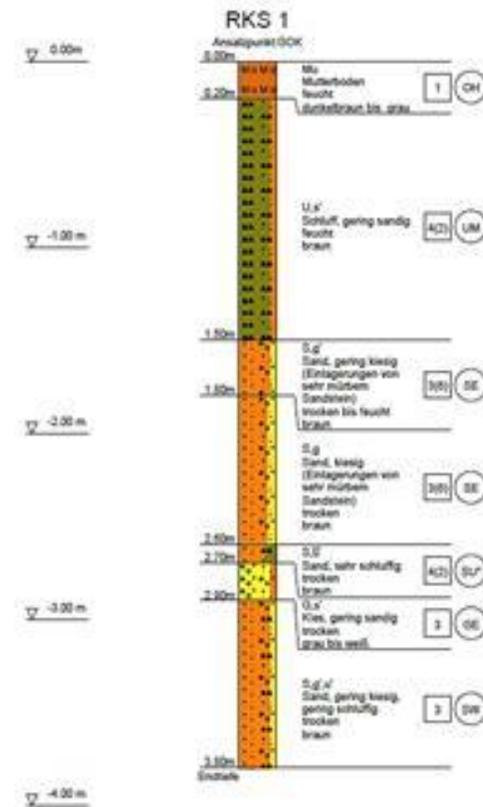


Centro para la Migración Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras de Profundidad

## Ejemplos:





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestras de Profundidad

- Toma de muestras de seulo en caso de contaminantes volátiles:
  - Preferiblemente de estratos de textura fina (limo, arcilla)
  - Tomar la muestra directamente después de la perforación
  - Uso de equipos para la toma de muestras individuales (jeringas)
  - Conservación de la muestra con metanol.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

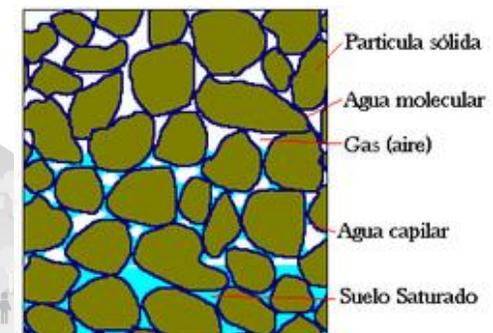


Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestreo de la Fase gaseosa del Suelo

- Determinar contaminaciones volátiles como BTEX, Naphtalene y Hidrocarburos halogenados.
- Determinar el contenido de gases (por. ej. metano, monóxido de carbono) => peligro de asfixia, explosión
- Los contaminantes volátiles y gases se acumulan en los poros del suelo (= Fase gaseosa del Suelo/Aire del Suelo).
- Los valores que se determinan a través del análisis de la matriz sólida del suelo son en muchos casos falsamente bajos.
- Se requiere la perforación de pozos
- Se extrae el aire del suelo con bombas
- Se toma muestras del aire para su análisis
- Se puede realizar medidas en campo





PERÚ

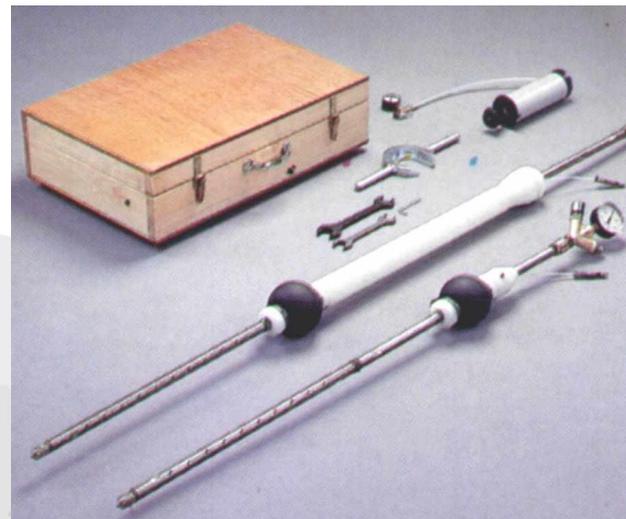
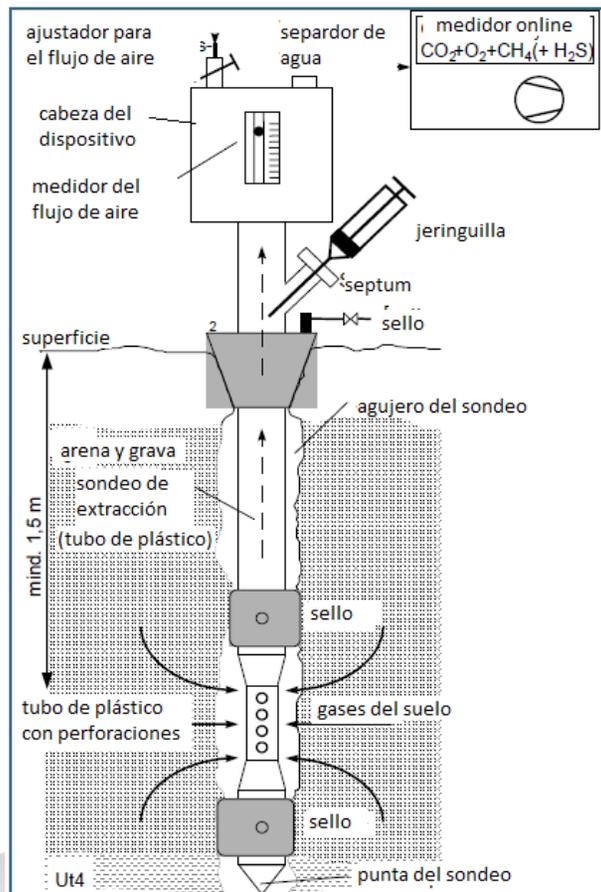
Ministerio del Ambiente



Centro para la Migración Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muestreo de la Fase gaseosa del Suelo





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Manejo de las Muestras

## ■ Materiales para guardar y transportar muestras

Parámetro	Tipo de recipiente	Temperatura de preservación	Tiempo máximo de conservación
Compuestos Orgánicos Volátiles COV's	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón	4º C	14 días
BTEX			
Hidrocarburos Fracción Ligera			
Hidrocarburos Fracción Media			
Hidrocarburos Fracción Pesada			
Compuestos Orgánicos Semivolátiles COSV's y Plaguicidas			
Metales Pesados y Metaloides	Bolsas de polietileno densa	Sin restricciones	Sin restricciones
Mercurio (Hg)	Frasco de vidrio con tapa de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis	4ºC	14 días
PCB	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4ºC	14 días
PAH	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4ºC	14 días

➤ Coordinar con el laboratorio!



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Manejo de las Muestras

- Etiquetado
- Ficha de muestreo
- Cadena de Custodia
- Condiciones de seguridad de las muestras

Las muestras deben ser analizadas en un laboratorio acreditado por INDECOPI o, de no se disponga, en laboratorios aceptados expresamente por las autoridades competentes.





PERÚ

Ministerio del Ambiente



Centro para la Migración Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Ficha de Muestreo

## Datos generales:

## Informaciones del Sitio en Estudio

Nombre del sitio en estudio:	Departamento:
Razón social:	Provincia:
Uso principal:	Dirección del Predio:

## Datos del punto de muestreo:

## Informaciones del Punto de Muestreo

Nombre del punto de muestreo:	Operador: (empresa/persona):
Coordenadas: X: Y: (UTM,WGS84)	Descripción de la superficie: (pe. asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C):	Precipitación (si/no, intensidad):
Técnica de muestreo: (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja, etc.)	Instrumentos usados:
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)	Napa freática : (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripción):

## Datos de las muestras:

## Informaciones de las Muestras

Clave de la muestra:							
Fecha:							
Hora:							
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)							
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)							
Características organolépticas:							
Color:							
Olor:							



PERÚ

Ministerio del Ambiente



Centro para la Migración Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Ficha de Muestreo

Textura:									
Compactación/Consistencia:									
Humedad:									
Componentes antropogénicos:									
Estimación de la fracción > 2 mm (%):									
Cantidad de la muestra: (Volumen o peso)									
Medidas de conservación:									
Tipo de muestra: (simple/compuesta)									
<b>Para muestras superficiales compuestas:</b>									
Área de muestreo (m <sup>2</sup> ):									
Número de sub-muestras:									

**Comentarios:**

**Croquis:**





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Centro para la Migración  
Internacional y el Desarrollo

un grupo de trabajo formado por la GIZ  
y la Agencia Federal de Empleo alemana

# Muchas gracias por su atención!



[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)