



CAPÍTULO 4

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS DESPUÉS DE UN DESASTRE NATURAL

En las páginas siguientes se presentan los procedimientos que se deben seguir en cada etapa del manejo de los residuos sólidos domésticos, después de la ocurrencia de un desastre natural. Se debe tener en cuenta que la participación de todas las organizaciones señaladas anteriormente, incluida la población del lugar afectado, es un factor fundamental para tener éxito en la intervención.

a. La generación de residuos sólidos en situaciones de desastre natural

Aunque no se han realizado estudios específicos respecto a la generación de residuos sólidos de tipo doméstico en situaciones de desastre, se puede prever una gran variabilidad en su composición y cantidad, de acuerdo con la localidad, la rapidez de la respuesta, los usos y costumbres locales y el tipo de desastre natural ocurrido. En general, la ocurrencia de desastres modifica la habitual generación de residuos, se incrementan los restos de envases y embalajes —papeles, plásticos y cartones— provenientes de la ayuda externa (por ejemplo, terremoto de El Salvador, 13 de enero del 2001) y se reduce la generación de materia orgánica. Con el fin de reducir el volumen de residuos, debe evitarse la distribución de productos que generen grandes cantidades de desechos debido a su embalaje o preparación; asimismo, en tanto no existan riesgos para la salud y siempre que sea una práctica conocida, se deberá alentar el reciclaje de los residuos sólidos⁹.

En el cuadro 4 se presentan algunos indicadores de generación de residuos después de la ocurrencia de un desastre natural.

La producción de residuos sólidos puede incrementarse especialmente por la donación de grandes cantidades de productos enlatados, procesados y perecederos, muchos de los cuales deben transportarse en ocasiones directamente al sitio de disposición final, sin haberse consumido. En estos casos, la producción puede aumentar,

⁹ Proyecto de la Esfera. **Carta humanitaria y normas mínimas de respuesta humanitaria en casos de desastre**. Ginebra, 1999, p. 16.

Cuadro 4

Indicadores de generación de residuos después de un desastre natural

Tamaño de la población o asentamiento humano	Indicador
Ciudades pequeñas, zonas rurales, refugios, albergues y campamentos ^a	200 a 400 gramos por habitante/día (indicador utilizado tras el paso del huracán Mitch en Nicaragua, octubre y noviembre de 1998).
Ciudades o poblaciones mayores ^b	2 a 4 m ³ de residuos por día/1.000 habitantes (equivalente a 300-600 gramos por persona).

^a OPS/CEPIS. **Informe Técnico 477-Medidas de apoyo a la situación de emergencia; Managua**, Nicaragua. Lima, OPS/CEPIS, 1999, p. 5.

^b OMS/Regional Office for the Eastern Mediterranean. **Environmental Health Management in Emergencies**. Alejandría, OMS, 1991, p. 67.

ría a la población para utilizar bolsas plásticas o de papel, a fin de facilitar la recolección y la limpieza. En caso que no se cuente con estos recipientes, que la población tiende a destinar para almacenar agua, se recomienda utilizar alternativas limpias y siempre tapadas.

Si se determinan zonas específicas (poblaciones pequeñas o rurales, ámbitos focalizados de zonas urbanas) con elevado riesgo sanitario debido al manejo de residuos sólidos, así como para albergues y campamentos, se destinarán recipientes de almacenamiento de acuerdo con la proporción especificada en el cuadro 5.



Uso de recipientes de almacenamiento en campamentos.

como sucedió en Armenia, de 0,57 kilogramos al día por habitante a 1,5 kilogramos diarios per cápita.

b. Almacenamiento de residuos en el punto de origen

Con el fin de almacenar adecuadamente los residuos generados por la población, se utilizarán recipientes impermeables y con tapa hermética, de preferencia plásticos o metálicos, e instalados en lugares inaccesibles a insectos, roedores u otros animales (sobre tarimas o superficies elevadas respecto al nivel del suelo); se orienta-

La capacidad de los recipientes deberá ser suficiente para el almacenamiento de los residuos por lo menos durante cuatro días y se podrá ajustar la capacidad de almacenamiento si se aumenta el número de recipientes. Los recipientes deberán poder ser manipulados por dos personas fácilmente y se ubicarán en lugares alejados no más de 15 metros de las viviendas. Se orientará a la población

para que disponga los residuos en bolsas plásticas, para facilitar la recolección y mantener los recipientes limpios.

Para el caso de albergues y campamentos, o cuando se dificulte la ejecución de las rutas de recolección y la población esté debidamente sensibilizada respecto a los riesgos sanitarios, se podrán utilizar contenedores de almacenamiento intermedio de uno a doce metros

cúbicos de capacidad, siempre que se mantengan en condiciones higiénicas y se pueda tapar los residuos adecuadamente¹⁰. Se utilizarán estos contenedores como depósito de bolsas de residuos y no para almacenar residuos directamente, debido a que por lo general no se cuenta con camiones capaces de levantarlos, de manera que el manejo de los residuos es realizado directamente por los ayudantes del camión recolector. En este sentido, la disposición de los residuos se hará con el criterio de facilitar su recolección y evitar la presencia de insectos o roedores, malos olores e impacto visual, sobre todo para los residentes en las cercanías.

c. Recolección y transporte

Después de un desastre natural, el servicio regular de recolección se ve directamente afectado, tanto por la reducción del personal como por el empleo de unidades en las tareas inmediatas de remoción de escombros en zonas críticas, en la distribución de alimentos, frazadas, menajes y transporte de equipos de atención. Además, por lo general, las vías se encuentran dañadas u obstruidas. Se deberá organizar y movilizar, mediante organismos como defensa civil, a brigadas conformadas por pobladores de la zona afectada para cubrir los vacíos de recursos humanos. Antes de iniciar el servicio de recolección, se deberá determinar la cantidad de residuos sólidos por recolectar y la proyección de generación, la frecuencia de la recolección, la cantidad y el tamaño de los vehículos recolectores, el personal adicional necesario, el método de disposición final y los lugares donde esta se realizará. La flota por utilizar estará debidamente identificada y se tendrá especial cuidado en la asignación de funciones de los vehículos (por ejemplo, no se debe utilizar camiones compactadores para la remoción de escombros). Es preferible contar con un plan de mantenimiento de contingencia con el fin de mantener la flota operativa durante la emergencia.

Se recomienda destinar 2,5 trabajadores por cada 1.000 residentes de albergues o campamentos¹¹. Este personal realizará las tareas de limpieza de

Cuadro 5
Volumen de almacenamiento requerido según población

Cantidad de habitantes	Volumen requerido
10 a 20 familias	100 a 200 litros ^a
25 a 50 personas	50 a 100 litros ^b

^a Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, 1999.

^b OPS. **Manual de Vigilancia Sanitaria-Saneamiento en Desastres**. Washington, D. C., OPS, 1996, p. 104.

¹⁰ OMS/PNUMA. **Manual on Water and Sanitation for Health in Refugee Camps**. Jordania, OMS/PNUMA, 1991, p. 11.

¹¹ OMS-PNUMA. Op. cit., p. 11. El número mencionado puede utilizarse también para el caso de poblaciones pequeñas, rurales o ámbitos focalizados de zonas urbanas.

calles y espacios abiertos; recolección de residuos de recipientes, instalaciones, mercados y otros emplazamientos; y traslado hasta el punto de tratamiento o disposición final. El número se irá reduciendo progresivamente según se organicen los servicios del refugio. Se tendrá como prioridad utilizar al personal más familiarizado con los servicios de manejo de residuos sólidos y con mayor conocimiento de la localidad afectada.

En situaciones de emergencia, puede utilizarse todo tipo de camiones, aunque por las condiciones es preferible el uso de camiones volquete (con tolva basculante hidráulica para un volteo inmediato). Con el fin de complementar el servicio existente, se dispondrán las siguientes acciones: la recolección deberá realizarse, en lo posible, cada cuatro días como máximo; en el caso de poblaciones pequeñas, rurales, ámbitos focalizados de una zona urbana o para atender albergues y campamentos, puede hacerse la recolección manual de los residuos sólidos, con carretas o vehículos similares (triciclos) de un metro cúbico de capacidad¹²; en caso de que el servicio no llegue a estos lugares, se debe organizar el servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos con intervención de las personas que habitan el albergue o campamento.

Siempre es preferible la recolección mediante camiones; un vehículo de estos con capacidad de cinco toneladas (aproximadamente 10 m³) operado por un chofer y dos ayudantes puede servir para atender hasta 10.000 personas, lo que podría representar hasta tres viajes por día hasta la zona de disposición final¹³.

Se establecerán rutas y frecuencias de acuerdo con los estimados de generación de residuos. Estas rutas y frecuencias serán comunicadas a la población con prontitud. En la medida de lo posible, las rutas y frecuencias serán las

mismas que funcionan en condiciones normales pues es a ellas que está habituada la población. En zonas rurales o semiurbanas, en caso de que el servicio de recolección no se encuentre operando, los residuos sólidos deberán ser dispuestos sanitariamente, mediante alguno de los métodos descritos a continuación. En el caso de las zonas urbanas, es preferible el uso de contenedores y, en último caso, la incineración controlada, tal como se señala más adelante.

Implementos que deben formar parte del equipamiento de las unidades motorizadas

1. Alarma audible y lámparas sordas (estas últimas en caso de que el transporte sea nocturno).
2. Lote de herramientas para reparaciones menores.
3. Indicadores fosforescentes y equipo de señalamiento para evitar accidentes o sucesos similares.
4. Identificación claramente visible.
5. Lona con amarres que cubra la parte expuesta de la carrocería para evitar los derrames y la dispersión de los residuos sobre las vías.
6. Equipo de protección personal para la flotilla del vehículo (overoles, guantes, mascarillas, botas antideslizantes y gorras).

¹² OMS-PNUMA. Op. cit., p. 12.

¹³ OMS. **Guía de saneamiento en desastres naturales**. Ginebra, OMS, 1971, p. 71.

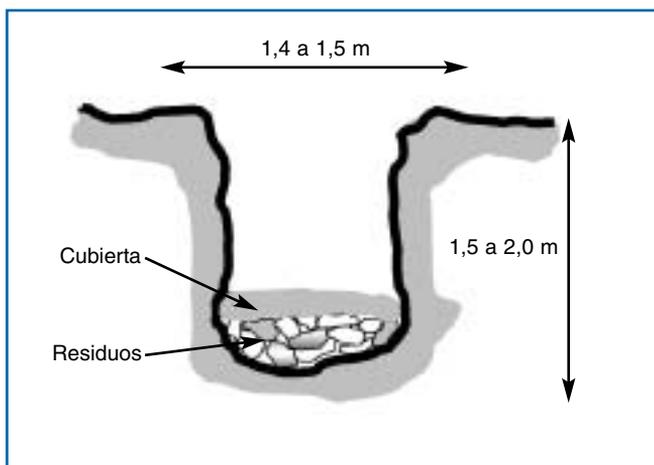
d. Tratamiento y disposición final

La eliminación (tratamiento o disposición final) siempre debe realizarse en lugares y condiciones que impidan la generación posterior de problemas sanitarios y ambientales. Las técnicas aplicables para ello implican la disposición en suelo mediante la operación de relleno sanitario o previa aplicación de procesos de incineración controlada o compostaje. En última instancia, podrá considerarse la disposición en suelo al aire libre, conjuntamente con la quema controlada de residuos. A continuación se presentan algunas consideraciones para la aplicación de estas técnicas.

Rellenos sanitarios. En la mayoría de los casos, el uso de rellenos sanitarios será el preferido para la eliminación definitiva de los residuos domésticos. Sin embargo, es común que los rellenos existentes queden inutilizados o se vuelvan inaccesibles. Por tanto, se hace necesario establecer nuevas localizaciones para restablecer el servicio. La situación más favorable ocurre cuando se dispone de sitios previamente seleccionados de acuerdo con estudios preliminares realizados. De no contarse con estos, se propone hacerlo teniendo en cuenta los siguientes aspectos, que constituyen criterios mínimos para la localización de un nuevo relleno sanitario en situaciones de emergencia:

1. El nuevo relleno sanitario debe estar fuera del radio urbano, a una distancia mínima de 500 metros de cualquier asentamiento humano.
2. Accesibilidad.
3. Suelos firmes y eriazos (sin ningún tipo de uso), de preferencia de baja capacidad de infiltración.
4. Ubicación en depresiones naturales, con pendientes suaves de preferencia, que en el futuro no representen riesgos para la población.
5. Área suficiente de acuerdo con la generación estimada y la proyección de vida útil.
6. La dirección del viento debe ser contraria a cualquier asentamiento humano o habitación urbana.
7. Aspectos de impacto ambiental (calidad de las aguas superficiales y subterráneas).
8. Evitar lugares ubicados en fallas geológicas (por ejemplo, quebradas).
9. Evitar humedales, manglares, pantanos y marismas.
10. Evitar las cercanías de los aeropuertos.

Figura 1
Zanja para residuos sólidos



11. Evitar las cercanías a corrientes de agua con caudal continuo, cuerpos receptores o pozos de agua (a una distancia de 500 metros como mínimo) y zonas de recarga de acuíferos.
12. Baja vulnerabilidad ante deslizamientos, terremotos o inundaciones.
13. Usar toda la información ambiental disponible y la reglamentación local.



Manejo inadecuado de residuos sólidos en campamentos.

Esta selección debe realizarse con el máximo cuidado, puesto que los nuevos rellenos sanitarios suelen convertirse en lugares permanentes de disposición final. Se debe tomar en cuenta que sean áreas con capacidad para una futura disposición. Si existe una fuerte precipitación, los rellenos necesitan una celda especial de trabajo a la cual se llegue a través de un camino resistente a fenómenos clima-

tológicos (all weather road); se recomienda el uso de material de construcción para aumentar la capacidad de carga del terreno.

El ejército o ministerio a cargo de las obras públicas puede proporcionar el equipo necesario para el movimiento de tierras.

Enterramiento de volúmenes menores. Este método es apropiado en poblaciones pequeñas, rurales o campamentos implementados para atender a la población, siempre que no existan facilidades para la recolección de los residuos, no se cuente con recursos o los lugares de disposición final se encuentren en puntos alejados y no se cuente con medios de transporte. Se adapta el método de trinchera mediante zanjas de 1,5 a 2 m de profundidad por 1,4 a 1,5 m de ancho. Se estima 1,0 m de largo de zanja por cada 200 personas. Al final de cada día se cubren los residuos con 20 a 30 cm de tierra, previa compactación. La capa final será de 40 cm de grosor¹⁴. Esta zanja tiene una vida útil de siete días y pueden usarse las que sean necesarias. La descomposición de los residuos tomará de cuatro a seis meses.

No se recomienda usar esta opción en albergues con instalaciones permanentes, a menos que no exista otra alternativa de eliminación.

Quema al aire libre. Se utiliza este método en pequeñas poblaciones, villas y campamentos donde la generación es poca y no hay impacto sobre zonas urbanas; usualmente, se añade un combustible como el querosene (o querosén) para facilitar la incineración.

¹⁴ OPS. **Manual de Vigilancia Sanitaria-Saneamiento en desastres.** Washington, D. C., OPS, 1996, p. 106.

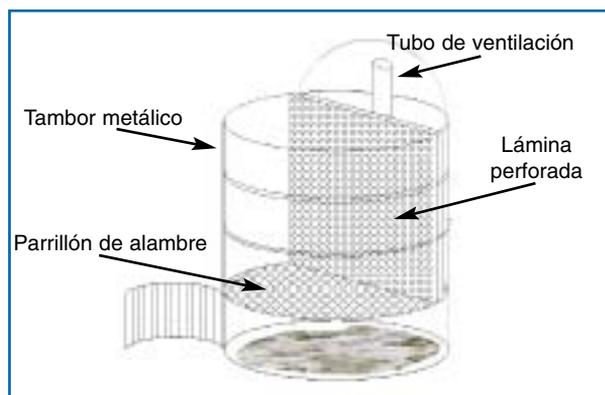
Pueden disponerse puntos pequeños de incineración si se adaptan cilindros o barriles metálicos, como se muestra en la figura 2. Estos incineradores artesanales tienen capacidad para tratar los residuos domésticos generados por 300 personas en un día por cada operación de incineración, que alcanza hasta 6 horas. Es recomendable no usar este dispositivo más de dos veces por día, para evitar su rápido deterioro.

La basura quemada será enterrada en hoyos o zanjas con una capa de tierra no menor de 40 centímetros. Antes de la incineración, deberán removerse los envases de materiales peligrosos como aerosoles, fijadores o solventes y similares. Estos serán dispuestos junto con las cenizas, preferentemente en un hoyo de disposición final, de acuerdo con las recomendaciones señaladas para el enterramiento de volúmenes menores.

Terreno para compostaje. Conforme se vaya superando la emergencia, se pueden instalar pequeñas plantas de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos para convertirlos en compost (abono orgánico). Se pueden establecer zanjas de 3 a 4 metros de ancho y de 2 a 3 metros de profundidad, cuya longitud estará determinada por la cantidad de residuos orgánicos que se generen. La zanja no estará abierta por más de 5 días¹⁵; se estima un metro de longitud por cada 1.000 personas. Los residuos serán tapados con 30 centímetros de tierra después de ser compactados y la superficie será cubierta para evitar vectores y continuamente controlada durante las dos semanas posteriores. El compost obtenido se utilizará en la recuperación de áreas verdes.

Disposición al aire libre. Este será el método que se emplee como último recurso aceptable debido a la emergencia. No es recomendable como práctica habitual debido a que los lugares en los que se realiza suelen convertirse en hábitat de agentes patógenos, además de contaminar el ambiente. Los residuos se transportan a un sitio adecuado (depresión en el terreno u hondonada) para disponerlos y quemarlos. Bajo la supervisión de personal de saneamiento, las latas y latones se aplastarán para impedir la cría de mosquitos y los residuos quemados serán recubiertos para eliminar moscas y roedores.

Figura 2
Incinerador artesanal



Lo que se debe evitar en todo procedimiento de tratamiento y disposición final

1. Solicitar herramientas, contenedores, depósitos, envases plásticos u otros implementos sin haber hecho una evaluación previa de la situación.
2. Aceptar o solicitar tecnología sofisticada para el tratamiento de los residuos de los servicios de salud sin contar con las facilidades necesarias ni con el personal capacitado para su operación.
3. Dejar la iniciativa de la solución del problema a la población.
4. Trabajar sin la cooperación de la población.

¹⁵ OMS/PNUMA. **Manual on Water and Sanitation for Health in Refugee Camps.** Jordania, OMS/PNUMA, 1991, p. 36.

CAPÍTULO 5



MANEJO DE ESCOMBROS Y RESTOS DE DEMOLICIÓN

La gravedad de los desastres naturales difiere de acuerdo con sus características. La mayoría de desastres naturales genera escombros en cantidades que superan la capacidad de los sistemas operativos de manejo de residuos sólidos.

La remoción de escombros es un componente prioritario de las acciones posteriores a los desastres. Gran parte de estos residuos no son peligrosos y algunos pueden ser reciclados. Se describen en el cuadro 6 algunos de los residuos generados en distintos tipos de desastres.

Para el manejo de escombros después de un desastre natural, debe tomarse en cuenta que en la fase inicial todos los esfuerzos estarán concentrados en el rescate de personas, si se considera que para el ser humano es posible sobrevivir hasta siete días con sus noches en estas condiciones. Es necesario, entonces, seleccionar métodos de

Cuadro 6
Residuos generados por tipo de desastre

	Escombros de edificaciones dañadas	Sedimentos del suelo	Residuos de maleza	Restos de propiedad particular*	Cenizas y maderas
Huracanes	X	X	X	X	
Terremotos	X	X	X	X	X
Tornados	X		X	X	
Inundaciones	X	X	X	X	X
Erupciones volcánicas		X			X

* Muebles, artefactos, vehículos, otros similares.

Adaptado de: EPA. **Planning for Disaster Debris**. 1995.

Cuadro 7 Cifras y desastres

Millones de m ³ de residuos de malezas generados por el huracán Hugo en Carolina del Norte (setiembre de 1989)	1,52 ^a
Millones de m ³ de escombros generados por el huracán Iniki, en Hawai (setiembre de 1992)	3,82 ^b
Millones de m ³ de escombros generados por el huracán Andrés, en Florida (agosto de 1992), solamente en el condado Metro-Dade	32,87 ^c
Millones de m ³ de escombros generados por el terremoto Northridge, en California (enero de 1994)	5,35 ^d

^a 2 millones de yardas cúbicas.

^b 5 millones de yardas cúbicas.

^c 43 millones de yardas cúbicas.

^d 7 millones de yardas cúbicas.

demolición rápidos y efectivos que faciliten el rescate de personas. Sin embargo, no debe olvidarse que se debe tener mucho cuidado para evitar colapsos no controlados después del desastre, porque pueden ocasionar mayores daños.

Teniendo en cuenta lo anterior, el manejo de los escombros se puede enfocar desde dos puntos de vista. El primero: definir las obras o acciones de mitigación y de corrección de impactos generados por los escombros. El segundo: definir las acciones para el manejo inte-

gral de los escombros por remover. Debe considerarse siempre la posibilidad de encontrar restos humanos (cadáveres o partes de ellos)¹⁶.

Las dos tareas más importantes que se deben realizar como parte del manejo integral de los escombros son el aprovechamiento de los materiales valorizables que se encuentran en ellos y la definición de escombreras, lugares técnicamente viables para disponer adecuadamente aquellos residuos que no se pueden aprovechar. Descargar los escombros en el sitio de disposición final de la basura de la localidad no es conveniente, pues esto ocasiona problemas en la prestación del servicio de aseo y propicia que la vida útil de los rellenos sanitarios o los botaderos de basura se acorte considerablemente; por otra parte, si no se planifican las escombreras y no se controla su manejo, pueden proliferar montículos callejeros que posteriormente se convierten en basureros.

a. Generación

La evaluación inicial de las áreas afectadas y la estimación de las toneladas que se van a retirar son elementos básicos para las acciones de demolición y manejo de residuos. Estas evaluaciones serán rápidas y se realizarán sobre la base de estimaciones gruesas, ya que las investigaciones detalladas tienden a demorar la respuesta. Se presentan en el anexo B cuatro métodos para estimar la generación de residuos de escombros y restos de demolición: el primero, desarrollado después del terremoto de Nasca, Perú, el 12 de noviembre de 1996; el segundo, presentado en el Simposio sobre Residuos de Terremotos efectuado del 12 al 13 de junio de 1995 en Osaka, Japón; el tercero, utilizado en el terremoto de El Salvador el 13 de enero del 2001 y en el terremoto ocurrido en el Perú (departamentos de Tacna y Moquegua) el 23 de junio del 2001;

¹⁶ Véase el anexo A.

y el cuarto, aplicado después del terremoto acaecido en Colombia, en el Eje Cafetero, en febrero de 1999.

En zonas con elevado desarrollo urbano se estima una generación de 1-2 toneladas por metro cuadrado construido, con un promedio de 1,5 toneladas por metro cuadrado¹⁷; en zonas residenciales, la proporción es sumamente variable, de 0,5 a 1 tonelada por metro cuadrado construido, lo que depende siempre de la proporción de materiales empleados en cada localidad. Para estimaciones de volumen, se considera que se generan 0,5 m³ de materiales por cada metro cuadrado de construcción (proyecciones utilizadas en Armenia, Colombia). Frecuentemente, es difícil decidir cuáles de las edificaciones dañadas deben ser demolidas, por las consideraciones de costo, políticas, riesgo estructural, entre otras. Debe evitarse la eliminación de escombros espontánea y sin criterio técnico que la población suele realizar en la vía pública.

En situaciones particulares como las inundaciones, la acumulación de lodos tanto en el interior de las viviendas como en las vías públicas se convierte en un aspecto crítico. Se recomiendan dos líneas de trabajo:

- Remoción manual de residuos en el interior de las viviendas, en coordinación con la población, a la que se brindarán los materiales y las herramientas necesarias.



Generación de escombros después del terremoto de Armenia, Colombia.



Generación de escombros después del terremoto de El Salvador.

OPS/OMS, C. Osorio, 2001

¹⁷ PNUMA/International Environmental Technology Centre. **Earthquake Waste Symposium**. Osaka, 1995, p. 62.

Generación de escombros en el terremoto de Armenia, Colombia

En el caso del terremoto de Armenia, se estimó que los escombros producto del colapso o la demolición de viviendas y otras edificaciones alcanzaron los 3.000.000 m³, además de una generación adicional prevista de 900.000 m³ en las actividades de reconstrucción (véase el anexo C).

Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo. **Informe preliminar: Manejo integral de escombros y residuos de construcción.** Washington, D. C., BID, 1999.

Acumulación de sedimentos por deslizamientos provocados por lluvias intensas y prolongadas, costa central de Venezuela (1999)

Debido a los deslizamientos ocasionados por las torrenciales lluvias en la costa central de Venezuela en 1999, se pudo estimar que solo en el estado Vargas quedaron depositados en las principales vías hasta 3 millones de toneladas de tierra, barro y piedras.

El material proveniente de los deslizamientos causados en las zonas más elevadas de los taludes de la parte norte de la cordillera fue transportado hasta el mar por los nuevos cauces activos de los ríos, lo que formó grandes depósitos deltaicos.

A lo largo de 50 kilómetros de costa se formaron depósitos que afectaron todo el litoral. Ante esta situación, la medida adoptada fue la consolidación de los nuevos deltas mediante obras de protección realizadas con las rocas transportadas por la crecida de diciembre de 1999.

Estas obras tuvieron dos funciones: consolidar los rellenos sedimentarios constituidos y protegerlos de la erosión causada por el transporte litoral debido al oleaje. Para más detalles, se recomienda revisar el estudio de caso presentado en el anexo E.

- Remoción mecanizada en las vías públicas.

La disposición de estos residuos se efectuará junto con los otros escombros y restos de demolición.

También se debe considerar el caso particular de la generación de cenizas por erupciones volcánicas. Para su manejo se recomienda la limpieza coordinada con la población, con frecuencias de recolección no mayores de dos días. El personal y los pobladores que participan en esta tarea deben usar equipo de protección personal, incluidos mascarilla y protector de ojos contra material particulado. Para mayor información, se recomienda ver el estudio de caso en el anexo D.

Casos especiales son los aludes torrenciales, por la cantidad de sedimentos que pueden arrastrar, y los huracanes, por los daños que causan en las viviendas.

b. Aprovechamiento de residuos valorizables

Las acciones de recolección de escombros y de los restos de las demoliciones buscarán aprovechar los residuos o materiales valorizables. Se debe realizar un programa de reciclaje que permita conocer cuáles serán los materiales que se puedan aprovechar, el equipo necesario para la recolección y transporte de estos materiales, el valor aproximado de los materiales recuperados o reciclados y el mercado para colocarlos, la participación de la comunidad y la viabilidad económica, social y ambiental del programa de aprovechamiento.

En el establecimiento del programa de aprovechamiento se requiere una identificación y un manejo selectivo de los principales componentes de los residuos de escombros y de los restos de demolición. Por ejemplo:

- Materiales o sub-productos valorizables en buen estado que se pueden reusar. Por ejemplo, ventanas, puertas, electrodomésticos, accesorios y equipos de cocina y sanitarios.
- Materiales o sub-productos valorizables que se pueden reciclar. Por ejemplo:



OPS/OMIS, C. Osorio, 1999

Arrastre de sedimentos como consecuencia de los aludes torrenciales en el estado Vargas, Venezuela, 1999.

- Metales. Principalmente, el hierro y el acero, que podrán fundirse posteriormente para su recuperación y aprovechamiento.
- Concreto. Podrá usarse en la recuperación de terrenos, diques, relleños que no soportarán carga y taludes, entre otros, o podrá disponerse en relleños sanitarios para material inerte dispuestos para tal fin.
- Madera. Puede usarse como combustible. Podrá incinerarse y sus residuos serán enterrados en relleños sanitarios convencionales.

Además, para que la tarea del reciclaje sea exitosa, deben identificarse los siguientes riesgos:

- **Certeza del mercado.** Las iniciativas de reciclaje deben estar ligadas a los mercados de material reciclado. También debe tomarse en cuenta el tiempo de aprovisionamiento, envío e instalación de los equipos. El riesgo se reduce si se concatenan adecuadamente los tiempos de desarrollo y planeamiento con los del proceso de reciclaje.
- **Control de calidad.** La calidad del producto final reciclado está estrechamente ligada a la calidad de los escombros que alimentaron la producción. Se recomienda que el material reciclado mantenga la mayor exigencia técnica requerida para material similar nuevo.
- **Certeza del abastecimiento de los materiales.** La eficiencia de la operación de reciclaje depende, entre otros factores, del ingreso de una cantidad y de una calidad previsible de suministros. El riesgo se minimiza si se ponen en marcha mecanismos para asegurar el abastecimiento adecuado del programa de reciclaje.
- **Creación de una estructura institucional para el reciclaje.** Es necesario definir una aplicación futura de la tecnología que se utilice para

Aprovechamiento de escombros después del terremoto de Moquegua, Perú (23 de junio de 2001)

Después del terremoto ocurrido en los departamentos de Tacna y Moquegua, en el sur del Perú, el 23 de junio de 2001, en muchas localidades se reutilizaron los escombros de las viviendas para crear nuevo material de construcción, principalmente para losas y vías de tránsito peatonal que no demandan alta carga.

atender la emergencia, con el fin de darle valor posterior. Para esto, se deben promover políticas destinadas a impulsar el reciclaje de escombros y a difundir la utilidad de estos en diferentes aplicaciones de ingeniería.

Como una referencia de los materiales que se pueden obtener, se presenta en el cuadro 8 un análisis de los desastres naturales más frecuentes y los residuos e impactos generados.

En el caso de residuos o escombros mezclados, se tratará de efectuar una separación de materiales antes de su disposición final, aunque sin distraerse de los objetivos primarios como la limpieza de las vías y el aseguramiento de las edificaciones no dañadas.

Respecto a las opciones de reciclaje, el material recuperado se puede usar en obras de mejoramiento del sistema de manejo de residuos (recubrimiento de

rellenos o construcción de caminos en el relleno sanitario), en obras civiles (vías de acceso en la zona afectada, diques, taludes, reforzamiento de riberas, etcétera). Se presentan en el anexo H dos cuadros detallados sobre el uso posterior que se les puede dar a estos materiales.

c. Acumulación temporal

En situaciones de desastre, es posible que se requieran lugares para el acopio o almacenamiento temporal de escombros, debido a la saturación de los puntos de disposición final, al excesivo tiempo de espera en dichos puntos para la descarga de los residuos y al insuficiente equipo para la recolección y el transporte.

El uso de lugares para el acopio temporal de escombros incrementa los costos globales de disposición de estos residuos debido a su doble manejo,



Maquinaria móvil para el reciclaje de escombros.

Cuadro 8
Análisis de desastres, daños y materiales generados

Evento	Daño	Residuos generados	Impactos secundarios
Incendios forestales	Sin viento, arrasan con árboles, arbustos y maleza. Con viento, dejan árboles muertos en pie, estructuras y vehículos incendiados, fogatas.	Metal, ladrillos, cimientos, concreto, sedimentos, árboles caídos, madera y troncos chamuscados, bolsas de arena, plástico.	Problemas de erosión.
Inundaciones, tsunamis, fallas de diques (inundaciones de estructuras y flujo de aguas a altas velocidades)	Daños en viviendas: pisos, maderas de paredes, muebles. Sedimentos depositados en propiedades públicas o privadas. Escombros de deslizamientos (suelo, grava, rocas, material de construcción). Residuos sólidos peligrosos domésticos	Arboles caídos, madera de paredes, carpetas, madera de muebles, metales de electrodomésticos, residuos peligrosos, residuos de maleza, bolsas de arena, plástico, residuos orgánicos.	Deslizamiento de suelos.
Terremotos (ondas de choque y desplazamiento del suelo a lo largo de fallas geológicas)	Daños en infraestructura, autopistas de concreto y asfalto, pasos a desnivel. Bloques de concreto, cemento, paredes de concreto armado, vehículos dañados. Asfalto de lugares de parqueo. Restos de edificios, propiedades privadas, sedimentos.	Concreto, ladrillos, cimientos, asfalto, madera de paredes, vidrio, carpetas, asbesto, restos de maleza, plástico, residuos orgánicos.	Daños secundarios como incendios o explosiones. Residuos generados por nuevas construcciones y reparaciones.
Huracanes (vientos de altas velocidades que elevan el nivel de las mareas en los océanos y crean olas en cuerpos de aguas interiores)	Restos de edificaciones dañadas, sedimentos, árboles, propiedad privada.	Madera de paredes, carpetas, madera de muebles, restos de electrodomésticos, residuos peligrosos domésticos, madera, restos de maleza, bolsas de arena, plástico, residuos orgánicos.	
Tornados (vientos en rotación a altas velocidades)	Daños y destrucción de estructuras, árboles, propiedad privada.	Madera de paredes, carpetas, madera de muebles, restos de electrodomésticos, residuos peligrosos domésticos.	
Erupciones volcánicas	Destrucción de estructuras por acumulación de cenizas, flujos de lava o lodos.	Cenizas y lava.	

Fuente: Adaptado de California Integrated Waste Management Board, **Integrated Waste Management Disaster Plan**. California, 1995.

principalmente en el transporte. Algunas estrategias para reducir los costos asociados al uso de estos puntos son las siguientes:

- Realizar el acopio al costado de carreteras o avenidas principales con acceso adecuado; este punto debe incluir un área de maniobras adyacente para que no se produzcan obstrucciones vehiculares.
- Usar áreas abandonadas o no destinadas para otros usos.
- Usar áreas que estén consideradas en los planes de respuesta de la emergencia (campamentos, hospitales ambulatorios u otros).

Criterios básicos de manejo ambiental de escombreras

1. Definición de las medidas de mitigación y manejo para disminuir el impacto paisajístico, de ruido y calidad del aire. Considerar el uso de barreras visuales.
2. Determinación de obras de drenaje que sean requeridas tanto en el interior de la escombrera como en su perímetro para garantizar la adecuada circulación del agua.
3. No se acepta descargar materiales o elementos mezclados con otros residuos como basura, residuos líquidos, tóxicos o peligrosos.

Criterios geológicos para la ubicación de escombreras

1. Análisis de la geología de la zona para identificar adecuadamente los posibles sitios degradados por la explotación minera indiscriminada, las zonas de suelos poco productivos, las modificaciones morfológicas que pueden utilizarse como escombreras.
2. Geomorfología, ya que es importante conocer el estado original de las formas (valles, colinas, terrazas, pendientes) a fin de evaluar los efectos que se puedan producir en su modificación.
3. Procesos erosivos, tanto de origen natural como humano, y el proceso de denudación del suelo (agotamiento de la capa vegetal).
4. Condiciones geotécnicas (estabilidad, características de los suelos, nivel freático, posibilidad de confinamiento, fallas y cortes, entre otros).

Nota: Adicionalmente se deben considerar los numerales 2, 3, 4, 5, 8 y 12 de las especificaciones para la localización de nuevos rellenos sanitarios en situaciones de desastre, presentados en la subsección "Rellenos sanitarios" del capítulo 4.

d. Disposición final

Para la eliminación de los restos de demolición no aprovechables y los escombros (materiales inertes) será preferible utilizar áreas naturales de acuerdo con los criterios señalados anteriormente para la selección de rellenos sanitarios, aunque en este caso los aspectos de impacto ambiental como la dirección del viento y la contaminación de aguas subterráneas no son significativos, debido a las características inertes de los materiales. No se recomienda el uso de los rellenos sanitarios operativos para la disposición de escombros debido a que las cantidades generadas fácilmente pueden colmatar el volumen que normalmente debe utilizarse para los residuos orgánicos. En la localidad afectada debe averiguarse si existen catastros o puntos identificados previamente para la eliminación de estos residuos, lo que facilitará la tarea.

Estos lugares (escombreras) serán los sitios destinados para la disposición final de los escombros, materiales y elementos de construcción, demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Las escombreras se localizan principalmente en áreas cuyo paisaje se encuentra degradado, tales como minas y canteras abandonadas.

En ocasiones ha dado buenos resultados el empleo de terrenos sin uso para la disposición temporal de residuos de construcción y demolición, como respuesta

inmediata a la emergencia. Por ejemplo, esto se hizo en el terremoto de Hanshin, Awaji, Japón, el 17 de enero de 1995 y el terremoto de El Salvador, el 13 de enero de 1995.

Se debe considerar siempre que por los volúmenes que se van a disponer se requerirán áreas extensas, de preferencia en depresiones naturales fuera de cursos de agua o quebradas. Una alternativa que se debe tener en cuenta es la disposición en el mar, a fin de ganar terreno aprovechable.



C. Meléndez

Disposición de escombros y residuos en la base de una ladera.

Se resumen a continuación las etapas que se deben seguir para un adecuado manejo de escombros y residuos de demolición.

Etapas del manejo de escombros

1. Verificación del volumen y caracterización de escombros
 - Reuniones con personal de las instituciones locales y especialistas.
 - Verificación del volumen de escombros.
 - Definición de los volúmenes de escombros que van a ser reubicados.
 - Caracterización de los escombros.
 - Desarrollo del plan operativo de remoción y transporte de escombros.
2. Programa de reúso y reciclaje
 - Evaluación del potencial de reúso y reciclaje, desarrollo del programa.
 - Análisis económico del reúso y reciclaje versus desarrollo de un programa de rellenos con residuos sólidos.
3. Disposición final de los escombros
 - Evaluación de las escombreras existentes.
 - Selección de escombreras para la disposición final de los desechos.
 - Establecer una metodología para la localización de sitios.
 - Estudio para la operación de escombreras posibles y selección final de los lugares.

Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo. **Informe preliminar: Manejo integral de escombros y residuos de construcción**. Washington, D. C., BID, 1999.



CAPÍTULO 6

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS EN SITUACIONES DE DESASTRE

a. Residuos sólidos generados en establecimientos de salud

Etapas de clasificación de víctimas (triage). El triage o clasificación de las víctimas es una fuente significativa de generación de residuos peligrosos por su potencial infeccioso, que usualmente no se toma en cuenta (materiales biocontaminados).

Por ser una actividad de rápida respuesta, se recomienda que todos los residuos generados en esta etapa de la atención y en los primeros auxilios, sin excepción, sean almacenados en recipientes debidamente identificados como "residuos biocontaminados", de preferencia en bolsas de color rojo. Se evitará el contacto directo con estos residuos.

Etapas de atención de víctimas. La generación de residuos en establecimientos de salud de primera categoría (hospitales)¹⁸ puede sufrir grandes variaciones. Puede disminuir debido a que gran parte de su personal asistencial es destinado al trabajo de campo, a la evacuación de pacientes y a



Atención médica en campamentos.

¹⁸ En muchos países de América Latina y el Caribe se considera como establecimientos de primera categoría a los hospitales; como de segunda categoría a los centros de salud, las clínicas y los laboratorios de referencia; y como establecimientos menores, a las postas de salud, los botiquines comunales, los laboratorios pequeños, los consultorios y similares. La clasificación depende del tamaño, complejidad y capacidad asistencial del establecimiento.



C. Meléndez, 2001

Autoclave utilizada para el tratamiento de residuos hospitalarios en El Salvador.

Figura 3

Fosa para eliminar cantidades pequeñas de residuos de establecimientos de salud



en un tanque de presión a una temperatura de 132 °C; los residuos están en contacto con este vapor por 90 minutos dentro de un estanque de acero hermético, con el fin de esterilizarlos para después depositarlos en combinación con los residuos comunes en el relleno sanitario¹⁹.

Los residuos biocontaminados tratados serán eliminados como residuos domésticos; los residuos punzocortantes serán desinfectados y los residuos químicos que hayan podido segregarse serán dispuestos en el relleno sanitario en un área especial de seguridad (celdas de seguridad), o se acondicionará un área apropiada para esta función en las zonas de enterramiento dispuestas. Esta área

que se restringe la atención primaria, pero también puede incrementarse notablemente por el aumento de la demanda de atención cuando hay gran cantidad de damnificados.

En los establecimientos de salud, sean permanentes (hospitales y centros de salud existentes) o temporales (hospitales de campaña), el manejo de los residuos sólidos será similar al que se realiza en condiciones normales¹⁹.

El tratamiento se hará de acuerdo con el tipo de residuos. Los residuos biocontaminados serán tratados con tecnologías convencionales (incineración, autoclavado) o con sistemas no convencionales como el mostrado en la figura 2.

El tratamiento de estos residuos aún no es un procedimiento común en la Región debido a los costos de operación de los sistemas y a las dificultades técnicas, aunque se empiezan a implementar progresivamente. Por ejemplo, en El Salvador se utilizan sistemas de esterilización a vapor (autoclaves) que consisten en el tratamiento con vapor saturado

¹⁹ OPS/CEPIS, **Guía para el manejo interno de residuos sólidos en centros de atención de salud**, 1996.

²⁰ Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.

deberá estar debidamente aislada y protegida para evitar acciones clandestinas de reciclaje. Los residuos domésticos, incluidos los biocontaminados ya tratados, serán entregados al servicio normal de recolección. La figura 3 muestra una fosa de seguridad para el manejo de pequeñas cantidades de desechos. También se sugiere la adición de cal sobre los desechos depositados en la fosa porque puede ayudar a controlar la emanación de olor desagradable y a eliminar bacterias. Otra opción es cubrir los desechos con una mezcla de tierra con yeso en proporción de 1 a 2 respectivamente.

Las figuras 3, 4 y 5 presentan distintas opciones para la disposición final de residuos sólidos de establecimientos de salud, en caso de no contarse con celdas de seguridad en rellenos sanitarios o si estas son inaccesibles^{21, 22}.

b. Medicamentos

El manejo adecuado de las donaciones es importante, pues en muchos casos, lejos de ser útiles, son perjudiciales. Algunos medicamentos no son apropiados para tratar situaciones generadas por la tragedia, otros son desconocidos, algunos tienen rotulación inadecuada y otros contienen dosificaciones incompletas. Su eliminación debe realizarse con estricta fiscalización, para evitar un mal uso de los mismos. Será recomendable la incineración directa o la disposición en celdas de seguridad.

c. Otros residuos peligrosos

La ocurrencia de desastres afecta ocasionalmente instalaciones industriales, depósitos o comercios en los que se almacenan productos peligrosos para la

Figura 4

Fosa para eliminar objetos punzocortantes

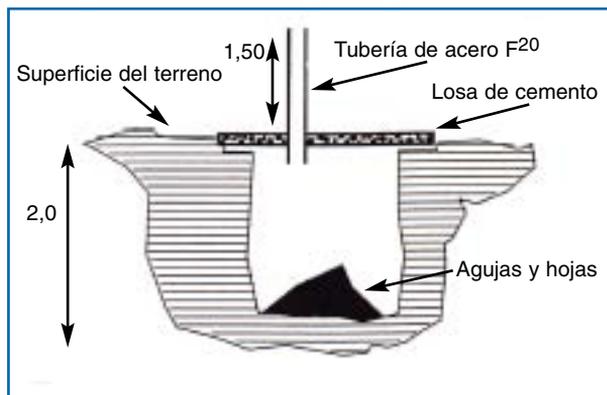
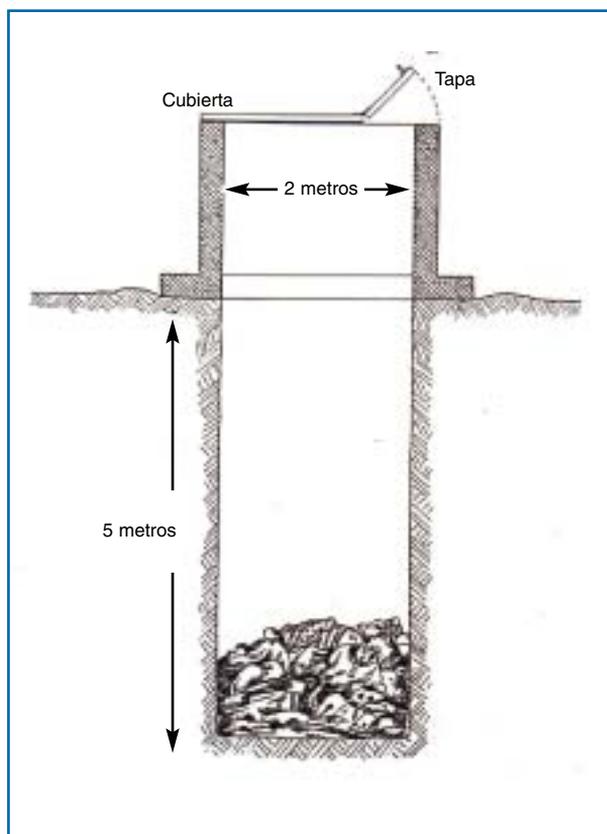


Figura 5

Sitio para la disposición de residuos sólidos de establecimientos de salud



²¹ OPS. **Manejo de los desechos médicos en los países en desarrollo**. Washington, D. C., OPS, 1997.

²² OPS/CEPIS. **Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales**. Washington, D. C., 1997.

salud, entre los cuales destacan las sustancias corrosivas, las explosivas, las inflamables o tóxicas, como los plaguicidas, los solventes y los insumos químicos. En caso de que estos productos queden expuestos, deberán tomarse las siguientes medidas:

- Contactar y convocar a personal especializado en el manejo de estos residuos.
- Aseguramiento del área. Se establecerá una zona de peligro demarcada y vigilada para mantener a la población alejada.
- Aproximación cuidadosa. El personal destacado para atender la emergencia con residuos de este tipo no debe apresurarse en acercarse a la zona. Se debe tomar las mayores precauciones, como ir a favor del viento para evitar el contacto con vapores. Es necesario recordar que existen gases o vapores peligrosos sin olor ni color, más densos que el aire y con tendencia a acumularse en zonas bajas.
- Identificación de productos. Las etiquetas o empaques pueden proporcionar información sobre el tipo de producto con el que nos enfrentamos. Debe evitarse el contacto con el producto y su manejo si este no se ha identificado convenientemente.
- Manejo de la situación. Se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - ¿Se ha producido un incendio o hay peligro de combustión o explosión?
 - ¿Existe un derrame o escape?
 - ¿Cómo está el clima?
 - ¿Cómo es el terreno?
 - ¿Qué está en riesgo: la población, las propiedades o el ambiente?
 - ¿Qué se podría hacer? ¿Es necesaria una evacuación? ¿Es necesario el aislamiento o la preparación de diques de contención? ¿Qué recursos son necesarios, con cuáles contamos?
 - ¿Qué se puede hacer?
- Respuesta. Se establecerá una línea de coordinación y comunicación con el mando general de manejo del desastre.
 - Rescate de afectados y evacuación si es necesaria.
 - Considerar la seguridad de las personas ubicadas en las inmediaciones del área, incluidas las del personal que atiende el problema.
 - Aseguramiento, restricción y aislamiento de la zona.
 - Mantener el control de los accesos de la zona.
 - Investigar los productos almacenados en el lugar.
 - Aproximarse con cuidado, evaluar las condiciones del entorno, la estructura del inmueble, las condiciones del piso, techo y paredes, y la presencia de derrames.

- Evaluación continua de la situación y modificación de la respuesta según sea apropiado.
- Evaluar el riesgo potencial de incendio, derrames, explosiones, cercanía a fuentes de agua y a viviendas.
- Determinación del riesgo, para lo cual se recomienda el uso del formato presentado en el siguiente cuadro.

Cuadro 9
Formato para la determinación rápida del riesgo*

Puntos de evaluación	Incendio	Derrames	Explosión	Toxicidad
Población				
Recursos naturales				
Inmuebles				

* La calificación de la probabilidad del riesgo será alta (tiempo y exposición elevados), media (tiempo o exposición elevados) y baja (tiempo y exposición mínimos).

En caso de no haberse logrado una identificación adecuada del residuo peligroso, debe mantenerse a la población alejada del lugar o se debe proceder al almacenamiento hasta que la sustancia sea apropiadamente identificada.

También debe considerarse que se han registrado casos de aduanas y puertos donde, como consecuencia de un desastre, se pierde todo tipo de control sobre los materiales peligrosos que allí se encontraban (esto sucedió con los aludes torrenciales en la costa central de Venezuela en 1999). Ante esta situación, una alternativa para neutralizar las consecuencias negativas en la salud y el ambiente consiste en el confinamiento en la zona afectada, para lo cual pueden ser útiles el material inerte y los escombros producidos por el desastre.



CAPÍTULO 7

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

a. Uso de formatos para evaluaciones de campo

Las experiencias en la Región indican que es sumamente recomendable el uso de formatos estandarizados para desarrollar la recolección de datos en el campo, a fin de evitar conflictos en el cruce de información, como ocurrió con posterioridad al terremoto de Tacna y Moquegua (Perú), el 23 de junio del 2001.

Entre los formatos que se pueden usar después de la ocurrencia de un desastre natural, tenemos los siguientes:

- Formato de estimación de daños en edificaciones.
- Formato de requerimientos para el manejo de residuos sólidos.

El uso de estos documentos mejorará la intervención posterior respecto al manejo de los residuos sólidos porque facilita el registro de datos durante la operación después de ocurrido un desastre natural. Permitirá, además, futuras actualizaciones de la presente guía. Se presentan modelos para ambos casos en el anexo I.

b. Registros de salud pública

Siempre es recomendable familiarizarse con la situación de salud pública de la zona afectada, previa a la ocurrencia del desastre. De esta manera, es posible proyectar aspectos sanitarios que, en conjunto con el problema de residuos, pueden representar graves riesgos para la población. Por ejemplo, la zona de Moquegua, al sur del Perú, es una zona endémica del mal de Chagas, debido a la presencia del *Triatoma infestans* (conocido como chirimacha en el Perú y como vinchuca en el cono sur), insecto que habita en las paredes de barro de las viviendas; al ser destruidas miles de estas viviendas, debido al terremoto de junio del 2001 y al ser evacuados los afectados, la migración de los insectos en grandes cantidades generó un grave riesgo para las poblaciones vecinas, los albergues y los campamentos. De igual manera, en zonas con alta incidencia de infecciones respiratorias agudas, el problema tiende a agravarse por la gran

cantidad de material particulado (polvo y sedimentos finos) que se mantienen en suspensión en el aire; efecto similar pueden causar las cenizas en zonas expuestas a erupciones. Otro caso similar son los problemas dérmicos y oculares.

Generalmente, conviene fumigar las áreas con escombros, porque a la hora de retirarlos, ya existen focos de fauna nociva como ratas e insectos. La fumigación evitará que estos animales se propaguen a otras zonas.

Otro punto que se debe considerar respecto a los registros de salud pública es que resulta necesario realizar un seguimiento de las afecciones que puedan tener su origen en el inadecuado manejo de residuos sólidos (domésticos, peligrosos, de demolición, entre otros). De esta manera, se contará luego con una herramienta epidemiológica que permita intervenir para mejorar las condiciones de salud ambiental y que podrá utilizarse en el futuro en casos similares.

c. Costos asociados

A fin de brindar una referencia sobre los costos relativos al manejo de residuos sólidos (domésticos, escombros y otros) después de la ocurrencia de desastres naturales, se presentan a continuación ejemplos tomados de experiencias desarrolladas en la Región y en otros ámbitos.

Implementación del sistema de disposición final de residuos sólidos en el área urbana y rural²³

- Elaboración de nueve proyectos de relleno sanitario para el área rural y mejoramiento e implementación del servicio de recolección en dos localidades: 46.000,00 dólares americanos.
- Elaboración de un proyecto de relleno sanitario para el área urbana: 18.000,00 dólares americanos.
- Ejecución de obras para implementar el relleno en el área urbana: 5.000.000,00 dólares americanos.
- Ejecución de obras para implementar rellenos en el área rural: 315.000,00 dólares americanos.
- Promoción, capacitación en operación y mantenimiento y educación sanitaria: 6.000,00 dólares americanos.

Manejo de residuos sólidos²⁴

- Suministro de 100 juegos de equipos y herramientas mínimas para el manejo de desechos sólidos: 5 ganchos para recolectar residuos, 3 palas, 5 rastrillos, 3 pilones de apisonar, 2 barras, una carretilla de mano: 9.000,00 dólares americanos.

²³ OPS. **Salud en Moquegua, una emergencia social: recuperando y mejorando la salud después del terremoto**. Lima, 2001. Anexo C.

²⁴ Cantanhede, Alvaro. Informe de viaje a El Salvador. Propuesta de ejecución de fondos de emergencia, terremoto de El Salvador, 2001. Anexos.

- Suministro de 3.000 cientos de bolsas de plástico blancas, de tamaño mediano, con mensajes educativos, para el almacenamiento familiar de residuos en los albergues²⁵: 18.000,00 dólares americanos.

Equipos para la remoción de 66.000 m³ de escombros (90.860,00 dólares americanos)²⁶

- 3 cargadores frontales con lampones de 3 m³ de capacidad: 18,57 US\$/hora.
- 18 volquetes de 15 m³ de capacidad: 40 US\$/hora.

Nota: montos globales correspondientes a 20 días de trabajo con 10 horas de operación diaria.

Combustible y personal (11.748,00 dólares americanos)²⁷

- Consumo de combustible: 7.548,00 dólares americanos.
- Pago de personal: 4.200,00 dólares americanos.

Nota 1: montos correspondientes a 20 días de trabajo con 10 horas de operación diaria.

Nota 2: Costo por m³ por concepto de carga y eliminación de escombros tipo arena, grava y piedras pequeñas (de una a dos toneladas) para distancias menores de 20 kilómetros: 12,00 dólares americanos. Costo por carga a camión y eliminación de escombros de restos de edificaciones demolidas para distancias menores de 20 kilómetros: 14,00 dólares americanos.

Equipos para remoción de 50.000 m³ de escombros (68.150,00 dólares americanos)²⁸

- 3 cargadores frontales con lampones de 3 m³ de capacidad: 18,57 US\$/hora.
- 18 volquetes de 15 m³ de capacidad: 40 US\$/hora.

Nota: Montos globales correspondientes a 15 días de trabajo con 10 horas de operación diaria.

Combustible y personal (8.811,00 dólares americanos)²⁹

- Consumo de combustible: 5.661,00 dólares americanos.
- Pago de personal: 3.150,00 dólares americanos.

Nota: Montos correspondientes a 15 días de trabajo con 10 horas de operación diaria.

²⁵ Las bolsas de plástico se suministran generalmente en paquetes de 100 unidades.

²⁶ Sandoval, Leandro. Informe de viaje de evaluación. Sismo de Moquegua, 2001, p. 7.

²⁷ *Ibidem*.

²⁸ *Ibidem*.

²⁹ *Ibidem*.

Se presenta finalmente un modelo económico comparativo entre el sistema tradicional de demolición y reconstrucción y el sistema que aplica prácticas de reciclaje³⁰.

- Modelo económico del sistema tradicional

$$\text{Costo total} = \text{Costo (A)} + \text{Costo (B)}$$

- Modelo económico que usa prácticas de reciclaje

$$\text{Costo total} = \text{Costo (A - X)} + \text{Costo (B - X)} + \text{Costo (X)}$$

Donde,

A: costo de materiales naturales y su transporte.

B: costo del transporte y disposición de residuos.

X: costo del proceso de selección y recuperación de residuos.

³⁰ Lauritzen E. K. **Disaster Waste Management.**