



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA EN SISTEMAS

Noguez Alvarado Geovanny Josué

PROFESOR: Juan Antonio Del Valle
Flores

**UBICACIÓN DE TERRENO PARA
RELLENO SANITARIO EN EL ÁREA
METROPOLITANA**

Introducción

¿Que es un relleno sanitario?

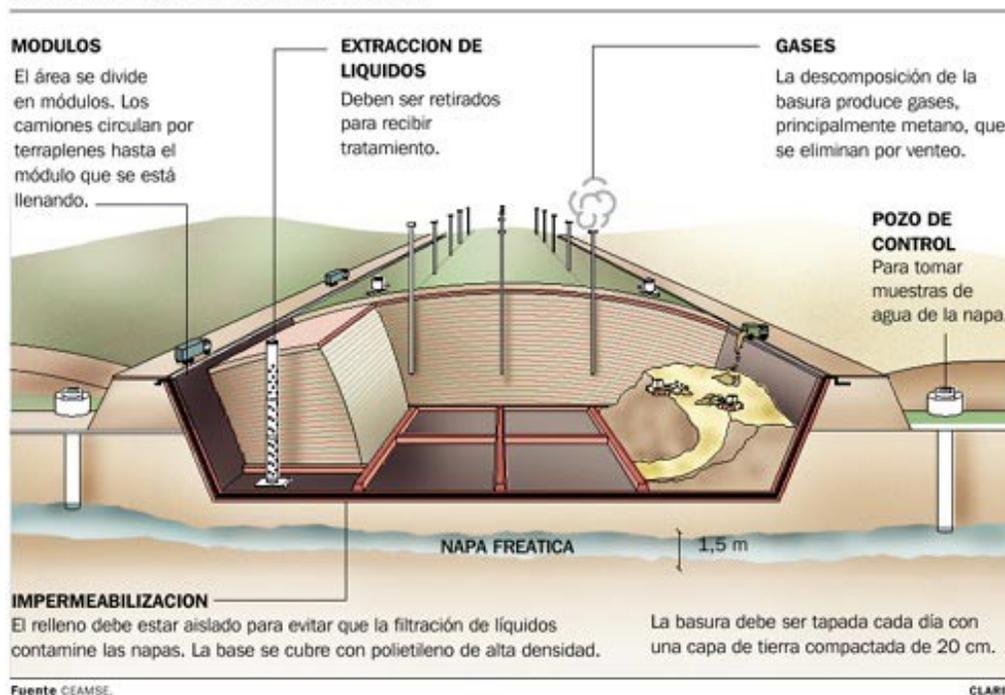
Un relleno sanitario es un lugar destinado a la disposición final de desechos o basura, en el cual se toman múltiples medidas para reducir los problemas generados por otro método de tratamiento de la basura como son los tiraderos,

dichas medidas son, por ejemplo, el estudio meticuloso de impacto ambiental, económico y social desde la planeación y elección del lugar hasta la vigilancia y estudio del lugar en toda la vida del vertedero.

Los principales criterios de calidad ambiental relacionados con la disposición de residuos y que ameritan hacer un seguimiento detallado son:

- Escape incontrolado de gases que puedan migrar fuera del sitio del relleno, produciendo malos olores y condiciones potencialmente peligrosas.
- Impacto de la emisión de gases en el efecto invernadero.
- Generación incontrolada de lixiviados, produciendo contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Reproducción de vectores sanitarios por inadecuada operación del relleno, con riesgo a la salud.
- Riesgo sanitario y ambiental por escape de gases y lixiviado, después del cierre del relleno.
- Riesgos y amenazas provocados por inestabilidad del relleno.
- El presente documento describe tanto los aspectos técnicos como los ambientales para un desarrollo adecuado de un relleno sanitario, con aplicación especial a municipios medianos y pequeños.

Cómo es un relleno sanitario



OBJETIVO DEL PROYECTO

Localizar en el area metropolitana la mejor zona para la construcción de un nuevo relleno sanitario en la cual genere el menor volumen de lixiviados posibles producido por las lluvias en la zona.

EVALUACION DE UN RELLENO SANITARIO :

- Las grandes cantidades de basura provoca graves desequilibrios ambientales
- El 87% de los tiraderos de basura son a cielo abierto y 13% rellenos sanitarios.
- No se aplica de forma correcta el reciclaje
- Diariamente se generan 12 523 toneladas de basura en la ciudad de México
- En el distrito federal se genera la octava parte de la basura que se produce en el país
- se produce 1.43 kg per cápita

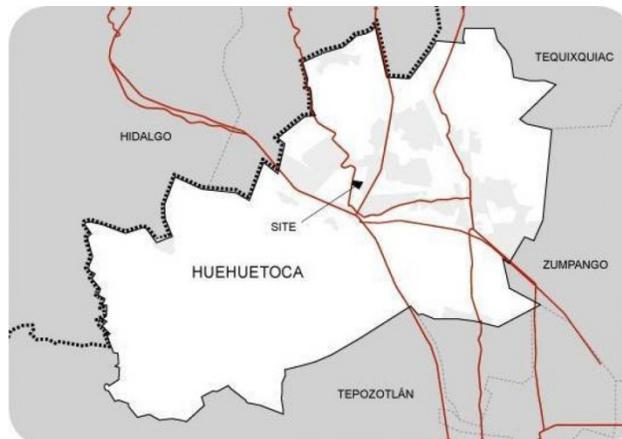
- Algunos rellenos son usados por “ paracaidistas “
- El mayor numero de tiraderos clandestinos de gran volumen se ubica en las delegaciones: Iztapalapa, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza Existen 6 mil pepenadores controlados por 5 lideres
- En México se separa diariamente 11% de la basura recolectada; 46 de cada 100 hogares separan la basura
- Existen en la ciudad alrededor de 900 tiraderos clandestinos
- En los tiraderos clandestinos se arroja 10% de la basura de la ciudad
- .
- Existen aproximadamente 2200 camiones recolectores de basura en el D.F.
- Solo el 60% de la basura llega a los rellenos sanitarios
- Solo existen cuatro grandes tiraderos, siendo el más importante el del bordo poniente
- hay fuga de lixiviados y pestilentes charcos de color rojizo que están fuera de control.

- Al menos ocho lagunas de lixiviados que, mezclados con el gas metano y bióxido de carbono, burbujan como caldo a punto de ebullición
- Existen geomembranas rotas, rasgadas y mal parchadas que dejaron de cumplir con su función de evitar filtraciones de lixiviados al subsuelo

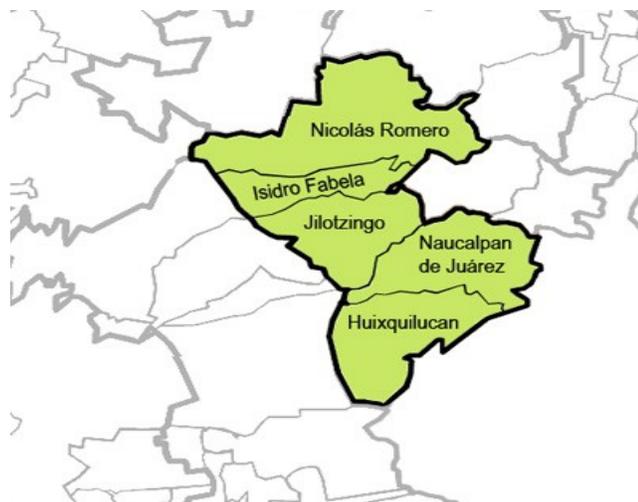
UBICACIÓN DE ALTERNATIVAS:

Las propuestas que se tiene para un nuevo relleno sanitario en el área metropolitana con las siguientes:

- Huehuetoca: Limita al norte y al oeste con Tequixquiac, al sur con Coyotepec, al suroeste con Tepotzotlán, al este con Zumpango y al oeste con los municipios de Atotonilco de Tula y Tepeji del Río de Ocampo, en el estado de Hidalgo.



- Jilotzingo: ubicado hacia el noreste de la capital del estado de México y hacia el oeste del D.F.



- ❖ Tecamacac: Norte con el Hidalgo (municipio de Tizayuca) y Colinda al Estado de (municipio el municipio)

de Temascalapa, al Sur con los municipios de Ecatepec, Acolman y Coacalco, al Este con los municipios de Temascalapa y Teotihuacan, y al Oeste con los municipios de Zumpango, Nextlalpan, Tonanitla, Tutitlán y Coacalco.



EVALUACIÓN

A continuación se presentan las alternativas para la localización del nuevo relleno sanitario.

A1: Jilotzingo, Estado de México

A2: Huehuetoca, Estado de México

A3: Técamac, Estado de México

Los posibles estados de la naturaleza que puede presentar el lugar

E1: Mínima producción de lixiviados por causa de lluvias (menor volumen y menor costo)

E2: Mediana producción de lixiviados por causa de lluvias (mediano volumen y mediano costo)

E3: Gran producción de lixiviados por causa de lluvias (mayor volumen y mayor costo)

	E1: menor costo	E2: mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320
A3: Técamac	1400	650	1000

Resultado en millones de pesos

Modelo de árbol de decisiones:

**INCERTIDUMBRE:
ESTUDIO DE DOMINANCIA**

	E1: menor costo	E2:mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320

No hay dominancia

	E1: menor volumen	E2:mediano volumen	E3: mayor volumen
A2: Huehuetoca	984	2500	320
A3: Técamac	1400	650	1000

No hay dominancia

	E1: menor volumen	E2:mediano volumen	E3: mayor volumen
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A3: Técamac	1400	650	1000

No hay dominancia

CRITERIOS DE DECISIÓN:

PRINCIPIO MAXIMIN



De todas las alternativas se seleccionan los peores resultados y se escoge de todos los peores el mejor.

	E1: menor costo	E2:mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320
A3: Técamac	1400	650	1000

Los peores valores se marcan con azul, siendo el mejor el de la alternativa 1

PRINCIPIO MAXIMAX

De todas las alternativas se seleccionan los mejores resultados y se escoge de todos los mejores el mejor.

	E1: menor costo	E2:mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320
A3: Técamac	1400	650	1000

Los mejores valores se marcan con azul, siendo el mejorla alternativa 2.

PRINCIPIO DE HURWICS

Con este principio podemos ubicar cueles son los mejores y los peores ya que el índice de optimismo nos ayuda a no caer en extremos.

	E1: menor costo	E2:mediano costo	E3: mayor costo
--	-----------------	------------------	-----------------

A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320
A3: Técamac	1400	650	1000

Los mejores (azul) y peores (rojo) para cada alternativa

Índice de optimismo: 0.70

Vector de pésimos: (1400,2500,1250)

Vector de óptimos: (480, 540, 320)

$Va_1 =$	$480(0.7)+1400(0.3)=756$
$Va_2 =$	$540(0.7)+2500(0.3)=1128$
$Va_3 =$	$320(0.7)+1250(0.3)=599$

La alternativa seleccionada es la número 3 ya que es la que nos da el menor costo

CRITERIO DE LAPLACE

Debido a que se tienen Teniendo 3 estados de la naturaleza la probabilidad de ocurrencia de cada una es de 0.33, teniendo así:

	E1: menor costo	E2:mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320

A3: Técamac	1400	650	1000
-------------	-------------	-----	------

$Va_1 =$	$0.33(480) + 0.33(1250) + 0.33(540) = 749.1$
$Va_2 =$	$0.33(320) + 0.33(2500) + 0.33(984) = 1255.32$
$Va_3 =$	$0.33(1400) + 0.33(650) + 0.33(1000) = 1006.5$

La alternativa escogida usando este criterio es la número 1

CRITERIO DE SAVAGE

Se eligen los mejores valores de cada alternativa y se convierten en cero para después restarlo al correspondiente estado de la naturaleza.

	E1: menor costo	E2: mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320
A3: Técamac	1400	650	1000

los mejores (azul)

	E1: menor costo	E2: mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	0	0	$1250 - 320 = 930$
A2: Huehuetoca	$984 - 480 = 504$	$2500 - 540 = 1960$	0
A3: Técamac	$1400 - 480 = 920$	$650 - 540 = 110$	$1000 - 320 = 680$

MATRIZ DE ARREPENTIMIENTO

	E1: menor costo	E2: mediano costo	E3: mayor costo
A1: Jilotzingo	0	0	930
A2: Huehuetoca	504	1960	0
A3: Técamac	920	110	680

Vector de arrepentimiento: $(930, 504, 680)$ se selecciona la alternativa 2 ya que es la que tiene el menor valor.

RIESGO

MINIMIZACIÓN O MAXIMIZACIÓN DEL VALOR ESPERADO

	E1: menor costo P(E1)= 0.25	E2:mediano costo P(E1)=0.65	E3: mayor costo P(E3)=0.1
A1: Jilotzingo	480	540	1250
A2: Huehuetoca	984	2500	320
A3: Técamac	1400	650	1000

$$E(A1) = 480(0.25) + 540(0.65) + 1250(0.1) = 596$$

$$E(A2) = 984(0.25) + 2500(0.65) + 320(0.1) = 1903$$

$$E(A3) = 1400(0.25) + 650(0.65) + 1000(0.1) = 872.9$$

MEDIA:



VARIANZA:

PRINCIPIO DEL NIVEL ESPERADO



Consideramos a la alternativa uno como la de más probabilidad u ocurrencia por lo tanto su probabilidad es 1 y hacemos al problema uno de tipo determinístico.

	E1: menor volumen $P(E1)=1$
A1: Jilotzingo	480
A2: Huehuetoca	984
A3: Técamac	1400

Utilidad sea igual o mayor a 950

Para A1

$$P(\text{utilidad} \geq 950) = P(E1) + P(E2) + P(E3)$$

Para A2

$$P(\text{utilidad} \geq 950) = P(E1) + P(E2)$$

Para A3

$$P(\text{utilidad} \geq 950) = P(E1) + P(E2) + P(E3)$$

La alternativa que se elige es la alternativa 3, ya que su rango es mayor y por lo tanto tiene más posibilidades.

VALOR DE LA INFORMACIÓN

Información perfecta

CRITERIO DE VALOR ESPERADO

- $P(E1)=0.25$
- $P(E2)=0.65$
- $P(E3)=0.1$

- $E(A1)= 480(0.25)+540(0.65)+1250(0.1)=596$
- $E(A2)=984(0.25)+2500(0.65)+320(0.1)=1871.03$
- $E(A3)=1400(0.25)+650(0.65)+1000(0.1)=872.5$
- El valor esperado es 596

Valor de la información perfecta

RESULTADO FUTURO	LA MEJOR DECISIÓN	COSTO
E1	A1: Jilotzingo	480
E2	A1: Jilotzingo	540
E3	A1: Técamac	1000

El costo esperado con la información perfecta es:
 $480(0.25)+540(0.65)+1000(0.1)=571$

El valor esperado de la información perfecta es: $571-596=-25$

Conocer la información perfecta disminuye el costo esperado de 596 a 571; es decir disminuye en 25

INFORMACION IMPERFECTA

Para saber que tan confiable es se hace una evaluación como la siguiente

Indicador	E1 pocovolumen	E2 mediano volumen	E3 gran volumen
Z1: poco volumen	0.60	0.40	0.55
Z2 mediano volumen	0.20	0.15	0.25
Z3 gran volumen	0.20	0.45	0.20

- $P(Z1) = 0.60(0.25) + 0.40(0.65) + 0.55(0.1) = 0.465$
- $P(Z2) = 0.20(0.25) + 0.15(0.65) + 0.25(0.1) = 0.1725$
- $P(Z3) = 0.20(0.25) + 0.45(0.65) + 0.20(0.1) = 0.3625$





PARA Z1

- $P(E1/Z1) = 0.322$
- $P(E2/Z1) = 0.559$
- $P(E3/Z1) = 0.118$

PARA Z2

- $P(E1/Z2) = 0.289$
- $P(E2/Z2) = 0.565$
- $P(E3/Z2) = 0.144$

PARA Z3

- $P(E1/Z3) = 0.137$
- $P(E2/Z3) = 0.806$
- $P(E3/Z3) = 0.055$

CALCULO DE COSTOS ESPERADOS

Para Z1

	E1	E2	E3	TOTAL
A1: JILOTZINGO	$480(0.322) + 540(0.559) + 1250(0.118)$			603.92
A2: HUEHUETOCA	$984(0.322) + 2500(0.559) + 320(0.118)$			1752.10
A3: TÉCAMAC	$1400(0.322) + 650(0.559) + 1000(0.118)$			932.15

La mejor es la alternativa 1 ya que presenta menor costo

Para Z2

	E1	E2	E3	TOTAL
A1: JILOTZINGO	$480(0.289) + 540(0.565) + 1250(0.144)$			623.52

A2: HUEHUETOCA	$984(0.289)+2500(0.565)+320(0.144)$	1742.96
A3: TÉCAMAC	$1400(0.289)+650(0.565)+1000(0.144)$	817.93

La mejor es la alternativa 1 ya que presenta menor costo

Para Z3

	E1	E2	E3	TOTAL
A1: JILOTZINGO	$480(0.137)+540(0.806)+1250(0.055)$			569.75
A2: HUEHUETOCA	$984(0.137)+2500(0.806)+320(0.055)$			2167.408
A3: TÉCAMAC	$1400(0.137)+650(0.806)+1000(0.055)$			770.7

La mejor es la alternativa 1 ya que presenta menor volumen

Costo esperado con la información imperfecta

$$\begin{aligned} \text{Costo esperado} &= GZ1 \times P(Z1) + GZ2 \times P(Z2) + GZ3 \times P(Z3) \\ &= 603.92(0.465) + 623.52(0.1725) + 569.75(0.3625) = 594.91 \end{aligned}$$

Valor esperado del costo con la información imperfecta:

$$596 - 594.1 = 1.9$$

El máximo valor que se podrá gastar en información es 1.92

Eficiencia de la información:

$$E = 1.92 / 25 = 7.68\%$$

UTILIDAD:

- $P(E1)=0.25$
- $P(E1)=0.65$
- $P(E1)=0.1$

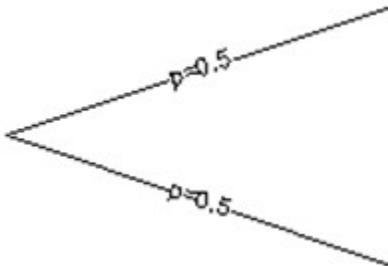
- $E(A1)= 480(0.25)+540(0.65)+1250(0.1)=596$
- $E(A2)=984(0.25)+2500(0.65)+320(0.1)=1871.03$
- $E(A3)=1400(0.25)+650(0.65)+1000(0.1)=872.5$

El valor esperado es 596

Equivalente bajo certeza

EBC= 680

Lotería



Curvas de utilidad

conjunto de resultados posibles en orden de preferencia es:

$X=\{1400,984,480,650,2500,540,1000,320,1250\}$

El mejor resultado es $X^* = 320$

El peor resultado es $X^o = 2500$

Aplicando el método cuestionando probabilidades:

$u(320) = 1$ $u(2500) = 0$

De acuerdo con el gerente del proyecto se llegaron a las siguientes probabilidades

$u(480)= 0.95$

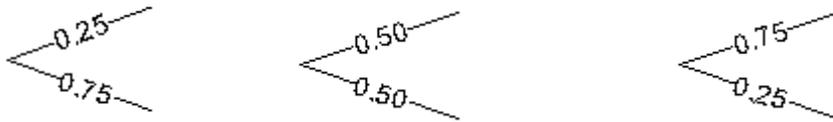
$u(540) = 0.80$
 $u(650) = 0.76$
 $u(984) = 0.60$
 $u(1000) = 0.55$
 $u(1250) = 0.40$
 $u(1400) = 0.25$

FUNCION DE UTILIDAD RESULTANTE

Método Cuestionando Equivalentes Bajo Certeza

$X^* = 320$

$X^o = 2500$



$$u(680) = 0.25x^* + 0.75x^o = 0.25$$

$$u(680) = 0.50x^* + 0.50x^o = 0.50$$

$$u(680) = 0.75x^* + 0.25x^o = 0.75$$

DECISIONES CON MULTIOBJETIVOS

1.- Identificar los objetivos a contemplar en una decisión.

- Minimizar la contaminación ambiental
- Minimizar el volumen de lixiviados.
- Minimizar el tiempo de transporte

2.- Ponderar por su importancia a cada uno de los objetivos.

1. X1: Minimizar el volumen de lixiviados
2. X2: Minimizar la contaminación ambiental
3. X3: Minimizar el tiempo de transporte

3.- Identificar a las alternativas.

Las posibles localizaciones de la nueva terminal del aeropuerto de la Ciudad de México, evaluados acorde a los tres objetivos:

- Jilotzingo
- Huehuetoca
- Técamac

4.- Evaluar a las alternativas conforme a los objetivos establecidos.

	Ubicación del nuevo relleno sanitario	X1: disminución del volumen de lixiviados	X2: disminución de la contaminación	X3: disminución del tiempo de transporte
E1	A1: Jilotzingo	480	55	60
	A2: Huehuetoca	984	60	75
	A3: Técamac	1400	82	80
E2	A1: Jilotzingo	540	57	85
	A2: Huehuetoca	2500	35	27

	A3: Técamac	650	50	71
E3	A1: Jilotzingo	320	25	96
	A2: Huehuetoca	-280	45	45
	A3: Técamac	1000	32	65

INDEPENDENCIA ENTRE LOS OBJETIVO

Independencia preferencial mutua

X1: Minimizar el volumen de lixiviados

X2: Minimizar la contaminación ambiental

X3: Minimizar el tiempo de transporte

- Para (X_1, X_2) : El máximo que podríamos pagar por una disminución del volumen de lixiviados es independiente de algún nivel fijo de (X_3) , entonces (X_1, X_2) es preferencialmente independiente.
- Para (X_2, X_3) : El máximo que podríamos pagar por la disminución de la contaminación es independiente de algún nivel fijo de (X_1) , entonces (X_2, X_3) es preferencialmente independiente.
- Para (X_1, X_3) el máximo que podríamos pagar por una reducción de tiempo en el transporte de la basura al relleno sanitario es independiente de algún nivel fijo de (X_2) , entonces (X_1, X_3) es preferencialmente independiente.

