

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**"PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACION Y
ESTABLECIMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO"**

P o r

DELIA JACKELINE ACOSTA SARIÑANA

MONOGRAFIA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREON, COAH. MEXICO

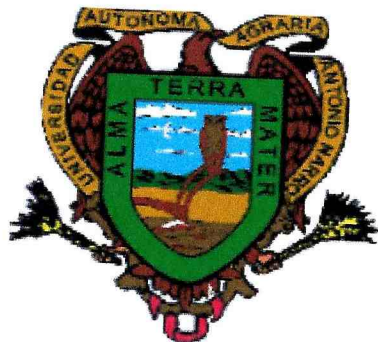
SEPTIEMBRE 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y
ESTABLECIMIENTO DE UN RELLENO
SANITARIO”**

Por

DELIA JACKELINE ACOSTA SARIÑANA

MONOGRAFÍA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS
AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y
ESTABLECIMIENTO DE UN RELLENO
SANITARIO”**

Por

**DELIA JACKELINE ACOSTA SARIÑANA
MONOGRAFÍA**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

MONOGRAFÍA

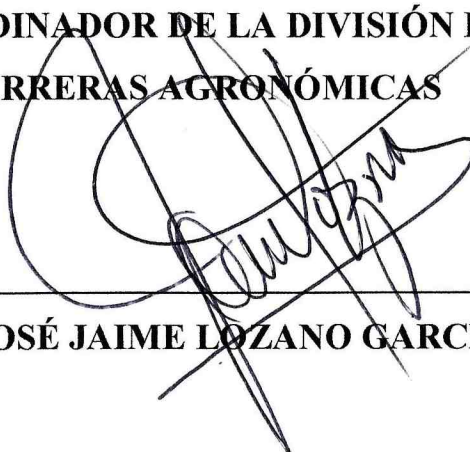
**“PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y
ESTABLECIMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO”**

PRESIDENTE DEL JURADO



M.C. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**



M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA

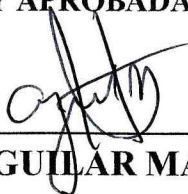


Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**"PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y
ESTABLECIMIENTO DE UN DE UN RELLENO SANITARIO"**

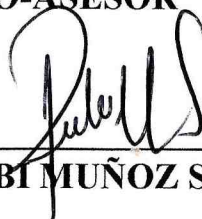
MONOGRAFÍA DEL C. DELIA JACKELINE ACOSTA SARIÑANA QUE FUE
REVISADA Y APROBADA POR:



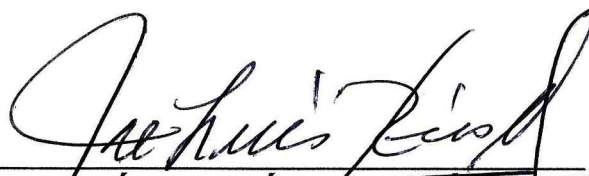
M.C. HUGO AGUILAR MARQUEZ
ASESOR PRINCIPAL



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO
CO-ASESOR



ING. RUBI MUÑOZ SOTO
CO-ASESOR



M.C. JOSÉ LUIS RÍOS GONZÁLEZ
CO-ASESOR



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

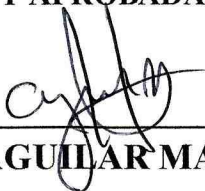
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y

ESTABLECIMIENTO DE UN DE UN RELLENO SANITARIO"

MONOGRAFÍA DEL C. DELIA JACKELINE ACOSTA SARIÑANA QUE FUE

REVISADA Y APROBADA POR:



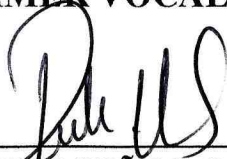
M.C. HUGO AGUILAR MARQUEZ

PRESIDENTE



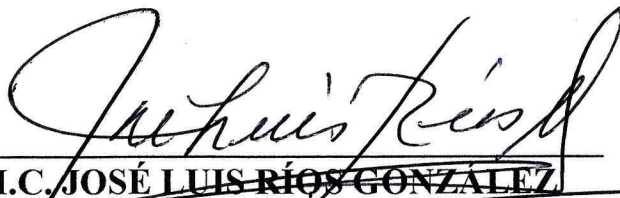
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

PRIMER VOCAL



ING. RUBI MUÑOZ SOTO

SEGUNDO VOCAL



M.C. JOSÉ LUIS RÍOS GONZÁLEZ

VOCAL SUPLENTE



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por permitirme cerrar uno de los ciclos más importantes de mi vida, así como mil gracias por haberme regalado una segunda oportunidad de vida hace 5 años, además de sentirme privilegiada al enviarme a una familia tan maravillosa y finalmente Gracias por los conductos llenos de amor que me han guiado a través de ti, que son mis padres.

A MI ALMA MATER:

Gracias por haberme dado la oportunidad de pertenecer a la institución durante mi formación profesional, así como las vivencias buenas y malas que tuve durante estos maravillosos años, que por hoy me los llevo como enseñanzas de vida, al igual tuve la dicha de viajar y conocer diferentes lugares que no hubiera imaginado, además por la gente que llegó a mi vida durante mi estancia que me enseñó a apreciar y valorar los pequeños detalles de la vida. Finalmente gracias ya que a través de ti llegó a mi vida para quedarse por siempre: Gerald Kerschbaumer.

A MIS MAESTROS:

Gracias por haber contribuido en el proceso de mi formación profesional:

M.C. Hugo Aguilar Márquez: Mil Gracias por su apoyo incondicional, sus consejos, sus enseñanzas de vida así como paciencia, tolerancia y el tiempo que ocupó en la terminación de este trabajo.

Ing. Rubí Muñoz Soto: Mil gracias por haberme apoyado en este trabajo, así como mi agradecimiento por compartir sus experiencias profesionales y personales, además de sus consejos y buena voluntad.

Dr. José Luis Reyes Carrillo: Mil Gracias por su tolerancia y su buena voluntad para mi persona y mil agradecimientos por contribuir en la culminación de este trabajo.

M.C. José Luis Ríos González: Gracias en cantidades industriales, por haber contribuido en mi formación profesional desde el inicio de mi estancia en la Universidad hasta el día de hoy. Gracias por su apoyo incondicional, por sus consejos, por compartir parte de su experiencia de vida (personal y profesionalmente), ya que es una gran enseñanza de vida que me llevo guardado dentro de mi.

AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA.

Gracias por todas las atenciones y la buena voluntad hacia mi persona, especialmente a los demás maestros que no pude mencionar anteriormente, también a la Sra. Pana y finalmente a la Sra. Consuelo por su amabilidad y buena disposición.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

MIGUEL ACOSTA SOLÍS Y DELIA SARIÑANA TORRES

Gracias por ser mis conductos de DIOS en esta tierra, y por brindarme la oportunidad de haber realizado uno de mis sueños más importantes en esta vida; que es culminar una profesión y de ser testigos de mi evolución a lo largo de mis 23 años.

Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas, que en las malas es cuando más se siente el verdadero y puro amor que hay en ustedes.

Gracias por caminar a mi lado en este camino sinuoso llamado vida, pero al lado de ustedes es más fácil.

Gracias por Finalmente gracias por su apoyo y su amor incondicional.

A MIS TÍAS:

Mis hadas madrinas: Alicia, Irma, Bety, Chela y Elva.

Gracias por hacerme sentir un ser privilegiado, al contar con su amor y apoyo incondicional, por contribuir a mi crecimiento como persona en todos los ámbitos, gracias por ser mis tías, mis mamás, mis amigas, y por estar conmigo fielmente en los mejores y peores momentos de mi vida.

A MIS AMIGOS:

Ivonne Rivas y Alicia San Juan.

Gracias por su amistad incondicional que comenzó en el año 95, por las experiencias que hemos vivido buenas y malas que nos han unido y por ser testigos una de la otra de nuestra evolución como personas en todos los ámbitos.

Marco Antonio Martínez mil gracias por existir en mi vida desde hace 6 años!!

A mis compañeros de universidad: Luis Enrique, Flor, Lili, Lore, Mau y Jimmy.

A MI GRUPO:

Mil gracias por que a través de ustedes conocí a Dios y el se ha manifestado en ustedes, debido a sus consejos, experiencias, por escucharme, siempre han estado ahí justo en el momento en que necesito sentir y estar cerca de Dios. Gracias por su paciencia, tolerancia y buena voluntad que me han demostrado a lo largo de estos años. Gracias a mis guías espirituales: Lulú, Cristy y a todas mis compañeras. Gracias por tratar hacer de mí una persona útil y feliz.

DEDICATORIA ESPECIAL:

José Luis Rivera Roblero: Entraste en mi vida el primer día que ente a la Narro y de ahí no nos hemos separado, tal vez nos hemos separado físicamente pero espiritualmente siempre hemos estado unidos. Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas. Gracias por demostrarme el verdadero amor incondicionalmente.

ÍNDICE

	<u>PÁGINA</u>
• AGRADECIMIENTOS	i
• DEDICATORIA	ii
• ÍNDICE	iii
• INTRODUCCIÓN	1
• OBJETIVO	2
• I DESCRIPCIÓN	3
DEFINICIÓN Y ANTECEDENTES DEL RELLENO SANITARIO	3
MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS	3
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RELLENO SANITARIO	4
VENTAJAS	4
DESVENTAJAS.	5
MÉTODOS DE RELLENO	5
MÉTODO DE TRINCHERA.	5
MÉTODO DE ÁREA.	6
MÉTODO COMBINADO.	6
REACCIONES QUE OCURREN EN EL RELLENO SANITARIO	6
REACCIÓN BIOLÓGICA.	7
REACCIÓN QUÍMICA.	7
REACCIÓN FÍSICA.	7
• II PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN.	9
PROCEDIMIENTO DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS.	9
REVISIÓN DEL PLAN DE RELLENO.	9
DETECCIÓN DE RESIDUOS PROHIBIDOS.	10
IRREGULARIDADES EN LOS VEHÍCULOS.	11
CONTROL DE TRÁFICO.	11
RECEPCIÓN DE RESIDUOS	11
PRACTICAS DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	12
LLENADO DE CELDA	13

COBERTURA	14
COBERTURA PRIMARIA	14
COBERTURA INTERMEDIA	14
COBERTURA FINAL	15
CONSTRUCCIÓN DE LA CELDA	15
SEGUIMIENTO TOPÓGRAFICO	15
PRACTICAS DE OPERACIÓN RECOMENDABLES	16
SEGREGACIÓN DE RESIDUOS EN EL SITIO	18
USO EFECTIVO DE LA MAQUINARIA (RENDIMIENTOS Y CONSUMOS)	19
FUNCIONES RELATIVAS AL SUELO	19
FUNCIONES RELATIVAS A LOS RESIDUOS	20
FUNCIONES DE APOYO	20
RENDIMIENTOS Y CONSUMOS	21
INSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN	22
CONTROLES FÍSICOS DEL SITIO Y CONTROL DE LA OPERACIÓN	22
CONTROL DE LA HUMEDAD	22
CONTROL DE RESIDUOS SÓLIDOS	22
CONTROLES ADICIONALES DE LA OPERACIÓN	23
INGRESO DE RESIDUOS	23
ANIMALES MUERTOS	23
ASBESTO	24
LLANTAS	24
MATERIALES LIGEROS	25
POLVOS	25
OLORES	26
RUIDO	26
INSECTOS	26
ROEDORES	26
INCENDIOS	27

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS DE LIXIVIADO Y BIOGÁS	27
EFFECTOS DE LA DESCOMPOSICIÓN ASENTAMIENTOS	28
ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES	28
CONTROL DE ASENTAMIENTOS	28
IDENTIFICACIÓN DE LA PRESENCIA DE ASENTAMIENTOS	29
MANEJO DE LIXIVIADOS	29
MIGRACIÓN DE LIXIVIADOS	29
CARACTERÍSTICAS DE MIGRACIÓN	30
DESCARGA SUPERFICIAL DE LIXIVIADOS	30
DESCARGA DE LIXIVIADO AL AGUA SUBTERRÁNEA	30
CONTROL DE MIGRACIÓN DE LIXIVIADOS	31
SELECCIÓN DEL SITIO	31
IMPERMEABILIZACIÓN CON MATERIALES NATURALES	31
IMPERMEABILIZACIÓN	32
DISEÑO DE CAPAS IMPERMEABLES	32
MINIMIZACIÓN DE FUGAS	33
TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	33
SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	34
APLICACIÓN O TRATAMIENTO SOBRE EL SUELO	34
RECIRCULACIÓN DE LIXIVIADO	34
IRRIGACIÓN POR ASPERSIÓN	34
FLUJO SUPERFICIAL	35
IRRIGACIÓN POR INYECCIÓN	35
MANEJO DE BIOGÁS	35
BIOGÁS	36
POZOS DE MONITOREO DE BIOGÁS	37
EQUIPOS DE MONITOREO	37
CARACTERÍSTICAS DE LAS EMISIONES DE BIOGÁS A LA ATMÓSFERA	37

LAS EMISIONES DE BIOGÁS A LA ATMÓSFERA	38
CONTROL DE BIOGÁS	38
SISTEMAS DE CONTROL ACTIVO	38
SISTEMAS DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE BIOGÁS	38
SISTEMAS DE POZOS DE TRINCHERAS DE EXTRACCIÓN	38
SISTEMAS DE POZOS DE INYECCIÓN DE AIRE	39
TRINCHERA PERIMETRAL DE INYECCIÓN DE AIRE	39
SISTEMAS PASIVOS DE CONTROL	39
QUEMADORES Y VENTEO	39
ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN PARA LOSSISTEMAS DE	39
CONTROL DEL BIOGÁS	
RECUPERACIÓN Y USO DEL BIOGÁS	39
MANTENIMIENTO Y SERVICIO	40
PROCEDIMIENTOS DE MONITOREO	40
EL MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES	41
EL MONITOREO DE LIXIVIADOS	41
EL MONITOREO DE BIOGÁS	41
SEGURIDAD	41
PREVENCIÓN DE ACCIDENTES	41
PROGRAMAS DE SEGURIDAD	42
PRECAUCIONES DE SEGURIDAD	42
EQUIPO	43
EQUIPO Y ROPA DE PROTECCIÓN	43
PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA	43
• III CONTROLES Y REGISTROS	44
FORMATO DE CONTROLES	44
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN	44
CONTRATO	44
CONTROL DE ACCESO	45
REPORTE DIARIO DE BÁSCULA	45
UBICACIÓN DE RESIDUOS	45

REPORTE DE ANOMALÍAS	45
REPORTE DIARIO DE MAQUINARIA	45
BITÁCORA DE MAQUINARIA	46
• IV PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS	47
ESTRUCTURA ORGÁNICA	47
DESCRIPCIÓN DE PUESTOS	48
GERENTE DEL RELLENO SANITARIO	48
DESCRIPCIÓN	48
AUXILIAR ADMINISTRATIVO	48
VIGILANCIA	48
BASCULISTA	49
SOBRESTANTE	49
TOPÓGRAFO	49
SUPERVISOR DE TIRO	49
BANDERERO	49
OPERADOR C (CHOFER-CARGADOR FRONTAL)	50
OPERADOR B (COMPACTADOR)	50
OPERADOR A (TRACTOR-ESCREPA)	50
MECÁNICO	50
SELECCIÓN Y COTRATACIÓN DEL PERSONAL	50
CAPACITACIÓN	51
REGLAMENTO INTERNO	51
REGLAMENTO INTERNO DE OPERACIÓN (EMPLEADOS)	51
REGLAMENTO PARA PROVEEDORES, USUARIOS Y VIGILANTES	53
V PROCEDIMIENTOS DE CLAUSURA Y POST-CLAUSURA	58
CONSIDERACIONES DE LA CLAUSURA	58
MANTENIMIENTO DE LARGO PLAZO (POST-CLAUSURA)	58
SISTEMAS DE CONTROL DE BIOGÁS	59
SISTEMAS DE COLECCIÓN DE LIXIVIADOS	59

SISTEMAS DE MONITOREO DE BIOGÁS Y LIXIVIADO	60
VEGETACIÓN	60
ELECCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL	60
• GLOSARIO DE TÉRMINOS	61
• ANEXO	69
• BIBLIOGRAFÍA	80
BIBLIOGRAFÍA INTERNET	83

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población experimentado en las últimas décadas en las principales ciudades del país debido a la concentración de actividades económicas e industriales ha generado una fuerte demanda de los servicios públicos, rebasando la capacidad de las autoridades para la prestación de éstos con la cantidad y la calidad que se requiere. Uno de los servicios que se ve seriamente afectado por el crecimiento urbano es el servicio de limpia Pública Municipal, el cual está integrado por la recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.(Victoria, 1997).

La disposición final de los residuos sólidos es la última etapa del sistema de limpia Pública Municipal de cualquier ciudad y está íntimamente relacionada con la preservación del ambiente, así como con la salud de la población, por lo que se le debe tratar y controlar mediante un sistema adecuado que minimice impactos negativos hacia el entorno ecológico.(Brunner, 2003).

Se tiene plena conciencia de la importancia que reviste el mantener una adecuada disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, en la actualidad aún prevalece la práctica del “tiradero a cielo abierto” en la mayoría de las ciudades de nuestro País. Tal práctica consiste en el depósito incontrolado de residuos sólidos directamente en el suelo, propiciando la contaminación del suelo, aire y agua, así como generando problemas de salud pública, restringiéndose este último aspecto a los individuos dedicados a la “pepena” de subproductos con cierto valor intrínseco.(Holmes, 1999).

Dentro de las alternativas viables para la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, y conforme a las condiciones actuales del país, se cuenta con el método de relleno sanitario.(Holmes, 1999).

El relleno sanitario es una obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los Residuos Sólidos Municipales sobre el suelo, esparciéndolos y compactándolos al menor volumen posible, para cubrirlos con material natural y/o sintético. Además debe considerar los mecanismos para el control de impactos ambientales y debe estar de acuerdo con los requisitos normativos de tal forma que requiere de impermeabilización. (Gutiérrez,1996).

Actualmente se planea la necesidad de implantar sistemas alternos que absorban los volúmenes crecientes de residuos, desplazando el uso del relleno sanitario por considerarlo

riesgoso para el medio ambiente. Sin embargo, la experiencia en el mundo ha demostrado que el relleno sanitario forma parte integrante de las soluciones alternativas planeadas, dado que siempre habrá que hacer algo con aquellos residuos que no pueden ser reciclados y / ó que no tienen un uso específico. De la misma manera los materiales residuales que permanecen después de que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de separación en una instalación para la separación de materiales (MRF, por sus siglas en inglés) o sometidos a un proceso de conversión de productos o energía, deben contar con un sitio de disposición final para su confinamiento.(Sánchez,1997).

Como producto del esfuerzo que han venido desarrollando algunas empresas en algunas ciudades del país, en lo referente a la construcción y a la operación de rellenos sanitarios, actualmente se cuenta con un número importante de sitios en operación. (Victoria, 1997).

Ante este panorama surge la necesidad de cubrir un rubro de vital importancia para consolidar los refuerzos aplicados a la implementación de los sistemas de relleno sanitario, tal como la capacitación y formación de los recursos humanos que satisfagan la demanda de personal con un perfil mínimo de conocimientos que aseguren el óptimo funcionamiento de los sistemas de relleno sanitario, tal como el aprovechamiento máximo del espacio disponible, la minimización de los posibles efectos negativos hacia el ambiente, la salud de la población y la seguridad de los mismos operadores. (Gutiérrez,1996).

Objetivo.

El objetivo del presente trabajo es mostrar de manera detallada, la operación de rellenos sanitarios destinados a la disposición final de residuos sólidos no peligrosos, señalando que los límites de esta monografía, son la diversidad de problemas que se presentan en campo, dependiendo de las características de la localidad por servir, del sitio específico seleccionado para albergar el relleno, del equipo disponible y de la composición de los residuos por disponer.

I Descripción.

El éxito del funcionamiento de un sistema de relleno sanitario, radica esencialmente en la modalidad de operación y apego a los principios básicos de ingeniería para minimizar los impactos a la salud y al ambiente. La aplicación del procedimiento de operación de un relleno sanitario contará con toda la infraestructura que la regulación preveé. (Séller, 2003).

Definición y antecedentes del relleno sanitario

Un relleno sanitario, es tradicionalmente definido como un método de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo (existen tres métodos, trinchera, área y combinados) de tal manera que proteja el ambiente, mediante el extendido de los residuos en capas delgadas, compactándolas al menor volumen posible y cubriéndolas con tierra al termino de cada día de trabajo.(Díaz, 1993).

El relleno sanitario es una instalación física usada para la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos sobre la superficie del suelo. En la actualidad el relleno se refiere a una instalación de ingeniería para la disposición de los residuos sólidos no peligrosos, diseñada y operada para minimizar los impactos a la salud pública y al ambiente.(Malacalza, 2002).

Manejo de Residuos Sólidos no Peligrosos.

La disposición final de los residuos sólidos segura y confiable a largo plazo, debe ser un componente importante del Manejo Integral de Residuos Sólidos. Cuando se evalúa la utilidad de cada uno de los elementos funcionales, así como la efectividad de economía de todas las interfaces y conexiones entre esos diferentes elementos, se puede desarrollar un Sistema de Manejo Integral de Residuos; dicho sistema puede definirse como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de manejo factibles, con la finalidad de alcanzar objetivos y metas específicas para el manejo de residuos. Debido a la legislación que se está adoptando, el manejo integral de residuos sólidos, también esta desarrollándose en respuesta a los cambios e implementación de las leyes, los reglamentos y normas. (Holmes, 1999).

La jerarquización del manejo integral de residuos sólidos esta compuesta por los siguientes elementos: reducción en la fuente, reciclaje, transformación o tratamiento y relleno sanitario.(Holmes, 1999).

El desarrollo e implementación de un plan de manejo integral de residuos sólidos consiste en una selección adecuada de tecnologías y alternativas para satisfacer las cambiantes necesidades locales de manejo de residuos al mismo tiempo que se cumple con los ordenamientos legales. (Holmes, 1999).

Ventajas y desventajas del Relleno Sanitario

Ventajas

1. El relleno sanitario como uno de los métodos de disposición final de los residuos sólidos municipales, es la alternativa más económica: sin embargo, no hay que olvidar que es necesario asignar recursos financieros y técnicos para la planeación, diseño, construcción y operación.
2. La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para la implementación de un sistema de tratamiento tal como la separación, composta ó incineración.
3. Cuando se dispone de material para la cobertura de los residuos sólidos en el mismo sitio, está condición es generalmente más económica de las diferentes opciones para la disposición final.
4. El relleno sanitario es un método final para la disposición de los residuos sólidos, que no requiere de operaciones adicionales, tal como el caso de la incineración o el composteo, los cuales requieren un sitio y de operaciones adicionales para la disposición de los productos finales.
5. Se recuperan terrenos antes considerados como improductivos o marginales transformándolos en áreas útiles para la creación de parques, zonas recreativas, ó simplemente áreas verdes.
6. Es un método flexible, dado que en caso de incrementar la cantidad de residuos por disponer se requiere únicamente de muy poco equipo y personal.
7. El gas metano generado por la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos, puede ser atractivo para su aprovechamiento que será una

fuente de energía no convencional, dependiendo de las características del sitio. (Tchbanoglous, 1993).

Desventajas.

1. La construcción de un relleno sanitario, por la oposición de la población debido a dos aspectos fundamentales: la falta de conocimiento sobre el método de relleno sanitario y la desconfianza en los servidores públicos de la localidad.
2. Se requiere de una supervisión permanente para mantener un alto nivel de las operaciones y asegurar que no habrá fallas a futuro.
3. Cuando no existen terrenos cercanos a las fuentes de generación de residuos sólidos, debido al crecimiento urbano, el costo de transporte se verá fuertemente afectado.
4. La relativa cercanía de los rellenos a las áreas urbanas puede provocar serios problemas de queja pública.
5. Existe un alto riesgo, sobretodo en los países del tercer mundo, que por la carencia de recursos económicos para la operación y mantenimiento, se convierta el relleno sanitario en tiradero a cielo abierto.
6. Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, así como la generación de olores desagradables y gases, si no se toman las debidas medidas de control y de seguridad.(Tchbanoglous, 1993).

Métodos de Relleno.

Los principales métodos usados para disponer los residuos sólidos municipales en un relleno sanitario pueden clasificarse como(SEDUE,2002):

1. Trinchera
2. Área
3. Combinado.

Las características principales de cada uno de estos métodos se describen a continuación:

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.(Brunner,2003)

Este método consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado de la trinchera donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado en capas hasta formar una celda que después será cubierta con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día esparciéndolo y compactándolo sobre los residuos. (Brunner, 2003)

Método de área.

Este método se puede usar en cualquier tipo de terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénegas contaminadas; un punto muy importante en este método para que el relleno sea económico, es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a este. El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas para formar la celda, que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo. (Jaramillo, 2002).

Método combinado.

En algunos casos cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo se inclina con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área en la parte superior. Otra variación del método combinado, consiste en iniciar con un método de área, excavando el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá también para ser rellenada. Los métodos combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta y aumentan la vida útil del sitio. (Séller, 2003).

Reacciones que ocurren en el relleno sanitario.

Los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario sufren una serie de cambios biológicos, químicos y físicos de manera simultánea e interrelacionada. Estos cambios son, con el propósito de que los operadores de rellenos sanitarios tengan una idea más amplia del proceso interno que se presentan cuando los residuos son confinados. (Gardner, 2005).

Reacción biológica.

Las más importantes son aquellas asociadas con la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos municipales, la cuál conlleva a la generación de gases y eventualmente líquidos. El proceso de descomposición inicia de forma aeróbica, una vez que los residuos fueron cubiertos se inicia esta etapa hasta que el oxígeno es consumido por la actividad biológica. Durante la etapa de descomposición aeróbica se genera principalmente un gas llamado bióxido de carbono. Una vez que el oxígeno se ha consumido, la descomposición se lleva a cabo de manera anaeróbica, y en esta etapa la materia orgánica se transforma principalmente en bióxido de carbono, metano y ácido sulfhídrico. Así mismo, muchas otras reacciones químicas son llevadas a cabo a través de la actividad biológica.

(Crow, 1999).

Reacción química.

Las reacciones importantes que ocurren dentro del relleno sanitario abarcan la disolución y suspensión de materiales y de productos de conversión biológica en los líquidos que percolan a través de los residuos sólidos, la evaporación y vaporización de compuestos químicos y agua, dentro de la masa envolvente de biogás, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles dentro de los materiales del relleno, la deshalogenación y descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de oxidación y reducción que afectan la disolución de metales y sales metálicas. La disolución de los productos de conversión biológica y otros compuestos, particularmente los compuestos orgánicos, dentro de los lixiviados es un punto muy importante, porque estos productos pueden ser transportados fuera del relleno sanitario con los lixiviados. Estos compuestos orgánicos pueden ser posteriormente incorporados a la atmósfera a través del suelo, o a través de las instalaciones de tratamiento de lixiviados. Otras importantes reacciones químicas que se presentan, son aquellas entre ciertos compuestos orgánicos y las capas de arcilla, las cuales alteran las propiedades y estructura de la misma. (Mendez, 2006).

Reacción Física.

Los cambios físicos más importantes están asociados con la difusión de gases dentro y fuera del relleno, el movimiento de lixiviados en el relleno sanitario, subsuelo y los

asentamientos causados por la consolidación y descomposición de los materiales depositados. El movimiento de gases y las emisiones son consideraciones de particular importancia para el manejo del sistema. Por ejemplo, cuando el biogás se encuentra atrapado, la presión interna puede causar agrietamiento de la cubierta y fisuras, entonces el agua penetra a través de esas grietas y la humedad genera una mayor producción de gas, causando un mayor agrietamiento. La fuga de biogás acarrea trazas de compuestos carcinogénicos y teratogénicos que son incorporados al ambiente. Además, dado que el biogás contiene un alto porcentaje de metano, existen riesgos de explosión o combustión. (DGSU, 1992).

II Procedimientos de operación.

Procedimiento de disposición de residuos.

Un relleno sanitario localizado y diseñado cuidadosamente puede convertirse en un tiradero a cielo abierto, si no es adecuadamente operado. Cada instalación destinada para relleno sanitario tiene características únicas que solo pueden ser aprendidas mediante el conocimiento, la experiencia y continuo entrenamiento. (Holmes, 1999).

La operación y el mantenimiento adecuado de un relleno sanitario es necesario para:

1. Evitar que el relleno sanitario se convierta en un tiradero a cielo abierto.
2. Reducir los impactos negativos potenciales en aire, agua y suelo.
3. Minimizar o eliminar los impactos hacia las propiedades adyacentes.
4. Reducir los costos de operación (a largo plazo).
5. Incrementar la capacidad volumétrica y ampliar al máximo la vida útil.
6. Establecer y mantener buenas relaciones públicas.
7. Reducir los conflictos con las instancias reguladoras o normativas.
8. Reducir accidentes, demandas e indemnizaciones.
9. Demostrar la capacidad operativa.
10. Satisfacer las necesidades de disposición final de residuos de la región.

Pueden variar los procedimientos para operación de un relleno sanitario, dependiendo de diferentes factores, entre los que se puede citar el tipo de relleno, el tipo de residuos por recibir, cantidades, el clima, las regulaciones a nivel local, estatal. Sin embargo se pueden establecer ciertas actividades que son muy similares para todos los sitios como una guía para quienes deben encargarse de su adecuado funcionamiento. (Holmes, 1999).

Revisión del plan de relleno.

1. Como primer punto, un relleno sanitario bien manejado debe contar con un plan de operación y desarrollo a futuro. Estos planes definirán de manera clara y precisa, cómo se desarrollará un proyecto de relleno sanitario, abarcando desde la fase de construcción de la primer celda de residuos sólidos hasta la fase de la clausura final del sitio. El plan de operación que normalmente se prepara dentro del proyecto de diseño, es un elemento básico para utilizarse como primera fuente de información, con respecto a los aspectos técnicos del relleno y actividades que se realizarán

para su adecuada operación. La mayoría de los rellenos sanitarios que se proyectan en nuestro país, tiene una vida útil relativamente grande (generalmente más de 10 años), así que es necesario consultar regularmente el plan de operación, con la finalidad que el responsable del relleno sanitario, tenga la plena certeza de que las operaciones y el desarrollo del sistema se están realizando, conforme a las especificaciones establecidas a mediano y largo plazo, o en todo caso, serviría para identificar el momento oportuno para modificar o adecuar los procedimientos de operaciones vigentes, principalmente pensando en los cambios que se requerirán conforme a las nuevas disposiciones que se promulguen. En este caso es posible preparar una transición suave hacia un nuevo plan de operación acorde con los cambios actuales. (Brunner, 2003).

Las partes de un plan para la operación de un relleno sanitario deberán contener como mínimo los siguientes aspectos:

2. Manejo de residuos en el frente de tiro.
3. Dirección de flujo del tráfico.
4. Excavación, transporte y colocación cotidiana del material de cubierta.
5. Inspección diaria del sitio y mantenimiento.
6. El registro rutinario de la carga que ingresan los vehículos recolectores. (Brunner, 2003).

Detección de residuos prohibidos.

Los residuos se deben inspeccionar dado que no es posible separar los residuos que son transportados por los vehículos recolectores en la entrada, la revisión del contenido de estos vehículos debe hacerse en el frente del trabajo (al ser depositados). Otros tipos de vehículos, especialmente aquellos que no tienen una procedencia definida deben inspeccionarse en la entrada. Estos vehículos representan el grupo más sospechoso para el ingreso de residuos prohibidos al sitio. (Honeycut, 1996).

En caso de que se detecte la presencia de residuos peligrosos, deberán separarse, devolverlos al concesionario del transporte de los residuos. Así mismo se elaborará un reporte y si reincide se notificará a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) de lo sucedido para que actúe conforme a la ley. (INE, 2005).

Irregularidades en los vehículos.

Algunas de las posibles violaciones que se pueden detectar en la entrada son:

1. Cargas sin cubrir.
2. Transportes de líquidos y su posible escurrimiento.
3. Negligencia e incumplimiento de medidas de seguridad.
4. Sobre peso de vehículos.

Es conveniente para los responsables del sitio coordinarse con la política municipal y otras instituciones encargadas (PROFEPA). De la aplicación de la legislación relativa al transporte, con el fin de asegurar que se cumpla con las disposiciones legales establecidas para evitar irregularidades en el peso, la cubierta de la carga del vehículo, el escurrimiento de líquidos; ya que de lo contrario se puede originar problemas a la población aledaña a las vías de acceso al relleno, creando descontento y rechazo a la existencia del sitio de disposición final.(PROFEPA, 2006).

Control de tráfico.

Hay rellenos que tienen varias áreas de operación. En ocasión las áreas dependen del tipo de vehículos, tales como los de descarga automática contra los de descarga manual. En otros sitios el tipo de residuo, por ejemplo, residuos de jardinería, determinan a donde debe ir el vehículo. En la mayoría de los rellenos es una práctica de operación cambiar frecuentemente los frentes de trabajo en función de las condiciones del clima (área de emergencia) y otros factores. Adicionalmente a los señalamientos adecuados, el controlador de acceso ó el operador de la báscula, deben proporcionar instrucciones verbales a los conductores para agilizar las actividades y evitar confusiones.(SEDUE, 1994).

En caso de requerirse, puede contemplarse un área de estacionamiento en el acceso al relleno sanitario, para el ordenamiento de los vehículos “en espera”.(SEDUE,1994).

Recepción de residuos

El residente del relleno debe ser capaz de distinguir entre los residuos no peligrosos que pueden ser aceptados en el relleno y los residuos que la ley define como peligrosos. De estos, los que más comúnmente llegan a los rellenos son: partes de animales, residuos

hospitalarios, materiales altamente combustibles o explosivos, excremento o estiércol, llantas usadas, baterías automotrices o industriales, estopas impregnadas con solventes, grasas, pinturas, envases de hidrocarburos y algunos volátiles como ácidos solventes.

Es conveniente aclarar que, en caso de que se reciban en el relleno sanitario, residuos considerados como peligrosos, se deberá levantar un reporte, regresarlos inmediatamente con el transportista y notificar a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). (INE, 2005).

Prácticas de disposición de residuos.

Existen dos métodos básicos para la operación de los rellenos sanitarios: el de trinchera y el de área. Otras opciones son simplemente modificaciones de los dos métodos anteriormente señalados como el combinado. (Holmes, 1999)

El método de trinchera es muy difícil de ejecutar, debido a que los residuos actuales demandan la implementación de un sistema de impermeabilización (natural o artificial) de la base del relleno, sistemas de captación y desalojo de lixiviados. El método de área es actualmente el más utilizado, principalmente porque se adapta con mayor facilidad a la existencia de la infraestructura. En todo caso los diseños actuales, admiten excavaciones mayores para alcanzar la profundidad deseada y proceder a la construcción de sistemas de impermeabilización y captación de lixiviados, para posteriormente operar el sitio mediante el método de área. (Brunner, 2003)

La celda de área constituye el elemento constructivo primario y común de cualquier relleno sanitario. Los residuos sólidos recibidos son esparcidos y compactados en capas dentro de un área perfectamente delimitada y hasta un volumen definido. Al término de cada día de operación, el área ya ocupada con residuos compactados, es cubierta completamente con una capa delgada de tierra, que posteriormente es compactada. De esta forma los residuos compactados y cubiertos diariamente con este material, constituyen una celda. Una serie de celdas adyacentes en forma lateral o transversal y con una misma altura, forman una franja. Una serie de franjas adyacentes y con una misma altura, forman una capa y una o más capas, pueden formar el total del área de relleno sanitario o una etapa. (Henry, 1999).

Llenado de celda.

Una celda es construida mediante la compactación de residuos sobre una pendiente en capas sucesivas del mismo espesor. Los residuos son depositados al pie del frente del trabajo y empujados sobre el talud. (DGSU, 1992).

Los pasos adecuados para la construcción de la celda se describen a continuación:

- I) Descarga de los residuos sólidos sobre el área que conformará el correspondiente frente de trabajo del día.
- II) Usar estacas de nivelación para el control de la altura de la celda y dar la pendiente adecuada para facilitar el drenaje por gravedad. El nivel de la superficie superior de la celda debe ser de entre 2 y 5 %, mientras que la altura de la celda es de aproximadamente 2.4 a 3.5 metros.

Las dimensiones de las celdas están especificadas en el proyecto y deberán coincidir con el volumen de los residuos compactados con el sitio, al final del día de trabajo

Sin embargo si por alguna razón no se conocen las dimensiones que deberá tener la celda o es necesario modificarlas de manera emergente, algunas recomendaciones útiles son las siguientes:

- a) El ancho del frente de trabajo depende del número de vehículos que transportan residuos al área de operación y la cantidad de equipo disponible para el esparcido y compactación. Por razones de seguridad, el ancho del frente de trabajo no deberá ser reducido a menos de tres veces el ancho de la hoja topadora del equipo utilizado y no debe exceder los 45 metros, ya que con dimensiones mayores llega a ser muy difícil de manejar, a menos que haya una gran cantidad de equipo disponible y que su operación sea supervisada estrictamente.
- b) En cuanto a la altura adecuada para las celdas no existe regla alguna, sin embargo algunos diseñadores prefieren 3 metros o menos, debido a que esta altura no causará problemas de asentamientos severos.
- c) La densidad recomendable para los residuos sólidos de una celda terminada es superior a 700 Kg /m³.

- III) Esparcir los residuos sólidos en el frente de trabajo en capas de 0.30 a 0.60 metros de espesor.
- IV) Compactar los residuos sólidos con entre 3 y 5 pasadas sobre el talud.
- V) Una vez compactados los residuos del día, se descargan sobre los mismos el material para la cubierta diaria.

Esparcir y compactar el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de 0.15 metros. Dependiendo del tipo de suelo de donde provenga el material de cubierta, puede requerir un espesor mayor. Por ejemplo, material suelto como la arena puede penetrar dentro de espacios abiertos en los residuos. Por esta razón si los residuos no son compactados adecuadamente se requerirá mayor cantidad de material de cobertura. (DGSU, 1992).

Cobertura

El objetivo básico de la cobertura de la celda es aislar los desechos confinados en su interior del ambiente exterior, de modo de crear, en el menor tiempo posible, condiciones anaeróbicas para la estabilización microbiológica de los desechos, impedir la propagación de vectores contaminantes que pudiera producirse al estar los residuos en contacto con el medio ambiente por tiempos prolongados y a la vez impedir la infiltración del agua de precipitación que caiga sobre el relleno, la cual aumenta el volumen de lixiviados generados. (Juárez, 1995).

Cubierta primaria.

Cuando en el relleno sanitario se haya terminado la operación diaria, los residuos se cubren con una cubierta de 0.15 metros, a lo largo del talud formando en el frente del tiro, a esta cubierta se le denomina cubierta primaria, y en algunos casos sobretodo en rellenos donde no exista material de cobertura suficiente se usa la cobertura artificial biodegradable. (Juárez, 1995).

Cubierta intermedia.

La superficie que envuelve la celda diaria terminada y que estará expuesta el ambiente por un periodo de más de una semana, hasta que se coloque una nueva celda sobre esta, sufrirá

los efectos de las condiciones climatológicas y posiblemente el frecuente paso de vehículos. Normalmente estas superficies son cubiertas adicionalmente, con una capa de 0.30 metros de espesor de tierra compactada. A esta capa se le conoce como cubierta intermedia y tiene la función de proteger a la cubierta diaria y prevenir la intrusión de agua al relleno por un periodo mas largo. (Juárez, 1995).

Cubierta final.

Cuando el relleno ha alcanzado el nivel planeado, se deberá colocar una cubierta final de no menos de 0.60 metros de espesor. Esta cubierta es necesaria para permitir tráfico ligero y minimizar los efectos que ocasionan los asentamientos diferenciales, tal como el afloramiento de residuos por el efecto de fracturas y agrietamientos. Esta cubierta, también ayudará a evitar que la lluvia fluya hacia el interior de los residuos confinados. Hay algunas tendencias hacia el uso de geosintéticos como parte de la cubierta final. Es necesario considerar factores de diseño muy especiales que aseguran el funcionamiento efectivo de dicha cubierta. (Juárez, 1995).

Construcción de celda.

Al igual que el llenado de la celda se deberá llevar la construcción de la celda futura, para eso hay que elaborar un programa de obra, en el cuál se consideran todos los factores que estén relacionados tales como: si se trabajara en área, si llevara un terraplén perimetral, si el producto de excavación excedente se venderá o se usará para bordos perimetrales, una vez analizados todos los factores y que se haya llevado acabo la curva masa (balanceo del material requerido con el sobrante de producto de excavación) se pondrá especial importancia en este punto para evitar desaguisados y tener que construir aceleradamente por falta de supervisión en la ejecución de estos programas de obra. (Jaramillo, 2001).

Seguimiento topográfico.

La parte medular de la operación de un relleno sanitario (junto con la maquinaria) ya que de esta forma se garantiza la correcta ejecución del proyecto, ayudando en tiempo y forma a detectar deficiencias, retrasos o pequeñas fallas. Previamente se elabora un programa de obra de tal manera que cuando la celda en operación se haya llenado la de construcción

este lista con un mes de anticipación, esto quiere decir que el volumen de la excavación y la perfilación de la celda deben estar listos dos meses antes para en el antepenúltimo mes colocar la impermeabilización requerida (natural o artificial), y así tenerla lista con el mes que se pide de anticipación (tolerancia para imprevistos). (Rodríguez, 1995).

Se deberán realizar levantamientos topográficos quincenalmente, y elaborar un reporte mensualmente, con secciones de 20 metros, para determinar tanto en la celda en operación el volumen acumulado, así como en la celda en construcción el volumen cortado así constatar si estamos cumpliendo con el programa previamente establecido y con la densidad requerida que deberá de ser mayor a 700 Kg. / m³. (Rodríguez, 1995).

Prácticas de operación recomendables.

Serie de recomendaciones para lograr una efectiva operación del relleno sanitario:

1. No se debe realizar disposición alguna cuando no este presente un supervisor.
2. Mantener el menor ancho posible en el frente de trabajo.
3. Mantener una separación de 2.5 a 3.0 metros entre los equipos de compactación y los vehículos recolectores.
4. Todos los residuos recibidos en el relleno deben ser dispuestos sanitariamente y no deberá exceder un período de 24 horas después de su ingreso.
5. Los residuos deben trabajarse inmediatamente después de ser depositados en el frente de trabajo y no permitir que se acumulen en montículos o que únicamente los residuos se conformen de una a dos veces por día.
6. Para asegurar al máximo el aprovechamiento de la capacidad del relleno, los residuos deben vaciarse en la base de la celda o rampa de disposición y trabajarse en ese mismo nivel. Este “fondo de descarga” reduce las posibilidades de esparcimiento de papeles debido al viento, permite máxima compactación y mejora el control de los residuos. Otra ventaja, es que cuando los residuos están depositados en un área pequeña, también es menor la cantidad de material de cubierta que se utiliza.
7. Se reforzará con una malla atrapa papeles en el perímetro de la macro celda y con una móvil en el frente de trabajo.

8. Los residuos deben ser esparcidos en la superficie del frente de trabajo en capas de entre 0.30 y 0.90 metros.
9. Nunca se debe depositar residuos en el frente de ataque de aquellas áreas, en donde se estén efectuando maniobras de excavación.
10. Los residuos esparcidos en el frente de trabajo se deben compactar conforme a los requerimientos de compactación establecidos en el proyecto ejecutivo y en concordancia con el plan de operación.
11. Los residuos son manejados eficientemente, si éstos son esparcidos sobre un talud de 3:1 utilizando maquinaria sobre orugas; pero se puede obtener excelentes resultados en superficies planas, si se trabaja con un equipo con ruedas dentadas. Utilizando un talud con determinada pendiente, se favorece el ahorro de material de cubierta, así como un menor tiempo en el extendido y compactado de los residuos. Sin embargo la pendiente excesiva en los taludes (taludes mayores de 3:1), se obtiene una menor compactación.
12. Una vez que se ha cargado, mediante el equipo de movimiento de tierras, una cantidad de material de cubierta, no deberá descargarse en ningún lugar hasta que se defina el lugar en donde se colocará.
13. El material de cobertura se debe humedecer lo suficiente para lograr la compactación adecuada, además para controlar el arrastre del material por efecto del viento. Ahora bien, se debe tener cuidado de dosificar el agua necesaria para lograr el objetivo propuesto: pero se debe tener mucho cuidado de no agregar agua en exceso, debido a que se generan problemas de atascamiento y/o escurrimientos que afectan las propiedades de la cubierta de material generándose problemas operativos.
14. Es recomendable remover cualquier acumulación de agua pluvial sobre las superficies rellenas, dentro de un periodo de 72 horas, después de haber identificado dicho problema.
15. Cuando se presentan lluvias de alta intensidad sobre el frente de trabajo, el agua acumulada debe ser bombeada hacia los canales de agua pluvial o fuera del sitio, antes de proceder a la descarga de residuos sólidos.

16. Todas las depresiones que aparezcan sobre las superficies ya trabajadas deben ser rellenadas lo más pronto posible, para evitar la acumulación de agua y de esta forma minimizar la posibilidad de infiltración hacia los estratos interiores.
17. La aceleración de la degradación de los residuos depositados en el relleno, mediante la adición de microorganismos o enzimas con acción específica, solamente tendrá sentido, si se cuenta con un plan bien definido que establezca la ubicación del área designada para este programa, composición del o los aditivos, método, cantidad y frecuencia de aplicación, así como las medidas de seguridad requeridas. (Brunner, 2003).

Segregación de residuos en el sitio.

La selección no controlada de los residuos que llegan a los sitios de disposición final, para recuperar los materiales que pueden ser reutilizados, es una práctica común en la mayoría de los municipios de nuestro país. En los rellenos modernos y en general a nivel internacional, esta práctica está prohibida en el frente de trabajo, principalmente debido a que representa un alto riesgo para la salud y la seguridad de los pepenadores, e interfiere con actividades normales del frente del trabajo. (Vesilind, 1990).

Cuando las necesidades o los requerimientos legales lo lleguen a exigir, se deberá realizar esta actividad en un sitio alejado del frente de trabajo y bajo la supervisión directa del personal operativo del relleno, confinándose en un área específica del sitio, de tal forma que no interfieran con la operación del relleno. En todo caso, se deberán establecer controles estrictos acerca de los tipos de materiales a separar o pepenar, su almacenamiento temporal y sus frecuencias de remoción, con la finalidad de que no se generen situaciones molestas para la imagen y operatividad del sitio. (Vesilind, 1990).

Realizar la pepena en un área fija puede ser ventajoso, ya que se puede proteger el área de los elementos del ambiente (lluvia, viento, etc) y su operación se puede hacer en forma más segura, ordenada y eficiente. Por supuesto, en este caso, otra desventaja puede ser la necesidad de invertir en infraestructura y / o equipo adicional. (Vesilind, 1990).

Uso efectivo de la maquinaria (rendimientos y consumos).

La construcción del relleno sanitario requiere de equipo pesado, conforme al grado de dificultad que presente el sitio para ello. Generalmente, este elemento de trabajo resulta ser una fuente importante en las inversiones destinadas al control de los residuos sólidos y por lo tanto, su uso efectivo es vital para el desarrollo eficiente de las operaciones en el relleno sanitario. La operación y el mantenimiento del equipo ocupan un lugar clave en los costos asociados con la operación de los sistemas de disposición final. Por tal razón, la adecuada selección del equipo por utilizar, debe utilizarse de manera racional y tomando en cuenta el método de operación y las condiciones reales de trabajo a las que estarán sujetas. (Álvarez, 1999).

Las funciones básicas del equipo para un relleno sanitario caen de las siguientes categorías:

1. Preparación del sitio incluyendo excavación de la primera celda, desmonte y despalme.
2. Compactación y manejo de residuos.
3. Excavación, transporte y aplicación de cubierta diaria.
4. Esparcimiento y compactación de la cubierta final.
5. Funciones de apoyo. (Álvarez, 1999).

Funciones relativas al suelo.

La excavación, el manejo y la compactación de los suelos utilizados como un sistema de impermeabilización o material de cobertura son los aspectos que deben considerarse cuando se determinan las funciones del equipo para el relleno. Los procedimientos para estas actividades difieren solo ligeramente de los utilizados para otras operaciones de movimiento de tierras. En consecuencia, el grado de mecanización y sofisticación del equipo disponible para el relleno sanitario, en una situación dada, no diferirá marcadamente de las actividades que son características en las operaciones de movimiento de tierras. (Rodríguez, 1995).

Funciones relativas a los residuos.

Las funciones del equipo relacionadas con los residuos sólidos son el empuje, extendido, compactación y cobertura. (Martin, 1991).

La función de compactación demanda atención total debido a sus efectos a muy corto y largo plazo sobre la operación del relleno, la velocidad y la extensión de los asentamientos, principalmente porque tiene una influencia importante en la capacidad del relleno. El equipo pesado especialmente diseñado para la compactación es aparentemente más efectivo que el equipo ligero diseñado especialmente para el movimiento de tierras. Sin embargo, el peso puede ser significativamente compensado, incrementando el número de pasadas de equipo ligero sobre los residuos. (Martin, 1991).

El número de pasadas necesarias para obtener la compactación requerida también depende del contenido de humedad y de la composición de los residuos. El equipo para el relleno debe ser resistente porque las condiciones para su uso se encuentran muy lejos de las ideales. Los radiadores presentan una alta frecuencia de saturación con partículas, lo que los daña considerablemente, el cuerpo, y las partes operativas del equipo pueden dañarse por los residuos protuberantes o voluminosos. Las llantas, aún las de uso rudo, pueden resultar pinchadas o cortadas, reduciendo su vida útil. (Martin, 1991).

Funciones de apoyo.

De acuerdo a las etapas iniciales y subsecuentes de construcción del relleno, se necesitará equipo de apoyo para la instalación de los sistemas de control ambiental tales como las geomembranas impermeables y cubiertas, las instalaciones para el manejo de lixiviados y los venteos para gas. Las funciones de apoyo durante la fase de operación incluyen la extensión y el mantenimiento de los caminos hasta el frente de trabajo del relleno, control de polvos y combate de incendios. A menos que los vehículos de recolección y transporte estén equipados con sistemas de auto descarga, el equipo de soporte puede ser requerido para ayudar a la descarga. Si el trabajo es abundante la descarga se puede complementar manualmente. Este sería el caso con los vehículos de recolección más viejos. Generalmente algunas de las funciones de apoyo (tales como la ampliación y mantenimiento de los caminos) pueden ser realizadas durante la fase de operación mediante la maquinaria utilizada para la distribución y compactación.(Brunner, 2003).

Rendimientos y Consumos.

Los rendimientos y consumos son clave para la correcta operación y la optimización de los recursos.(Heikkle .1999).

Rendimientos:

El manual de rendimiento, elaborado por la empresa encargada da la base para exigir volumetrías a los operadores, por lo que es obligatorio que en todo relleno sanitario se tenga este manual.

Consumos.

Otro de los rubros que afectan directamente es el costo horario de la maquinaria y el factor mas importante que lo altera o afecta es el diesel, el cual es impactado en un consumo excesivo por el “robo hormiga” de operadores, una mala bomba de inyección, a continuación se muestra una tabla de consumos de diesel de acuerdo a los promedios nacionales:

Tabla1 (INE, 2005).

Descripción de la Maquina	Consumo Promedio Lts/Hora	Rango Permisible Lts/ Hora
Retroexcavadora 416	4.75	3.00-5.00
Cargador 920	7.00	6.00-8.00
Cargador 926	8.00	7.00-9.00
Cargador 936	10.00	9.00-11.00
Cargador 950	12.00	11.00-13.00
Cargador 962	15.00	14.00-16.00
Cargador 966	18.00	17.00-19.00
Tractor D6	17.00	16.00-19.00
Tractor D7	19.00	18.00-21.00
Tractor D8	38.00	36.00-40.00
Tractor D9	44.00	42.00-48.00
Compactador 816	22.00	20.00-24.00
Compactador 826	38.00	36.00-42.00
Motoniveladora	9.00	8.00-10.00
Motoescrepa 627	47.00	44.00-50.00

Motoescrepa 651	55.00	53.00-58.00
Traxcavo 955	13.00	11.00-15.00

La tabla anterior marca una pauta para determinar si el equipo esta operando de forma correcta.

Inspección y Supervisión

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

La supervisión, es 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 en un determinado trabajo sea realizado adecuadamente, una vez terminado éste.(SEDUE, 1995).

Controles físicos del sitio y control de la operación.

Dentro de las instalaciones se debe tener un control tanto del sitio como de la operación, con la finalidad de poder asegurar que no se causarán molestias a los habitantes más cercanos, ni al ambiente.

Los responsables de la operación de los rellenos sanitarios, serán los encargados de velar por el control de las instalaciones y sus procedimientos operativos. Las prácticas que ellos sigan determinarán el grado de alcance en la protección ambiental y a la salud humana.(Brunner, 2003).

Control de humedad.

La importancia del control de entrada de líquidos al interior de las áreas de relleno generalmente se subestima. Es responsabilidad del operador, manejar el sitio de tal modo que se controle al máximo la entrada de humedad hacia las celdas de relleno. (Frezze, 2002).

Control de Residuos Sólidos

El control de los residuos que ingresan al relleno sanitario inicia antes de que éstos sean captados por vehículos de recolección. El operador debe conocer a quienes están transportando residuos al relleno sanitario y tener información de la fuente y las

características de los residuos recibidos en el sitio. Los residuos no autorizados por instrumentos legales vigentes, no deben ser admitidos en ninguna de las instalaciones de relleno sanitario. Es la responsabilidad del operador identificar las fuentes prohibidas y restringir su ingreso.(Holmes, 1999).

En los rellenos sanitarios, la disponibilidad de espacios es vital, por lo que, una vez que los residuos sólidos son depositados en el frente de trabajo, es responsabilidad del operador, obtener la máxima densidad para los residuos depositados dentro de un lugar específico, para aprovechar al máximo dicho espacio. La máxima densidad debe ser alcanzada mediante el confinamiento, compactado y cobertura de los residuos, siguiendo las prácticas recomendadas en este mismo manual.(DGSU, 1992).

Controles Adicionales de la Operación.

La densidad se puede incrementar por el paso frecuente del tráfico vehicular sobre las áreas rellenas. La sobrecarga de áreas rellenas, con bancos de material de cubierta, también ayudará a la compactación.(Séller, 2003).

Ingreso de Residuos

La complejidad de la operación de un relleno sanitario, estará en función del tipo de residuos que reciba. A continuación se describe la atención que se requiere, cuando por causas de fuerza mayor, es necesario recibir y disponer residuos especiales.

Entre los residuos voluminosos se incluye aparatos eléctricos, muebles, troncos de árbol, etc. Estos residuos deben manejarse de la siguiente manera:

1. Disponerse en un área principal de trabajo.
2. Descargarse en el pie de talud y compactar otros residuos alrededor de ellos.
Compactar los objetos voluminosos en suelo firme, para incrementar la compactación.(Martín, 1991).

Animales muertos.

En los sitios de disposición final de nuestro país es común que lleguen animales muertos a las áreas de relleno. Esto es debido principalmente a que la legislación no define en forma clara los métodos y procedimientos para su manejo y eliminación. Por lo tanto en algunas

ocasiones será necesario recibirlos y los procedimientos recomendados para su manejo dentro del relleno son:

1. Las mascotas domésticas, pueden enterrarse conjuntamente con los residuos sólidos.
2. Los animales mayores deberán disponerse en un área separada del área principal de trabajo.
3. Cuando por causas de fuerza mayor, se depositen los animales grandes con los residuos sólidos, será necesario cubrir con espesor mínimo de 0.30 metros de material de cubierta.
4. Los animales grandes deben ser enterrados a 0.90 metros de profundidad como mínimo, para evitar que otros animales los descubran.
5. Es recomendable colocar los cadáveres de animales en bolsas de plástico antes de enterrarlos.
6. Estos animales se recomienda estabilizarlos con cal.(Daschner, 1999).

Asbesto

El procedimiento adecuado para el manejo de asbesto es el siguiente:

1. Deberán envasarse en recipientes o bolsas perfectamente cerrados, las cuales pueden ser perfectamente verificados; los materiales voluminosos deben ser humedecidos y cubiertos antes de ser transportadas al relleno sanitario; la velocidad del viento no debe exceder los 16 Km. /m durante la disposición de estos materiales.
2. Los materiales se depositarán en un área separada o bien al pie del talud del frente de trabajo y se cubrirán inmediatamente con residuos sólidos manteniendo por lo menos un espesor de 0.15metros. (Brunner, 2003).

Llantas

Las llantas crean problemas en la operación del relleno sanitario. Para su disposición adecuada, se recomienda lo siguiente:

1. Colocarlas en la base del frente de trabajo y posteriormente compactar los residuos sólidos encima de ellas.
2. Las llantas almacenadas deben ser retiradas del área de relleno activa.

3. Cortar o triturar las llantas antes de descargar en el frente de trabajo.
(SEMARNAT, 2006).

Materiales ligeros.

Estos materiales (papeles, plásticos, etc) cuando no son manejados apropiadamente, pueden dispersarse a los alrededores del sitio de disposición final. Para su control se recomienda aplicar los siguientes procedimientos:

1. Caja abierta: Exigir el uso de cubiertas (lonas), en aquellos vehículos de caja abierta.
2. Condiciones de viento: Cambiar el frente de trabajo hacia áreas protegidas, usar mallas atrapa papeles perimetrales y móviles, plantar árboles que actúen como barreras rompedoras de viento, depositar los residuos en el piso, empujarlos sobre el talud, compactarlos y cubrirlos y cerrar aquellas áreas que llegan a ser inmanejables.(SEMARNAT, 2006).

Polvos.

Dentro de las medidas de control para polvos, incluyen:

Caminos: en caminos transitables en toda época del año (asfaltados) únicamente dar mantenimiento permanente. En caminos de terracería aplicar cloruro de calcio en proporción de 220 a 450 g/m² sobre el suelo previamente humedecido con agua (mas del 30% de humedad). Depósito, esparcido, compactación y cobertura de residuos: mojar las áreas de trabajo para reducir el impacto hacia el exterior del sitio durante condiciones de tolvaneras.(Badillo, 1995).

Viento: éste actúa en la cubierta final y en áreas aparentemente terminadas. Para su control se recomienda plantar árboles que sirvan como barrera, con el propósito de reducir su velocidad.(Juárez, 1995).

Olores

Los olores normalmente son estacionales por naturaleza y pueden ser controlados a través de:

1. La colocación de una cubierta sobre aquellos residuos que han alcanzado un estado avanzado de descomposición; si estos requieren un manejo especial, se recomienda descargarlos y cubrirlos inmediatamente.
2. El adecuado venteo del biogás
3. La colección, minimización y tratamiento de lixiviados.(Henry, 2004).

Ruido

El ruido puede ser controlado mediante:

1. El adecuado manejo de las fases de operación para crear una zona o barrera de amortiguamiento entre fuente y receptor.
2. Mantenimiento adecuado del equipo.
3. Distancias apropiadas. (Henry, 2004).
- 4.

Insectos

Incluyen moscas y mosquitos. Los problemas potenciales de insectos son principalmente la transmisión de enfermedades, mala imagen y molestias a los habitantes más cercanos.

El control de insectos puede ser realizado por:

1. La cobertura oportuna de los residuos, para poner fuera de su alcance el alimento, el refugio y las áreas para su reproducción.
2. Aplicación de soluciones insecticidas, sobre los residuos descargados en el frente de trabajo.(Keene,1991).

Roedores

Los roedores pueden provocar enfermedades, daños a la propiedad y contaminación de alimento.

El reconocimiento de la presencia de roedores es a través de la inspección de las diferentes áreas del relleno y la identificación de:

1. Excrementos.

2. Madrigueras.
3. Hoyos en construcciones y bermas del relleno.
4. Materiales roídos.
5. Observación directa de los roedores.(Rutala, 1998).

Incendios.

Los incendios generan problemas de seguridad, calidad de aire (salud), molestias y daños a la propiedad. En los rellenos sanitarios los incendios pueden ser difíciles de localizar, debido a que en ocasiones se generan en el interior de las celdas y el humo toma la ruta que le permite salir más fácilmente y no hacia la superficie directa sobre su ubicación.

(Gutiérrez, 1996).

Su control puede ser realizado de la siguiente manera:

1. Compactación efectiva de los residuos para reducir los vacíos y restringir las vías de acceso para el aire.
2. Cobertura diaria de los residuos
3. Compactación adecuada del material de cobertura

Si el fuego se presenta, tratar de sofocar la combustión impidiendo el acceso del aire (oxígeno) al área incendiada, esto generalmente se puede lograr cubriendo con tierra suficiente la zona. No se recomienda aplicar agua. (Gutiérrez, 1996).

Procedimientos de control de asentamientos de lixiviados y biogás.

Antes de realizar las prácticas de manejo de los lixiviados y biogás, es importante comprender de manera general los principios de la descomposición de los residuos dentro del relleno sanitario. El objetivo de comprender dicho proceso, se basa en lo siguiente:

1. La localización y el diseño de las instalaciones están apoyadas en los impactos ambientales potenciales derivados de los productos que resulten de la descomposición.
2. Las prácticas de operación afectan directamente la velocidad de la descomposición de los residuos sólidos.
3. Los efectos adversos pueden ser planeados para minimizar sus consecuencias.

4. La viabilidad de la clausura y post-clausura es seriamente afectada también por los productos generados durante la descomposición de la materia orgánica.

Todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero la fracción orgánica es la que sufre los cambios más importantes. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos. (Mendez, 2006).

Efectos de la descomposición.

Hay tres principales eventos que ocurrirán en el relleno sanitario por la degradación de los residuos sólidos: hundimientos y asentamientos diferenciales, generación y migración de biogás además de generación y migración de lixiviados. (Rodríguez, 1995).

Asentamientos

Los hundimientos (asentamientos uniformes o fallas) del relleno ocurren lentamente con el tiempo y esto es causado por:

1. Peso del relleno (con respecto a la altura).
2. Descomposición de los residuos sólidos (disminución del volumen).
3. Compactación deficiente.

El control se efectúa por medio de la compactación de los residuos sólidos. (Henry, 1999).

Asentamientos diferenciales

Los asentamientos de ciertas áreas rellenas son llamados asentamientos diferenciales y originan depresiones de diversos tamaños, su concurrencia se da de manera aleatoria a través del tiempo. Los problemas básicos creados por los asentamientos diferenciales incluye el encharcamiento de agua, incrementando la generación de lixiviados, la producción de biogás y la reducción del crecimiento de especies vegetales. (SEDUE, 1995).

Control de asentamientos.

Los métodos de control de asentamientos incluyen:

1. Buena compactación.
2. Separado o recuperación de materiales de los residuos voluminosos.
3. Compactación de los residuos voluminosos lo más posible.
4. Mantener el área de trabajo lisa y uniforme.

5. Acondicionamiento de caminos con materiales inertes.
6. Nivelación de áreas para favorecer los escurrimientos.
7. Llenar las depresiones con material de relleno si estas son evidentes.
8. Durante la construcción del sitio, las grandes depresiones pueden ser rellenadas con residuos fácilmente manejables para renivelar. (INE, 2006).

Identificación de la presencia de asentamientos.

La identificación de los problemas de asentamientos se hace a través de la observación directa sobre las áreas rellenadas, para detectar: agrietamiento en la cubierta, depresiones visibles, fracturas profundas y estancamiento de agua. (Brunner, 2003).

Manejo de lixiviados.

Cuando el agua pasa (percola) a través de varios materiales, remueve algo de los sólidos, a esta agua y a los líquidos que se forman de la biodegradación (y lo que contiene) se llama lixiviado. (Mendez, 2006).

El lixiviado es de aspecto desagradable, comúnmente tiene mal olor y puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales. Contiene materia orgánica y orgánica, algunos de estos materiales son tóxicos a los humanos y animales. Esto significa que el lixiviado se debe mantener alejado de lagos y corrientes, así como del agua subterránea que puede consumir la gente. (Mendez, 2006).

La producción de lixiviados se puede prevenir con lo siguiente:

1. Manteniendo los líquidos fuera de los residuos sólidos.
2. Manteniendo el agua de lluvia fuera del relleno.

Es necesario perforar pozos de monitoreo de agua subterránea alrededor del relleno. Los requerimientos básicos son de un pozo aguas arriba del área de relleno y tres aguas abajo. Las muestras colectadas de estos pozos se analizan para asegurar que el lixiviado no llegue al manto freático. (Mendez, 2006).

Migración de lixiviados.

Las buenas practicas de operación pueden resultar en una reducción de la generación de lixiviados. No hay técnicas que eliminen absolutamente la generación de lixiviado y este

no representa ningún problema, a menos que migre desde el punto de generación hacia las aguas superficiales o subterráneas. (Fosters, 1996).

Características de migración.

La migración de lixiviados ocurre cuando se satura una condición conocida como capacidad de campo. Dicha condición se refiere a la capacidad de un material para tener humedad libre en contra de la fuerza de gravedad, una vez que se alcanza la capacidad de campo no es lo mismo, la migración de lixiviados puede iniciar. (Hirata, 2003).

Capacidad de campo no es lo mismo que saturación, ya que saturación significa que todos los espacios libres, están llenos con agua. (Fosters, 1996).

Los procesos de migración que pueden ocurrir son:

1. La migración se puede dar cuando cualquier porción del relleno alcanza su capacidad de campo o desde los vacíos entre los residuos.
2. El lixiviado también puede migrar a la superficie del suelo (base del relleno) o hasta el agua subterránea. A lo largo de la vía de menor resistencia dentro del relleno y en el suelo circundante. (Fosters, 1996).

Descarga superficial de lixiviados.

La descarga superficial normalmente ocurre a lo largo de la base de taludes, en el punto más débil en un sistema de cubierta o donde el suelo tiene mayor permeabilidad. El uso de suelos impermeables como cubiertas diarias o intermedias puede originar escurrimientos a los lados del relleno, dichos escurrimientos superficiales pueden producir olores y condiciones desagradables, contaminación potencial del agua superficial, infiltración del lixiviado e impacto a la flora del sitio. (Méndez, 2006).

El control de las descargas superficiales se realiza mediante control de generación de lixiviados, o bien, excavando zanjas alrededor del escurrimiento y rellenándola con suelo de textura fina y bien compactado, para interrumpir el flujo. (Méndez, 2006).

Descarga de lixiviado al agua subterránea.

La contaminación del agua subterránea se presenta si el lixiviado llega a alguno de estos cuerpos. Un método utilizado, para detectar la migración, es el monitoreo de humedad del

suelo bajo el relleno con lisímetros. Dicho monitoreo se efectúa principalmente para evaluar la calidad del agua, con respecto a la presencia del lixiviado. (Fosters, 1996).

Es importante diseñar el programa de monitoreo al mismo tiempo que se diseña el relleno, tomando en cuenta las etapas de construcción. (Fosters, 1996).

Control de migración de lixiviados.

La ubicación adecuada del sitio, el diseño y la construcción pueden dar seguridad en el control de la migración de lixiviados. La infraestructura necesaria incluye sistemas de impermeabilización empleando materiales de baja permeabilidad, colocados en cierta pendiente para conducir por gravedad el lixiviado a los tubos colectores. Estos tubos colectan el lixiviado para su posterior extracción y tratamiento. La operación adecuada de dichas instalaciones, la colocación de cobertura final de acuerdo a las especificaciones del proyecto, y el mantenimiento de la cubierta vegetal reducirá migración de lixiviados. (Fosters, 1996).

Selección del sitio.

En nuestro país, generalmente se han utilizado para la disposición de residuos sólidos, sitios inadecuados como: minas de materiales permeables, cauces de ríos y barrancas principalmente, los cuales por el tipo de suelo, ubicación, etc, se han convertido en focos de contaminación de alto riesgo para los seres vivos. Es por ello que las legislaciones no permiten que los rellenos sanitarios se ubiquen en suelos que faciliten la infiltración de los lixiviados al manto freático; por lo que en la mayoría de los casos tanto los sistemas naturales de impermeabilización hechos con suelos arcillosos, los sistemas artificiales o combinaciones de ambos son necesarios para controlar dicha migración de lixiviados. Aún en ausencia de requisitos legales que exijan sistemas de impermeabilización, las prácticas adecuadas dictarán casi siempre el uso de sistemas de impermeabilización. (SEDUE, 1995).

Impermeabilización con materiales naturales.

El uso de materiales naturales requiere de consideraciones especiales para asegurar que:

1. La permeabilidad del suelo iguale ó exceda los estándares legislados. (Rimer, 1990).

2. La densidad en el suelo del sitio sea comparable a la utilizada en una prueba para determinar el coeficiente de permeabilidad.
3. El espesor del suelo sea el adecuado para proporcionar al sitio la seguridad establecida por el diseñador.
4. Impermeabilización con materiales geosintéticos (sistemas de membrana flexible).
5. El tipo de geosintéticos utilizados pueden ser: georedes, geotextiles, geomallas y geomembranas. Dichos geosintéticos deben ser compatibles con las condiciones físicas de la obra, además de cumplir con un alto control de calidad tanto del mismo material, como de su instalación.
6. Los geosintéticos más frecuentemente utilizados pueden ser fabricados de: polietileno clorado, polietileno clorosulfonado, polietileno de alta densidad y cloruro de polivinilo. (Rimer, 1990).

Impermeabilización.

No existen los sistemas totalmente impermeables. La migración normal de lixiviados a través de las capas impermeables se llama "permeación" para distinguirla de las fugas. La mayoría de los sistemas convencionales de impermeabilización son diseñados con sistemas de colección y remoción de lixiviados que disminuirán el tirante de los líquidos sobre la superficie impermeable hasta una altura de 0.15 metros, bajo estas condiciones, un sistema de impermeabilización cuidadosamente construido que contenga una capa de 0.30 metros, de arcilla colocada y compactada, con una permeabilidad en el sitio de $1 \cdot 10^{-7}$ cm. /seg., mantendrá una permeación de aproximadamente 150 m^3 /ha/ año de lixiviado. Sin embargo el agrietamiento en las arcillas debido a una mala compactación o al resecamiento y el fisuramiento pueden favorecer una mayor fuga de dichos lixiviados. (Fosters, 1996).

Diseño de capas impermeables.

Los sistemas convenientes de impermeabilización para rellenos se conforman por capas de arcilla o membranas sintéticas para impedir la migración de lixiviado. Los sistemas compuestos incluyen una capa de arcilla sobre una membrana sintética. (Fosters, 1996).

Los sistemas más importantes de impermeabilización son:

1. Capa natural de arcilla.

2. Capa de arcilla compactada.
3. Geomembrana sintética sencilla.
4. Sistema doble de geomembrana sintética / arcilla.
5. Sistema compuesto.

En la selección de un sistema de impermeabilización, el diseñador de rellenos debe evaluar las necesidades, condiciones específicas y el grado de contención requerido para prevenir la contaminación del suelo o el agua subterránea. También debe preocuparse de las tendencias nacionales y regionales en la legislación de los rellenos que puedan influir en gran medida las obligaciones asociadas con el proyecto. (Brunner, 2003).

Minimización de fugas.

Las fugas se pueden presentar tanto en los sistemas construidos con arcilla como en los que utilizan materiales sintéticos. La tasa de flujo en las fugas es directamente proporcional a:

1. La altura de lixiviado sobre la superficie impermeable. (Henry, 2004).
2. El tamaño de la imperfección.
3. La permeabilidad de las capas subyacentes al sistema de impermeabilización.

La primera acción para evitar las fugas de lixiviados, es efectuar una instalación bajo una estricta supervisión. Las pruebas constructivas y destructivas de los sistemas de impermeabilización son esenciales para eliminar los problemas asociados con materiales de mala calidad, mano de obra deficiente y daños accidentales.

4. Un método alternativo para reducir las fugas es la construcción de una capa doble impermeable, comúnmente se encuentra doble geomembrana sintética o doble capa de arcilla en los diseños actuales de rellenos sanitarios. La efectividad de las dobles capas es reforzada por la probabilidad de que una falla en la capa impermeable. (Henry, 2004).

Tratamiento de lixiviados.

Un sistema de colección de lixiviados se construye con el fin de utilizarse para desplazar el lixiviado del relleno. El proceso consiste en coleccionar, bombear y conducirlo hacia una planta de tratamiento de aguas residuales o para su manejo en el mismo sitio. (Mendez, 2006).

Sistemas de tratamiento de lixiviados.

Las opciones de disposición caen en cualquiera de las categorías siguientes:

1. Descarga directa a un cuerpo receptor de aguas.
2. Descarga a una planta de tratamiento pública.
3. Recirculación al relleno. (Mendez,2006).

Aplicación o tratamiento sobre el suelo.

La recirculación normalmente no utiliza ningún tipo de tratamiento. Por otra parte, el tratamiento extensivo es normalmente necesario para impedir la descarga del lixiviado a las aguas superficiales. Si el lixiviado se descarga a una planta de tratamiento pública, el grado de tratamiento preliminar depende de la capacidad de la planta y de lo que acepte el operador de la misma. (Juárez, 1995).

Recirculación del lixiviado.

El uso de la recirculación no elimina la necesidad final de tratamiento. Eventualmente, el lixiviado en exceso tendrá que ser removido y tratado.

Se pueden usar tres diferentes tipos de sistemas de recirculación de lixiviados:

1. Irrigación por aspersión
2. Flujo superficial
3. Irrigación por inyección. (Fosters, 1996).

Irrigación por aspersión.

Se realiza mediante el bombeo periódico del lixiviado a través de las boquillas de aspersión situadas en intervalos de 0.15 a 0.30 metros de separación a lo largo y ancho del relleno. La ventaja es que el lixiviado puede quedar sujeto a tratamiento por aeración durante el proceso de aspersión y vía adsorción absorción por el material de cobertura durante su infiltración. (Drever y Pretince, 1999).

Flujo superficial.

Es una técnica en la que se utilizan trincheras, tubos sobre la superficie del relleno o campos de infiltración para distribuir el lixiviado recirculado. El lixiviado es periódicamente bombeado a los sistemas de distribución y se permite su infiltración al interior del relleno, el tratamiento se da en la superficie mediante medios biológicos, adsorción y absorción.(Cherry, 2002).

Irrigación por inyección.

Los lixiviados se distribuyen al interior del relleno mediante pequeños tubos o medios de infiltración (porosos), enterrados bajo la cubierta final. Ya que el sistema se instala bajo la superficie, la irrigación no es afectada por las condiciones climatológicas y tiene la ventaja de minimizar los problemas potenciales de olores. (Fosters, 1996).

Manejo de biogás.

El biogás se produce de la degradación de los materiales orgánicos. El proceso se llama descomposición anaerobia. Los dos principales gases formados son metano (CH_4) y bióxido de carbono (CO_2). El metano es el grupo de los alcanos, una mezcla de 5 al 15% de metano en aire puede causar una explosión si existe una fuente de ignición.

El biogás se puede desplazar por el subsuelo e inclusive fuera del relleno. Si el gas se acumula dentro o bajo estructuras tales como edificios, drenajes u otros sistemas de conducción, puede causar explosiones; es por ello que se construyen pozos de monitoreo en perímetro del sitio, con el fin de evaluar la cantidad de biogás que puede acumularse en dichas zonas no controladas.(Victoria, 1997).

Existe una creciente preocupación a cerca de la liberación sin control del gas proveniente de los rellenos sanitarios a la atmósfera, por ser una amenaza para la salud humana y el ambiente, por ello existe una creciente presión para que el biogás sea extraído y por lo menos venteadado. (Victoria, 1997).

Muchos rellenos en el mundo cuentan con sistemas para el control de biogás. Esto asegura que se minimice su emigración de manera incontrolada. El gas colectado puede ser incinerado en un quemador o utilizado como fuente de energía alterna en diversos usos, por

ejemplo: para la calefacción de espacios cerrados o para el funcionamiento de equipos, como combustible doméstico e industrial, etc. (Victoria, 1997).

Biogás.

La cantidad y composición del biogás depende entre otros factores, del tipo de materia orgánica contenida en los residuos sólidos, del grado de descomposición de ésta, etc. Se considera que los residuos con una gran fracción de material orgánico de fácil degradación producirán mayor cantidad de biogás. La tasa de producción de biogás es gobernada por la velocidad a la que los residuos se descomponen, así como factores ambientales. Cuando la descomposición cesa, la producción de gas también termina. La producción de biogás comienza casi inmediatamente después de que los residuos sólidos son confinados en el relleno sanitario. (Díaz, 1993).

Además del metano y bióxido de carbono, en el biogás se pueden encontrar otros componentes, de los cuales se deriva su olor característico, así como orgánicos no metálicos que pueden impactar la calidad de aire cuando son desalojados hacia la atmósfera. (Díaz, 1993).

Evaluación del suelo para detectar la presencia del biogás.

La emigración del biogás hacia zonas controladas puede detectarse de la siguiente forma:

1. Percibiendo su olor característico.
2. Revisando fracturas o grietas de la cobertura mediante un explosímetro.
3. Observando incendios o desprendimiento de vapores entre las celdas así como en las zonas circundantes.
4. Muestreando el sitio donde se sospeche que hay emigración de biogás. (Díaz, 1993).

Respecto al muestreo se tiene las siguientes recomendaciones:

La profundidad del muestreo varía dependiendo de la geología y la distancia al relleno. Las pruebas iniciales se realizan normalmente entre .30 y .45 metros. Bajo la superficie del suelo debido a la capacidad limitada del equipo de prueba. Las pruebas se deben realizar principalmente, en el perímetro de zonas habitacionales. (Díaz, 1993).

Pozos de monitoreo de biogás.

Son estructuras que se construyen principalmente en las zonas circundantes al sitio, con el fin de evaluar y detectar el biogás acumulado en tres estratos del suelo tales instalaciones permite:

1. El fácil análisis de rutina.
2. Las ubicaciones de prueba uniformes.
3. La verificación de los resultados son pruebas repetidas. (Malacalza, 2002).

Equipos de monitoreo.

Se usan explosímetros para detectar la presencia de metano. Estos equipos pueden utilizarse para varios propósitos como:

1. Medición del porcentaje de gas en relación al límite explosivo inferior.
2. Medición de la concentración total de gas como un porcentaje referido a gases totales. (Brunner, 2003).

Dichos equipos presentan variables como:

1. Alarmas auditivas
2. Alarmas visuales. (Brunner, 2003).

El equipo para el límite explosivo inferior es más útil porque el peligro de explosión es una preocupación primordial. El límite explosivo inferior del metano es 5% en volumen del aire, y es la concentración más baja de gas que puede producir una explosión si existe una fuente de ignición. (Brunner, 2003).

El límite explosivo superior del metano en aire es de 15% en volumen, y es la máxima concentración de un gas que causa explosión. Si rebasa el 15% puede causar incendios pero no explosiones. (Brunner, 2003).

Características de las emisiones de biogás a la atmósfera.

El biogás también contiene menos del 1% de compuestos orgánicos no metálicos. Así la migración del biogás propicia un mecanismo de transporte para los compuestos orgánicos no metálicos contenidos en los residuos del relleno. (Victoria, 1997).

Las emisiones del biogás a la atmósfera.

Estas requieren de la estimación, tanto de su concentración como de su flujo.

Se han desarrollado varios modelos teóricos para estimar la tasa de generación que es alrededor de la mitad del total del volumen del biogás. El modelo de Scholl Canyon parece ser uno de los más utilizados para la estimación de las emisiones de los compuestos orgánicos no metálicos. (Heikke, 1999).

Control del biogás.

Existen varios tipos de sistemas para controlar las emisiones y migraciones del biogás (sistemas activos y pasivos), dependiendo de la cantidad que se genere. Dicho control puede consistir en:

1. Venteo a la atmósfera.
2. Combustión en pebeteros o quemadores.
3. Incineración.
4. Recuperación como fuente alterna de energía. (Malacalza, 2002).

Para ello pueden usarse los siguientes sistemas:

Sistemas de control activo:

Son pozos construidos a diferentes profundidades, equipados con un ducto y equipo mecánico, como sopladores y bombas de extracción. Estos sistemas incluyen: pozos de extracción y/ o trincheras (captación) y pozos de inyección de aire o trincheras (barreras).

La selección, el diseño y los costos de los sistemas son específicos para cada sitio y están determinados en base a investigaciones de campo, requerimientos de desempeño y planes del desarrollo del sitio. (Brunner, 2003).

Sistemas de Pozos de extracción de biogás.

Estos sistemas pueden ser de una extracción natural y consiste de una serie de pozos verticales en el área del sitio. (Malacalza, 2002).

Sistemas de pozos de trincheras de extracción.

Consiste en una línea de zanjas interceptoras equipadas con grava y tubos de P.V.C. perforados o rasurados. (Brenniman, 1993).

Sistemas de pozos de inyección de aire.

Consisten en una serie de pozos verticales instalados en el suelo natural, entre el límite de los residuos sólidos depositados y del área de amortiguamiento requerida. (Collins, 1991).

Trinchera perimetral de inyección de aire.

Es similar al de la trinchera de extracción descrita anteriormente (Consiste en una línea de zanjas interceptoras equipadas con grava y tubos de P.V.C. perforados o rasurados). (Collins, 1991).

Sistemas pasivos de control.

Su construcción es exactamente a la de los sistemas activos, excepto su forma de extracción, ya que esta se realiza de manera natural.

Dichos sistemas incluyen: sistemas de trincheras de venteo (pozos de extracción de biogás), quemadores y venteo (captación). (Collins, 1991).

Quemadores y venteos.

Los quemadores y venteos son instalaciones sencillas de tubo colocado dentro del estrato de residuos sólidos formando un diámetro de 3 mts de piedra caliza para permitir el venteo del biogás a la atmósfera. Un sistema de quemadores pasivos es similar a un sistema de venteo, excepto que el gas se quema y es necesaria cierta infraestructura adicional para mantener la combustión. (Belkin, 1993).

Estructuras de protección para los sistemas de control del biogás.

Las protecciones pueden ser de metal, concreto, tabique, etc., previamente diseñadas en base a los requerimientos del sistema a proteger. (Malacalza, 2002).

Recuperación y uso del biogás.

La recuperación y uso del biogás producidos en rellenos sanitarios, se han desarrollado en varias ciudades del País. (Victoria, 1997).

Entre algunos casos de sus usos se pueden mencionar los siguientes:

1. Combustibles para uso industrial.

2. Combustible para generación de electricidad
3. Combustible para uso doméstico
4. Combustible para vehículos producción de metanol

Las compañías que instalan sistemas de recuperación de biogás indican que para un proyecto sea económicamente viable a gran escala se deben de reunir las siguientes condiciones: el relleno debe contener como mínimo 1,000,000 de toneladas, el sitio debe estar en operación o tener 5 años de haberse cerrado, el espesor de los estratos de residuos sólidos debe ser como mínimo de 12 metros, el material de cobertura es necesario que sea impermeable para reducir el movimiento de biogás. (Victoria, 1997).

Mantenimiento y servicio.

Dar mantenimiento a una obra es efectuar acciones para conservar la funcionalidad de sus equipos e instalaciones. Y en un relleno sanitario es muy importante realiza adecuadamente, pues de no ser así se ocasionaría:

1. Graves daños al medio ambiente y con ello rechazo a la obra por parte de la población.
2. Incumplimiento de los planes y programas de trabajo.
3. Fallas en el equipo o en las instalaciones y con ello encarecimiento de la obra.

(Brunner, 2003).

Procedimientos de monitoreo.

El monitoreo ambiental de un relleno sanitario, debe ser un instrumento de vigilancia de las condiciones que puede afectar a la salud pública o al ambiente. (Brunner, 2003).

Monitoreo ambiental de rellenos sanitarios.

El monitoreo de aguas subterráneas.

En los rellenos tienen la finalidad de detectar la contaminación inaceptable del agua subterránea que resulta de la operación de los rellenos. (DGSU, 1992).

El monitoreo de aguas superficiales.

También se efectúa para detectar su contaminación en niveles inaceptables, que resulten de las operaciones realizadas en los rellenos. Los niveles aceptables de contaminantes para ambos casos, son especificados por las autoridades ambientales del País y estarán generalmente de acuerdo con los criterios establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, publicadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en el diario oficial de la federación. (SEMARNAT, 2006).

El monitoreo de lixiviados.

Sirve para establecer la presencia de tendencias o irregularidades en dicho contaminante y proporciona un estándar contra el cual se pueden comparar las irregularidades detectadas con respecto a las mediciones del agua subterránea. (Méndez, 2006).

El monitoreo de biogás.

Este determinará concentraciones que signifiquen un riesgo inaceptable para los seres vivos. Además de los monitoreos antes descritos, se realizan otros que piden las autoridades municipales o de gobiernos estatales, tales como el ruido que se genera por la operación diaria, otros como emisiones contaminantes del equipo pesado, y algunos otros como partículas suspendidas. (Malacalza, 2002).

Seguridad.

Un accidente se puede definir como:

Un evento no intencional que interrumpe las prácticas o procedimientos normales.

Un accidente puede causar para o daño a los equipos o propiedades y /o lastimar al personal. El objetivo de un programa de seguridad es reducir la incidencia de los accidentes. Esto incluye accidentes que no produzcan lesiones a la gente o daños a la propiedad. (Jaramillo, 2001).

Prevención de accidentes.

Existen tres razones básicas para la prevención de accidentes:

1. La reducción del sufrimiento y el dolor humano.

2. Ahorro del dinero.
3. El cumplimiento de las leyes y los reglamentos.

La reducción del sufrimiento y el dolor es una razón suficiente para la prevención de accidentes. Sin embargo la reducción de los accidentes también produce grandes ahorros económicos. La compensación de los trabajadores accidentados generalmente implica altos costos. Algunos accidentes pueden ocasionar problemas legales y enormes gastos que incluyen los gastos legales. Se debe seguir fielmente la legislación o de lo contrario se incrementa el riesgo de problemas legales. (Cepeda, 2001).

Programas de seguridad.

Un programa de seguridad es un plan continuo de acción diseñado para regular la conducta humana y el lugar físico de trabajo con la finalidad de prevenir accidentes. El lugar de trabajo debe hacerse lo más seguro posible. Sin embargo, los problemas de seguridad para los empleados probablemente tendrán un mayor impacto en la reducción de los accidentes. (Jaramillo, 2001).

Precauciones de seguridad:

1. Mantenerse lejos de los residuos prohibidos tales como líquidos, lodos, etc., no enterrar estos residuos. Seguir los procedimientos establecidos y notificar al supervisor.
2. Investigar los residuos sospechosos o de origen desconocido tales como polvos.
3. No permitir que aquellas personas que se encuentran bajo la influencia del alcohol o las drogas trabajen en el sitio o hagan uso del mismo.
4. No aceptar contenedores vacíos que hayan contenido anteriormente sustancias peligrosas o tóxicas a menos que tengan un certificado de seguridad.
5. Mantener a los camiones de descarga automática de residuos de 4.5 metros de distancia de los vehículos contiguos.
6. No permitir distracciones y pérdida de tiempo en el área de disposición final.
7. Se debe prohibir fumar en el frente de trabajo o en superficies donde la basura no esta cubierta.
8. Se debe prohibir la pepena.

Se debe exigir que todo el personal firme o cheque para cada periodo de trabajo. Los registros deben ser inspeccionados al final del turno para asegurarse que todas las personas cumplan con esta disposición. (Jaramillo, 2001).

Equipo.

1. Antes de comenzar, siempre se debe inspeccionar el equipo, así antes que todo asegurarse de no encender y operar el equipo si esta en malas condiciones.
2. Asegurar de tener visibilidad suficiente mientras opera el equipo.
3. Tener especial cuidado en observar en observar los residuos voluminosos tales como electrodomésticos o troncos los cuales podrían volcarlo. (Cepeda, 2001).

Equipo y ropa de protección.

Siempre utilizar la ropa de protección y equipo de seguridad. Los operadores han perdido manos, dedos, pies, lenguas y orejas porque no usaban el equipo adecuado.(Gutiérrez, 1996).

Procedimientos de emergencia.

Se debe mantener a la vista los números telefónicos de bomberos, policía y escuadrón de rescate. Al personal de servicios de emergencia y/o protección civil, se le debe dar la oportunidad de revisar y de inspeccionar el sitio por lo menos una vez al año. Es responsabilidad del supervisor informar a los empleados de los procedimientos adecuados de emergencia y es responsabilidad de los empleados seguirlos. (Sánchez, 1997).

III CONTROLES Y REGISTROS.

Para tener el control, sobre todas las operaciones que se realizan dentro del relleno sanitario, es necesario anotar y registrar toda aquella información relevante que se genere durante el desarrollo de las actividades del relleno sanitario. Dichos registros, se facilitan usando formatos, logrando así evitar el olvido de algún dato, y tener ordenada la información para después procesarla. (Anónimo, 1998).

Los registros son muy importantes, por que proporcionan datos reales acerca de los costos por disposición final, así como los gastos que se realizan por mantenimiento y mano de obra; y permiten al gerente del relleno identificar los costos asociados a las operaciones, y parámetros de control para mejorar las operaciones diarias. Asimismo, resulta una herramienta útil para la planeación y toma de decisiones, en una palabra, estos registros son el principal apoyo para la administración del relleno sanitario. (Anónimo, 1998).

Mediante estos formatos se pueden registrar, observar y controlar todas las actividades dentro de la operación de un relleno sanitario. (Anónimo, 1998).

Formato de controles.

Hoja membretada.

En el formato 1 “solicitud hoja membretada” previamente al inicio de operación y/o durante la operación se deberá iniciar con la captación de clientes. (Brunner, 2003).

Solicitud de autorización.

En el formato 2 “solicitud de autorización” se deberá llenar todos los datos en el solicitante, domicilio fiscal, comercial, tipo de cliente (generador y/o transportista), así como la descripción de los residuos, sellos de la empresa, etc. (Brunner, 2003).

Contrato.

En el formato 3, deberá llenarse totalmente, y es uno de los más importantes ya que contiene cláusulas que protegen la integridad del relleno sanitario y finca responsabilidades

por probables malos manejos, por lo tanto es estrictamente obligatorio que todo cliente tenga un contrato firmado. (Brunner, 2003).

Control de acceso.

En el formato 4, se registran las estradas y salidas de los vehículos en el sitio de disposición final de los residuos sólidos, en el cuál registra sin excepción a todo el vehículo que ingrese a disponer residuos, registrando en dicho formato a todos los clientes y además se estará registrando en un bitácora convencional (visitantes y proveedores) a toda persona que ingrese para otros fines que no son la disposición final. (Brunner, 2003).

Reporte diario de báscula.

En el formato 5 se registran los residuos sólidos recibidos en el sitio de disposición final diariamente. Así se concentra la información de las toneladas recibidas durante el día, anotando el peso neto, el cliente y la procedencia de este cliente, así como el número económico y el folio de la boleta. (Brunner, 2003).

Ubicación de residuos.

En el formato 6 se plasma la ubicación de los residuos que llegaron en el día, tales como área, elevación, celda, macro celda, etc., con la finalidad de llevar un mayor control en cuanto a disposición de residuos y en cualquier contingencia poder determinar en que nivel y que área ocuparon los residuos de cualquier día. (Brunner, 2003).

Reporte de anomalías.

En el formato 7 se llevan y se plasman todas las anomalías, ocurridas eventualmente, sirviendo además como soporte para elaborar las actas administrativas cuando se trate de que el personal haya incurrido en una anomalía. (Brunner, 2003).

Reporte diario de maquinaria.

Con el formato 8 se deberá llevar sin excepción diariamente ya que marca el check-list y da la pauta para programar los mantenimientos correctivos y se realiza un resumen diario de la operación de la maquinaria. (Brunner, 2003).

Bitácora de maquinaria.

En el formato 9 se usa para preparar un resumen mensual del control de la maquinaria en el relleno sanitario. Ya que incluye los 31 días de el mes con todos sus consumos y refacciones. (Brunner, 2003).

IV Procedimientos administrativos.

Un relleno sanitario requiere de organización en sus procedimientos administrativos, para lograr alcanzar sus objetivos con autosuficiencia económica y eficiencia técnica.

La buena administración se logra contando con una adecuada planeación y organización, a fin de que se realicen ordenada y eficientemente todas las actividades a desarrollar dentro del relleno sanitario, tratando de cumplir con los lineamientos marcados por la legislación ambiental vigente en materia de disposición final. (INE, 2005).

Estructura orgánica.

No se puede hablar o establecer una estructura orgánica “tipo”, para la administración y operación de un relleno sanitario, ya que la complejidad de la estructura dependerá básicamente de la magnitud del sitio, y del grado de autonomía que se le desee otorgar al mismo, para su operación. Es por esta causa que se recomienda un organigrama conceptual y una plantilla de personal mínimo para llevar a cabo la adecuada administración y disposición de los residuos sólidos, dentro de un relleno sanitario, con la finalidad de que sea tomada como base para estructurar al organismo que prestará el servicio, haciéndolo tan complejo como lo requieran las necesidades de cada caso específico. (INE, 2005).

Así mismo se enumeran las actividades necesarias para la operación y control del sistema, el cual indica las normas a las que estarán sujetas tanto las personas durante su permanencia dentro del sitio, como las operaciones que se lleven a cabo en el mismo, señalándose los lineamientos que deberán seguirse y respetarse para el correcto manejo de los residuos sólidos. (INE, 2005).

Las estructuras serán para operar, controlar y vigilar el relleno sanitario, y deberán realizarse en forma integral las siguientes funciones:

1. Operar, administrar y controlar correctamente el sistema de disposición final.
2. Mantener un buen estado la maquinaria, equipo e instalaciones propias del relleno sanitario.
3. Proporcionar el servicio de disposición final con el personal adecuado y debidamente capacitado para cumplir correctamente con la función asignada.
4. Cumplir con los lineamientos y normas de control de los rellenos sanitarios.

5. Llevar el registro presupuestal de los egresos e ingresos efectuados para la operación del sistema, así como de los aspectos más importantes. (INE, 2005).

Descripción de puestos.

Se hace una descripción detallada de puestos considerados como necesarios y las funciones que deberá realizar la persona designada a dicho puesto. (Jaramillo, 2001).

Gerente del relleno sanitario.

El objetivo es planear, dirigir, supervisar y corregir las diferentes operaciones o actividades para el buen funcionamiento, conservación, mantenimiento y clausura del relleno sanitario. Elaborar los informes necesarios para el jefe inmediato, y concentrar la información diaria, semanal y mensual del relleno sanitario a su cargo, teniéndola siempre disponible para cuando se le solicite de algún otro departamento, así como planear las actividades que exige la administración de recursos tanto económicos como humanos. (Cepeda, 2001).

Descripción.

Este puesto debe ser ocupado por un ingeniero especializado en el área de disposición final, el cual tendrá que dirigir el avance del relleno sanitario, siendo además el responsable de controlar el funcionamiento en todas sus etapas del relleno sanitario. (Jaramillo, 2001).

Auxiliar administrativo.

Este puesto debe ser ocupado por una persona con iniciativa para realizar actividades de apoyo en la oficina del Gerente del Relleno Sanitario. Tener habilidad para la computadora y archivar todo tipo de documentos relativos al costo, funcionamiento, información técnica y administrativa del relleno sanitario. (Cepeda, 2001).

Vigilancia.

Sus funciones serán controlar entradas y salidas de materiales que se manejen dentro del sitio, así como de restringir el acceso a personas no autorizadas; además de vigilar al personal que entra y sale después de las horas de trabajo normal. (Jaramillo, 2001).

Basculista.

Esta persona deberá tener la habilidad para la computadora, para archivar y llevar controles de calibración y pesaje de la báscula. (Cepeda, 2001).

Sobrestante.

Este puesto debe ser ocupado por una persona capaz de administrar personal, y operar toda la maquinaria que se cuenta, así como conocer el manejo de la basura, forma de compactación, etc., Para apoyar con todo lo operativo a la gerencia del relleno sanitario. (Cepeda, 2001).

Topógrafo.

Se encargará de llevar a cabo el control de los niveles del relleno sanitario, de acuerdo con el plan de operación, así como el trazo y levantamiento de las áreas ocupadas. Es el responsable de ubicar los pozos para el venteo de biogás y llevar el registro por coordenadas en donde se efectúe el depósito de residuos especiales o aquellos que por razones de seguridad tengan que depositarse en algunas áreas específicas del relleno sanitario. (Cepeda, 2001).

Supervisor de tiro.

Esta persona tendrá la capacidad de realizar la vigilancia y control de los residuos sólidos que entran directamente al relleno sanitario; controlar las entradas y salidas de los vehículos de recolección del municipio y /o particulares que lleguen al sitio de disposición final, verificando, que el tipo de residuos por depositar no sea peligroso o que queden fuera de las normas de aceptación. (Jaramillo, 2001).

Banderero.

Este puesto deberá estar cubierto por un ayudante general, para organizar y acomodar los camiones que de tal manera que se agilice su descarga y este siempre el tráfico fluido. En rellenos medianos o pequeños esta labor la realizará el supervisor de tiro. (Jaramillo, 2001).

Operador C (chofer-cargador frontal).

Este puesto deberá ser ocupado por una persona capaz de conducir un vehículo de volteo, cargador frontal y retroexcavadora, además de tener conocimientos básicos de mecánica automotriz para operar el vehículo destinado. (Jaramillo, 2001).

Operador B (compactador).

Este puesto deberá ser ocupado por una persona capaz de conducir un vehículo de volteo, cargador frontal y retroexcavadora, y compactador de basura, además de tener conocimientos básicos de mecánica automotriz para operar el vehículo destinado. (Jaramillo, 2001).

Operador A (tractor-escrepa).

Deberá ser ocupado por una persona con amplia experiencia en el manejo de maquinaria pesada y de preferencia en el movimiento de residuos sólidos. (Jaramillo, 2001).

Mecánico.

La persona deberá contar con un nivel técnico mecánico diesel, además de conocer el equipo y maquinaria pesada; para llevar a cabo el control y mantenimiento periódico de la maquinaria y equipo de operación; controlar las entradas y salidas de materiales, el suministro de combustible, lubricantes, refacciones, así como de la herramienta y equipo menor que se maneje en la bodega ó almacén, de la cual es responsable. Recibir y revisar las refacciones y materiales solicitados, llevar registros, listas, reportes y archivos de los movimientos efectuados en el día. (Jaramillo, 2001).

Selección y contratación del personal.

Corresponde al gerente del relleno la labor de selección y contratación de las personas para ocupar los puestos vacantes, apoyándose siempre en el departamento de los recursos humanos para la realización de esta tarea, se sugiere que el gerente sea capacitado, ya que no es una labor muy fácil la selección de personal. (Brunner, 2003).

Capacitación.

La capacitación del personal podrá ser mediante la asistencia a clase en el mismo sitio de trabajo, o a través de cursos intensivos especiales en centros de capacitación. La capacitación de nuevos empleados antes de que empiecen realmente a trabajar, sea de importancia fundamental y puede evitar errores costosos y pérdidas de tiempo excesivas. (SEDUE, 1998).

Reglamento interno.

Para que un relleno tenga una buena calidad en sus operaciones y alcance el objetivo de depositar los residuos sólidos en una celda, sin perjuicio a la salud de la población y el deterioro del medio ambiente, será necesario emitir un reglamento interno, que regule las operaciones y establezca disposiciones para que no se lleven a cabo acciones que pongan en duda la bondad de este método y no se caiga en vicios y prácticas que conviertan al sitio en una tradicional tiradero a cielo abierto. (SEDUE, 1998).

Aquí se presenta una propuesta la cuál se divide en dos:

1.-Reglamento interno de operación (empleados).

1. Todo el personal operativo tiene la obligación de conocer y cumplir este reglamento.
2. Horarios:
 - a) todo el personal deberá respetar el horario asignado por la gerencia del relleno.
 - b) Se tendrá una hora para comer.
 - c) Todo el personal deberá marcar personalmente su tarjeta, de lo contrario no se pagará ese día.
 - d) Registrar la entrada y salida en vigilancia, de lo contrario no se pagará ese día.
 - e) Se dará una prórroga de 15 minutos para marcar su tarjeta, de lo contrario será con retraso.

- f) No se permitirá la entrada a l personal que llegue 30 minutos después de la hora de entrada oficial, salvo que sea autorizado por el gerente de la planta.
- g) El personal que tiene a su cargo maquinaria deberá revisar su equipo 15 minutos antes de iniciar sus labores.
- h) Se deberán de justificar las llegadas tardes, así como avisar en caso de inasistencia parta que la falta sea considerada como permiso.
- i) El día que se falte con permiso no se paga a menos que se trate de incapacidades médicas.
- j) El personal deberá estar sujetos a cambios de turnos según necesidades de la empresa.

3. Reglas al momento de entrar y salir de las instalaciones.

- a) Al ingresar a las instalaciones deberá mostrar el gafete vigente de la empresa.
- b) Todo personal deberá notificar a su superior su salida o terminación del turno.
- c) Vigilancia tiene la obligación y autoridad para poder revisar mochilas y maletas a la hora de entrada y salida.

4. Presentación y buenos modales durante las horas de trabajo.

- a) Uso del bigote. El tipo de bigote deberá mantenerse cortado y no extenderse más allá de las orillas de la boca.
- b) Pelo corto. No deberá cubrir el cabello ninguna parte de los ojos y no deberá pasar debajo de las orejas.
- c) Prohibido uso de aretes.
- d) Uso de uniforme.

5. todo el personal siempre deberá mostrar siempre disponibilidad de ayudar a sus compañeros para lograr un buen trabajo en equipo.

6. todo el personal deberá estudiar y cumplir con el decálogo de calidad y cursos de capacitación.

7. las horas extras serán pagadas exclusivamente cuando hayan sido solicitadas por el gerente y la solicitud correspondiente deberá estar firmada por el mismo.

8. será obligatorio de los operadores de cualquier tipo de vehículo lo siguiente:
- A. revisar su unidad antes de trabajar.
 - B. Comunicar inmediatamente las descomposturas del equipo a su cargo y entregar al final del día la solicitud de reparación.
 - C. En caso de que su unidad se encuentre en reparación, deberá de atender las nuevas obligaciones que se le den para ese día.
 - D. Tener al día su licencia de conducir e informar de su vencimiento con anterioridad para tramitar su renovación.
 - E. Reportar si no termino con el trabajo asignado del día explicando las razones y el avance hasta el momento.
 - F. Al salir de las instalaciones con vehículos de la empresa, deberá respetar los señalamientos viales.
 - G. Se prohíbe:
 - Tener colgados objetos en la unidad.
 - Utilizar la unidad para fines que no sean de trabajo.
 - Leer durante horas de trabajo o introducir a las instalaciones cualquier material de lectura ajeno a las labores que realiza.

Estos puntos anteriores básicos para el orden y buena operación se deberán cumplir sin excepción. (SEDUE, 1998).

2. Reglamento para proveedores, usuarios y vigilantes.

I. General.-

1. El horario de operaciones será el establecido por la gerencia del relleno.
2. Todo individuo que ingrese a las instalaciones del centro de procesamiento, estará obligado a acatar el reglamento y las instrucciones del personal del relleno.
3. Todo el personal, usuarios, proveedores y visitantes deben registrarse en la caseta de vigilancia donde se le entregará un gafete de identificación que portara todo el tiempo que permanezca en las instalaciones, el cual deberá entregar al salir.

4. Con respecto a los usuarios solo se permitirá el acceso a personas mayores de 15 años, el acceso a mujeres como operarias queda restringido, salvo previa autorización de la administración.
5. Con respecto a visitantes, se encuentra restringido el acceso a personas mayores de 65 años, mujeres y niños, el ingreso de estas personas se realizará previa autorización de la administración.
6. El ingreso de visitantes solo se permitirá previa autorización por parte de administración y deberá realizarse siempre acompañado por personal de la empresa, así los visitantes deberán portar el equipo mínimo de seguridad.
7. Se prohíbe estrictamente a usuarios, proveedores y visitantes lo siguiente:
 - Ingresar cámaras fotográficas y de video, sin previa autorización.
 - Fumar dentro de las instalaciones.
 - Iniciar fogatas y quemas.
 - Ingresar en estado inconveniente, así como el ingreso de bebidas alcohólicas, drogas al interior de las instalaciones.
 - El ingreso de armas punzocortantes o armas de fuego.
 - La introducción de alimentos fuera de las áreas asignadas para ello el comedor.
 - El ingreso a áreas restringidas sin previa autorización.
 - Realizar cualquier actividad que pueda dañar las plantas o árboles en las áreas verdes delimitadas por el relleno.
 - El ingreso de animales.
 - Estacionar vehículos fuera de las áreas asignadas.
 - Realizar actividades de pepena.
8. Para la aceptación de materiales y/o residuos a las instalaciones se requiere contar previamente con el permiso de la administración. El trámite se realiza en las oficinas generales de la empresa, la documentación a entregar para el trámite es la siguiente:
 - A. Para generadores de residuos:
 - 1) Llenar el formato de solicitud.

- 2) Adjuntar al formato la siguiente documentación: solicitud en hoja membretada del interesado, especificando los residuos a confinar, anexar el listado CRETIB cuando sea industrial el residuo y firmar el contrato respectivo.

B. Para transportistas

- 1) Además de la información solicitada a los generadores se pedirá: copia de comprobante de domicilio, dirección fiscal, a quien se le va a facturar, el listado de los vehículos en los que se va a transportar los residuos y la firma del contrato.

9. queda estrictamente prohibido de acuerdo a la reglamentación y normatividad vigentes la materia en relación al manejo de los residuos, la introducción de los siguientes materiales y/o residuos a las instalaciones:

- 1) Residuos peligrosos conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.
- 2) Residuo Biológico Infeccioso conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995.
- 3) Excreta humana o vegetal.
- 4) Cualquier otro residuo considerado como peligroso.

II. Acceso de vehículos.

1. Es compromiso de todo aquel que ingrese a las instalaciones respetar y seguir las indicaciones del personal del relleno sanitario, así como los señalamientos de vialidad y áreas restringidas.
2. Se encuentra prohibida la entrada a cualquier vehículo en malas condiciones que pueda poner en riesgo o peligro al personal o a las instalaciones.
3. Todos los vehículos que transporten residuos a las instalaciones del centro de procesamiento de residuos, deberán ingresar con la carga totalmente cubierta para evitar que esta se disperse.
4. Los vehículos cargados de basura deberán ser pesados previamente en la báscula antes de pasar al interior de las instalaciones.

5. Una vez que el vehículo ingresa a la bascula se requiere que su tripulación realice lo siguiente:
 - Nombre completo del chofer.
 - Nombre o siglas de la empresa.
 - Procedencia de los residuos.
 - Tipo de residuos.
 - Número económico o placas de la unidad.
6. Solo se permitirá la entrada de 3 personas por unidad que transporta residuos.
7. Los vehículos de visitantes una vez registrados en vigilancia, pasarán al área de estacionamiento asignada.

III. Seguridad.

1. La velocidad máxima para cualquier vehículo dentro de las instalaciones será de 30 Km. /HR.
2. Solo el personal del relleno sanitario podrá acercarse al área de tiro al momento de descargar los vehículos.
3. Por ningún motivo deberán acercarse las unidades a las áreas de trabajo del equipo pesado.

IV. Celda de trabajo.

1. La descarga de las unidades se realiza en el área asignada al interior de las celdas construidas, bajo la supervisión del personal del relleno.
2. El personal autorizado se encargará de acomodar y distribuir a las unidades que ingresen a la celda, formando así al frente de trabajo.
3. Al momento de que la unidad descargue se revisará el tipo de residuos dispuestos para comprobar que se trate de residuos con características no peligrosas (NOM-O52-ECOL-1993). La unidad transportadora solo podrá retirarse una vez que se realice la inspección.
4. En caso de encontrarse residuos peligrosos se llevara acabo las siguientes medidas:

- a) Se realizarán las operaciones para regresar los residuos en la misma unidad transportadora.
 - b) Se notificará mediante un reporte de anomalías en la disposición a los responsables de su transportación para que tomen las medidas correctivas necesarias.
 - c) En caso de reincidencia se notificará a las autoridades oficiales de los hechos para que se tomen las medidas pertinentes ya que es un delito ambiental.
5. No se permite la estancia de unidades recolectoras en las celdas una vez que hayan sido descargadas.
 6. En los servicios especiales como lo son la destrucción fiscal, deberán ser notificados con anticipación para programar los movimientos necesarios con el fin de agilizar y optimizar al máximo el tiempo requerido para ello.
 7. Cualquier queja o sugerencia dirigirse a la gerencia. (Brunner, 2003).

V Procedimientos de clausura y post-clausura.

La clausura del relleno sanitario se efectúa cuando no es posible depositar más residuos sólidos en el sitio. Los planes de clausura deben ser congruentes con el uso final propuesto de suelo. En general las clases de uso de suelo son las siguientes: habitacional, comercial, industrial, agrícola y de recreación. (Séller, 2003).

Cada una de estas clases tiene una variedad de actividades, densidades de población y tipos de instalaciones que pueden ser construidas. Existen pros y contras para cada actividad mismas que deben ser consideradas para la decisión del uso final del sitio. Los planes de clausura deben ser desarrollados para reducir los impactos de los residuos sólidos y de sus subproductos a través de los años, por lo que se debe contemplar: (Brunner, 2003).

1. Prevenir la infiltración de agua pluvial hacia el interior del relleno.
2. Promover el drenaje del agua superficial hacia fuera del sitio.
3. Prevenir la erosión de la cubierta final; y prevenir la fuga incontrolada de biogás, dependiendo de las condiciones específicas del sitio. (Brunner, 2003).

Consideraciones de la clausura.

Generalmente los costos de clausura han sido ignorados en la planeación de los rellenos sanitarios. Desafortunadamente, las autoridades han descubierto muy tarde que la clausura de un sitio de disposición final puede ser muy cara y difícil de cumplir con los requerimientos mínimos. Para esta actividad deben ser alcanzadas dos metas básicas: La primera deberá minimizar la necesidad de un adicional mantenimiento del sitio y la segunda, la clausura deberá equipar al relleno sanitario en una posición tal que evite en lo posible hasta los mínimos daños provocados por el impacto ambiental futuro. (SEMARNAT, 2006).

Aquí se describirán los lineamientos que se deben cumplir en el proceso de clausura de un relleno sanitario:

Mantenimiento de largo plazo. (Post-clausura).

El mantenimiento de largo plazo de un relleno clausurado estará en función del uso final del sitio. Además la mayoría de estos sitios tienen algunos sistemas de control y monitoreo de biogás y lixiviados que requerirán una continua atención después de haber sido clausurado el sitio. El monitoreo de agua subterránea debe ser también

considerado dentro del diseño para checar el funcionamiento de los sistemas de control de lixiviados. Otros factores que requerirán un grado de atención continua, son las instalaciones de control de drenaje y el control de erosión. (SEMARNAT, 2006).

En los cuidados de post-clausura de un sitio de disposición final, en países desarrollados está sujeta a una estricta regulación y en la etapa de planeación (diseño y funcionamiento) se incluye el aspecto de la post-clausura. El período de post-clausura abarcará como mínimo un periodo de 30 años. (SEMARNAT, 2006).

Sistemas de control de biogás.

Los sistemas de control del biogás pueden ser activos o pasivos, los sistemas pasivos como se sabe facilitan el escape de gas hacia la atmósfera por medios naturales, mientras que en los activos usan un sistema de succión para la extracción del biogás, requiriéndose para ello de instalaciones más complejas, como el uso de una red de tuberías, sopladores, bombas, quemadores, entre otros, y cuyos elementos requieren de un mantenimiento periódico. En la red de captación puede necesitarse la remoción de condensados y hacer la reparación de daños provocados por los asentamientos diferenciales. La disposición de los condensados puede estar sujeta a un control especial. (Pager, 1998).

Sistema de colección de lixiviados.

Los sistemas de colección de lixiviados de un relleno sanitario requerirán una atención continua cuando éste sea clausurado. Este tipo de sistema debe recibir un mantenimiento efectivo para asegurar su adecuado funcionamiento. Este mantenimiento contempla la limpieza de los tanques de almacenamiento y la inspección, limpieza y reparación de bombas. El lixiviado necesariamente será dispuesto adecuadamente ya sea en el mismo relleno sanitario, a través de su recirculación, o de otra forma trasladarlo a una planta de tratamiento, para su posterior incorporación a una descarga. Se deberá mantener un registro para conocer la cantidad de lixiviados removidos. La cantidad de lixiviados variará con las estaciones del año y deberá ser cuidadosamente monitoreados para asegurar que efectivamente éste ha sido removido. (Crow, 2004).

El tiempo requerido para realizar esta actividad es un tanto incierto y dependerá de las condiciones particulares de cada sitio. El éxito de un sistema de colección de lixiviados puede ser evaluado solamente con un sistema de monitoreo de aguas subterráneas sean incorporados originalmente en sus propios diseños. (Crow, 2004).

El propósito de estos sistemas es para evaluar el funcionamiento y capacidad de las instalaciones para no contaminar el cuerpo de agua subterránea. (Crow, 2004).

Sistemas de monitoreo de biogás y lixiviados.

Los sistemas de monitoreo de biogás y lixiviados proveen información valiosa acerca del relleno sanitario. En primer lugar, sirven para detectar algún problema lo más pronto posible e implantar acciones correctivas. A sí, el daño para el ambiente puede ser minimizado y los costos asociados serán reducidos.

Aguas superficiales y asentamientos. (Garder, 2005).

Los asentamientos diferenciales de las estructuras de control de drenaje pueden limitar su utilidad y puede fallar con fuertes tormentas. En los casos en donde los problemas de erosión son identificados o el sistema de drenaje necesita reparación, el mantenimiento debe llevarse a cabo inmediatamente para ayudar a prevenir daños severos. Las fallas en el mantenimiento de la cubierta final comúnmente utilizada no deberá ser menor de 0.60 m. (Garder, 2005).

Vegetación.

Las características deseables de la vegetación son: raíces poco profundas, pasto de rápido crecimiento, resistencia al biogás, capacidad para soportar la falta de agua. (INE, 2006).

Elección de la cobertura vegetal.

Los factores que condicionan la elección de especies capaces de cubrir continuamente el suelo con el pasto o césped son muy diversos: climatología, latitud, suelo, etc., por lo tanto, es muy difícil determinar con acierto la especie o especies adecuadas en cada ocasión; recomendándose el uso de especies naturales de la región. (INE, 2006).

Glosario de términos.

Área de disposición

Superficie considerada o planificada para la ubicación final de los residuos sólidos urbanos dentro del sitio de disposición.

Área TOTAL del sitio de disposición

Superficie total del terreno compuesta por la suma de las superficies para disposición e infraestructura.

Báscula

Infraestructura del sitio de disposición final destinada al pesaje de los camiones recolectores o de transporte particular o público de residuos sólidos urbanos.

Biogás

Mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos constituida principalmente por metano y bióxido de carbono.

Cobertura

Capa de material natural o sintético, utilizado para cubrir periódicamente los residuos sólidos en el sitio de disposición final, con el fin de controlar infiltraciones pluviales y emanaciones de gases y partículas, dispersión de residuos, así como el contacto de fauna nociva con los residuos confinados.

Compactador

Equipo especial de un sitio de disposición final destinada únicamente al esparcimiento de los residuos depositados y su compactación (puede ser mecánico o manual).

Compostaje

Es el material que se obtiene por la acción microbiana controlada donde se utilizan los residuos orgánicos como materia prima. Los RSU contienen un alto grado de material orgánico, se usa como fertilizante natural.

Cuerpos de agua

Se consideran lagunas, lagos, mantos freáticos, ríos u otros con caudal continuo.

Disposición final

Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Estudio de impacto ambiental

Investigación específica necesaria para obtener la autorización para la construcción de un Relleno Sanitario. De este estudio se desprenden las medidas de prevención mitigación, compensación y amortiguamiento para el relleno sanitario, a través de las cuales las autoridades ambientales estatales tendrán los argumentos para autorizar, condicionar o negar la ejecución de obra.

Evaporación (tratamiento de lixiviados)

Extensión o laguna artificial destinada a la evaporación natural de los líquidos lixiviados provenientes de los cuerpos de residuos o celdas.

Forma de operación manual

El relleno sanitario de operación manual cuenta con ciertos elementos del relleno sanitario tradicional como son el cerco perimetral, el drenaje periférico para la desviación de las aguas pluviales, la impermeabilización, el drenaje de lixiviados, el sistema de evacuación del biogás y una caseta (vigilancia y sanitarios). Mientras que para la operación se aplica instrumentos de uso manual, pudiendo hacer uso de maquinaria pesada para la preparación del sitio.

Forma de operación mecánica

Se encuentra la utilización de maquinaria pesada para la operación en el sitio de disposición final. Facilita la aplicación de material de cobertura, el esparcimiento de los residuos en capas y posibilita una compactación mayor de los RS.

Forma de operación Mixta

Dependiendo del tamaño del sitio de disposición final la operación del mismo puede ser una mezcla entre la operación manual y mecánica.

Generación

Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

Geomembrana

Material sintético utilizado en la impermeabilización de los rellenos sanitarios y de las disposiciones finales controladas, para impedir el paso de los lixiviados y evitar la contaminación del suelo y cuerpos de agua.

Gestión integral de residuos sólidos urbanos

Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Impermeabilización

Actividad necesaria por medio de un proceso natural (compactación de suelo) o artificial (geomembrana) para otorgar a los suelos la propiedad de impedir el paso de un fluido a través de su estructura, debido a la carga producida por una gradiente hidráulica.

Incineración

Cualquier proceso para reducir el volumen y descomponer o cambiar la composición física, química o biológica de un residuo sólido, líquido o gaseoso, mediante oxidación térmica, en la cual todos los factores de combustión, como la temperatura, el tiempo de retención y la turbulencia, pueden ser controlados, a fin de alcanzar la eficiencia, eficacia y los parámetros ambientales previamente establecidos.

Límite de la traza urbana.

Linde o frontera contemplado en el Plan de Desarrollo Urbano o (en ausencia de lo anterior) de la expansión territorial -amplia presencia de asentamiento humano- de una ciudad, cabecera municipal o poblado.

Lisímetro.

Instrumento para medir la cantidad de agua de lluvia que se filtra a través del suelo.

Lixiviado

Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos orgánicos y que contienen en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

Manejo integral de residuos sólidos urbanos

Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valoración y eficiencia sanitaria, ambiental.

Material de cobertura

Material natural o sintético, utilizado periódicamente para cubrir los residuos sólidos que se encuentran en la disposición final.

Material reciclable

Parte de los Residuos Sólidos Urbanos de origen inorgánico susceptibles a recuperarse para reutilizarse o transformarse industrialmente en un nuevo producto (producto final, envase, etc.).

Método de disposición de área

Depósito de los RSU sobre la superficie, compactándose en capas para formar la celda a cubrir con tierra. Las celdas se construyen usando toda el área a rellenar (en capas de 30 cm. hasta alcanzar la altura deseada). Se utiliza este método cuando la superficie del terreno presenta características favorables, incluyendo una ligera pendiente o cuando el terreno es inapropiado para las excavaciones.

Método de disposición combinada

Combinación de los métodos de área o trinchera

Método de disposición de Trinchera

Depósito de RSU sobre un talud de trinchera, donde son esparcidos y compactados con equipo adecuado en capas, hasta formar una celda a cubrir con material excavado de la trinchera. Este diseño es factible cuando el manto freático es relativamente profundo, en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad.

Porcentaje de población atendida

Relación o porción de cada 100 habitantes a quienes se les otorga el servicio de limpia municipal (recolección).

Programas Municipales de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos

Urbanos

Formulados por los municipios o en coordinación con las entidades federativas con la participación de representantes de los distintos sectores sociales, son una serie ordenada de actividades y operaciones necesarias para alcanzar los objetivos de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos. (Ver artículo 26 de la Ley de Residuos).

Quema (tratamiento de biogás)

Pozo de captación de biogás con un “cuello de ganso” que se levanta por encima de la superficie, que es encendido para quemar el biogás.

Reciclado

Transformación de los residuos inorgánicos a través de distintos procesos industriales que permitan restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materiales primas sin perjuicio para la salud de los ecosistemas o sus elementos.

Reingreso en el cuerpo de residuos –Recirculación- (tratamiento de lixiviados).

Reingreso de los lixiviados acumulados en el fondo de las celdas con residuos, o bien que se encuentran en una laguna de evaporación a los mismos u otros cuerpos de residuos para promover la actividad orgánica dentro de los mismos y disminuir su carga contaminante.

Residuo

Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o un gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento, reciclaje o disposición final conforme a lo dispuesto en la ley y demás ordenamientos que de ella deriven.

Residuos sólidos urbanos

Los residuos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de otra índole.

Relleno sanitario

Obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los Residuos Sólidos Municipales sobre el suelo, esparciéndolos y compactándolos al menor volumen posible, para cubrirlos con material natural y/o sintético. Además debe considerar los mecanismos para el control de impactos ambientales y debe estar de acuerdo con los requisitos normativos, de tal forma que requiere de impermeabilización.

Sitio de disposición controlada

Cuenta con algunas obras de infraestructura y aplica métodos de operación comparables a un relleno sanitario. Estos sitios en general no cumplen por completo con la norma oficial y no cuentan con la impermeabilización necesaria. Por otro lado no representa un riesgo demasiado grande para el ambiente y la salud, razón por cual se permite que continúe en operación hasta que el sitio termine su vida útil.

Sitio de disposición no controlada (Tiradero a cielo abierto)

Durante décadas, esta actividad no fue vista como un problema serio para los encargados del Servicio de Limpia, ya que bastante con llevar los Residuos Sólidos Urbanos fuera de los núcleos urbanos para evitar el impacto visual y las molestias que pudieran causar a la población permitiendo su reintegración a la naturaleza sin daños aparentes.

Ante esto y con la persistencia de las prácticas tradicionales en la disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos, aparecen grandes tiraderos a cielo abierto, los cuales son un foco de contaminación de la población circundante.

Tratamiento de residuos sólidos urbanos

Proceso controlado de transformación física, química o biológica de los residuos sólidos urbanos.

Vida útil restante

Tiempo potencial en años, proyectado o programado, para la utilización completa del volumen total disponible para la disposición final de residuos sólidos.

Venteo (tratamiento de biogás)

Salida controlada del biogás a través de instalaciones proyectadas.

ANEXO.

FORMATO No. 1
HOJA MEMBRETADA

LUGAR Y FECHA:

NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA.
DIRECCIÓN.

REFERENCIA: Solicitud de autorización para dar ingreso a materiales o residuos no peligrosos a las instalaciones del centro de procesamiento de residuos.

A quién corresponda:

Por este medio en representación de la compañía (x), el que suscribe Sr. (x). Solicito sean aceptados nuestros residuos y/o materiales no peligrosos para que a través de los servicios que prestan en sus instalaciones del Centro de Procesamiento reciban el manejo, tratamiento y disposición final adecuado, en su mayoría éstos son conformados por (x) y provienen de nuestro proceso de fabricación de (x).

Sin más por el momento y en espera de vernos favorecidos con la aprobación a la presente solicitud, quedo de usted.

Atentamente

Nombre y Firma.
Puesto del responsable.

FORMATO No. 2
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN.

LOGO DE LA EMPRESA.	
ALTA <input type="checkbox"/> BAJA <input type="checkbox"/> CAMBIO <input type="checkbox"/> FECHA _____	
NOMBRE COMERCIAL: _____	
NOMBRE FISCAL: _____ R.F.C _____	
DIRECCIÓN FISCAL: _____ C.P. _____	
COLONIA: _____ CIUDAD: _____	
MUNICIPIO: _____ ESTADO: _____	
TELÉFONO: _____ FAX _____	
TIPO DE CIA. GENERADOR <input type="checkbox"/> TRANSPORTISTA <input type="checkbox"/> GIRO: _____	
RESPONSABLE: _____ PUESTO: _____	
COMPAÑÍA TRANSPORTADORA: _____	
<input type="checkbox"/> MUNICIPAL <input type="checkbox"/> COMERCIAL <input type="checkbox"/> INDUSTRIAL <input type="checkbox"/> OTRO(ESPECIFIQUE): _____	
DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE RESIDUOS:	
IMPORTANTE: DECLARO QUE LOS DATOS SON VERIDICOS Y ACEPTO EL COMPROMISO DE NOTIFICAR CUALQUIER CAMBIO SOBRE LA INFORMACION OTORGADA EN ESTE DOCUMENTO	RESPONSABLE
SELLO DE LA EMPRESA SOLICITANTE	_____ NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE

	LUGAR FECHA

FORMATO No3
CONTRATO.

CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS, QUE CELEBRAN POR UNA PARTE (NOMBRE DE LA COMPAÑÍA O RAZÓN SOCIAL) A QUIEN EN LO SUCESIVO SE DENOMINARÁ COMO “LA EMPRESA” REPRESENTADA EN ESTE ACTO POR EL SEÑOR _____ EN SU CARÁCTER DE REPRESENTANTE LEGAL Y POR LA OTRA _____ A QUIEN EN LO SUCESIVO SE LE NOMBRARÁ “EL CLIENTE”, REPRESENTADA EN ESTE ACTO POR EL SEÑOR _____, EN SU CARÁCTER DE _____ MISMO QUE CELEBRAN AL TENOR DE LAS SIGUIENTES DECLARACIONES Y CLÁUSULAS:

DECLARACIONES:

PRIMERA.- Declara “el cliente”, a través de su representante que:

1. Es una sociedad mercantil debidamente constituida de conformidad con las Leyes de la Republica Mexicana, según consta en la escritura pública número ____ de fecha ____ de ____ del ____, otorgada ante la fe del Lic. _____ Notario Público No. ____ en la ciudad de _____, cuyo primer testimonio quedo inscrito en el Registro Publico de la _____ de la Propiedad y del Comercio del Estado de _____, bajo el número ____, volumen ____, folio ____, del libro ____ en fecha ____ de ____ del ____.
2. Su objeto social le permite realizar las actividades por las que solicita los servicios de “la empresa”.
3. Es su deseo que “la empresa” le proporciona los servicios de disposición final de residuos no peligrosos, en la forma y términos que se contienen en las cláusulas de este contrato.
4. Las facultades para suscribir el presente contrato de prestación de servicios, a la fecha no le han sido revocadas o en forma alguna limitadas, las cuales acredita con la Escritura Pública No. ____ de fecha ____ de ____ del ____, otorgada ante la fe del Lic. _____ Notario Público No. _____ de la Ciudad de _____, misma que se encuentra inscrita en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio en el Estado de _____, bajo el No. _____, del volumen _____, folio _____, libro ____ en fecha ____ de ____ del ____.
5. Tiene establecido su domicilio en _____ No. ____ de la colonia _____ en la ciudad de _____, mismo que señala para todos los efectos derivados de este contrato.
6. Su registro federal de contribuyentes es: _____.

SEGUNDA.- Declara "la empresa" a través de su representante que:

1. Es una sociedad mercantil debidamente constituida de conformidad con las leyes de la Republica Mexicana, según consta en la escritura pública número ____ de fecha ____ de ____ del ____, otorgada ante la fe del Lic _____.Notario Público No ____ en la ciudad de _____, cuyo primer testimonio quedo inscrito en el Registro Publico de la de la Propiedad y del Comercio del Estado de _____, bajo el número ____, volumen ____, folio ____, del libro ____ en fecha ____ de ____ del ____.
2. Su objeto social permite la realización de las actividades a que alude el presente contrato.
3. Tiene la capacidad técnica y material para prestar el servicio contratado en el relleno sanitario, ubicado en _____, cumpliendo con todos los requerimientos y normas legales en materia ecológica y de protección al ambiente y sus reglamentos, como son el cumplimiento de las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996 la autorización otorgada por el municipio de _____, número _____, así como la autorización del uso de suelo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Publicas del Estado de _____ con oficio número _____, expediente _____, siendo su Registro Federal de Contribuyentes _____, permisos que garantizan la debida prestación del servicio de disposición final de los residuos sólidos no peligrosos.
4. Comparece al presente acto en su carácter de representante legal, mismo que acredita con el testimonio de la Escritura Publica No. ____ de fecha ____ de ____ del ____, otorgada ante la fe del Lic _____, notario Público No. ____ de la ciudad de _____, cuyo primer testimonio quedó inscrito en el Registro Publico de la Propiedad y del Comercio de esta ciudad, bajo el número ____, del volumen ____, del libro __, tercer auxiliar en fecha ____ de ____ del ____.

FORMATO No. 4
CONTROL DE ACCESO

NOMBRE O
RAZON SOCIAL DE LA
EMPRESA

CENTRO DE PROCESAMIENTO DE RESIDUOS
ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS

FECHA	UNIDAD	PLACAS	ENTRADA	SALIDA	MOTIVO	EMPRESA

VIGILANTE EN TURNO
(nombre y firma)

FORMATO No.5
 REPORTE DIARIO DE BASCULA

NOMBRE O RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA	CENTRO DE PROCESAMIENTO DE RESIDUOS REPORTE DIARIO DE BOLETAS
---	--

FECHA _____

FECHA _____

SEMANA _____ DEL _____ DE _____ AL _____ DE _____ DEL _____.

CLIENTE	PROCEDENCIA	UNIDAD	No.ECON	FOLIO	PESO NETO	TIPO RESIDUOS	VOL

OBSERVACIONES: _____

FORMATO6
UBICACIÓN DE RESIDUOS

NOMBRE O RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA

Reporte diario de colocación de residuos en el relleno sanitario

FECHA _____
ELEVACIÓN _____
CELDA NO. _____
MACROCELDA _____
ÁREA _____

	POZO DE BIOGÁS 1
	POZO DE BIOGÁS 2
	POZO DE BIOGÁS

FORMATO No.7
REPORTE DE ANOMALIAS

NOMBRE O RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA.

REPORTE DE INCIDENCIAS

FECHA: _____

HORA: _____

NOMBRE Y FIRMA DE QUIEN NOTIFICA: _____

TESTIGO: _____
(NOMBRE Y FIRMA)

TESTIGO: _____
(NOMBRE Y FIRMA)

FORMATO No. 8
REPORTE DIARIO DE MAQUINARIA.

NOMBRE O RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA

REPORTE DIARIO DE MAQUINARIA

MAQUINA: _____

FECHA: _____

ACEITE MOTOR _____ ACEITE HIDRAULICO _____ DIESEL _____

HOROMETRO DE ENTRADA: _____ HOROMETRO DE SALIDA: _____

CHECK LIST

SOPLETEO DE FILTROS: _____ FUGAS DE ACEITE (DONDE): _____

CALENTAMIENTO (DONDE): _____

LUBRICACIÓN 50 HRS: _____ DRENADO TANQUE DE DIESEL: _____

OPERADOR

SUPERVISOR

MECANICO

FORMATO No.9
BITACORA DE MAQUINARIA

FORMATO TABLA DE CONSUMO DIARIO

MES: _____ AÑO: _____ No. ECONÓMICO: _____

NOMBRE
Ó RAZON
SOCIAL
DE LA
EMPRESA

Día	Lectura		Combust (Lts)	Aceite Motor (Lts)	Aceite Hidr (Lts)	Acite Dif. (Lts)	Observaciones
	Hrs.	Kms.					
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
TOTAL							
RENDIMIENTO							

DATOS DEL ULTIMO M.P		PROXIMO M.P	
FECHA:	HORA:	FECHA APROX:	HORA:

BIBLIOGRAFÍA

- Henry, J.G y G.W. Heikke 1999. Ingeniería Ambiental. 29 Edición. Editorial Pearson P.P 568-682 México D.F. Febrero 2004
- Andrade Victoria, Homero Sánchez , Educación Ambiental Ecología, Editorial Trillas, México, 1997.
- Roa Gutiérrez, Jesús, et al, Distrito Federal Educación Ambiental, Editorial Limusa, México, 1996 189 pgs.
- Anonimo. 1998 Manual de Relleno Sanitario SEDUE, Subsecretaría de Ecología, México.
- Manual de Hidráulica Azevedo Alvarez (Editorial Harla), México.
- Mecánica de Suelos. E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez (1995), México.
- Sanitary Landfill Design and Operation Dr. Brunner & D.J. Keller, U.S.E.P.A. 2003. (Diseño y operación de un relleno sanitario) E.U.A.
- Guía de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios. Manuales de la Organización Panamericana de la Salud. Jorge Jaramillo y Francisco Zepeda (2001).
- Practical Waste Management. John R. Holmes (1999). Editorial John Wiley & Sons (Manejo práctico de residuos), E.U.A.
- Estudio de Comportamiento de un Relleno Sanitario mediante una celda de control (1992). Dirección General de Servicios Urbanos D.D.F., México.
- Composting and Recycling Municipal Wastes. Luis F. Diaz, George Savage; Linda E. Elggrth. Lewis Publishers; 1993.
- Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues. George Tchbanoglous, Hillary Thiessen, Samuel Vigil. Mc Graw-Hill, 1993.
- Unit Operation in Resource Recovery. Engineering. P. Aarne Vesilind, Alan E. Rimer; Prentice-Hall, 1990.
- Biological Degradation of Wastes. M. Martin; Elsevier Applied Science; 1991.
- Groundwater, R. Allan Freeze / John A. Cherry, Prentice Hall Inc. (2002) (Agua subterránea) E.U.A.
- Diccionario de Mineralogía y Geología, Lexis 22, Barcelona, España (2000).

- Dictionary of Geological Terms. The American Geological Institute, (1999) E.U.A. (Diccionario de términos geológicos) E.U.A.
- The Geochemistry of Natural Waters, Drever, J. Prentice Hall E.U.A. (1999).
- Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas, CEPIS, OPS, Foster S., Hirata R., Lima Perú, (1996).
- Introduction to Geochemistry, Segunda Edición, Mc. Graw-Hill Book Co, Krauskopf K. E.U.A. (2004). (Introducción a la geoquímica).
- Earth, W. H. Freeman and Company, Press F., Siever R. E.U.A. (2001). (La Tierra).
- Méndez Novelo, Roger. Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario. México: Red Ingeniería Revista Académica, 2006. p 1.
- Malacalza Leonardo 2002. Ecología General. El Cid editor. México.
- Althaus H, Sauerwald M, Schrammeck E. Hygienic aspects of waste disposal Zbl Bakt Mikr Hyg, IAbt Orig B. 2005; 178:1-29.
- Anglin AM Collmer JE. Loving TJ. Beltran KA. Coyner BJ. Adal K. Jagger J. Sojka NJ, Farr BM. An outbreak of needlestick injuries in hospital employees due to needles piercing infectious waste containers. Infect Control Hosp Epidemiology 1995; 16:570-6.
- Belkin NL. Medical Waste a minimal Hazard. Infect Control Hosp Epidemiol 1993; 13:75-76.
- Brenniman GR. Allen RJ. Impact of repackaging hazardous (infectious) hospital waste on the indoor air quality of a hospital. Science of the Total Environment. 1993; 128:141-9.
- Birnaum D. Medical Waste Applied Epidemiology. Letters to the Editor. Infect Control Hosp Epidemiol 1993; 14:7-8.
- Cimino JA. Health and safety in the solid waste industry. Am J Public Health 1998; 65:38-46.
- Collins CH. Treatment and disposal of clinical and laboratory waste. Med Lab Sci 1991; 48:324-31.
- Crow S. Infectious waste. Infect Control Hosp Epidemiology 2004; 5:149-50.

- Crow S. Dissolving the problem of infectious medical waste. *Infect Control Hosp Epidemiology*. 1999; 17:434-7.
- Daschner FD. Chemical Disinfection of medical waste. *Infect Control Hosp Epidemiology* 1998;14:306.
- Daschner FD. Disinfection of Medical Waste. Letters to the Editor authors reply *Infect Control Hosp Epidemiology* 1997; 14:306.
- Daschner FD. The Hospital and Pollution: Role of the Hospital Epidemiologist in Protecting the Environment. In Wenzel R. *Prevention and Control of Nosocomial Infection*. Third edition William & Wilkins USA 1999; pag. 595-605.
- Gardner JS, Favero MS. CDC Guideline for handwashing and hospital environmental control, 2005. *Infect Control Hosp Epidemiology* 2005; 7:231-33.
- G.P. Youmans P. y Paterson H. Sommers. *Manual de Infectología*. Ed. Interamericana McGraw-Hill 1998; pág. 15.
- Honeycutt TW. Disinfection off Medical waste. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1996; 14:305-6.
- Infective Waste in Occupational Health; section seven in Friede A, O'Carroll PW, Nicola RM, Teustch MW. in *CDC Prevention Guidelines*. Williams and Wilkins USA, 1997; pag. 1266-70.
- Jager E, Xander L, Ruden H. Hospital wastes. I. Communication: microbiological investigations of hospital wastes from various ward of a big and of smaller hospitals in comparison to household refuse *ZblHyg*. 1998; 188:343-364.
- Keene JH. Medical Waste: A Minimal Hazard. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1991; 12:682-5.
- Mc Veigh P. OR nursing and environmental ethics. Medical Waste reduction, reuse and recycling. *Today's OR-Nurse*. 1993; 15:13-8.
- Mose JR, Reinhaler F. Microbial contamination of hospital waste and household refuse. *Zbl BaktMikr Hyg, I Abt Orig B*. 1998:181-98-110.
- Rutala WA, Sarubbi FA. Management of Infectious Waste from Hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998; 4:198-201.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET.

- Guía para el diseño de un relleno sanitario 2006. (en línea). www.cepis.ops-oms.org (consulta 12/02/06).
- México limpio 2006 (en línea) <http://mexicolimpio.semarnat.gob.mx> (consulta 20/05/06)
- Manejo de residuos 2006. (en línea) www.fortunecity.org (consulta 21/03/06)
- Basura. 2006 (en línea). www.pvem.org.mx (09/03/06).
- Profepa. 2006 (en línea). <http://www.profepa.gob.mx> (consulta 20/03/06).
- Semarnat. 2006. (en línea) <http://www.semarnat.gob.mx> (consulta 29/05/06).
- Instituto Mexicano del Seguro Social 2006 (en línea) <http://site.ebrary.com/lib/imss/Doc?id=10118710&ppg=1> (consulta 27/07/06).
- INE. 2006 (en línea) Regulación para la operación de rellenos sanitarios. <http://www.ine.gob.mx> (consulta 02/03/06).