

Guía Gestión Sustentable de los Residuos

Andrés Morales Vargas

Magister MDL y Eficiencia Energética
Ingeniero Civil Químico



ESTÁNDAR DE SUSTENTABILIDAD PARA LA INDUSTRIA DE CIRUELAS DESHIDRATADAS

Apoyado por:



Colaboran:



Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Editoras:

Karina Orellana Moreina

Francisca Sepúlveda Olivares

Diseño y diagramación:

Cynthia Aguilera Fernández

2024

Dimensión **Ambiente** **Residuos**

Guía Gestión Sustentable de los Residuos

Elaborado por:

Andrés Morales Vargas

Magister MDL y Eficiencia Energética

Ingeniero Civil Químico

2024

Índice

Índice

Generalidades.....	4
Introducción.....	6
1. Plan de manejo de residuos.....	9
1.1 Etapa 1: Evaluación de diagnóstico.....	11
1.2 Etapa 2: Planificación.....	12
1.3 Etapa 3: Implementación.....	12
1.4 Etapa 4: Monitoreo.....	13
1.5 Etapa 5: Evaluación y Mejora continua.....	13
2. Minimizar la contaminación derivada de la gestión de residuos.....	15
3. Gestionar adecuadamente los residuos derivados de la producción.....	19
3.1 Reducción de la fuente.....	19
3.2 Separación y reciclaje.....	19
3.3. Almacenamiento y transporte.....	22
4. Gestión de residuos inorgánicos a través de técnicas de valorización y reciclaje.....	24
5. Valorización de la materia orgánica generada utilizando el compost en su actividad productiva.....	29
Conclusiones.....	34
Bibliografía.....	36

Generalidades

La Asociación Gremial Chileprunes, en conjunto con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ha diseñado y elaborado un estándar de sustentabilidad para el sector agroindustrial de ciruelas deshidratadas, el cual se ha construido de manera participativa con todos los actores asociados a la cadena.

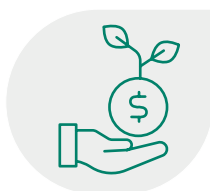
Esta guía tiene como propósito entregar contenidos para el sector, con el objetivo de compartir información con respecto a la gestión sustentable de los Residuos generados durante todos los procesos. Es decir, el presente documento pretende orientar a empresas de producción primaria y adecuación agroindustrial, en la comprensión, análisis e implementación de las acciones solicitadas por los estándares en la dimensión Ambiente, específicamente en lo referido a Residuos.

La guía además, pretende ser un marco de referencia que ayude a establecer un procedimiento que muchas veces se realiza, pero que puede estar invisibilizado, o que no cuenta con una estructura que le permita estar incorporado como un eje estratégico del negocio.



¿Por qué es importante la gestión de residuos de manera sustentable?

La importancia de la gestión de residuos de manera sustentable radica principalmente en:



1. Desarrollo de una economía circular

La economía circular busca mantener el valor de los productos, materiales y recursos en la economía durante el mayor tiempo posible mediante la reutilización, reparación, reciclaje y recuperación, en contraste con el modelo lineal de “producir, usar y desechar”. Este enfoque reduce la generación de residuos y la huella de carbono, promoviendo una economía más sostenible y competitiva.



2. Bajo impacto en el medio ambiente

Implementar prácticas de gestión sustentable de residuos, posiciona a las empresas como responsables con el medio ambiente ya que reducir la contaminación, tanto del suelo como del agua y del aire, contribuye a preservar los ecosistemas circundantes y a cumplir con las normativas ambientales. Además, el bajo impacto ambiental permite acceder a mercados más exigentes y obtener certificaciones de calidad internacional.



3. Reducir los costos asociados a la eliminación y tratamiento de los residuos

La correcta gestión de residuos puede disminuir los costos operacionales. Al reutilizar y reciclar residuos, como los restos de la fruta no procesada, se pueden evitar gastos en la eliminación de basura y en el tratamiento de desechos peligrosos. Por su parte también, la reducción de residuos puede implicar menos sanciones por incumplimientos ambientales y menores costos de transporte de residuos a vertederos.



4. Fomentar una cultura de sostenibilidad dentro de la empresa y la comunidad

Promover prácticas responsables y sostenibles, tanto dentro de la empresa como en la comunidad local, refuerza una cultura de respeto por el medio ambiente. Capacitar a los trabajadores sobre la correcta gestión de residuos y crear conciencia sobre los beneficios ambientales y económicos, promueve un entorno más saludable. Esta mentalidad también se extiende hacia la comunidad, impulsando un compromiso colectivo con la sostenibilidad a largo plazo.

Introducción

Introducción

El objetivo principal de desarrollar un Plan de Manejo y Gestión de Residuos, es establecer un instrumento de planificación y gestión que sirva como una guía estructurada para establecer las estrategias y acciones necesarias para gestionar los residuos de manera eficiente, incluyendo políticas, procedimientos y responsabilidades claramente definidas para todos los involucrados, asegurando una implementación coherente y efectiva, que permita que la organización avance hacia la meta de convertirse en una empresa con cero residuos a eliminación, minimizando al máximo la cantidad de residuos que requieren eliminación, promoviendo una economía circular.

El enfoque de un plan de manejo de residuos se centra en reducir la generación de residuos desde su origen. En los casos en que los residuos sean potencialmente valorizables, se destinarán a procesos de valorización. Si esto no es posible, el plan asegurará la disposición final más adecuada para dichos residuos, minimizando su impacto ambiental.

El desarrollo de un plan de manejo de residuos se centra en una serie de aspectos claves que permiten optimizar cada etapa del proceso de gestión de residuos, desde su generación hasta su disposición final. Esto garantiza la adopción de prácticas más sostenibles y responsables, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la eficiencia operativa. Los aspectos más importantes de un plan de gestión de residuos corresponden a:

1. **Reducción de la Generación de Residuos:** Implementar estrategias y prácticas que minimicen la producción de residuos desde la fuente. Esto incluye la optimización de procesos productivos, la adopción de tecnologías más eficientes y la sensibilización de los empleados sobre la importancia de reducir los desechos.
2. **Valorización de Residuos:** Identificar y separar los residuos que pueden ser reciclados o reutilizados. Estos residuos serán destinados a procesos de valorización, transformándolos en nuevos productos o materias primas, lo que no sólo reduce la cantidad de residuos, sino que también puede generar ingresos adicionales para la empresa.
3. **Disposición Final Adecuada:** Para los residuos que no pueden ser valorizados, el plan asegura que se adopten las opciones de disposición final más seguras y menos perjudiciales para el medio ambiente. Esto puede incluir el tratamiento en plantas especializadas o el uso de tecnologías avanzadas de eliminación que minimicen el impacto ambiental.

Por lo tanto, un plan no sólo busca mejorar la gestión de residuos dentro de la empresa, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental y económica, promoviendo prácticas responsables y eficientes en todas las etapas del manejo de residuos.

Los principios que guían un plan de manejo de residuos deben alinearse con los establecidos en la Ley 20.920/16, la cual “Establece el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje” del Ministerio del Medio Ambiente. Entre estos principios se encuentra el de “El que contamina paga”, donde los costos de la contaminación deben ser asumidos

por quienes la generan. El principio de gradualismo sugiere que la implementación de medidas debe ser progresiva y adaptativa. La inclusión es fundamental, involucrando a todos los actores relevantes en el proceso de gestión de residuos. La jerarquía en el manejo de residuos prioriza la reducción, reutilización, reciclaje y, como última opción, la disposición final. Además, se fomenta la libre competencia para asegurar un mercado competitivo y justo en la gestión de residuos. El principio participativo promueve la participación activa de la comunidad y las partes interesadas. El enfoque precautorio implica adoptar medidas preventivas ante la posibilidad de daño ambiental, mientras que el principio preventivo se centra en implementar acciones para evitar la generación de residuos desde su origen. La responsabilidad del generador de un residuo establece que los generadores deben asumir la responsabilidad de su gestión adecuada. La transparencia es clave para mantener procesos claros y accesibles para todas las partes interesadas, y la trazabilidad asegura el seguimiento y control de los residuos desde su generación hasta su disposición final.

Bajo este contexto, el presente documento consiste en una guía de manejo adecuado de residuos, transfiriendo a las empresas beneficiarias, conocimientos que les permitan de adoptar prácticas de valorización de sus respectivos residuos.



Plan de manejo de residuos

1. Plan de manejo de residuos

Un Plan de Gestión o manejo de Residuos es un documento estratégico de una empresa, en el cual se describe la planificación y gestión destinada a mejorar el manejo de los residuos generados. El desarrollo de este plan debe abarcar desde la generación de residuos hasta su disposición final de manera eficiente y sostenible, pasando por la recolección, transporte, tratamiento y reciclaje de los residuos generados en la organización.

Para la implementación de un plan de manejo de residuos se deben incluir medidas para minimizar la cantidad de los residuos generados en la empresa, así como un protocolo para manejarlos de manera segura y responsable, lo cual implica establecer objetivos y metas específicas, así como las acciones concretas para alcanzarlos. Por ello, los objetivos principales que comúnmente son abordados en un plan de manejo de residuos de describen a continuación:



1. **Reducir la cantidad de residuos generados:** Minimizar la cantidad de residuos generados en la empresa ayuda a reducir la contaminación del suelo, agua y aire al gestionar adecuadamente los residuos. Este proceso incluye la separación de residuos peligrosos, la prevención de vertidos ilegales y la promoción de prácticas de reciclaje y compostaje.



2. **Promover la Reutilización y reciclaje de residuos:** Promover la reutilización de materiales y el reciclaje, conservando recursos naturales y reduciendo la necesidad de materias primas nuevas. Esto no sólo disminuye el impacto ambiental de la extracción y procesamiento de recursos, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo.



3. **Cumplimiento legal:** Las leyes y regulaciones ambientales establecen requisitos específicos para la gestión de residuos, por lo que la implementación de un plan de manejo de residuos permite asegurar que las prácticas de manejo de residuos implementadas en la empresa, cumplan con las normativas y leyes ambientales vigentes del país, evitando sanciones y multas. Además, facilita la obtención de permisos y licencias necesarios para operar de manera legal y responsable.



4. **Fomentar la conciencia y educación ambiental:** El fomentar la conciencia y educación ambiental busca fomentar la educación sobre la importancia de una gestión adecuada de los residuos, incluyendo la capacitación de empleados y la sensibilización de la comunidad sobre prácticas sostenibles. La educación ambiental puede llevar a cambios de comportamiento que resulten en una reducción significativa de la generación de residuos.



5. **Garantizar salud y seguridad de los trabajadores:** La implementación de un plan de manejo de residuos minimiza los riesgos para la salud humana al controlar la generación y disposición de residuos peligrosos, como productos químicos tóxicos y desechos médicos. Una gestión adecuada previene la proliferación de vectores de enfermedades, como roedores e insectos, y reduce la exposición a sustancias nocivas, permitiendo que el entorno de trabajo de los trabajadores de la empresa sea más seguro y confiable.



- 6. Establecer un plan de mejora continua:** Este es un proceso sistemático y constante de evaluación y optimización de las prácticas de manejo de residuos. Este enfoque busca adaptarse a nuevas necesidades, tecnologías y regulaciones para lograr una gestión más eficiente y sostenible.

La implementación de un plan de manejo de residuos implica varios pasos clave para asegurar una gestión eficiente y sostenible, etapas desarrolladas a continuación:

Etapas 1: Evaluación de diagnóstico

El desarrollo de esta etapa consiste en una evaluación inicial en la empresa, en donde se deben identificar tipos y cantidades de residuos generados. Para ello, se pueden identificar actividades de trabajo, las cuales consisten en:

- a) **Diagnóstico:** El diagnóstico consiste en realizar un análisis detallado de los tipos y cantidades de residuos generados en las distintas instalaciones de la empresa. Para ello, es importante desarrollar una descripción de las distintas áreas o procesos que se realizan en la empresa, indicando al responsable del manejo de residuos en cada una de aquellas instalaciones. La Tabla 1 nos muestra un ejemplo de descripción de las instalaciones de la empresa y la identificación de los residuos en dichas áreas

Tabla 1. Descripción, áreas y responsables de la gestión de residuos

Lugar de la instalación	Residuos Generados	Responsable de la gestión de residuos
Oficinas	Los residuos que se generan en las oficinas de la empresa corresponden a residuos asimilables a domiciliarios, vidrio, plástico, papel y cartón.	Nombre, Cargo
Gerencia	Los principales residuos que se generan en estas instalaciones son los residuos de papel y cartón.	Nombre, Cargo

- b) **Fuentes de generación:** Consiste en la identificación de la cantidad de residuos generados en la empresa, detallando cada una de las fuentes de generación. La Tabla 2 nos muestra un ejemplo de la identificación de residuos generados en la empresa para cada una de las áreas identificadas.

Tabla 2. Generación anual de residuos en la empresa

Tipo de residuo	Cantidad	Unidad	Tratamiento o disposición
Oficinas			
Residuos orgánicos	2,654	Toneladas	Relleno sanitario
Plástico (PET 1)	1,869	Toneladas	Reciclaje
Cartón	1,132	Toneladas	Reciclaje
Gerencia			
Tubos fluorescentes	0,873	Toneladas	Relleno seguridad
Vidrio	0,134	Toneladas	Reciclaje
Papel	0,424	Toneladas	Reciclaje

En esta sección se deben incorporar los residuos peligrosos, los que corresponden a los desechos que, debido a sus propiedades intrínsecas, representan un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente. Estos residuos son dispuestos en Rellenos de seguridad, tal como se aprecia la clasificación de los residuos de tubos fluorescentes indicado en la Tabla 2.

Etapa 2: Planificación

Esta etapa consiste en el establecimiento de objetivos claros y medibles en la empresa. Por lo tanto, las actividades de planificación necesarias para el desarrollo de un plan de manejo o gestión de residuos son:

- Definición de objetivos:** Consiste en el establecimiento de metas claras y alcanzables, como reducir la generación de residuos o aumentar el reciclaje.
- Indicadores de desempeño:** Establecer indicadores de desempeño que permitan realizar un seguimiento en el tiempo a la gestión de residuos del establecimiento.

Etapa 3: Implementación

La etapa implementación es un proceso continuo que busca optimizar la eficiencia y sostenibilidad de la gestión de residuos. Para ello, es necesario desarrollar las siguientes acciones:

- Diseño y desarrollo de estrategias:** Consiste en crear estrategias específicas para la reducción, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos en la empresa.

- b) **Implementar Proyectos a escala piloto:** El desarrollo de proyectos a escala piloto permite probar nuevas estrategias y tecnologías antes de la implementación a gran escala de estrategias de manejo de residuos, reduciendo la incertidumbre en el éxito de las acciones implementadas.
- c) **Asignación de responsabilidades:** Designar a personas o equipos responsables de cada aspecto del plan, quienes serán los responsables de la implementación y de realizar un seguimiento continuo a la eficacia de la implementación de cada una de las acciones que componen en plan de gestión de residuos.
- d) **Capacitación:** Educar a los empleados sobre las prácticas adecuadas de manejo de residuos.
- e) **Infraestructura:** Proveer los contenedores, equipos y espacios necesarios para la separación y almacenamiento de residuos.

Etapa 4: Monitoreo

La etapa de monitoreo consiste en un seguimiento continuo a las acciones definidas e implementadas en el plan, lo cual permitirá asegurar el éxito del plan de gestión de residuos. Las acciones que componen la etapa de monitoreo de un plan de gestión de residuos corresponden a:

- a) **Seguimiento:** Realizar un seguimiento continuo de la generación y gestión de residuos, detallando toda la información correspondiente a las etapas que componen plan.
- b) **Auditorías:** Llevar a cabo auditorías periódicas para asegurar el cumplimiento del plan.

Etapa 5: Evaluación y Mejora Continua

La etapa de evaluación y mejora continua consiste en realizar un análisis detallado de cada una de las acciones definidas e implementadas en el plan de manejo de residuos, con la finalidad de asegurar el éxito de cada una de ellas. Las acciones que componen la etapa de evaluación y mejora continua de un plan de gestión de residuos corresponden a:

- a) **Revisión de resultados:** Esta acción consiste en evaluar los resultados obtenidos en la implementación de las acciones definidas en comparación con los objetivos establecidos en el plan, evidenciando el éxito de cada una de las acciones desarrolladas.
- b) **Ajustes:** Para el caso que las acciones evaluadas no hayan logrado tener el éxito esperado, se deben hacer los ajustes al plan según sea necesario para mejorar su eficacia y éxito en la organización.

Implementar un plan de manejo de residuos requiere un compromiso continuo y la colaboración de

todos los involucrados, por lo cual es muy importante que la empresa elabore informes periódicos sobre el progreso y los logros del plan, manteniendo una comunicación abierta con todas las partes interesadas, incluyendo empleados, autoridades y la comunidad, lo cual contribuirá significativamente a mejorar la eficiencia y la sostenibilidad ambiental de las operaciones, así como a la reputación y prestigio de la empresa, permitiendo a la organización no sólo tener beneficios ambientales, sino que también importantes beneficios económicos, entre los que destacan:

1. **Reducción de costos de disposición de residuos:** Al reducir la cantidad de residuos que se deben trasladar a rellenos de seguridad o a rellenos sanitarios, se disminuyen los gastos de transporte y disposición final de la empresa.
2. **Generación de ingresos:** El fomento al reciclaje en la empresa puede permitir la venta de materiales reciclables, lo cual puede convertirse en una fuente de ingresos extra, ya que materiales como papel, vidrio, metales y plásticos, pueden ser reciclados y vendidos, generando beneficios económicos directos.
3. **Reducción de costos de limpieza:** Una gestión adecuada de residuos disminuye la cantidad de residuos en las instalaciones de la empresa, lo que puede disminuir los costos de limpieza y mantenimiento.
4. **Oportunidad de reducción de adquisiciones de materias primas:** Reutilizar y reciclar materiales en la misma instalación, puede significar la reducción de la necesidad de materias primas nuevas, permitiendo disminuir los costos de producción y operación de la empresa.

Estas estrategias no sólo ayudan a minimizar la contaminación, sino que también contribuyen a un uso más eficiente de los recursos y a la protección del medio ambiente para las futuras generaciones.





**Minimizar la
contaminación derivada
de la gestión de residuos**

2. Minimizar la contaminación derivada de la gestión de residuos

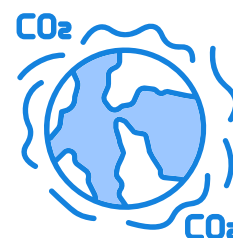
La contaminación derivada de la gestión de residuos es un problema significativo que afecta tanto al medio ambiente como a la salud humana. Esta contaminación puede manifestarse de diversas formas, dependiendo del tipo de residuos y de las prácticas de gestión utilizadas. A continuación, se describen las principales formas de contaminación entre las que se encuentra la contaminación del aire, del suelo y del agua:

1. Contaminación del Aire

La gestión inadecuada de residuos contribuye significativamente a la contaminación del aire y al cambio climático, ya que los vertederos son una fuente importante de metano (CH_4), un gas de efecto invernadero con más potencial de calentamiento global que el dióxido de carbono (CO_2).

La quema de residuos, especialmente en condiciones no controladas, libera una variedad de contaminantes al aire, entre los que se encuentran el dióxido de carbono, metano, y otros gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático y que pueden afectar la calidad del aire en áreas urbanas, contribuyendo a problemas como el smog y la lluvia ácida. Además, la incineración de residuos peligrosos puede liberar dioxinas y furanos, que son altamente tóxicos y pueden causar problemas de salud graves, como cáncer y enfermedades respiratorias.

La reducción de residuos y la implementación de prácticas de gestión adecuadas pueden ayudar a mitigar estos efectos y reducir las emisiones de GEI.



2. Contaminación del Suelo

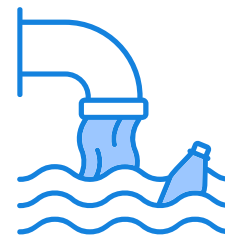
La contaminación del suelo se produce cuando los residuos, especialmente los peligrosos, se depositan de manera inadecuada. Los vertederos no controlados y las prácticas incorrectas de eliminación pueden provocar la filtración de sustancias tóxicas en el suelo, tales como metales pesados como plomo y mercurio, productos químicos industriales, como solventes y pesticidas, y residuos orgánicos en descomposición que liberan compuestos nocivos. Los contaminantes presentes en el suelo pueden ser absorbidos por las plantas, ingresando así en la cadena alimentaria y afectando tanto a los seres humanos como a los animales, lo que puede resultar en problemas de salud graves, como enfermedades crónicas y trastornos del desarrollo, debido a la exposición prolongada a estos tóxicos.



La contaminación del suelo deteriora su calidad y fertilidad del suelo, lo que puede tener consecuencias graves para la agricultura, ya que los cultivos pueden absorber estos contaminantes, afectando su crecimiento y productividad. Además, la biodiversidad local también se ve comprometida, ya que los organismos del suelo, esenciales para la salud del ecosistema, pueden ser dañados o eliminados.

3. Contaminación del agua

Los residuos mal gestionados representan una amenaza significativa para las fuentes de agua superficial y subterránea, ya que cuando los residuos se depositan en vertederos o se eliminan de manera inadecuada, pueden generar lixiviados, que son líquidos resultantes de la percolación del agua a través de los residuos y que pueden contener una amplia gama de sustancias químicas peligrosas, incluyendo metales pesados como el plomo, mercurio y cadmio, pesticidas utilizados en la agricultura, y productos químicos industriales como solventes y compuestos orgánicos volátiles. Estos lixiviados se filtran a través del suelo y las capas de roca, alcanzando finalmente las fuentes de agua subterránea.

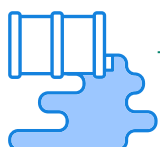


La presencia de metales pesados y otros contaminantes en el agua potable, puede tener graves consecuencias para la salud humana, la vida acuática y ecosistemas, debido a que éstos pueden ser tóxicos para los peces y otros organismos acuáticos, afectando su crecimiento, reproducción y supervivencia. Los pesticidas pueden acumularse en la cadena alimentaria, afectando a los depredadores superiores, incluyendo aves y mamíferos. Además, los productos químicos industriales pueden alterar los hábitats acuáticos, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas.

Los trabajadores que manejan residuos sin las debidas precauciones también están en riesgo de sufrir lesiones y enfermedades debido a la exposición a materiales peligrosos, ya que éstos pueden liberar sustancias tóxicas que causan enfermedades respiratorias, problemas de la piel y otros trastornos de salud.

Minimizar la contaminación derivada de la gestión de residuos implica adoptar un enfoque integral que combine prácticas sostenibles y tecnologías avanzadas para reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente. Este enfoque integral abarca diversas estrategias y acciones que, al ser implementadas de manera conjunta, pueden lograr una gestión de residuos más eficiente y menos perjudicial para el entorno natural.

En caso de una emergencia relacionada con la disposición de residuos peligrosos, es crucial que la empresa disponga de un protocolo bien definido para minimizar riesgos y daños. Los pasos de un protocolo de emergencias deben consistir en:

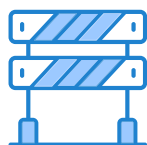


→ **Evaluar derrame y su peligro:** Consiste en identificar el tipo de residuo peligroso involucrado, ya sea químico, biológico o radiactivo, y determinar su cantidad. Además, es crucial analizar los posibles efectos sobre la salud humana y el medio

ambiente, considerando factores como la toxicidad, inflamabilidad y reactividad del residuo. Inmediatamente después, se debe notificar a las autoridades competentes, como bomberos, protección civil y organismos de control ambiental, proporcionando detalles sobre el tipo de residuo, la cantidad y la ubicación del derrame.



- **Usar equipos de protección personal (EPP):** Es esencial seleccionar los equipos de protección personal correctos según el tipo de residuo, lo que puede incluir guantes resistentes a químicos, mascarillas con filtros específicos, trajes protectores, gafas de seguridad y calzado adecuado. Es muy importante asegurar que todo el personal involucrado, se coloque correctamente los EPP antes de acercarse al área afectada. Luego, se debe contener el derrame deteniendo la fuente si es seguro hacerlo y utilizando barreras absorbentes, almohadillas, mantas y otros materiales específicos para evitar la propagación del residuo.



- **Acordonar el área afectada:** Esta etapa consiste en usar cintas de seguridad, conos y señales para delimitar la zona y evitar el acceso no autorizado al lugar de la emergencia. Si el residuo es volátil o emite vapores peligrosos, es importante ventilar adecuadamente el área para dispersar los gases tóxicos. Posteriormente, se procede a limpiar y eliminar los residuos. Para ello, se utilizan materiales absorbentes específicos para recoger el residuo, evitando el uso de materiales que puedan reaccionar con él.

La gestión de los residuos generados durante la limpieza es otro paso crucial. Los materiales absorbentes y otros residuos deben ser recogidos y almacenados en contenedores adecuados y etiquetados correctamente de acuerdo con la normativa vigente.

**Gestionar adecuadamente
los residuos derivados de
la producción**

3. Gestionar adecuadamente los residuos derivados de la producción

Gestionar adecuadamente los residuos derivados de la producción empresarial, es esencial para proteger la salud humana y el medio ambiente y para minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad.

A continuación, se detallan las estrategias y prácticas clave para lograr una gestión eficiente y responsable de los residuos en el ámbito empresarial, considerando los residuos peligrosos, tratamiento de riles, biosólidos, entre otros tipos de residuos:

3.1 Reducción en la fuente

La mejor manera de minimizar la contaminación es generar menos residuos, ya sean sólidos y/o líquidos. Esto se puede lograr mediante la adopción de prácticas de consumo consciente, evitando productos de un solo uso y optando por bienes duraderos y reutilizables.

- **Diseño de productos sostenibles:** Crear productos que utilicen menos materiales y que sean más duraderos en el tiempo.
- **Consumo consciente:** Optar por productos con menos embalaje y evitar los artículos de un solo uso.
- **Reutilización:** Fomentar la reutilización de productos y materiales, como bolsas de tela en lugar de bolsas de plástico.



3.2 Separación y reciclaje

Clasificar los residuos en origen facilita su reciclaje y reduce la cantidad de desechos que terminan en rellenos sanitarios. El reciclaje no sólo disminuye la contaminación del suelo y del agua, sino que también reduce las emisiones de GEI asociadas con la producción de nuevos materiales. Para implementar la separación y reciclaje de residuos, se recomienda desarrollar las siguientes actividades:

- **Clasificación en origen:** Separar los residuos en categorías como papel, plástico, vidrio, metales y orgánicos.



- **Infraestructura de reciclaje:** Establecer centros de reciclaje y puntos de recogida accesibles para la comunidad.
- **Educación:** Informar a la población sobre cómo y por qué separar los residuos.

Para el caso de los residuos peligrosos, es crucial que la recolección se realice de manera segura y eficiente para evitar cualquier riesgo de exposición. Estos residuos deben ser identificados y segregados según su tipo y características peligrosas, como inflamabilidad, toxicidad, corrosividad y reactividad.

Los residuos peligrosos no pueden ser reciclados de forma directa, por lo que su tratamiento es esencial para su correcta gestión, pudiendo implicar varios métodos de tratamiento, los que dependen de la naturaleza del residuo. Algunos residuos pueden ser neutralizados químicamente, mientras que otros pueden requerir tratamientos físicos o biológicos para reducir su peligrosidad. El objetivo es minimizar el riesgo antes de su disposición final, pudiendo tener la opción de reciclarlos en el caso de que el peligro haya sido neutralizado.

De la misma manera, la caracterización detallada de los residuos líquidos industriales (RILes), es esencial para definir o implementar cualquier sistema de tratamiento. Esto implica identificar los compuestos presentes, su concentración y las características físicas y químicas del efluente. Este análisis permite diseñar un sistema de tratamiento adecuado y eficiente.

Existen diversas tecnologías para el tratamiento de RILes, que se seleccionan según las características de los efluentes:

1. **Tratamiento Físico-Químico:** Este método consiste en procesos como coagulación, floculación, sedimentación y filtración, los que permiten eliminar contaminantes suspendidos, aceites, grasas y algunos metales pesados. Sin embargo, no es eficiente para eliminar compuestos orgánicos disueltos y requiere el uso de reactivos químicos.
2. **Tratamiento Biológico:** Utiliza microorganismos para degradar los contaminantes orgánicos presentes en los efluentes. Este método es efectivo para tratar aguas residuales con alta carga orgánica, como las provenientes de la industria alimentaria.
3. **Tratamiento Avanzado:** Incluye tecnologías como la ósmosis inversa, ultrafiltración y tratamientos con ozono, que son capaces de eliminar una amplia gama de contaminantes, incluyendo compuestos orgánicos disueltos y metales pesados.

Durante el tratamiento de aguas servidas se generan subproductos sólidos, semisólidos o líquidos, conocidos como biosólidos. La gestión de estos residuos es crucial para el tratamiento de aguas residuales y la protección del medio ambiente, ya que estos residuos contienen nutrientes y materia orgánica que pueden ser aprovechados de manera beneficiosa, pero también pueden contener contaminantes que requieren un manejo adecuado.

La gestión de biosólidos implica analizar su composición para determinar la presencia de nutrientes, materia orgánica y posibles contaminantes como metales pesados y patógenos, información que permitirá seleccionar los métodos de tratamiento más adecuados, entre los que destacan los

tratamientos mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Por ejemplo, la digestión anaeróbica es un método biológico que descompone la materia orgánica en ausencia de oxígeno, produciendo biogás como subproducto. Otros tratamientos incluyen la deshidratación para reducir el contenido de agua y facilitar el manejo y transporte de los biosólidos

3.3 Almacenamiento y transporte

El almacenamiento y transporte seguro de residuos es crucial para prevenir la contaminación del medio ambiente y proteger la salud humana. A continuación, se detallan las mejores prácticas y consideraciones clave para asegurar que estos procesos se realicen de manera segura y eficiente, considerando el almacenamiento, transporte y respuesta ante emergencias.



1. **Uso de Contenedores Adecuados:** El uso de contenedores y su correcta clasificación es esencial para cualquier empresa, ya que ello permitirá una posterior gestión adecuada de los residuos. Para esto, es fundamental utilizar contenedores específicos para cada tipo de residuo, asegurando que sean compatibles con las características físicas y químicas de los residuos almacenados. Posteriormente, todos los contenedores deben estar claramente etiquetados con información sobre el tipo de residuo, los riesgos asociados y las instrucciones de manejo. Esto facilita la identificación y el manejo seguro de los residuos.
2. **Ubicación del Almacenamiento:** Los residuos deben almacenarse en áreas designadas específicamente para este propósito, alejadas de zonas de trabajo y áreas sensibles como fuentes de agua y áreas residenciales. Las áreas de almacenamiento deben estar protegidas contra las inclemencias del tiempo para evitar la degradación de los contenedores y la liberación de residuos. Esto puede incluir techos, cubiertas y sistemas de drenaje adecuados.
3. **Transporte:** El transporte de residuos debe realizarse por transportistas autorizados y capacitados en el manejo seguro de residuos y en los procedimientos de emergencia en caso de derrames o accidentes, quienes deben utilizar vehículos adecuados y equipados con sistemas de contención y seguridad para los tipos de residuos transportados.

Los residuos transportados, en especial los residuos peligrosos, deben estar correctamente embalados para el transporte, utilizando materiales de embalaje que sean compatibles con los residuos y que proporcionen una protección adecuada contra derrames y fugas.

Es muy importante disponer de toda la documentación necesaria para su transporte, incluyendo hojas de datos de seguridad, permisos de transporte y registros de residuos. Esto asegura el cumplimiento de las normativas y facilita la trazabilidad de los residuos.

Para realizar un correcto manejo del transporte de residuos, se recomienda llevar un registro sobre los encargados de este proceso, detallando información como la indicada en la Tabla 3.

Tabla 3. Registro de transporte de residuos

Empresa gestora	Tipo de Residuos	Lugar de destino/ Tratamiento	N° retiros/ mes	Lugar destino	Autorización sanitaria
Gestor 1	Peligrosos	Relleno seguridad	2	Relleno el Molle	Sí
Gestor 2	Metales	Relleno sanitario	5	Relleno KDM	Sí

- a. **Planes de Contingencia:** La empresa debe disponer de un equipo capacitado de respuesta a emergencias, el cual es el encargado de responder de rápida manera a derrames y fugas de residuos. El equipo destinado para este fin debe disponer de kits de derrames, equipos de protección personal y materiales absorbentes para manejar rápidamente cualquier incidente.

El desarrollo de un plan de contingencia debe incluir procedimientos detallados para la contención y limpieza de derrames, así como la notificación a las autoridades competentes, siendo necesario el desarrollo periódico de simulacros de respuesta a emergencias para asegurar que el personal esté familiarizado con los procedimientos y pueda actuar rápidamente en caso de un incidente.

Implementar estas prácticas y medidas de seguridad puede ayudar a prevenir derrames y fugas de residuos, protegiendo así el medio ambiente y la salud humana.





Gestión de residuos inorgánicos a través de técnicas de valorización y reciclaje

4. Gestión de residuos inorgánicos a través de técnicas de valorización y reciclaje

La gestión de residuos inorgánicos mediante técnicas de valorización o reutilización y reciclaje, es fundamental para reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. Este enfoque no sólo ayuda a disminuir la cantidad de residuos que terminan en vertederos, sino que también conserva recursos naturales, ahorra energía y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero.

El primer paso en la gestión de residuos inorgánicos es la clasificación y separación adecuada en origen. Esto implica identificar y separar los diferentes tipos de residuos, como plásticos, metales, vidrio y papel, para facilitar su posterior tratamiento y reciclaje. La correcta clasificación en origen, es crucial para maximizar la eficiencia del reciclaje y minimizar la cantidad de residuos que terminan en vertederos. Además, la separación adecuada permite que los materiales reciclables mantengan su calidad y valor, lo que es esencial para su valorización en nuevos productos.

Una vez clasificados y separados los residuos inorgánicos, es posible evaluar su modo de valorización y/o tratamiento, siendo alguno de los sistemas más utilizados los siguientes:

1. Reúso de residuos inorgánicos:

La valorización de residuos inorgánicos es una estrategia clave para reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. La reutilización implica encontrar nuevas aplicaciones para los materiales desechados, prolongando su vida útil y reduciendo la necesidad de materias primas nuevas. Las estrategias de valorización de residuos inorgánicos son las siguientes:

- a. **Valorización Directa:** Estrategia que consiste en utilizar productos o materiales desechados en su forma original para el mismo propósito o uno diferente. Por ejemplo, usar botellas de vidrio como recipientes de almacenamiento o convertir neumáticos viejos en macetas para plantas.
- b. **Reparación y Restauración:** Estrategia que consiste en reparar productos dañados para devolverles su funcionalidad original. Esto es común en la industria de la electrónica y los electrodomésticos, donde la reparación de dispositivos puede evitar la necesidad de comprar nuevos y reducir la generación de residuos electrónicos.
- c. **Upcycling:** Transformar materiales desechados en productos de mayor valor o utilidad. Por ejemplo, convertir palets de madera en muebles.

2. Reciclaje de residuos inorgánicos:

El reciclaje de residuos inorgánicos es un proceso esencial para reducir el impacto ambiental y aprovechar los materiales de manera eficiente. Esta acción consiste en procesar los materiales

desechados para convertirlos en nuevos productos, disminuyendo así la necesidad de extraer y procesar materias primas vírgenes. Este proceso puede variar según el tipo de material, y cada uno tiene sus propias técnicas y beneficios específicos:



- a. **Plásticos:** Los plásticos se pueden reciclar mediante varios métodos, pero todos ellos ayudan a reducir la cantidad de plásticos que terminan en vertederos y océanos, y disminuye la dependencia de los combustibles fósiles utilizados en la producción de plásticos nuevos. Además, el reciclaje de plásticos contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que la producción de plásticos reciclados consume menos energía que la fabricación de plásticos nuevos a partir de materias primas vírgenes.

El reciclaje de plásticos puede ser económicamente ventajoso para las empresas. Al reducir la cantidad de residuos que necesitan ser gestionados y eliminados, las empresas pueden ahorrar en costos de disposición de residuos. Además, el uso de plásticos reciclados puede ser más económico que la compra de materiales nuevos, especialmente en un contexto de aumento de los precios de las materias primas. También, las empresas que adoptan prácticas de reciclaje pueden acceder a nuevos mercados y atraer a consumidores conscientes del medio ambiente, mejorando su reputación y competitividad.



- b. **Metales:** Los metales, como el aluminio y el acero, se pueden fundir y reformar en nuevos productos, lo que los convierte en materiales altamente reciclables. El proceso de reciclaje de metales es muy eficiente y ofrece numerosos beneficios ambientales y económicos.

El reciclaje de metales reduce significativamente la necesidad de extraer minerales vírgenes, conservando así recursos naturales como el hierro y la bauxita. La extracción de minerales tiene un impacto ambiental considerable, incluyendo la deforestación, la erosión del suelo y la contaminación del agua. Al reciclar metales, se disminuye la necesidad de estas actividades extractivas, reduciendo su impacto ambiental.

Además, la producción de metales reciclados consume significativamente menos energía que la producción de metales nuevos a partir de minerales vírgenes. Por ejemplo, reciclar aluminio ahorra hasta un 95% de la energía necesaria para producir aluminio nuevo.



- c. **Vidrio:** El vidrio se puede reciclar infinitamente sin perder calidad, lo que lo convierte en uno de los materiales más sostenibles para reciclar. Por ello, es de suma importancia que las empresas puedan separar sus residuos y fomentar el reciclaje, ya que ello permite la generación de un nuevo vidrio, mediante un proceso que es altamente eficiente y requiere menos energía que la producción de vidrio nuevo a partir de materias primas vírgenes como la arena, el carbonato de calcio y la caliza.

El reciclaje de vidrio es fundamental para reducir el impacto ambiental de las empresas. Al reciclar vidrio, se evita la extracción de materias primas que son necesarios para fabricar vidrio nuevo. Esto ayuda a preservar los recursos naturales y a frenar la erosión del suelo. Además, el reciclaje de vidrio reduce la cantidad de residuos que terminan en vertederos, disminuyendo la contaminación del suelo y del agua. Menos residuos en vertederos también significa menos emisiones de metano, un potente gas de efecto invernadero.

El reciclaje de vidrio puede ser económicamente ventajoso para las empresas. Al reducir la cantidad de residuos que necesitan ser gestionados y eliminados, las empresas pueden ahorrar en costos de disposición de residuos. Además, el uso de vidrio reciclado puede ser más económico que la compra de materiales nuevos, especialmente en un contexto de aumento de los precios de las materias primas. También, las empresas que adoptan prácticas de reciclaje pueden acceder a nuevos mercados y atraer a consumidores conscientes



- d. **Papel y Cartón:** El papel y el cartón se reciclan mediante un proceso de desintegración, limpieza y reformación en nuevos productos de papel. Este proceso es esencial para reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad, ya que ayuda a conservar los bosques al reducir la demanda de madera como materia prima. Cada tonelada de papel reciclado puede salvar aproximadamente 17 árboles, lo que contribuye a la preservación de los ecosistemas forestales y la biodiversidad. Además, el reciclaje de estos materiales consume menos agua y energía que la producción de papel nuevo a partir de pulpa virgen. Por ejemplo, reciclar una tonelada de papel puede ahorrar hasta 50,000 litros de agua y 4,000 kWh de energía. Este ahorro de recursos naturales se traduce en una menor huella ambiental y en la conservación de recursos vitales.

El reciclaje de papel y cartón puede ser económicamente ventajoso para las empresas. Al reducir la cantidad de residuos que necesitan ser gestionados y eliminados, las empresas pueden ahorrar en costos de disposición de residuos. Además, el uso de papel reciclado puede ser más económico que la compra de materiales nuevos, especialmente en un contexto de aumento de los precios de las materias primas. También, las empresas que adoptan prácticas de reciclaje pueden acceder a nuevos mercados y atraer a consumidores conscientes del medio ambiente, mejorando su reputación y competitividad.



- e. **Tratamiento de residuos peligrosos:** Los residuos que contienen sustancias peligrosas (tóxicas) deben ser manejados y tratados de manera segura para evitar la contaminación del suelo y del agua, no siendo posible su reciclaje y reúso de forma directa, por lo que es necesario conocer las estrategias de tratamiento de este tipo de residuos.

En primer lugar, es esencial la identificación y clasificación de los residuos peligrosos. Esta etapa implica reconocer y separar los residuos peligrosos de los no peligrosos. La correcta clasificación permite aplicar los métodos de tratamiento adecuados y garantiza que los residuos peligrosos reciban la atención necesaria para minimizar su impacto ambiental.

El almacenamiento seguro es otro aspecto fundamental en el manejo de residuos peligrosos. Es necesario utilizar contenedores adecuados y etiquetados para almacenar correctamente estos residuos, evitando derrames y fugas. Los contenedores deben ser resistentes a las sustancias almacenadas y estar ubicados en áreas designadas y seguras, lejos de fuentes de agua y zonas habitadas.

Finalmente, el tratamiento especializado de los residuos peligrosos es vital para su correcta gestión. Existen diversas técnicas para tratar estos residuos, como la neutralización química, la incineración controlada y el confinamiento en rellenos de seguridad. La neutralización química implica la adición de sustancias que neutralizan los componentes tóxicos, mientras que la incineración controlada destruye los residuos mediante combustión a altas temperaturas. El confinamiento en rellenos de seguridad asegura que los residuos peligrosos se almacenen de manera segura y controlada, evitando su liberación al medio ambiente.



**Valorización de la materia
orgánica generada
utilizando el compost en
su actividad productiva**

5. Valorización de la materia orgánica generada utilizando el compost en su actividad productiva

Las distintas tecnologías de valorización de residuos orgánicos corresponden a procesos que evitan que los destinemos a eliminación en vertederos o rellenos sanitarios, reduciendo el impacto ambiental, económico y social que ello conlleva, y logrando recuperar la materia orgánica, el agua, el potencial energético y los nutrientes contenidos en los residuos orgánicos.

Existen diversas formas de valorizar los residuos orgánicos, procesos aeróbicos (con presencia de oxígeno) y anaeróbicos (sin presencia de oxígeno), que dan como resultado diferentes productos con distintos usos, en donde el proceso de compostaje es el más utilizado y recomendado para las empresas que generan importantes cantidades de residuos orgánicos.

El compostaje de los residuos orgánicos es una actividad que toma gran relevancia al momento de realizar una gestión sostenible de los residuos sólidos, ya que proporciona beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, reducción del metano producido en los rellenos sanitarios o vertederos, la sustitución de turba como sustrato, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo, reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y desertificación, por lo que tiene beneficios sociales, ambientales y económicos para la organización que lo realice y toda la comunidad.

El compostaje es un proceso biológico de transformación de la materia orgánica que ocurre en presencia de oxígeno (proceso aerobio) y que, a través de la acción de bacterias, hongos y microorganismos, transforma los residuos orgánicos en un abono denominado compost. El compost es un producto natural, visualmente como la tierra, de color café a negro, que puede servir como: abono para mejorar las propiedades de los suelos y entregar nutrientes en jardines, plantas y huertos. Dependiendo del espacio del que se dispone, de la cantidad de material a compostar y de las condiciones ambientales, el compostaje puede realizarse en espacios abiertos (aire libre) a través de pilas, o en composteras (contenedores).



El proceso de compostaje se desarrolla en presencia de humedad, lo cual genera elevadas temperaturas (sobre 60°C) las que al ser mantenidas durante tiempos prolongados (1-3 días), permiten que ocurra el proceso de pasteurización, en el que mueren bacterias y contaminantes perjudiciales, como la Salmonella o la Escherichia coli. Este proceso permite que se higienice el material, produciendo dióxido de carbono, agua, y materia orgánica estabilizada, conocida como compost, material usado como abono orgánico para plantas y recuperación de suelos.

Para el desarrollo de un compostaje de residuos orgánicos, se recomienda seguir una serie de etapas que se detallan a continuación:

Al inicio del pretratamiento y/o tratamiento de los residuos orgánicos, es necesario crear un ambiente con las condiciones fisicoquímicas necesarias para poder albergar los microorganismos requeridos en el proceso, lo cual permite asegurar que el producto terminado sea de buena calidad. Los parámetros que es necesario controlar corresponden a:

- Nutrientes (suministrados a través de la mezcla de los materiales orgánicos). Se debe alcanzar una adecuada relación C:N.
- Contenido de oxígeno
- Contenido de humedad
- pH
- Porosidad
- Tamaño de partícula

Como norma general, los residuos orgánicos (sobre todo los vegetales, frutas y verduras) suelen mezclarse con residuos de jardinería, astillas de madera, aserrín, etc.), lo que proporciona la porosidad necesaria para el proceso, pero también ayuda a balancear la relación entre los residuos ricos en nitrógeno con aquellos ricos en carbono.

En relación con las proporciones de mezclado, el ideal es que por cada unidad de volumen de residuos orgánicos verdes (restos de frutas, verduras y otros similares) que se ingresa al proceso, se requiere adicionar entre 2-4 veces el mismo volumen de material café (astillas de madera, aserrín, etc.). La parte más importante de la proporción es establecer una relación C:N óptima, la cual corresponde a 30:1 (30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno). De modo que, independientemente de la relación C:N de los materiales a utilizar, se debe procurar que la mezcla alcance una relación 30:1 para garantizar una receta óptima y en términos generales y volumétricos, esto se consigue como lo mencionamos anteriormente, con una proporción que fluctúa entre 2:1 y 4:1 entre material café y verde.

En la Tabla 4 se expresa la proporción de la relación C:N de algunos residuos que se utilizan tradicionalmente en el proceso de compostaje.

Tabla 4. Relación C:N de algunos materiales utilizables para hacer compost Fuente: Paul Van der Werf (2019).

Materiales	Relación C:N
Residuos de alimentos	15:1
Recorte de césped	20:1
Hojas	30-80:1
Virutas de madera, aserrín	100-500:1
Papeles	150-200:1
Paja seca	100:1

La importancia de la relación C:N en la mezcla es que, si es mayor el contenido de C, la mezcla se degrada más lentamente ralentizando el proceso, y por otro lado, si es mayor la cantidad de N, se comienzan a visualizar problemas de generación de amoníaco y problemas de aireación.

El contenido óptimo de humedad para el compostaje de alta velocidad es del 50%-60%. Los residuos ricos en nitrógeno (materiales verdes) son generalmente altos en humedad mientras que los residuos ricos en carbono (material café) son bajos en humedad.

Cuando el contenido de humedad de los materiales que están siendo compostados es menor al 50%, el proceso de descomposición se afecta negativamente, pudiendo incluso llegar a detenerse, es por esto que cuando aumenta el porcentaje de residuos cafés (hojas secas, ramas, entre otros), es difícil mantener el proceso activo, es aquí donde muchas veces se debe adicionar humedad. También es posible tener pérdida de humedad por el calentamiento mismo de la mezcla durante el proceso de compostaje, siendo posible agregar humedad adicionando proporcionalmente más material fresco (restos de frutas y verduras) o regando la mezcla durante la etapa de preparación.

Es importante tener en cuenta que las superficies de las pilas de compost deben ser regadas con precaución, ya que el riego excesivo puede sellar los espacios libres (llenos de aire) existentes en la capa húmeda de la pila o, en su defecto, el agua puede migrar rápidamente a la parte basal de la pila, lo cual podría ocasionar el sobre humedecimiento de la pila e, incluso, generar lixiviados.

Posteriormente, la etapa de descomposición es la fase del proceso de compostaje en la que se produce la descomposición biológica de las moléculas más fácilmente degradables, con una liberación de energía que conlleva el aumento de la temperatura del material y la evaporación de parte del agua contenida en este material y con una disminución inicial del pH por formación de ácidos orgánicos. Este proceso alcanza la temperatura mesofílica, pasando de 20 a 45°C, donde se debe lograr que rápidamente llegue a la fase termofílica, superando los 45°C, esto se alcanza sólo si se ha conformado una mezcla con una proporción adecuada de material verde y café, con un tamaño de partículas apropiado y un apilamiento que permita una correcta aireación para alcanzar dichas temperaturas. En general, la masa de compostaje debe alcanzar temperaturas promedio de 55°C durante un tiempo mínimo establecido, 15 días en las pilas y 3 días en naves cerradas o túneles.

La etapa de descomposición debe incluir obligatoriamente un periodo de higienización para toda la masa en proceso de compostaje. Las recomendaciones americanas (EPA, 1999) se detallan en la Tabla 5:

Tabla 5. Tiempo mínimo de temperatura para higienización de la mezcla.

Temperatura	Duración Mínima
55°C	3 días
60°C	1 día
65°C	3 horas
70°C	1 hora

Es importante que este proceso esté medido y documentado para demostrar que el producto final estará libre de patógenos.

El proceso degradativo de los residuos por medio del compostaje es aeróbico, es decir, requiere oxígeno, por lo que la aireación de la mezcla durante el proceso es de vital importancia. Esta aireación se puede realizar mediante el volteo de las pilas o bien por medio de aireación o extracción forzada de aire.

Durante la etapa de maduración o curado, ocurre el proceso de estabilización y maduración del compost, esto sucede cuando la mayoría de los materiales degradables se han descompuesto. Debido a la menor actividad microbiana, esta etapa es mucho menos crítica que la precedente y no requiere un control tan exhaustivo de las condiciones de operación. De todos modos, en la práctica conviene estar atento y actuar para evitar las siguientes situaciones:

- Temperaturas demasiado elevadas, las que pueden ralentizar o inhibir la actividad microbiana. Para evitarlas, al igual que en la etapa de descomposición, es necesario ventilar, remover o mojar el material.
- Sequedad excesiva, detiene la actividad microbiana, por lo que al final de la etapa se obtienen materiales menos maduros de lo que sería esperable y deseable. Para evitar esta sequedad es necesario llevar a cabo una buena gestión de riegos y un buen control de la humedad del material en maduración.
- En determinados casos, cuando haya disminuido notablemente la porosidad del material que entra en maduración o bien, cuando los apilamientos sean muy grandes y de alturas elevadas, como por ejemplo grandes pilas extendidas, silos o trincheras, es recomendable un sistema de aireación forzada que favorezca la oxigenación y la evacuación de calor del material en maduración.

La duración de la etapa de maduración o curado dependerá de la conformación de la mezcla, si se compostan residuos de baja degradabilidad, esta etapa puede llegar fácilmente a los 6 meses, y si los residuos en compostaje son de alta degradabilidad, la duración mínima es de 6 semanas, a menudo, se completa también en pilas o hileras.

Una vez finalizada la fase de maduración, el material compostado se traslada al área de curado final, para posteriormente ser tamizado o cribado y almacenado, removiendo cualquier impureza (por ejemplo, plásticos, metales, etc.) o remanentes de ramas y/o chips de madera de mayor dimensión. Por lo general, para este propósito se utiliza una criba de tambor (trommel de abertura de 10o a 20 milímetros).

Adicionalmente y relacionado con la calidad del producto terminado, la Ley 21.349/2021 que establece las normas sobre composición, etiquetado y comercialización de fertilizantes y bioestimulantes, regulará los requisitos de calidad del compost para ser comercializado.

Conclusiones

La gestión adecuada de residuos es un proceso crucial que tiene un impacto significativo en la protección del medio ambiente y la salud humana, ya que si los residuos no se manejan de forma correcta, pueden contaminar el aire, el agua y el suelo, afectando negativamente a los ecosistemas y a la población cercana a la empresa. Por lo tanto, es esencial implementar prácticas de gestión de residuos que minimicen estos riesgos y promuevan la sostenibilidad.

Lo anterior se logra con el desarrollo de un plan de gestión de residuos, el cual permite reducir la cantidad de residuos generados en la empresa mediante la implementación de prácticas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos y líquidos desde el origen por medio de prácticas de consumo responsable y la adopción de tecnologías limpias, las que permitan implementar tecnologías de tratamiento, valorización y/o de reúso de los residuos. Al minimizar la generación de residuos desde el origen, se disminuye la necesidad de tratamiento y disposición final, lo que a su vez reduce los costos y el impacto ambiental. Además, un plan de gestión de residuos demuestra el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, lo que puede mejorar la imagen corporativa y atraer a consumidores y socios comerciales que valoran las prácticas sostenibles.

La valorización de residuos inorgánicos es una práctica esencial para la gestión sostenible de residuos, ya que permite recuperar materiales valiosos que pueden ser reintroducidos en el ciclo de producción, disminuyendo la explotación de recursos naturales y fomentando una economía circular. Este proceso no sólo reduce la cantidad de residuos que llegan a los vertederos, sino que también disminuye la contaminación ambiental, ya que la descomposición de basura en los vertederos genera líquidos y gases con efectos nocivos para el medio ambiente y la salud.

La valorización de residuos orgánicos mediante el compostaje, práctica integral que ofrece múltiples beneficios ambientales, económicos y sociales, es una técnica sencilla que permite transformar los residuos orgánicos en fertilizante natural. Este proceso no sólo reduce la cantidad de residuos destinados a relleno sanitario, sino que también disminuye las emisiones de metano, un potente gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático. Al compostar, se obtiene un producto 100% orgánico que enriquece el suelo con nutrientes esenciales, mejorando su estructura y fertilidad.

El compostaje contribuye significativamente a la economía circular al transformar los residuos en recursos valiosos. Al cerrar el ciclo de los nutrientes, se promueve un uso más eficiente de los recursos naturales y se reduce la dependencia de fertilizantes químicos. Además, el compostaje puede generar beneficios económicos al reducir los costos asociados con la gestión de residuos y al proporcionar un producto útil para la agricultura.

La gestión de residuos es un componente vital para el desarrollo sostenible, ya que, al implementar las estrategias y prácticas descritas en este manual, se puede lograr una gestión más eficiente y responsable, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y la salud de la población.



Bibliografía

Chamy R.; Vivanco E.; Yaya R.; *Manual técnico sobre tecnologías biológicas anaerobias aplicadas al tratamiento de aguas y residuos industriales*, Red Tritón, Programa Cyted, 2018.

Instituto Nacional de Normalización. 2016. *Norma Chilena NCh 3382 Gestión de residuos - Plantas de compostaje - Consideraciones para el diseño y operación.*

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Gobierno de España. 2007. *Manuales de energías renovables 2. Energía de la biomasa:* https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energía_de_la_biomasa_07_28e17c9c.pdf

Ministerio de Energía, *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Global Environment Facility. 2011.* *Manual de Biogás:* https://www.energía.gob.cl/sites/default/files/manual_de_biogas.pdf

Ministerio del Medio Ambiente. 2016. *Ley 20.920. Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje:* <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>

Ministerio del Medio Ambiente. 2021. *Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Chile 2040:* <https://economiacircular.mma.gob.cl/residuos-organicos/>

Ministerio del Medio Ambiente de Chile y Ministerio del Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá. *Programa Reciclo Orgánicos. 2021. Manual de compostaje, una herramienta para combatir el cambio climático:* <https://reciclorganicos.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/12/Manual-de-compostaje-30-12-21-final-comprimido.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. *Manual de compostaje del agricultor:* <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Núcleo biotecnología Curauma, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2019. *Estudio de Factibilidad Del Funcionamiento de Tecnologías que procesen Residuos Sólidos Domiciliarios, Asimilables y Otros:* <https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/Estudio%20de%20Tecnologi%CC%81as%20para%20Tratamiento%20RSD.pdf>



www.ciruelacertificada.cl