



**Organización
Panamericana
de la Salud**



Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

**LINEAMIENTOS ESTÁNDAR PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO,
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, VIGILANCIA,
CONTROL Y CLAUSURA DE LAS CELDAS DE SEGURIDAD DE
DESECHOS HOSPITALARIOS PARA CIUDADES GRANDES,
INTERMEDIAS Y PEQUEÑAS DEL PAÍS**

Elaborado por:

Pilar Tello Espinoza. Ing., M en I.

Octubre 2010

1. INTRODUCCIÓN	2
2. SELECCIÓN DEL SITIO	4
2.1 Criterios de selección fuera de un lugar ya impactado	4
2.2 Criterios para la selección de sitio dentro de un relleno sanitario	6
3. DISEÑO DE LA CELDA DE SEGURIDAD	8
3.1 Generación de residuos	8
3.2 Celdas de residuos peligrosos no patológicos	10
3.3 Fosa de residuos patológicos	11
4. CONSTRUCCIÓN	15
4.1 Tamaño de la celda de residuos peligrosos generados en establecimientos de salud	15
4.2 Tipo de celda	16
4.3 Características de construcción de la celda	17
4.4 Construcción de celda para poblaciones MICRO	21
4.5 Construcción de la fosa de patológicos	21
4.6 Barda perimetral	22
5. OPERACIÓN DE LA CELDA	24
5.1 Condiciones de los residuos que se recibirán en la celda	24
5.2 Operación diaria de la celda de residuos no patológicos	26
5.3 Operación de la fosa de residuos patológicos	28
5.4 Operación en el caso de población MICRO	29
6. MONITOREO DE BIOGÁS, LIXIVIADOS, ASENTAMIENTOS Y SOBREVIVENCIA DE ARBOLES	31
7. INSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN DE LA CELDA	32
8. CLAUSURA DE LA TRINCHERA	34
9. COSTOS	35
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	36
ANEXO	

1. INTRODUCCIÓN

Este documento técnico tiene como objetivo fortalecer la gestión operativa externa de los residuos peligrosos generados en los establecimientos de salud para ciudades grandes, intermedias y pequeñas del país, a través del diseño de una celda de seguridad para la disposición final de los mismos, que incluya todos los aspectos técnicos que garanticen una operación segura y ambientalmente viable, la cual va a repercutir en el manejo de estos residuos en los establecimientos de salud debido a que se impulsará la minimización de la generación por la separación en la fuente generadora propiciando un mayor tiempo de vida de la celda de seguridad.

La celda de seguridad es la obra de ingeniería que permite controlar la contaminación que pueden ocasionar los residuos peligrosos generados en establecimientos de salud a través de una disposición adecuada, evitando que estos se dispersen y puedan generar un problema de salud y al medio ambiente.

Esta obra está principalmente dirigida a solucionar los problemas de la disposición final de los residuos generados en establecimientos de salud de tamaño mediano y pequeño. No es muy recomendable en ciudades grandes debido a la gran cantidad de residuos que se producen superior a los 10,000 kg/día que lo hace no operativo, sin embargo si es factible que en estos tamaños de ciudad se cuente con la fosa de patológicos como complemento a otro tipo de tratamiento distinto a una celda de seguridad con la finalidad de evitar la incineración.

La disposición final de los residuos peligrosos generados en los establecimientos de salud está relacionada a la cantidad de servicios de salud que existan en la ciudad; que se relaciona al tamaño de la población que dan como consecuencia la cantidad de residuos generados. Por lo anterior no siempre una celda de seguridad es la mejor alternativa, en la tabla se presentan las alternativas que se encuentran para la disposición final de los residuos peligrosos generados en establecimientos de salud.

Tabla 1. Tipos de tratamiento y disposición final por tamaño de población

TAMAÑO DE LA CIUDAD	Rangos de poblacional (*)	Equipos e instalaciones recomendadas para el tratamiento y disposición final de los residuos
GRANDE	De 200,001 a más de 1'000,000	➤ Uso de autoclave y triturador con una fosa para patológicos (ya que este tipo de residuo no se puede tratar en el autoclave)
MEDIANAS	De 50,001 a 200,000	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uso de autoclave y triturador con fosa de patológicos ➤ Uso de celda de seguridad para residuos peligrosos no patológicos (con uso de maquinaria) y fosa de patológicos
PEQUEÑA	De 15,001 a 50,000	➤ Celda de no patológicos (con uso de maquinaria) y fosa de patológicos
MICRO	Menos de 15,000	➤ Celda de no patógenos (con uso de herramientas manuales) y fosa de patológicos

(*) **Fuente:** Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud, Washington, DC. EU, 2005. pp. 6

Este documento presenta los lineamientos para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, vigilancia, control y clausura de las celdas de seguridad para los residuos peligrosos generados en establecimientos de salud para ciudades grandes, medianas, pequeñas y micro.

2. SELECCIÓN DEL SITIO

La selección del sitio para la construcción de una celda de seguridad para disponer los residuos peligrosos generados en establecimientos de salud puede ser considerada un terreno limpio que no haya sido impactado por la presencia de residuos o cuando ya se cuenta con un terreno que tiene un relleno sanitario o existe un vertedero de residuos a cielo abierto que tiene suficiente área para hacer nuevas obras.

2.1. Criterios de selección del sitio fuera de un lugar ya impactado

La selección de un sitio es el primer paso en el diseño de una celda de seguridad. La importancia de una planeación en el proceso de selección es vital para asegurar que el diseño cumpla con todos los requerimientos que aseguren su adecuada ubicación y futura operación. El reconocimiento no solamente de factores técnicos, sino también de factores ambientales, económicos, sociales y políticos, es muy importante.

El objetivo de la selección de sitios es encontrar un lugar donde la disposición de los residuos peligrosos generados en los establecimientos de salud pueda realizarse de forma segura para evitar trastorno del ambiente y la salud humana, además que sea económicamente accesible.

Los criterios que se deben tener en cuenta en la selección del sitio para la construcción y operación de una celda de seguridad para la disposición final de los residuos peligrosos generados en establecimientos de salud son los siguientes:

Compatibilidad del lugar con los planes de uso del suelo: Se verificará que los planes de desarrollo urbano, programas de ordenamiento territorial, etc., sean compatibles con los que cuente el municipio para la ubicación de la infraestructura de saneamiento dentro de su territorio.

Que existan vías accesibles al sitio: Esto con la finalidad de que las operaciones no se entorpezcan y exista un libre tránsito, el terreno debe estar cerca de una vía principal, para que su acceso sea fácil y resulte más económico el transporte de los residuos. Estas deben permitir el ingreso fácil, seguro y rápido a los vehículos recolectores hasta el frente de trabajo en todas las épocas del año.

Contar con la cantidad adecuada de material de cobertura: El terreno debe tener acceso al banco de material de cobertura que tenga un buen contenido de arcilla. Cuando sea escaso en el propio sitio, se debe garantizar su adquisición en forma permanente y suficiente, teniendo en cuenta su disponibilidad en lugares vecinos para reducir los costos de transporte.

El área debe ser lo suficientemente grande para tener una vida útil de por lo menos 5 años: El área del sitio debe ser suficientemente grande para permitir su utilización a largo plazo, a fin de que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación y las obras de infraestructura.

Las distancias mínimas a aeropuertos serán de 13 Km: Esta distancia permite evitar que la presencia de aves propias de la operación de los rellenos sanitarios constituyan un riesgo para los aviones al momento de aproximación a la pista de aterrizaje o al despegue.

No ubicarse dentro de áreas naturales protegidas: Investigar los mapas de demarcación de las áreas naturales protegidas de la zona para estar seguros que no se encuentren en esos lugares, ya que la obra no es compatible con estas áreas.

Respetar los derechos de vía de obras civiles tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc. Debido a que esta obra sanitaria requiere de hacer modificaciones en el terreno, que pudieran ocasionar rupturas de tuberías a trabajar con la maquinaria pesada u otro daño a este tipo de instalaciones.

Ubicarse fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años: Esto para no tener un lugar factible de inundación lo cual dañaría a la celda de seguridad.

No ubicarse en zonas de pantanos, marismas y similares: Al ubicarse en este tipo de lugares se puede correr el riesgo de hundimientos o que se colapse el suelo provocando que los residuos salgan de la celda o la trinchera.

La distancia de ubicación con respecto a cuerpos de aguas superficiales, será de 500 m como mínimo: Esto para evitar que los lixiviados que se generen contaminen los cuerpos de agua superficial.

La distancia de ubicación con respecto a pozos de agua subterránea, será de 500 m como mínimo: Los lixiviados que se lleguen a producir, pueden llegar a filtrarse y contaminar el acuífero.

La distancia del sitio a la población más cercana debe ser como mínimo 500 m: Esto principalmente para evitar tener contacto con los residuos y provoquen problemas de salud en la población por gases, partículas suspendidas, residuos que vuelen, proliferación de fauna nociva.

Es recomendable evaluar 2 ó 3 lugares tomando en cuenta los criterios antes mencionados.

Sin embargo, cuando la ciudad cuente con un sitio de disposición final como un relleno sanitario y en este lugar haya terreno suficiente para la construcción de la celda de seguridad entonces se debe considerar el lugar como el idóneo.

2.2. Criterios para la selección de sitio dentro de un relleno sanitario

Previo a la evaluación del lugar se debe realizar la consulta con las autoridades del relleno sanitario (los dueños y quienes los operan), para conocer la disponibilidad y aceptación de la idea de construir en el sitio una celda de seguridad de residuos peligrosos generados en establecimientos de salud.

En el caso que exista la buena disposición para aceptar la instalación de la celda en el predio se recomienda evaluar los siguientes aspectos:

- a. Verificar si el terreno tiene un estudio de impacto ambiental y si éste no tiene restricciones para la instalación de una celda de seguridad.
- b. Verificar que las maquinarias a usar se encuentran en buen estado y que son suficientes para que puedan ser usadas en la celda sin que esto genere retraso en la operación del relleno sanitario.

- c. Conocer la situación económica de la operación, las condiciones de propiedad del terreno, las dimensiones reales del predio.
- d. Se seleccionaran varias alternativas dentro de los límites del relleno sanitario que no impliquen corte de cerros o gran uso de maquinaria para su acondicionamiento, ni que se encuentren dentro del plano de proyección de crecimiento de la celda.
- e. La ubicación de la celda de seguridad debe estar en una zona que no obstruya el tráfico de los camiones que llevan los residuos sólidos urbanos, ni muy lejos del tiro del relleno más de 500m ya que esto ocasionará un gasto adicional de combustible para el desplazamiento de las maquinas.
- f. La celda de seguridad debe quedar ubicada lejos de la laguna de lixiviados y de los cárcamos de lixiviados, de preferencia a un lado del relleno sanitario tomando en cuenta la pendiente del terreno del relleno para no recibir los escurrimientos de este.

3. DISEÑO DE LA CELDA DE SEGURIDAD

La celda de seguridad es una unidad básica de construcción y en ella queda completamente confinados los residuos que llegan a diario al sitio.

En el caso de la celda de seguridad para disposición de residuos peligrosos de establecimientos de salud, se recibirán solo los residuos que son catalogados como peligrosos y que por razones de beneficio para la disposición final se separarán en dos grupos: los residuos provenientes de la atención al paciente (algodones, gasas, jeringas, punzocortantes, venoclisis, etc) y los residuo de tipo patológico en el que se incluye las piezas anatómicas, material de análisis de muestras y fluidos corporales.

Por lo anterior se ha diseñado una celda de seguridad compuesta por dos sub celdas las cuales servirán para disponer de forma separada a los dos tipos de residuos peligrosos, antes mencionados, lo cual hará que sea más eficiente la degradación y el control de la posible contaminación generada por estos residuos.

3.1. Generación de residuos

Es de primordial importancia para abordar cualquier programa para el control de residuos hospitalarios, ser caracterizados cualitativa y cuantitativamente, así como identificar las áreas que los generan, ello permitirá dimensionar los espacios físicos necesarios para el manejo de los diferentes tipos de residuos (celda de no patológicos), decidir acertadamente acerca de que opciones se deben utilizar para su tratamiento (fosa de patológicos), así como seleccionar los equipos y dispositivos más convenientes para tal propósito (autoclaves o trituradoras)

Tanto para el diseño de la celda como de la fosa es necesario conocer la cantidad de residuos generados

a) Generación Total

Para determinar la cantidad total de residuos que se generan en un establecimiento de salud se necesita los datos de la generación per cápita y el número de camas.

Para el cálculo se usara la siguiente ecuación:

$$GT = G.P * N.C.$$

GT = Generación Total

G.P =Generación Per cápita

N.C = Número de camas (se tomaran el número total de camas del sitio de estudio)

b) Generación por tipo de residuo

Para determinar el porcentaje de la composición de residuos deseada se utilizará la siguiente formula:

$$RC \text{ (Residuos comunes)} = CT \times \% \text{ de residuos comunes}$$

$$RP \text{ (Residuos Peligrosos (biológico infecciosos))} = CT \times \% \text{ de residuos peligrosos}$$

Por lo anterior se tiene que de los residuos peligrosos existe un porcentaje que son los de características patológicas (piezas anatómicas) y los que provienen de la atención al paciente denominados residuos no patológicos. Por lo tanto se tiene:

$$\text{Residuos no patológicos} = RP \times \% \text{ de residuos peligrosos no patológicos}$$

$$\text{Residuos patológicos} = RP \times \% \text{ de residuos peligrosos patológicos}$$

En el caso de no contar con un estudio de caracterización se puede considerar los siguientes valores, los cuales son el resultado de los estudios realizados en varios centros de salud en el mundo.

Estos valores se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 2. Porcentaje por tipo de residuos hospitalarios

Tipo	Porcentaje de Residuos
Residuos Comunes	72 %
Residuos Peligrosos	28 %

Los porcentajes por tipo de residuos peligrosos son:

Tabla 3. Porcentaje por tipo de residuos peligrosos

Residuos Peligrosos	Porcentaje de Residuos
Residuos No Patológicos	95 %
Residuos Patológicos	5 %

Fuente: "Infectious Waste Incineration", Frank L. Cross, Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal. Mc. Graw-Hill, 1988

3.2. Celdas de residuos peligrosos no patológicos

La celda está constituida principalmente de una trinchera a la que llegan los residuos generados en establecimiento de salud como son: residuos de atención al paciente (algodones, gasas, yesos, jeringas, agujas, etc) y residuos químicos peligrosos (medicamentos caducos, sustancias de laboratorio, placas de rayos X, etc) que vendrán en bolsas etiquetadas y separados de los residuos comunes.

Cuando se puede lograr una separación de los residuos químicos peligrosos en la fuente de forma eficiente estos pueden ser solidificados en el bloque de cemento y ser dispuestos en áreas aledañas a la celda, ya que la única otra opción de tratamiento de estos residuos es la incineración la cual no es viable por sus altos costos.

Las dimensiones de la trinchera se calcula con la formula siguiente:

$$V = A * P * L$$

Dónde: A: Ancho; P: Profundidad; L: Largo

La obtención del tiempo de vida útil de la trinchera se determina con la formula siguiente:

$$T = V / (CRNP/DC)$$

Dónde:

T: Tiempo de vía útil (días)

V: Volumen de la trinchera (m³)

CRNP: Cantidad de residuos no patológicos (kg/día)

DC: Densidad de compactación: (kg/m³) (considerando los equipos de compactación mecánico estos pueden variar de 600 a 850 kg/m³)

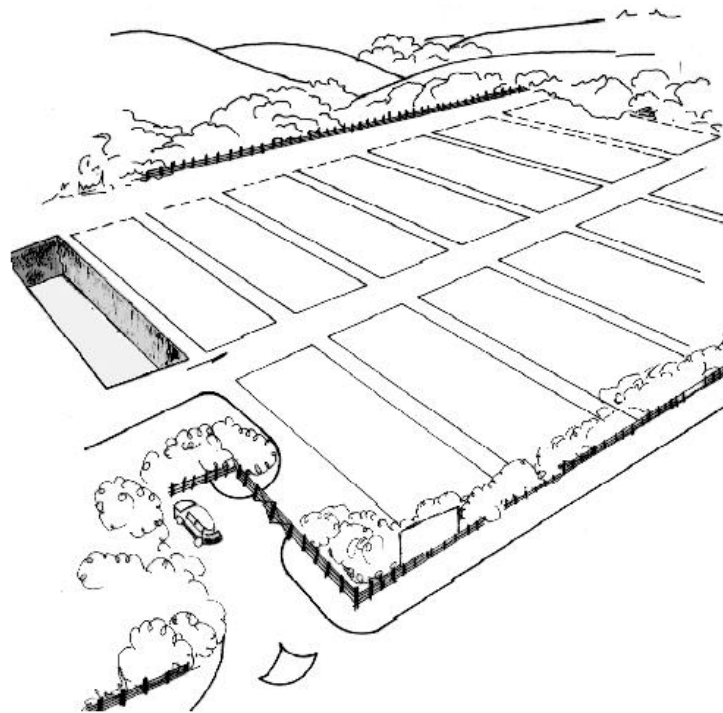


Figura 1. Celdas de seguridad para residuos no patológicos

3.3. Fosa de residuos patológicos

Estos residuos tienen la característica que son de fácil degradación por lo que pueden ser dispuesto de forma especial para aprovechar esta característica manteniendo las medidas de seguridad para controlar a los microorganismos patógenos.

Tomando en cuenta la degradación de la materia orgánica de alimentos que es del 83% (Robles, 2005) y que ésta es similar a la de los tejidos humanos se tendrá una reducción del volumen a corto tiempo por la fácil degradación de estos materiales y así aumentar el tiempo de vida útil de la fosa durante su operación, haciendo un impacto menor al medio ambiente, y obteniendo bajos costos de construcción y operación.

La principal preocupación respecto al manejo de los residuos anatómicos, es debido a la alta probabilidad de contagio de agentes patógenos que se encuentren presentes en los residuos o fluido corporales.

Los microorganismos patógenos más comunes presentes en estos residuos son:

a) Bacterias

- Bacilo enféricos
- Coliformes fecales
- Salmonella thyphi
- Shiguella sp
- Pseudomonas sp.
- Estreptococos
- Staphilococo aureus

b) Hongos

- Candida albicans

c) Virus

- Polio tipo-I
- Virus de la hepatitis A y B
- Influenza
- Virus entéricos

Por otro lado se piensa, de manera general, que todos los patógenos sobreviven por igual dentro de los residuos, esto no es del todo cierto, lo cual se demuestra con los valores promedios de supervivencia en días, de algunos microorganismos más característicos:

Tabla 4. Supervivencia de los microorganismos

Microorganismos	Supervivencia en días en condiciones ambientales
Salmonella Thyphi	29 - 70
Etamoeba Histolytica	8 – 12
Virus polio tipo-1	20 -170
Mycobacterium tuberculosis	150 – 180

Fuente: K.F. Suberkroo and M.J. Klug, 1993.

Sin embargo existen factores que afectan el crecimiento de la población de los microorganismos provocando la muerte, como es el caso de la Salmonella la cual es muy frágil fuera de sus condiciones especiales, como se observa en la tabla adjunta:

Tabla 5. Parámetros de sobrevivencia para la salmonella

Condiciones	Mínimo	Optimo	Máximo
Temperatura	5.2 °C	35 – 43 °C	46.2 °C
pH	3.8	7 – 7.5	9.5
Actividad de agua	0.94	0.99	0.99

Fuente : Microorganismos. www.ispch.cl/lab_amb/serv_lab/salmonella.html

Los factores de crecimiento, muerte y/o supervivencia de la Etamoeba Histolytica, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 6. Parámetros de sobrevivencia para la Etamoeba Histolytica

Condiciones	Mínimo	Optimo	Máximo
Temperatura	6.5 °C	37 °C	40 °C
pH	3	7.5	9.5
Actividad de agua	0.94	0.99	0.99

Fuente: Microorganismos. www.ispch.cl/lab_amb/serv_lab/salmonella.html

De lo anterior, se puede llegar a la conclusión que el diseño de la fosa para patológicos debe ser realizado de tal manera que garantice las condiciones adversas para los microorganismos patológicos.

Esta fosa es diseñada sin revestimiento de concreto ni con geomembrana, ya que solo acumularía los residuos sin posibilidad a que estos se integren con el terreno al llegar a la última etapa de la descomposición anaerobia donde se forma el humos el cual es el grado superior de descomposición de la materia orgánica y el equivalente a la tierra negra.

Al no contar con oxígeno debido a que la fosa tiene tapa, se presentara una digestión anaerobia la cual alcanzará una temperatura de 45° a 50°C (Graindorge, 1990), las cuales son temperaturas no óptimas para la sobrevivencia de estos microorganismos. Otra consideración es la colocación de cal en la base de la fosa durante la construcción que cambiaran el pH logrando valores de 12 (Christy, W.R. 1990) (Boynton, Robert. 1980), los cuales son sumamente altos para la sobrevivencia de los microorganismos. Con lo anterior se puede afirmar que la forma de la fosa y el uso de

cal garantizan una degradación completa y un control de los microorganismos patógenos que pudieran traer los residuos.

En la figura 2 se observa el modelo de la fosa para residuos patológicos.

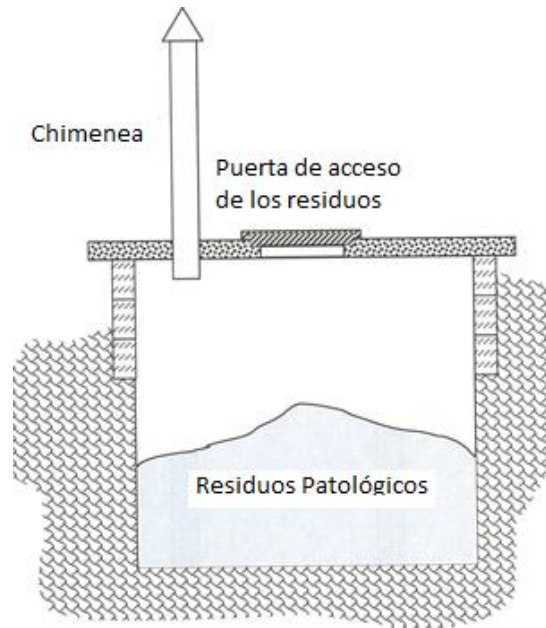


Figura 2. Fosa para residuos peligrosos patológicos

Las dimensiones de la fosa se calcula con la formula siguiente:

$$V = A * P * L$$

Dónde: A: Ancho; P: Profundidad; L: Largo

La obtención del tiempo de vida útil de fosa se determina con la formula siguiente:

$$T = V / (FRP/D)$$

Dónde:

T: Tiempo de vía útil (días)

V: Volumen de la fosa (m³)

FRP: Cantidad de residuos patológicos (kg/día)

D: Densidad del residuo sin compactar: (kg/m³) (se puede considerar la densidad de la placenta de 345.67 kg/m³ (determinada en campo)).

4. CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de la celda de seguridad es necesario definir el tamaño de ésta, como se dijo al inicio es recomendable este tipo de celda para poblaciones medianas y pequeñas.

4.1 Tamaño de la celda de residuos peligrosos generados en establecimientos de salud.

Como se ha mencionado anteriormente la cantidad de residuos generados es muy importante, y dependiendo de este valor se dimensionará las celdas y las fosas para tener un buen control de la disposición final.

En la tabla se presentan dimensiones de la celda:

Tabla 7. Dimensiones de las celdas por tamaño de población

CIUDAD	Rangos de poblacional	Dimensiones de trinchera de celda de residuos no patológicos	Fosa Sanitaria para residuos patológicos
MEDIANA	De 50,001 a 200,000	2 m de altura por 10 m de ancho y la longitud depende de las dimensiones del terreno	3 m de altura por 2 m de ancho y 2 de longitud.
PEQUEÑA	De 15,001 a 50,000	2 m de altura por 10 m de ancho y la longitud depende de dimensiones del terreno	3 m de altura por 1.5 m de ancho y 1.5 de longitud.
MICRO	menos de 15,000 habitantes	1 m de altura por 5 m de ancho y la longitud depende de dimensiones del terreno	2 m de altura por 1 m de ancho y 1 de longitud.

En ciudades micro de menos de 15,000 habitantes, las celdas pueden ser construidas y operadas manualmente, debido a la falta de recursos para la maquinaria además que la cantidad del residuo generado es menor y no lo requiere.

4.2. Tipos de celda

La celda puede ser construida tomando en cuenta cualquiera de los métodos que se usan para la construcción de rellenos manuales de Residuos Sólidos Urbanos, a través de la construcción de una trinchera (escavando el terreno) o a través de la asignación de un área para construir un talud sobre el terreno, aprovechando una hondonada. Sin embargo para el caso de los residuos peligrosos generados en establecimientos de salud es preferible el uso de trincheras para tener un mejor control de estos.

Método de Trinchera

Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimiento de tierras.

Este método consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado de la trinchera (talud 3:1), donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas, que después serán cubiertas con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día esparciéndolo y compactándolo sobre los residuos. También puede ser cubierta con lona, en este caso, se descubrirá diario para su operación.

Una de las ventajas de este método es que provee de material de cobertura.

Método de Área

Este método se puede usar en cualquier tipo de terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos y depresiones; un punto importante en este método para que el relleno sea económico, es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a éste. El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas iniciando en un extremo y aprovechando un talud el cual puede ser natural avanzando hasta el extremo del área a rellenar.

4.3. Características de construcción de la celda

4.3.1. Celda de residuos peligrosos no patológicos

Para construir la celda se deben seguir los siguientes pasos:

- ❖ Preparación del terreno
- ❖ Drenaje pluvial
- ❖ Impermeabilización de la celda

Este tipo de celda no considera la colocación de chimeneas de biogás, ni drenajes de lixiviado, debido a que no contendrá materia orgánica que genere biogás y lixiviado.

Preparación del sitio

En el terreno se debe preparar un área que sirva de base para la construcción de la celda o la trinchera, algunas veces será necesaria la tala de árboles y arbustos para que no sean un obstáculo durante la operación de la maquinaria. Esta limpieza se hará por etapas y de acuerdo con el avance de la obra, de este modo que se evite la erosión del terreno.

En el caso que existan arboles pequeños en etapa de crecimiento, estos deben ser removidos y trasplantados a otra área y pueden servir para la creación de la cortina vegetal del pedio. Si se realiza el trasplante se debe contar con un programa de monitoreo de sobrevivencia de los árboles.

Hay que conservar y almacenar la cubierta vegetal de las áreas iniciales, ya que servirá para la siembra de pasto cuando se clausure la celda.

Una de las mayores dificultades que se presentan en las pequeñas poblaciones, aparte de la adquisición del terreno para la construcción de la celda, es el préstamo o arriendo del equipo pesado para el movimiento de tierras inicial que permita abrir el camino de acceso para el vehículo recolector y preparar la trinchera, por lo que es conveniente que estos sean usados de forma eficiente para lo que se recomienda que se hagan estas actividades en épocas que no sean de lluvias.

Drenaje de pluviales

Las aguas de lluvia que caen sobre las áreas vecinas podrían escurrirse a la celda, lo que dificulta la operación de ésta. Interceptar y desviar el escurrimiento de aguas de lluvia por medio de un canal perimetral fuera de la celda de seguridad es un elemento fundamental de su infraestructura, que contribuirá a reducir el volumen del líquido percolado y mejorar las condiciones de operación.

La canaleta debe ser construida a una distancia de 1 m con respecto al perímetro de la trinchera.

El canal se puede construir de distintas formas y con distintos materiales como son:

Canaleta revestida de cemento: esta canaleta generalmente es de forma trapezoidal a la cual se le reviste con una capa de 3 cm con cemento, las características de la canaleta son:

Ancho superior de la canaleta: 0.30 m

Ancho inferior de la canaleta: 0.20 m

Profundidad de la canaleta: 0.30 m

Canaleta revestida con geomembrana: Es una alternativa usada cuando la canaleta es semi circular y se cuenta con geomembrana que permite revestir la canaleta lo que da mejor fluidez al agua de lluvia. Las características de la canaleta son:

Ancho superior de la canaleta: 0.30 m

Profundidad de la canaleta: 0.30 m

Canaleta de paso vehicular: Es una canaleta de forma triangular con un ángulo de apertura muy grande que permita el paso de los vehículos y maquinaria sin que constituya un problema para su paso, pero que a la vez permita que el flujo de agua de lluvia no se detenga.

Las características son:

Profundidad de la canaleta: 0.15m

Ancho de la canaleta: 1m.

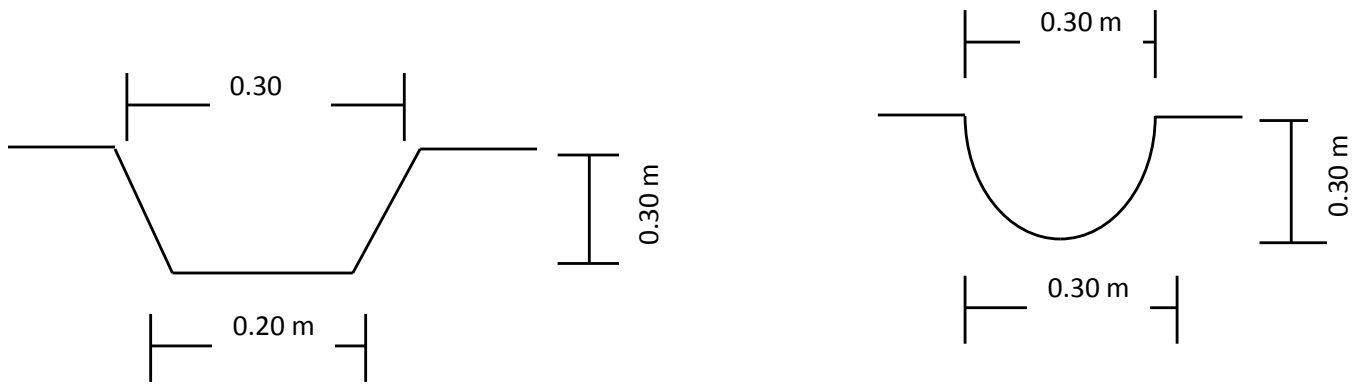


Figura 3. Tipos de drenaje pluvial

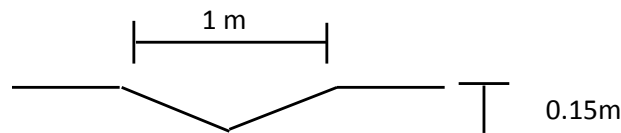


Figura 4. Canaleta pluvial de paso de vehículos

Impermeabilización de terreno

En la construcción de la celda de seguridad se utilizara algún tipo de revestimiento que permita impermeabilizar el área que retarde o evite la migración de lixiviados, y sus compuestos tóxicos al subsuelo.

El uso de arcilla como medio impermeabilizante es bastante común, sobre el terreno emparejado se colocarán 0.20 metros de arcilla compactada. Este material se colocará en capas de 0.10 metros, para alcanzar una compactación del 90% de la prueba de ensayo Proctor Modificado que permitirá tener una permeabilidad de $k_f = 10^{-6}$ que constituye una buena barrera geológica. El objetivo de esta barrera es minimizar la cantidad de aguas lixiviadas que se infiltran al suelo, al fin de proteger las capas freáticas, disminuir la velocidad de difusión de contaminantes en el suelo.

La capa de arcilla compactada, deberá mantenerse permanentemente húmeda para evitar su agrietamiento, hasta que se cubra con los residuos, por lo que se

recomienda construir esta capa impermeable, solo con la extensión necesaria para construir la celda de seguridad.

Otra opción es el uso del polietileno de alta densidad (geomembrana) de 1 mm, esta barrera artificial se debe colocar sobre una capa de arcilla ó arena la cual tiene un espesores de 20 a 30 cm, esta capa evita que la geomembrana se perfora por alguna piedra que se encuentre en el suelo.

En ocasiones las geomembranas son usadas con geotextiles (tejidos esponjosos) con el fin de protegerlas de desgarramientos y/o punzonamientos.

Techo provisional:

En temporadas de lluvias, la celda al ser de tipo trinchera tiene una gran posibilidad de inundarse si es que no se toman las medidas adecuadas. Un techo provisional de palma o lona, será muy importante para evitar esta situación.

Este techo debe ser a dos aguas y se construye de varas de bambú o palma (material que se encuentre en la zona) ancladas al piso externo de la trinchera.

Las dimensiones deben ser de acuerdo a las de la trinchera quedando medio metro por fuera de ésta para que el agua escurra hacia las canaletas de drenaje pluvial. Los postes deben ser enterrados por lo menos 0.80m para dejarlos bien fijos al suelo. Los postes laterales deben estar separados máximo cada 2 m. y la altura deberá ser máximo de 1.5 m. esto con la finalidad que el viento no lo maltrate. Es importante usar materiales de la zona porque son más ligeros y económicos, para una construcción provisional que será retirada luego de clausurada la primera trinchera y podrá ser usada en la siguiente celda.





Figuras 5 y 6. Modelo de techo provisional

4.4. Construcción de celda para poblaciones MICRO

La celda de seguridad puede ser construida de forma manual usando palas, picos, carretillas. La compactación del suelo de la base de la trinchera para colocar los residuos peligrosos no anatómicos será mediante pisones o rodillos manuales. El material extraído se colocará al lado de la trinchera y servirá como material de cobertura. Esta tierra se puede cubrir con sacos o costales de plástico reciclados y sujetos con piedras.

4.5 Construcción de la fosa de patológicos

La fosa de patológico es una construcción simple con el propósito de degradar la materia orgánica y reducir su volumen, mediante un área totalmente protegida para que no esté en contacto con animales y personas.

Las características de la fosa son:

Fosa: Es una excavación en la tierra, en forma de prisma rectangular la cual no tiene revestimiento de concreto ni geomembrana en las paredes ni en la base.

Alto: Este puede variar de 1 a 3 metros como máximo. Es importante verificar que la napa freática se encuentra por lo menos a 1 metros de la base de la fosa.

Ancho y largo: Principalmente se espera un cuadrado y las dimensiones pueden ser de 1 a 2 metros.

Medias paredes superiores: Es recomendable colocar una media pared en las paredes de la parte superior de la fosa de 0.50m de largo y de 0.05 m de espesor, la cuales rodearan toda la parte superior de la fosa lo que permitirá un soporte para la plancha de concreto que servirá de tapa.

Base de la fosa: En la base se colocará una capa de 0.10m de cal la cual será compactada manualmente.

Tapa: La tapa será de concreto la cual será fija y tendrá una segunda tapa de concreto o metal de 0.80m de cada lado, este debe estar colocado de preferencia en el centro y tener una asa para levantarlo, por lo que no debe ser tan pesado, además debe tener una armella que permita asegurar con un candado la tapa a la base de concreto.

Chimenea de biogás: El biogás es la mezcla de gases los cuales están compuestos de metano y dióxido de carbono, los principales productos de la descomposición anaerobia de la fracción orgánica biodegradable que se presenta en los residuos. Otros componentes del biogás incluyen el nitrógeno atmosférico, oxígeno, amoníaco y compuestos orgánicos en trazas.

La chimenea para la extracción del biogás permite evitar que el gas se acumule en el interior de la fosa o migre hacia terrenos vecinos, es una estructura metálica de 1 metro de altura con un diámetro de 2" a 3" la cual va insertada en un lado de la plancha de concreto que sirve de tapa a la fosa. En la parte superior cuenta con una caperuza de metal que impide el paso del agua de lluvia, como se muestra en la figura.

4.6. Barda perimetral

Se colocará una cerca perimetral para evitar el acceso de personal no autorizado y animales, está cerca puede estar rodeando a las celdas iniciales y posteriormente moviendo de lugar dependiendo la ubicación de las celdas subsiguientes, o puede construirse desde el principio rodeando toda el área designada para la construcción de las celdas de seguridad.

En el caso que la barda sea para todo el área de celdas de seguridad deberá tener una puerta de acceso la cual será de dos puertas de 1.50m cada una para que puedan pasar los vehículos de transporte de residuos y la maquinaria.

La barda tendrá una altura de 2 metros y puede ser alambre de gallinero. Los postes extremos se colocan al principio y al final del cerramiento, los postes intermedios cada 3 m y los postes de tensión cada 30 m de tramo largos. Estos deben estar fijos al piso como se observa en la figura 7.

No se recomienda usar una cerca con alambre de púas ya que ésta no evita el paso de animales pequeños como gatos y perros.

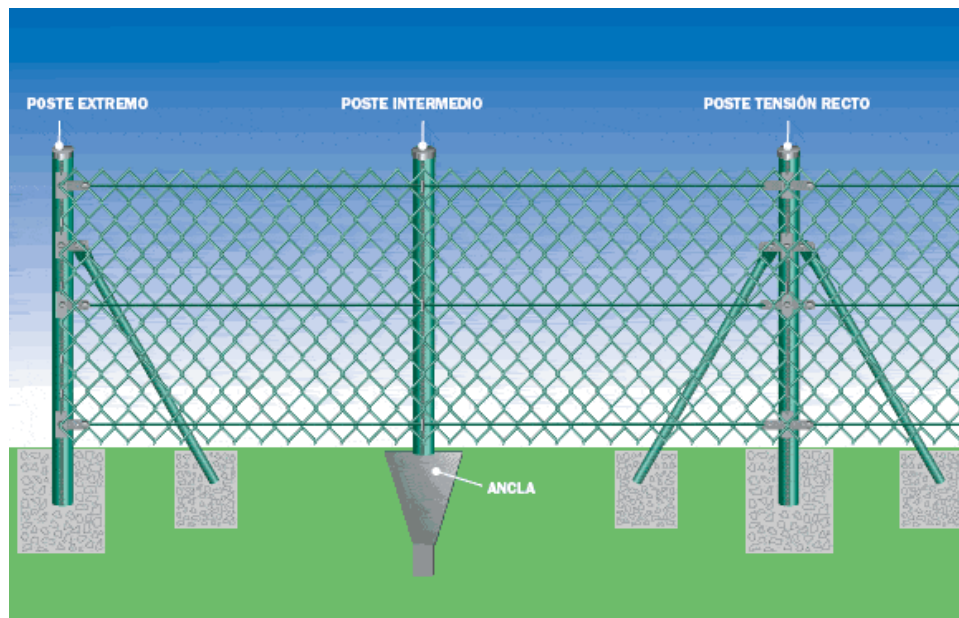


Figura 7. Barda perimetral

5. OPERACIÓN DE LA CELDA

El proceso de operación de la celda de seguridad es similar en los casos de celdas para poblaciones grandes y medianas, mientras que para pequeñas, se pueden utilizar instrumentos manuales para la compactación y acomodo de los residuos.

5.1 Condiciones de los residuos que se recibirán en la celda

Para que la celda de seguridad cumpla con sus objetivos, es fundamental que los residuos lleguen al sitio de disposición final previamente separados.

Esta debe ser una responsabilidad del estable de salud, el transportista y el personal de las celdas de seguridad, vigilado estrictamente por el municipio y las autoridades de salud.

En los establecimientos de salud son los primeros en la separación de los residuos, estos deben separar en primera instancia a los residuos comunes de los peligrosos y dentro de estos diferenciar a los patológicos, debido a que tendrán una disposición final diferente a los demás residuos peligrosos.

Se debe capacitar a todo el personal médico, de enfermería, administrativo, personal de servicios varios, permanente o temporal, en función a la correcta segregación de los residuos en el punto de generación.

El operador del vehículo de transporte de residuos peligrosos no deben recibir los residuos que no se encuentre con la condición antes mencionada, en caso de encontrar la mezcla deberá levantar un reporte y avisar al responsable de limpieza en el establecimiento de salud para que esta situación se corrija.

Se debe clasificar, separar y envasar todos los residuos generados, en recipientes debidamente identificados, rotulados y de fácil manejo, conforme a lo siguiente:

Tabla 8. Tipos de envases para depositar los residuos comunes

RESIDUO	ESTADO FISICO	ENVASE	COLOR
COMUNES (comida, papelería, envases y otros)	Solidos	Bolsa de plástico	Negro
VIDRIO	Sólidos	Recipientes rígidos o de cartón grueso	Negro

Tabla 9. Tipos de envases para depositar los residuos peligrosos no patológicos

RESIDUO	ESTADO FISICO	ENVASE	COLOR
INFECCIOSOS (sangre líquida o en coagulación, plasma, suero, paquete globular, algodón, gasas, cultivos y cepas de agentes infecciosos, restos de comida de salas de aislamiento)	Sólidos	Bolsas de plástico	Rojo
	Líquidos y sólidos que pueden drenar abundantes líquidos.	Recipientes herméticos colocados en bolsas plásticas	
PUNZOCORTANTES (cualquier objeto punzó cortante residuo)	Sólidos	Recipientes rígidos y o de cartón colocados en bolsas plásticas	Rojo
QUÍMICOS	Sólidos	Doble bolsa de plástico cuando sus características lo permitan	Rojo
	Líquidos	Envases originales	
RADIOACTIVOS (Cualquier residuo contaminado con radio nucleídos)	Sólidos	Contenedores originales o envases que garanticen adecuada protección	Rojo
	Líquidos	Contenedores que garanticen adecuada protección	
VIDRIO	Sólidos	Recipientes rígidos o de cartón grueso	Rojo

Tabla 10. Tipos de envases para depositar los residuos peligrosos patológicos

RESIDUO	ESTADO FÍSICO	ENVASE	COLOR
PATOLÓGICOS (tejidos, órganos, partes provenientes del cuerpo y fetos humanos, cadáveres de animales, así como sangre y fluidos corporales)	Sólidos	Bolsas de plástico	Rojo con el símbolo universal de patológicos
	Líquidos y sólidos que pueden drenar abundantes líquidos	Recipientes herméticos colocados en bolsas plásticas o doble bolsa	

Los residuos patológicos deben estar separados desde su fuente de origen en los quirófanos, sala de partos, etc., en contenedores rígidos, de igual forma dentro del almacén temporal hasta la llegada del camión recolector

Dentro del almacenamiento temporal se tendrán cuidado sobre todo del separar a los residuos de tipo común de los residuos peligrosos. Debe acondicionarse dos espacios separados, uno para residuos comunes y otro para los residuos peligrosos.

El área de almacén temporal debe tener acceso restringido y poderse cerrar con llave, para evitar la manipulación de los residuos por personas ajenas y así evitar que alguien los pueda revolver

Los vehículos para la recolección y transporte externo de los residuos peligrosos generados en los establecimientos de salud, deben tener los residuos separados, patológicos de los no patológicos durante todo el trayecto al sitio de disposición final.

Es importante que el operador del vehículo de transporte, como el responsable del almacén temporal de residuos peligrosos de los establecimientos de salud, registre una bitácora la procedencia (el establecimiento de salud), tipo de residuo y la cantidad de estos antes de subirlos al camión.

5.2. Operación diaria de la celda de residuos no patológicos

La operación de la celda de seguridad será de la siguiente manera

- a. Descarga y acomodo de los residuos: Los camiones recolectores descargarán los residuos en la base y a orillas del fondo de la trinchera y una topadora los empujará desde abajo hacia arriba al pie del talud, con la finalidad de formar una pequeña celda de un frente de 2 a 4 metros, con una altura de 1 metros aproximadamente. Las celdas se acomodarán de forma aledaña hasta cubrir todo el piso de la trinchera en una primera capa, la cual terminará antes de la rampa. Cuando se termine el primer piso de residuos conformado por pequeñas celdas dentro de la trinchera, se comenzará a formar un segundo piso de celdas sucesivas desde el fondo de la trinchera hasta que se complete todo el espacio disponible.
- b. Vertido de cal: Luego de ser acomodados los residuos se les vertirá cal en polvo aproximadamente 3 a 5 kilos por camión diario.
- c. Compactación: La compactación de los residuos sirve para reducir su volumen en aproximadamente un 40 %, mediante sucesivas pasadas del

equipo de compactación que se tenga disponible, en el caso de equipo mecánico este no deberá ser mayor de 5 pasadas, ya que posteriormente no se alcanzan valores de compactación superior pero si un aumento del consumo de combustible. La capa compactada no deberá ser mayor de 0.60 m de espesor para obtener mejor compactación. La terminación de la celda diaria se hará con un talud de 2:1 para realizar el acomodo de los residuos de forma más adecuada.

- d. Recubrimiento diario: Después de la compactación diaria de los residuos es recomendable que se cubran con una lona en vez de cubrir con tierra de esta manera aumentar el tiempo de vida de la trinchera. La ventaja del uso de la lona es porque ésta puede ser reusada para cubrir las demás trincheras durante la etapa de operación. La lona de polietileno debe cubrir todo la trinchera. Esta se retirará diariamente del frente de trabajo para depositar los nuevos residuos. Se recomienda colocar costales con piedras sobre la lona o en perímetro de ésta para evitar que se vuele.
- e. Recubrimiento y terminado final: Al finalizar el llenado de la trinchera se colocará la cobertura de tierra, en la parte superior de ésta, la cual deberá ser de 0.15 m compactada. Es necesario que la compactación de la misma, alcance una densidad de 650 kg/m^3 . Cuando se decida que esta será el último nivel se procederá a la clausura descrita más adelante.

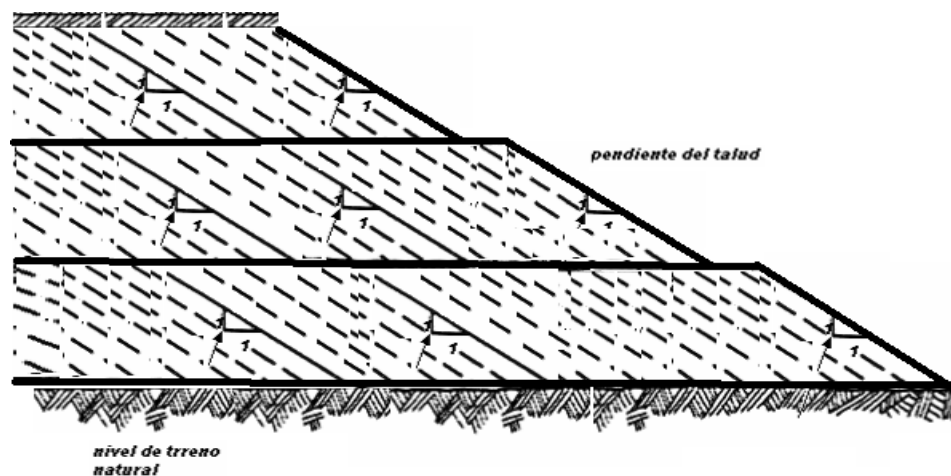


Figura 8: Se presenta la descripción gráfica de la conformación diaria de la trinchera.

5.3 Operación de la fosa de residuos patológicos

En la fosa de residuos patológicos, solo se recibirán los residuos que sean partes anatómicas, muestras y fluidos corporales.

Los residuos pueden venir en bolsas o directamente en contenedores por lo que será necesario que el personal que los vierta a la fosa, cuente con mascarilla, guates hasta el codo y delantal. Los residuos deben vertirse en contenedores y de preferencia sin bolsas. Las bolsas vacías serán dispuestas en la celda de no patológicos.

Luego de depositar los residuos se les agregará cal en una proporción de 0.20 kg de cal por cada 1 kg de residuos patológico.

La principales propiedades de la cal son: su acción higroscópica (reduce la humedad), actúe como fungicida o esterilizador de bacterias nocivas y evita los malos olores.

Se recomienda que se coloque la cal en polvo, esto debido a que si se hecha en forma de lechada causará una acumulación de lixiviados.

Cuando se depositen los residuos anatómicos en la fosa séptica debe asegurarse:

1. No colocar otro tipo de residuos que no sea lo establecido.
2. No depositarlos dentro de bolsas, tambos o contenedores.
3. Agregar Ca(OH)_2 en polvo de forma tal que se cubran todos los residuos.
4. Evitar el contacto directo de cualquier residuo anatómico y siempre utilizar el equipo de seguridad personal durante esta operación.

Uso de la Cal

El óxido de cal, cal o cal viva es un compuesto químico de fórmula CaO . El óxido de calcio reacciona violentamente con el agua, haciendo que ésta alcance los $90\text{ }^\circ\text{C}$. Se forma entonces hidróxido de calcio, también llamado cal apagada o muerta, Ca(OH)_2 .

La hidratación de la cal puede ser una reacción explosiva o llevarse a cabo en minutos, horas o incluso días o meses, dependiendo de varios factores. Por ejemplo, mayor permeabilidad de la roca, alta pureza de CaO , elevada temperatura inicial o una agitación exhaustiva, aumenta la velocidad de la reacción, de forma contraria, al aumentar el tamaño de partícula, la cantidad de humedad o el contenido de MgO , la hidratación se realiza más lentamente.

Es el hidróxido de cal o cal apagada la que se usa comúnmente por no provocar una reacción exotérmica que puede ser un riesgo, su uso e importancia ambiental es reconocido debido a sus buenos resultados y bajo costo.

Dependiendo del proceso de producción de la cal se puede obtener ya sea aragomita, que es un producto con 98% de carbonato de calcio (CaCO_3) o dolomita que es una mezcla de aproximadamente 60% de carbonato de calcio (CaCO_3) y 40% de carbonato de magnesio (MgCO_3).

Es importante mencionar que cada kg de CaO produce 1142 kJ y extrae 0.321 kg de agua, asimismo, se produce alrededor de 685 kJ por la dolomita que extrae 0.19 kg de agua, esto significa que aproximadamente 400g de aragomita viva puede elevar la temperatura de un kg de agua desde 0 a 100 °C.

Ventajas de la estabilización con cal

La estabilización con cal tiene un bajo costo y es muy fácil de operar. La aplicación reduce los olores (minimiza la generación de amoníaco) y por sus condiciones de pH alto totalmente alcalino (pH 12) reduce y en muchos casos elimina la población de organismos patógenos. También precipitar los metales pesados.

5.4 Operación en el caso de población MICRO

La operación de las celdas para poblaciones de tamaño micro se harán con un operario o dos, colocando los residuos no patológicos que lleguen y apisonándoles con el rodillo (con piedras o cemento) o pisón de cemento repitiendo la acción de 5 veces.

Posterior a la compactación de los residuos, se esparcirá cal y luego se cubrirá con tierra o se cubrirá con una lona, la cual será descubierta diariamente para su operación. Es importante conseguir esta lona para no gastar en tierra para la cubierta y hacer que el tiempo debida de la celda sea mayor. En estos casos la recolección de los residuos no es diaria y se puede hacer hasta dos veces por semana, haciendo de esta manera más económica la operación de la celda.

En la figura se presentan algunos tipos de equipos usados:

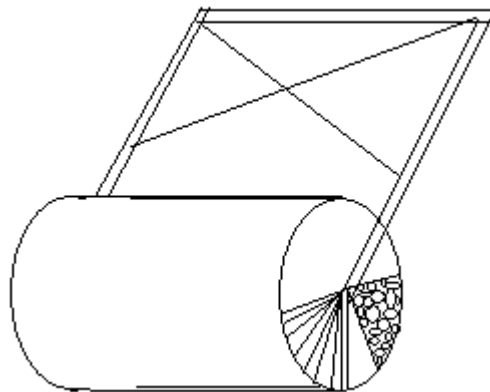


Figura 9. Rodillo manual

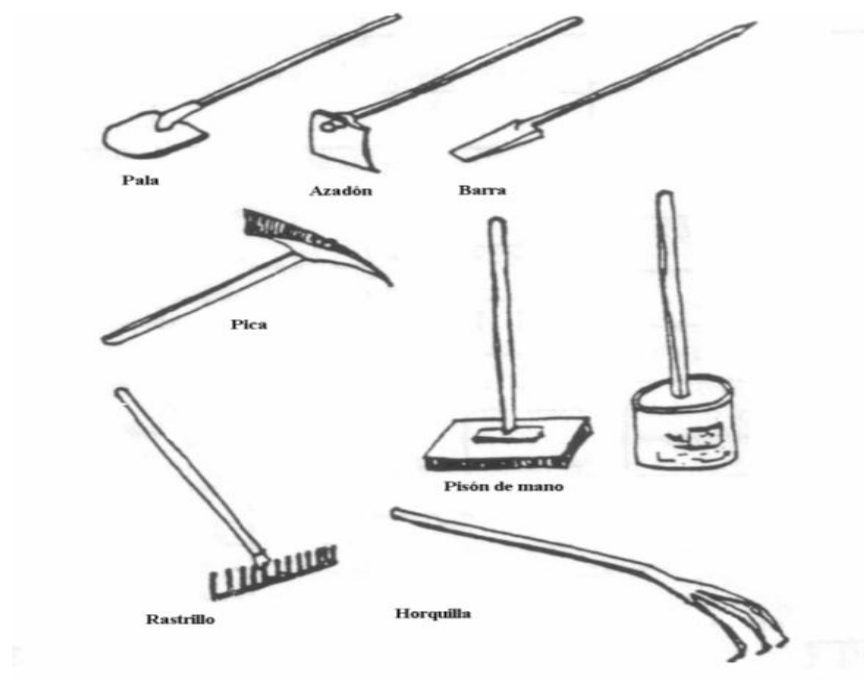


Figura 10. Equipo para la operación de la celda en forma manual.

6. MONITOREO DE BIOGÁS, LIXIVIADOS, ASENTAMIENTOS Y SOBREVIVENCIA DE ARBOLES

En el caso de las celdas de seguridad donde por sus características no generarán lixiviados, no habrá necesidad de que se coloque un sistema de captación de lixiviados ya que además no hay materia orgánica en los residuos de la celda de no patológicos. En la fosa de patológicos no se consideró la colocación de lixiviados por que los residuos son de fácil degradación y los líquidos son evaporados y reaccionan con la cal que se le vertirá.

En el caso del Biogás, de la misma manera que para los lixiviados. Como en la celda de residuos no patológicos no habrá materia orgánica entonces no se generará biogás, por lo que no es necesaria la colocación de chimeneas de biogás. Sin embargo en la fosa de patológicos la formación del biogás es eminente, por lo que se cuidará que la chimenea no este obstruida. Si se percibe que hay una gran cantidad de biogás, se puede colocar un quemador, sin embargo no se espera que se genere mucho gas que mantenga una llama viva de forma constante, esto debido al uso de la cal.

Es necesario que se realice un monitoreo de los asentamientos de las celdas, este se realizará cada 6 meses y luego de los 5 años posteriores a la clausura de la celda se hará verificación anual.

Otro aspecto que debe ser monitoreado es la sobrevivencia de los árboles que se hayan trasplantado al momento de la preparación del sitio, este monitoreo se basa en vigilar que su crecimiento sea constante y en caso que se mueran sean remplazados por otros.

7. INSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN DE LA CELDA

La inspección y la supervisión son actividades orientadas para asegurar que la operación se realice de manera óptima y en consecuencia evitar problemas de salud, económicos, sociales, técnicos y/o ambientales.

La supervisión, se debe entender como la acción de observar un trabajo determinado con el propósito de que éste se realice correctamente. Por otro lado, la inspección, básicamente es la acción de observación para confirmar que un determinado trabajo se realiza de forma adecuada.

Las actividades dentro de la inspección y supervisión son:

- ✓ Verificar que la llegada de los vehículos recolectores respete el horario de operación, ya que este tipo de residuo no puede ser descargado en ningún otro lugar del predio.
- ✓ Prohibir la entrada de personas a la celda a sacar residuos.
- ✓ Verificar que en el registro de entradas y salidas se anoten los siguientes datos: lugar de procedencia, número de placas, hora de ingreso y peso bruto (en el caso de contar con bascula); usando para ello un formato pre establecido. **Anexo 1**, se presenta el formato de la bitácora de entrada de residuos.
- ✓ Vigilar con especial cuidado el procedimiento de pesaje (si lo hubiera) de los vehículos recolectores y los de material de cubierta, para detectar los errores posibles.
- ✓ Verificar que se cuente con el material de cobertura suficiente para cubrir la celda diariamente (en el caso que no se quiera usar la lona) o que se cuente con la lona para el mismo fin.
- ✓ Verificar que se realice un buen mantenimiento de las herramientas, equipos y equipos de protección de los trabajadores.
- ✓ Verificar que el frente de trabajo esté en condiciones operativas en todo momento, aun cuando se presenten lluvias intensas.
- ✓ Revisar que las celdas por construir cada día, sean identificadas por medio de estacas que fijarán los límites de las mismas, estos límites serán indicados a los operadores de los tractores.
- ✓ Vigilar que se compacten correctamente los residuos y el material de cubierta.

- ✓ En caso del uso de equipos rentados, llevar a cabo un registro de horas efectivas de la maquinaria.
- ✓ Observar que los camiones no tiren residuos en su tránsito sino hasta el frente de trabajo de la celda.
- ✓ Verificar que se vierta la cal en la celda de seguridad, después de cada descarga de residuos.
- ✓ Verificar diariamente que en el caso que se construyera la fosa para residuos de tipo patológico se mantenga la tapa cerrada para evitar el ingreso de vectores.
- ✓ Revisar que las vías de acceso, patio de maniobras, redes de drenaje pluvial y superficie terminada de la celda, se mantengan en buenas condiciones operativas.
- ✓ Verificar que el drenaje pluvial esté libre de cualquier objeto (piedras, basura, ramas, tierra, etc) que lo pueda obstruir o impedir el libre flujo del agua de lluvia.

8. CLAUSURA DE LA TRINCHERA

El uso final de la trinchera debe ser considerado durante la fase de diseño, a fin de garantizar el mejor uso futuro del área.

Al clausurar se efectúa cuando no es posible depositar más residuos peligrosos en el sitio. Los planes de clausura deben contemplar:

- ✓ Prevenir la infiltración de agua pluvial hacia el interior de la trinchera;
- ✓ Promover el drenaje del agua superficial hacia fuera del sitio;
- ✓ Prevenir la erosión de la cubierta final; y

Procedimiento para la clausura:

- Se colocará el material de cobertura de 0.30m el cual permanecerá de 2 a 3 meses con la finalidad de verificar si se presentaron asentamientos.
- Posterior a la primera capa se colocará una segunda capa de material de cobertura perfectamente compactado sobre toda la superficie y los taludes (si lo hubiera) de las celdas con una capa de 40 a 60 cm de espesor, compactada en capas de 15 a 20 cm cada una para lograr una mayor compactación.
- En la superficie se procurará una pendiente de 3% para mantener el buen drenaje del agua de las lluvias en la superficie.
- Se medirán los niveles del suelo para verificar en el futuro los posibles asentamientos.
- Se construirá los drenajes pluviales superiores, que serán conectados al canal principal para desalojar el agua de lluvia y evitar su acumulación.
- Se sembrará pasto o grama con el propósito de darle una mejor apariencia al sitio y evitar la erosión.

9. COSTOS

Durante el diseño de la celda de residuos no patológicos y la fosa de patológicos, es necesario considerar todos los aspectos en los costos para la construcción de ambas celdas.

Entre los puntos que se deben tomar en cuenta para la construcción son:

- ❖ Apertura de celda: excavación, movimientos de tierra.
- ❖ Impermeabilización: natural (base de arcilla) o artificial (base de arcilla y geomembrana)
- ❖ Drenaje pluvial
- ❖ Renta o adquisición de equipos, maquinaria y herramientas.
- ❖ Mano de obra.
- ❖ Cerca perimetral de malla ciclónica.
- ❖ Letrero de señalización.
- ❖ Plancha de concreto para la fosa de patológicos
- ❖ Semiparedes de la fosa de patológicos
- ❖ Cal para la base de la fosa

Para la operación:

- ❖ Material de cobertura ,
- ❖ Combustible para maquinaria
- ❖ Mano de obra para operadores y ayudantes
- ❖ Lona para cubrir los residuos
- ❖ Cal

Referencias bibliográficas

- Secretaria de salud. Reglamento para el manejo de los residuos peligrosos generado en los establecimientos de salud. 2008.
- Secretaria de salud, OPS - OMS, Secretaria de recursos naturales y ambiente. Análisis sectorial de residuos sólidos
- CONIECO. El reglamento de los residuos generados por los servicios de salud.
- OPS – OMS. Consideraciones sobre el manejo de residuos de hospitales en América Latina. 1991
- Mc Graw Hill. Integrate solid waste management. Engineering principles and management issues. 1993
- Guía para el diseño, construcción y operación de relleno sanitario manual.
- Microorganismos. www.ispch.cl/lab_amb/serv_lab/salmonella.html
- Graindorge, P. Contribution al'étude du traitement des déchets urbains par fermentation méthanique: a) cinétiques de la fermentation et application au controle d'un réacteur ouvert, b) modélisation de l'étape acétoclaste du processus biologique, Thèse doctorale, Montpellier II, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, France, 1990.
- Boynton, Robert. 1980 Chemistry and Technology of Lime and Limestone. 2nd Edition. Wiley-Interscience Publication, US.
- Christy, W.R. 1990 Sludge disposal using lime. Water Environment and Technology. 4:56-61. US
- Infectious Waste Incineration, Frank L. Cross, Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal. Mc. Graw-Hill, 1988
- K.F. Suberkroo and M.J. Klug, 1993.
- Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud, Washington, DC. EU, 2005. pp. 6