



# Methane to Markets

---

## *Lección 4: Incendios en los Rellenos Sanitarios*

# Dos Tipos de Incendios en los Rellenos Sanitarios

---

- **Superficial.**
- **Subterráneo.**



# Incendio Superficial

## Características

- Normalmente son provocados por fuentes ajenas al sitio
  - Los residuos llegan con altas temperaturas o ya encendidos.
- Pueden ser provocados a través de maquinaria pesada.
- Alguien fumando en el sitio.



# Incendio Superficial

## Causas

---

- Residuos que están “Encendidos” puede incluir:
  - Arbustos
  - Hojas
  - Escombros de Construcción
  - Carbón
  - Residuos de Barriles



# Incendio Superficial

## Causas

- Supervisar la descarga de residuos en el frente de trabajo
- Si hay residuos sospechosos:
  - Extender los residuos en una capa delgada.
  - Aislar los residuos para evitar que el fuego se extienda.
  - Humedecer con agua los residuos para controlar el fuego.



# Incendio Superficial

## Causas

---

- Ocasionado por la operación y el manejo de maquinaria pesada:
  - Escombros atrapados debajo de la maquinaria.
  - El calor generado por la maquinaria puede prender los residuos
  - Exceso de calor en el escape de maquinaria.



# Incendio Superficial

## Causas

- ¡No fumar!
- Solo en áreas designadas.
- Es la causa mas común de incendios superficiales.



# Incendio Subterráneo

- Infiltración de oxígeno en el relleno sanitario.
- Presencia de fuego en el subsuelo/residuos.
- Es difícil de controlar.
- Es necesario saber identificar las señales de un incendio subterráneo.



# Incendio Subterráneo

## Causas

- Se necesita tres elementos:
  - Combustible.
  - Oxígeno/Aire.
  - Calor.



# Incendio Subterráneo Combustible

- Puede ser cualquier residuo ya in situ:
  - Residuos municipales.
  - Escombros de construcción.
  - Hojas.
  - Arbustos.
- Biogás

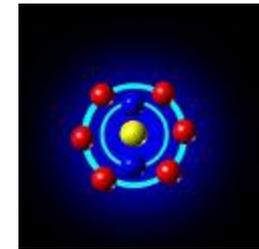


# Incendio Subterráneo

## Oxígeno/Aire

---

- Los rellenos sanitarios son ambientes anaeróbicos.
- La Infiltración de oxígeno/aire debe minimizarse en lo mas posible.
- Las condiciones aerobias destruyen la reproducción de los microbios necesarios para la generación de biogás.



# Incendio Subterráneo

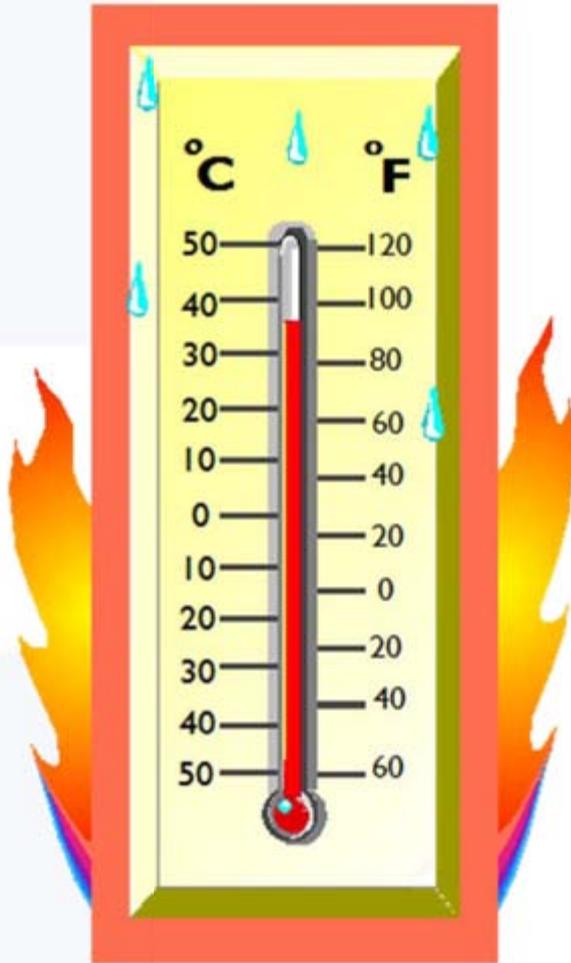
## Calor

- El calor esta presente en los rellenos sanitarios.
- La presencia del calor permite la reproducción de los microbios.
- Los niveles de calor dependen de la composición de los residuos.



# Incendio Subterráneo

## Calor



- Psicrófilo 10 a 30 °C
- Mesófilo 20 a 30 °C
- Termófilo 35 a 75 °C

# Incendio Subterráneo

## ¿Cómo Identificarlo?

---

- Presentan depresión y hundimiento repentino.
- Se pueden observar grietas.
- Se aprecia la presencia de hoyos por el cual ventila el biogás.
- Se observan fisuras en el terreno que dan la impresión de un arroyo.

# Incendio Subterráneo

## ¿Cómo Identificarlo?

---



# Incendio Subterráneo ¿Cómo Identificarlo?

---



# Incendio Subterráneo ¿Cómo Identificarlo?

---



# Incendio Subterráneo ¿Cómo Identificarlo?

---



# Incendio Subterráneo

## Otras Señales

- ¡Use los sentidos!
- Vista
- Olfato
- Tacto



# Incendio Subterráneo

## Como Prevenir los Incendios

---

- Eliminar la infiltración de oxígeno/aire.
- Monitorear las condiciones del sitio regularmente.
- Hacer mantenimiento de todas las cubiertas de las zonas ya clausuradas.
- Si se cuenta con un sistema de captura de biogas, mantenerlo balanceado (ajustar la succión de cada pozo) para evitar la infiltración de oxígeno al subsuelo).
- Monitorear regularmente la temperatura y el oxígeno en pozos de extracción.

# Posibles Fuentes de Infiltración de Oxígeno

---



# Posibles Fuentes de Infiltración de Oxígeno

---



# Incendio Subterráneo

## ¿Cómo proceder?

- Hacer una prueba para confirmar los niveles de monóxido de carbono, temperatura, etc.
- Identificar la fuente de infiltración de oxígeno.
- Eliminar la fuente.
- Selle nuevamente la cubierta del área afectada.
- Monitorear el área.



# Incendios en los Rellenos Sanitarios

---

## ¿Preguntas?





# Methane to Markets

---

**Lección 5: Componentes del Sistema de  
Captura de Biogás.**

# Contenido

- Objetivos de un Sistema de Captura y Control del biogás.
- Componentes del sistema de captura de biogás.
- Eliminación de biogás/  
Opciones de uso.



# Objetivos

---

- Recuperar y hacer uso del biogás.
- Reducir posibles impactos ambientales.
- Controlar la migración del biogás fuera del sitio.
- Controlar los malos olores.
- Cumplir con los requisitos reglamentarios.

# Componentes del Sistema de Captura de Biogás

---

- Red de tuberías de interconexión.
- Puntos de captura del biogás.
  - Pozos de extracción vertical.
  - Pozos de extracción horizontal/trinchera.
  - Conexión a pozos existentes (venteo, extracción, etc.)

# Componentes del Sistema de Captura de Biogás (continuación)

---

- Elementos de manejo de condensado.
- Control de flujo.
- Estación de succión y quemado.

# Sistema de Captura y Control de Biogás

---

- Bomba de succión y pozos de extracción – Extraen el biogás del relleno sanitario.
- Antorcha – Elimina mas del 95% del biogás extraído del relleno sanitario.
- Equipo para Monitorear – Se emplea para balancear el campo de pozos y asegurar la correcta operación del sistema

# Pozos de Extracción Vertical

- La propuesta mas común para la recuperación de biogás.
- Pueden ser instalado en zonas de operación activa (donde hay disposición de residuos) o inactivas (no hay disposición de residuos).
- Se recomienda tener una profundidad de residuos mayor a 10 metros.



# Pozos de Extracción Vertical

- Se recomienda instalar 2.5 pozos por hectárea aproximadamente (~ 1 pozo por 0.4 hectárea)
- Pueden perder eficiencia o no trabajar en rellenos sanitarios con un alto nivel de lixiviados.



# Captura y Control del Biogás

Pozo de extracción y sistema de tubería (sistema de captura).



# Pozos para el Monitoreo de Biogás

---

- Pozos localizados en el perímetro del relleno sanitario para medir la migración de biogás fuera del sitio.
- Se ubican en terreno natural.
- Realizar pruebas rutinarias en los mismos lugares.
- Se obtienen resultados confiables y consistentes.
- Verificación mediante la repetición.
- Permite verificar la eficiencia del sistema de captura de biogás.

# Pozo de Monitoreo



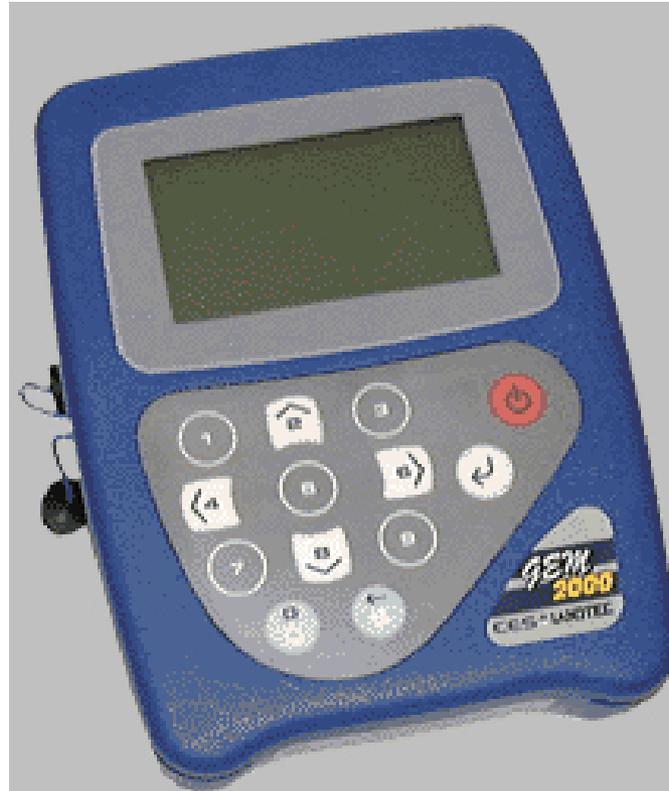
# Pruebas para Medir la Calidad y Presión del Biogás

---

- Se lleva a cabo en el sitio y se toma lectura en cada pozo de extracción.
- Equipo portátil analiza y mide la presión y flujo del biogás.
- Resultados inmediatos para mejorar los esfuerzos de equilibrio del sistema colección y operación del sistema de biogás.

# Instrumento Portátil para Monitorear el Porcentaje de Metano, Oxígeno, CO<sub>2</sub>, etc.

---



# Diseño - Pozo de Extracción Vertical

- La perforación de un pozo donde existen la presencia de residuos se recomienda que sea  $3/4$  de la profundidad total de los residuos.
- La perforación de un pozo sobre terreno natural depende:
  - Nivel de agua freático.
  - Profundidad de los residuos.
  - Profundidad de la migración del biogás.

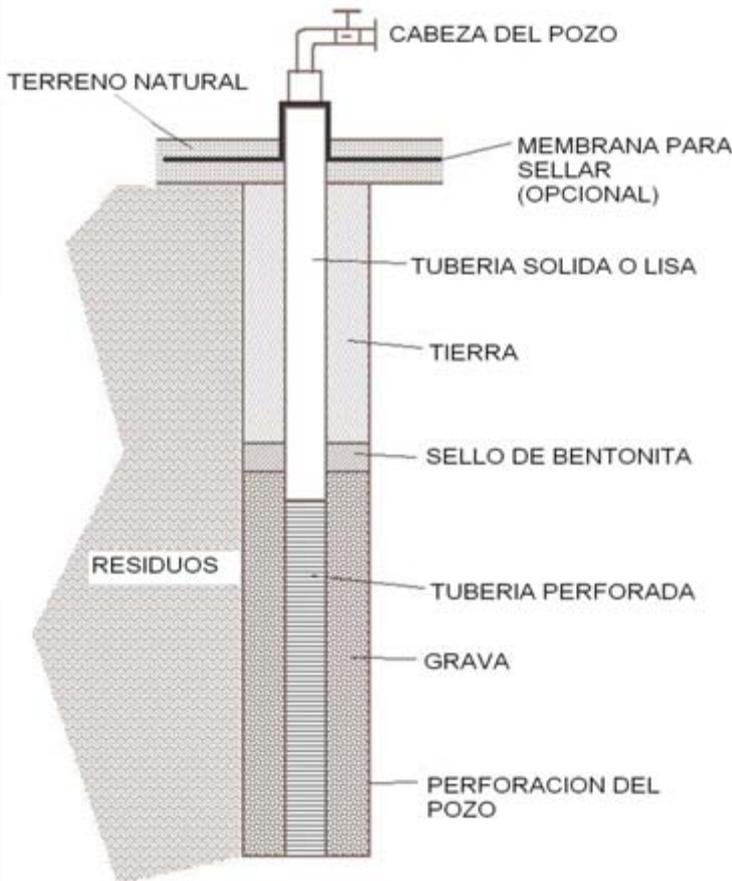


# Diseño - Pozo de Extracción Vertical (continuación)

---

- La perforación de un pozo de extracción vertical típicamente es de 60 a 90 cm. de diámetro.
- El material de la tubería puede ser PVC o PEAD (Polietileno de Alta Densidad).
- Por lo general los primeros 6 metros de tubería (de arriba hacia abajo) son lisos y la diferencia puede ser tubería perforada.
- La separación de pozos depende generalmente del “radio de influencia (típicamente 60 a 122 m)

# Detalle - Pozo de Extracción Vertical



- Sello de bentonita previene la infiltración de oxígeno/aire.
- Partes que componen la cabeza del pozo:
  - Válvula de control de flujo.
  - Puerto de entrada para monitorear la presión.
  - Puerto de entrada para monitorear el flujo (opcional).
  - Puerto de entrada para medir la temperatura (opcional).

# Ejemplos – Pozos de Extracción Vertical

---

- **Auckland, Nueva Zelanda**



- **Los Ángeles, California**

# Ejemplos – Pozos de Extracción Vertical

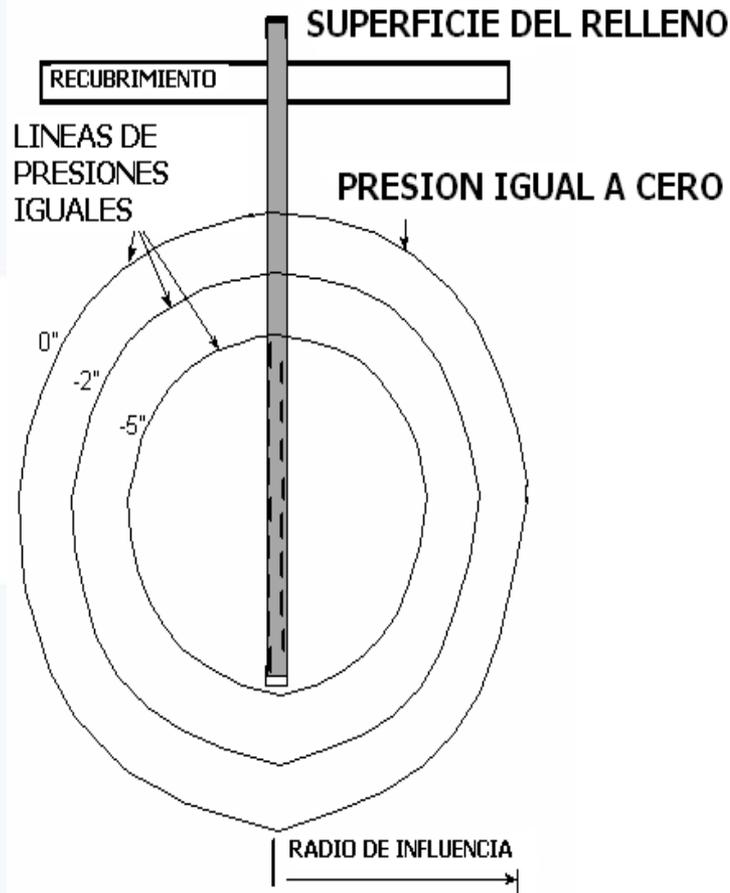
## Relleno Sanitario “Los Colorados” Santiago, Chile



## Relleno Sanitario Basural, Perú

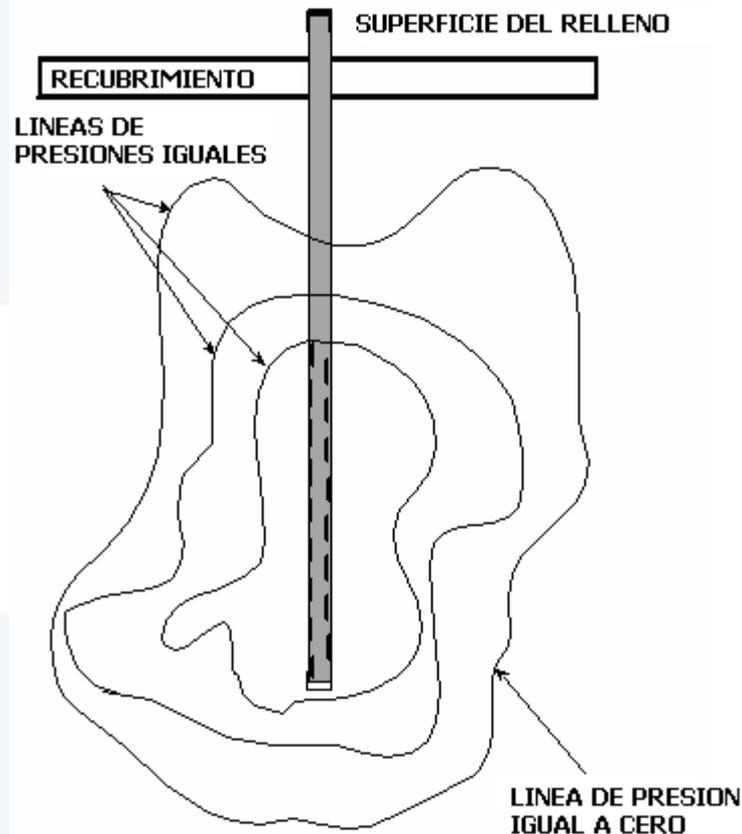


# Concepto Teórico del Radio de Influencia para un Pozo de Extracción.



- El radio de influencia generalmente es de 2 a 2.5 veces la profundidad del pozo.
- Aumente la succión para aumentar el radio de influencia.
- Variaciones en la succión es una única herramienta del control del operador.

# Radio de Influencia Real de un Pozo de Extracción



- **El radio de influencia de un pozo de extracción depende de lo siguiente:**
  - Variación en la caracterización de los residuos.
  - Configuración de la celda y recubrimiento.
  - Presencia de lixiviados.

# Pozo de Extracción Horizontal

- Una propuesta alterna para la captura de biogás.
- Se instalan en áreas no muy profundas.
- Pueden ser instalados en zonas de operación activa (donde hay disposición de residuos) o inactivas (no hay disposición de residuos).



# Pozo de Extracción Horizontal

(continuación)

- La separación entre los pozos debe ser de 30 a 100 m. aproximadamente
- Pueden ser usados en rellenos sanitarios con alto nivel de lixiviados.



# Diseño - Pozo de Extracción Horizontal

- Se recomienda instalarlos en trincheras o lugares donde haya pendiente y cubrirlos con residuos y grava.

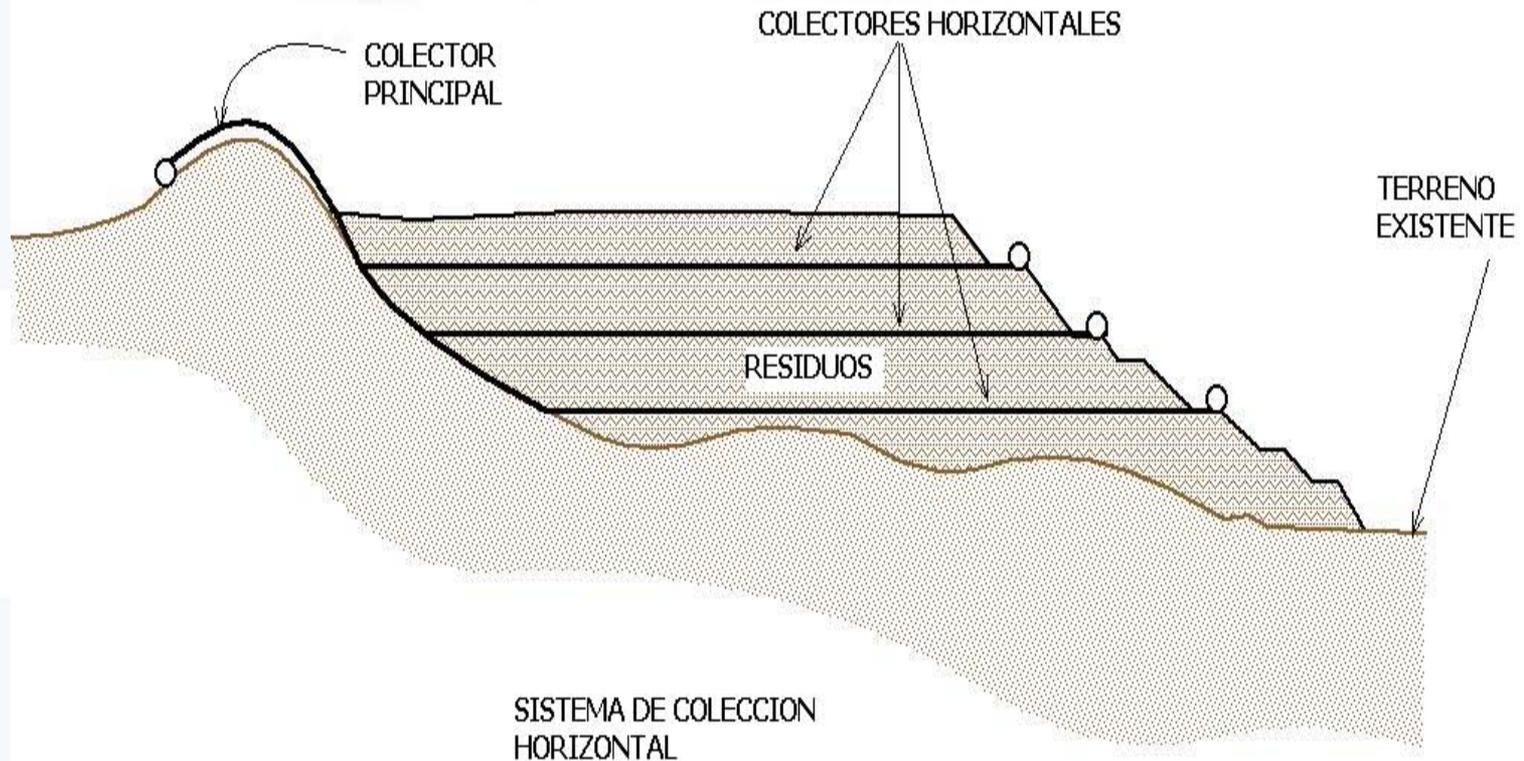


# Diseño - Pozo de Extracción Horizontal (continuación)

---

- Se colocan tramos de tubería perforada, de PVC o PEAD de 100 mm. aproximadamente.
- También se pueden colocar tramos conectados de 100 a 150 mm.

# Esquema Típico de un Sistema de Captura Horizontal



# Ejemplos

---

- **Bangkok, Tailandia**



- **Los Ángeles, California**

# Tubería Principal y Lateral

---

- Conducen el biogás de los pozos de extracción al soplador.
- Se instala sobre el terreno natural o en trincheras.
- Generalmente el material de la tubería es PEAD, algunas veces se utiliza el PVC para sobre el terreno.
- El diámetro de la tubería se diseña en base al flujo y la pérdida de presión.

# Tubería Principal y Lateral

(continuación)

---

- La configuración en la que se tiende la tubería generalmente es un “circuito” para proveer rutas alternas.
- La tubería debe contar con pendientes mínimas para el drenaje del condensado.
- La pérdida de succión se puede dar debido a que haya un bloqueo de condensado.



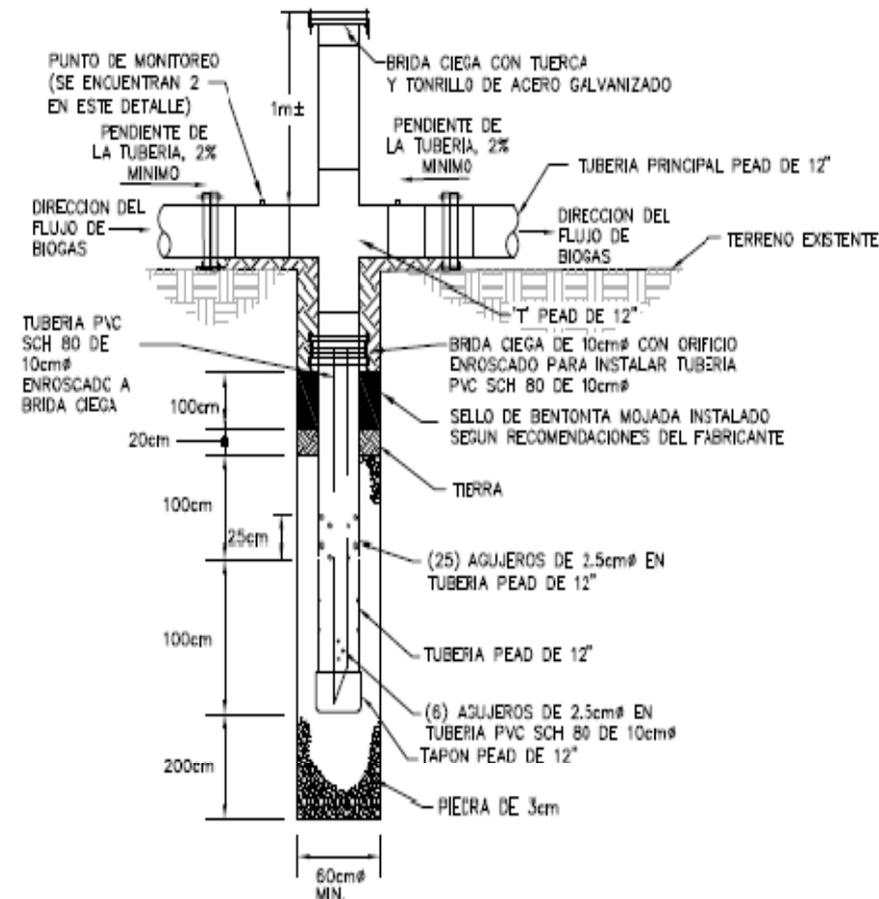
## Sistema de Condensado

- El volumen de condensado generado depende del flujo y la temperatura del biogás.
- Se asume que el biogás esta 100% saturado con agua.
- La temperatura del biogás varia de 32° a 54° C aproximadamente.



# Diseño - Trampa de Condensado

- El biogás sufre un proceso de enfriamiento dentro del sistema de captura, ocasionando que la humedad se condense.
- La tubería está diseñada para permitir que el condensado drene.
- La trampa permite el condensado por gravedad.
- El condensado es almacenado temporalmente en un colector y posteriormente drenado al interior del relleno sanitario.



# Estación Antorcha/Soplador

---

- Antorcha de biogás.
- Existen dos tipos de antorcha abierta y cerrada.



# Antorcha de Biogás

---

- Antorcha
  - Abierta (Llama cielo abierto).
  - Cerrada (Silo).

# Estación Antorcha/Soplador

(continuación)

---

- Puede ser usado en conjunto con otros sistemas de beneficio.
- Es necesario durante el inicio de utilización y periodos de inactividad del sistema.

# Diseño - Estación Antorcha/Soplador

- Su ubicación se recomienda que sea en un punto estratégico, acceso fácil para darle mantenimiento y fuera de peligro (aislado de árboles).
- Debe ser flexible al manejo de futuro flujos.



# Componentes Típicos de la Estación Antorcha/Soplador

---

- Separador de humedad.
- Soplador (es).
- Antorcha (cerrada o abierta).
- Tubería de conducción de biogás y apagallamas.
- Medidor de flujo.
- Piloto.
- Tablero de control (controles para la antorcha y el soplador).
- Válvula de emergencia (Apaga el sistema).

# Antorchas de Biogás



# Ejemplo



# Bomba de Succion



# Antorcha Cerrada

- Físicamente se ve como un cilindro: 9 a 12 m. de altura.
- La combustión o quemado de biogás se lleva acabo en la parte baja del cilindro.
- La llama no es visible desde afuera
- Rejilla de ventilación se encuentra cerca de la base de cilindro.



## Antorcha Cerrada (continuación)

---

- Rango típico de temperatura de funcionamiento: 760 ° C a 870 ° C
- Destrucción del biogás varia del 98 al 99 por ciento (o mas)
- Su costo es mayor que una antorcha abierta.

# Componentes Antorcha Abierta (Cielo Abierto)

- Tubo vertical
- Antorcha en la parte superior de la tubería – llama es visible
- Por lo general mas pequeño que la antorcha cerrada.



# Beneficios de la Recuperación de Biogás

---

- El metano es una fuente de energía de gran valor.
- Se puede usar para generar electricidad con motores de combustión interna o turbinas.
- Se puede usar como combustible en calderas, hornos termales, o secadores.
- Se puede usar en calentadores infrarrojos.

# Beneficios de la Recuperación de Biogás

---

- Beneficio dual → destrucción del metano y otros componentes orgánicos del biogás.
- Desplaza el uso de recursos no renovables (carbón, aceite, gas natural) reduciendo la emisión de:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , PM,  $\text{CO}_2$
- La generación de biogás se presenta las 24 horas al día, 7 días a la semana.
- El biogás puede mantener el mismo precio a largo plazo y en comparación a la volatilidad contra combustibles fósiles.

# Generación de Electricidad



**Motor de Combustión Interna**  
(varia desde 100 kW a 3 MW)



**Turbina de Gas**  
(varia desde 800 kW a  
10.5 MW)



**Micro Turbina**  
(varia desde 30 kW a 250 kW)

# Diversidad de Proyectos y Uso Directo del Biogás

- ¡Los proyectos de Uso-directo están en aumento!
  - Aplicaciones para Calderas – reemplazan gas natural, carbón y aceite.
  - Combinación de calor y fuerza (CHP).
  - Secadores y hornos.
  - Inyección a tubería de gas natural.
    - Medio & Alto Btu.
  - Invernaderos
  - Evaporación de lixiviados.
  - Combustibles para carros. (LNG, CNG)
  - Estudios de Arte.
  - Hidropónico.
  - Cultura acuática (reproducción de pescados).

Invernadero Burlington, NJ



Estudio, Sugar Grove, NC



Caldera a biogas Ft. Wayne, IN

# Resumen

- El diseño de un sistema de captura de biogás varia según el sitio.
- Conceptos básicos:
  - Proporcionar un camino para la captura de biogás.
  - Manejo de condensado.
  - Quemar o hacer uso del biogás.
- Consideración de las metas operativas
- Considerar la utilización del biogás para un uso beneficioso.





# Methane to Markets

---

***Lección 6: Seguridad y Salud Ocupacional***

# Seguridad y Salud Ocupacional

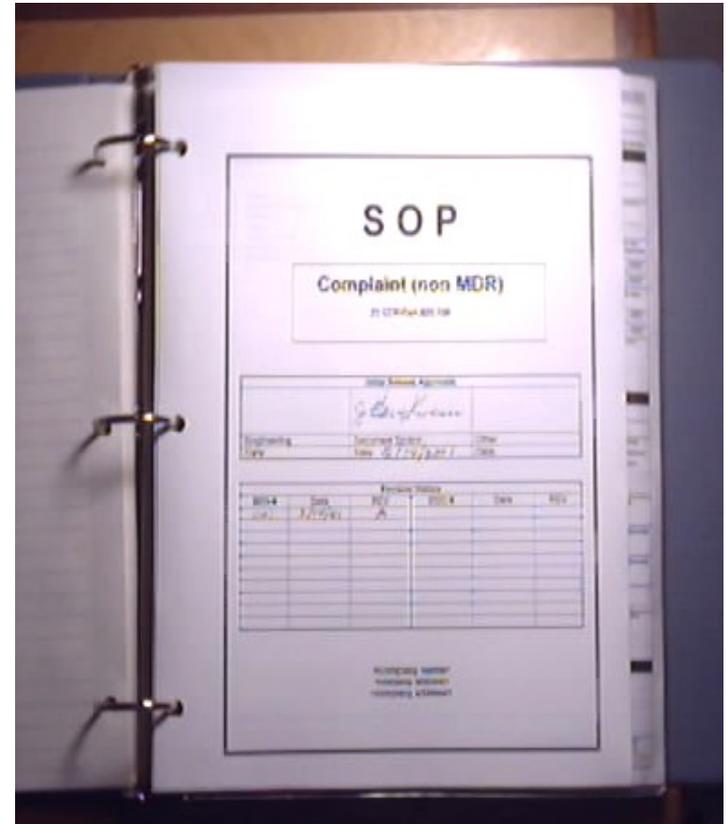
## Conceptos Básicos

- Requerimientos y especificaciones por escrito.
- Programa de seguridad y salud ocupacional por escrito.
- Capacitación en la operación de equipo.
- Equipo personal de protección (PPE)
- Identificación de posibles riesgos químicos y naturales.
- Espacios confinados
- Residuos peligrosos



# Procedimientos de Operación Estándar

- Establecer practicas de seguridad en el trabajo
- El equipo debe tener entendimiento de los procedimientos de seguridad.
- Manual de instrucciones sobre como realizar diferentes tareas.



# Plan de Seguridad del Sitio

---

- Determinar los temas de seguridad aplicables.
- Debe incluir por lo menos:
  - ¿Que hacer en caso de emergencia
  - ¿Donde esta el hospital mas cercano?
  - Cuales son los posibles riesgos.
  - Requerimientos de equipo personal de protección para las diferentes tareas.
  - Procedimientos de en caso de emergencia.



# Capacitación el Uso de Equipo

- Personal debe estar capacitado adecuadamente.
- Siempre utilizar el equipo para lo que fue diseñado.



# Capacitación en el Uso del Equipo

- Mantenimiento del equipo.
- Operar equipo con precaución.
- Examinar el área de trabajo y detectar posibles riesgos.



# Equipo Personal de Protección (EPP)

---

- Incluir casco, botas con punta de metal, chaleco de seguridad, guantes y protección para los ojos y oídos.



# Equipo Personal de Protección

- Todo trabajo requiere equipo personal de protección.
- Seleccionar el equipo adecuado para la tarea a realizar.
- Conocer las especificaciones de cada equipo.



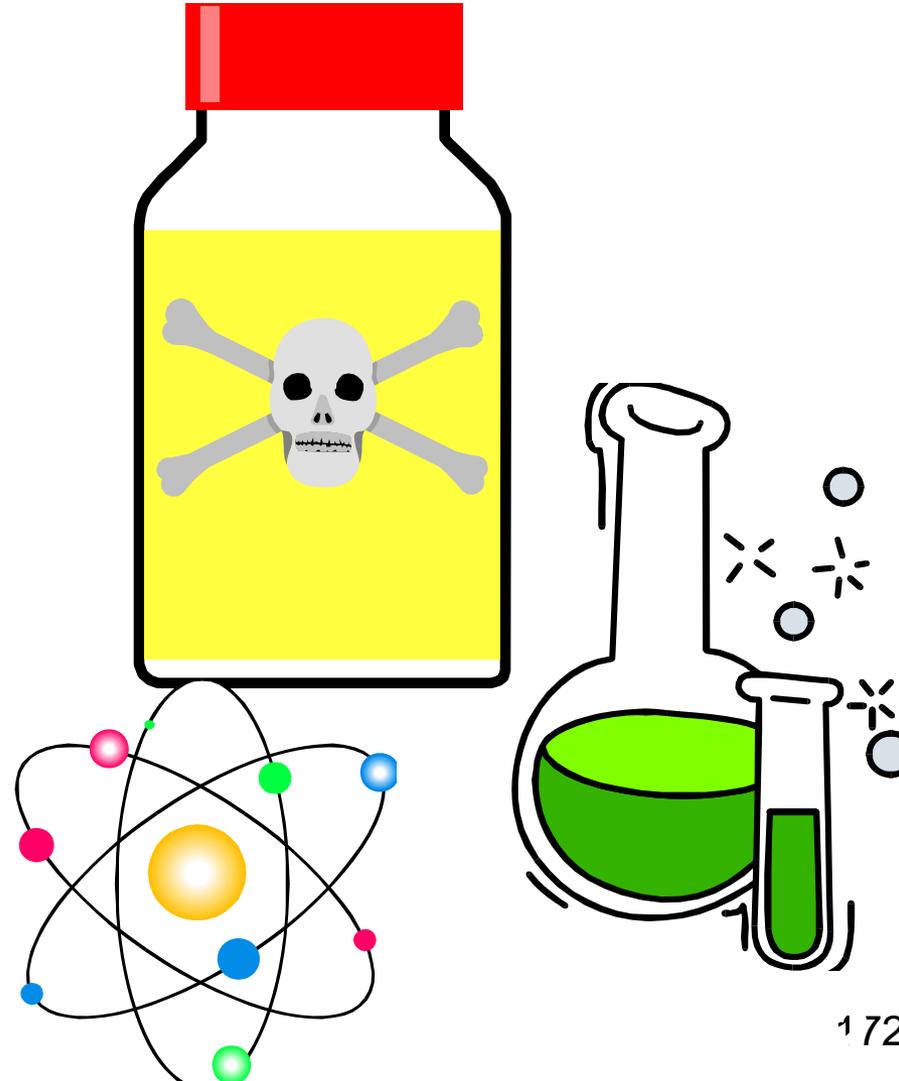
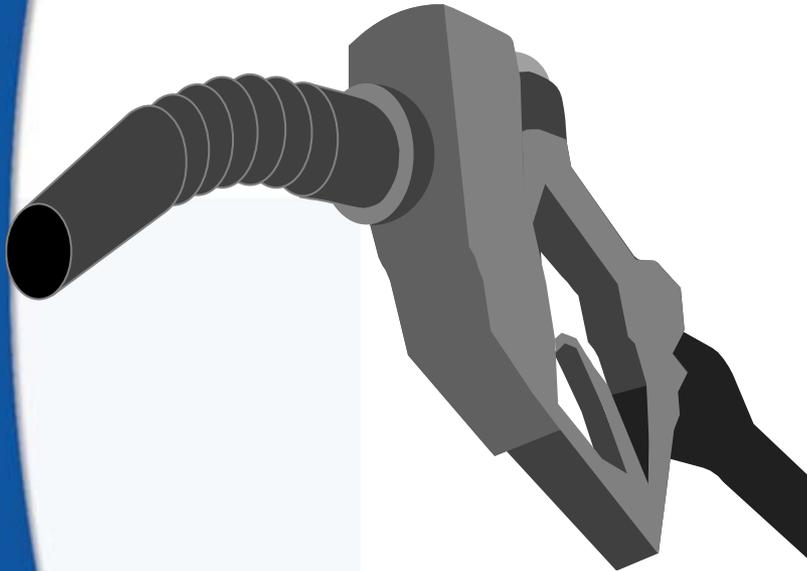


# Equipo Personal de Protección



# Posibles Riesgos Químicos y Naturales

- Saber como protegerse
- Usar equipo personal de protección



# Posibles Riesgos Químicos

- Gasolina
- Acido
- Baterías
- Aceite
- Químicos
- Pesticidas



# Posibles Riesgos Químicos

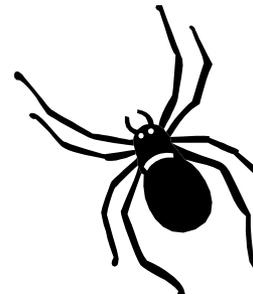
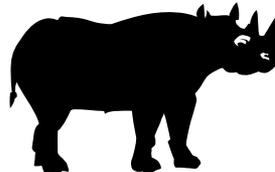
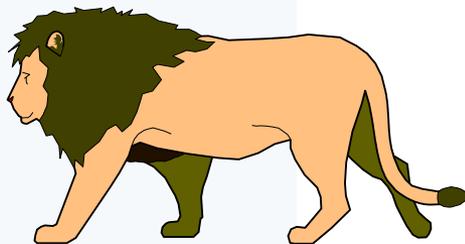
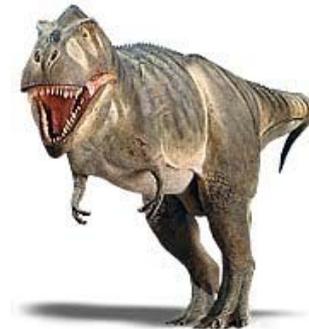
---

- Tener precaución
- No exponerse a los posibles riesgos
- Si es necesario manejar algún material riesgoso, usar el mas alto grado de equipo personal de protección



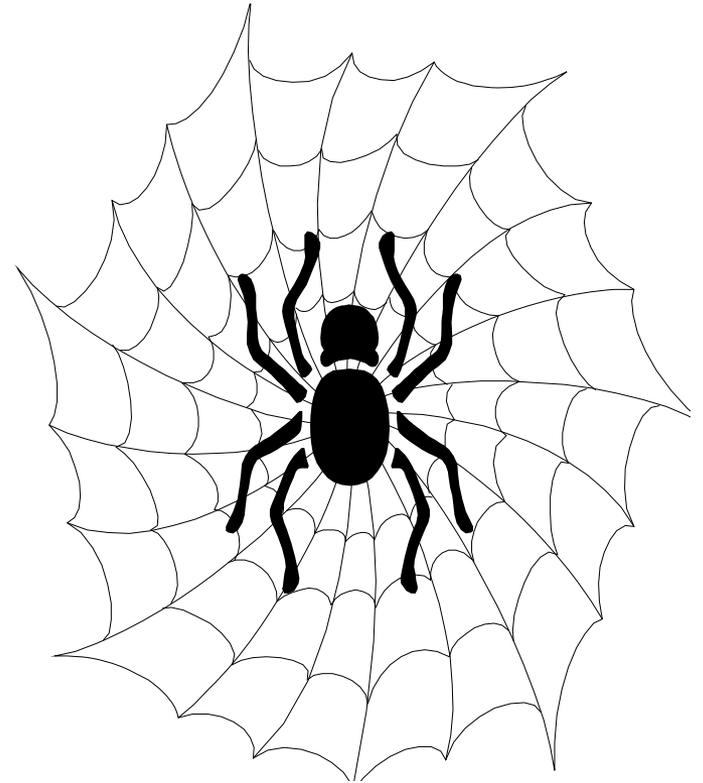
# Posibles Riesgos Naturales

- Insectos.
- Arácnidos.
- Serpientes.
- Mamíferos.



# Arañas

- Se encuentran en espacios oscuros.
- Tener precaución de meter las manos o los pies en lugares oscuros y limitados.
- En caso de se mordido por una araña, identificar el tipo de araña.



# Garrapatas

---



# Garrapatas

---

- Propagan enfermedades.
- Usar pantalón largo, fajarse el pantalón dentro del calcetín.
- Revisar con frecuencia el cuerpo.
- Usar repelente para insectos.
- Remover garrapata inmediatamente.
- Usar repelente en la ropa, especialmente sobre la parte de arriba de los zapatos, los dobladillos de los pantalones y calcetines.



# Insectos Voladores



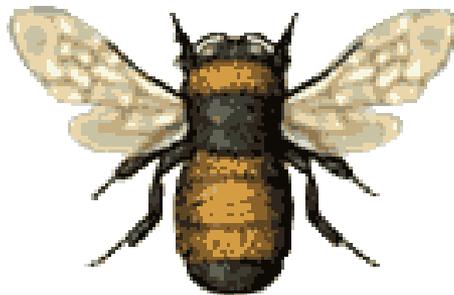
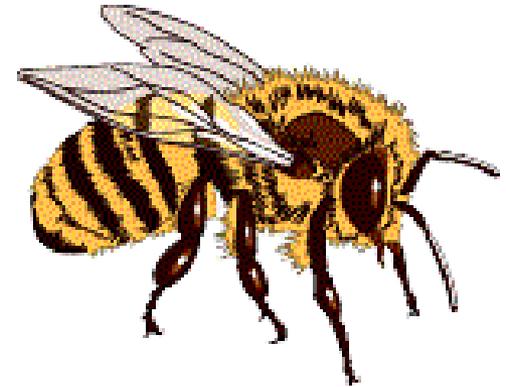
White-Faced  
Hornet



Wasp



Honeybee  
(worker)



Bumblebee



Yellow Jacket



# Abejas, Avispas, etc.

- En caso de ser atacado, alejarse lo mas rápido posible.
- Busque resguardo.
- Cubrir la cabeza si es posible.
- No sacuda los brazos.
- Abejas aplastadas pueden despedir ciertas substancias que incitan a otras abejas a atacar..



# Serpientes



# Serpientes

---

- Evitar cualquier contacto con serpientes – viva o muerta, venenosa o no venenosa.
- No colocar los pies o las manos en lugares donde no los pueda ver.
- El uso de la ropa brinda un poco de protección.
- En caso de ser mordido por una serpiente, pedir ayuda medica inmediatamente.

# Mamíferos

- Roedores.  
Hantavirus
- Mamíferos grandes.  
Rabia



# Hantavirus

---

- Se propaga a través la mordida, orina y excremento del roedor
- Puede causar fiebre, dolor de espalda y dolor abdominal
- Puede inhalarse o ingerirse, contagiarse a través de heridas en piel, o los ojos



# Mamíferos Grandes

---



# Rabia

- Normalmente es transmitida por perros, zorrillos, mapaches, coyotes, o murciélagos
- Una vez que comienzan los síntomas, la enfermedad puede ser mortal.



# Plantas Venenosas

---



# Plantas Venenosas

---

- Aprender a reconocerlas y evitarlas.
- Usar pantalones largos, camisas con mangas largas y zapatos que cubran todo el pie.
- En algunas ocasiones el veneno puede penetrar la ropa.
- Ropa contaminada con veneno necesita ser limpiada o desechada.

# Espacios Confinados

## Definiciones

- Se refiere a espacios de entrada y salida limitada
- Están diseñados para la entrada de un solo cuerpo.
- No esta diseñados para la ocupación prolongada.



# Espacios Confinados

---

- Pozos
- Recipientes para el almacenamiento de químicos
- Trincheras
- Closet
- Baúles
- Vagones.
- Estación de bombeo



# Espacios Confinados

## Peligros Potenciales

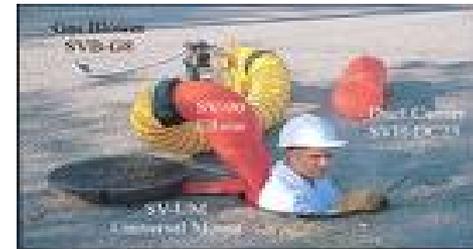
---

- Encapsulamiento
- Deficiencia de oxígeno
- Exceso de oxígeno
- Gases explosivos
- Polvos combustibles
- Sustancias tóxicas
- Riesgos físicos



# Espacios Confinados

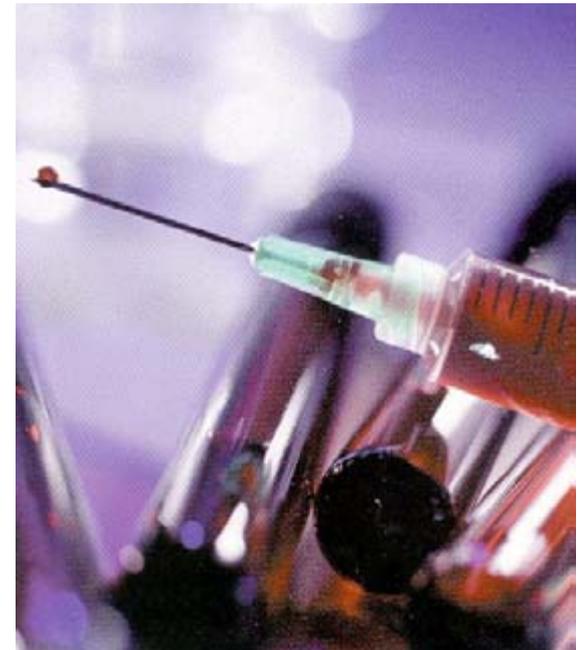
- Se necesita capacitación para poder entrar a un espacio confinado
- Se requiere mínimo tres personas para entrar a un espacio confinado



# Patógenos de Transmisión Sanguínea

---

- VIH – virus portador del SIDA
- Hepatitis B virus (HBV) y hepatitis C virus (HCV)
- Infecciones



# Patógenos de Transmisión Sanguínea

## Exposición

---

- Residuos Médicos
- Comúnmente Agujas



# Patógenos de Transmisión Sanguínea

## Exposición

- Cortaduras con objetos filosos contaminados (bisturís, metal, vidrio, etc.)
- Contacto en ojos, nariz, boca con sangre o líquidos contaminados



# Riesgos Biológicos

---

- Pañales
- Cadáveres de animales
- Madera podrida
- Lodo
- Usar guantes de protección y lavarse las manos antes de comer, beber o fumar
- Limpiar y desinfectar heridas



# ¿Preguntas?

