

Parte 5 –

Fichas técnicas



ALIMENTACIÓN ANIMAL DIRECTA

| Insumos | Pretratamiento | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento | Objetivos / Características principales | Principales parámetros técnicos |
|--|---|---|--|--|
| Residuos orgánicos adecuados: <ul style="list-style-type: none"> – Restos de comida – Cáscaras de verduras/ frutas Residuos orgánicos inadecuados: <ul style="list-style-type: none"> – Wood, branches – Leaves – Animal manure | Segregar y garantizar la pureza de tipos específicos de residuos orgánicos que se consideren piensos adecuados para el tipo de animales considerados. | Requiere poco funcionamiento y mantenimiento | Utilizar determinados residuos orgánicos como pienso para la cría de animales. Por ejemplo, los cerdos son omnívoros y pueden comer diversos residuos orgánicos. | Tiempo de proceso: - Reducción de masa: - Espacio: - |
| Resultados / productos | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| Animales de granja que se utilizan ellos mismos o sus productos | Muy fácil de hacer No se requieren conocimientos específicos No requiere infraestructura | Práctica generalizada | Temas: Crecimiento animal, Reciclaje de nutrientes Ejercicios prácticos: Dar de comer a los animales (si se hace in situ) | |



Los residuos orgánicos pueden utilizarse para alimentar a los animales dentro o fuera del centro escolar. Hay que tener cuidado de proporcionar sólo residuos orgánicos puros a los animales (es decir, separados en origen y sin ningún tipo de plástico o material contaminante).

La utilización de residuos orgánicos como alimento animal es una opción muy consolidada para recuperar los nutrientes contenidos en los residuos. Los seres humanos han alimentado a los animales con residuos biológicos desde el inicio de la domesticación de los animales [1]. Este proceso funciona muy bien para la cría de cerdos como animales omnívoros. También se puede alimentar a otros animales con residuos orgánicos, pero hay que tener en cuenta una selección de tipos específicos de residuos orgánicos adecuados como alimento para los animales objetivo.

Aplicabilidad: Es posible una operación a pequeña o gran escala, y la alimentación de los animales puede tener lugar en la escuela o fuera de ella. Si no se crían animales in situ, es posible preguntar a los agricultores cercanos si están interesados en recoger restos de comida y cáscaras de verduras/frutas de la escuela para alimentar a sus animales.

Consideraciones técnicas: El uso de residuos orgánicos como alimento para animales es muy fácil de hacer y no requiere ninguna habilidad, conocimiento o infraestructura particular si se hace a pequeña escala. Sin embargo, es muy importante asegurarse de que los residuos utilizados como pienso son puros y están libres de patógenos. Para ello, es fundamental separar los residuos en origen y asegurarse de que no contienen sustancias tóxicas para los animales. Además, hay que tener en cuenta el riesgo de bioacumulación de metales pesados, HAP, pesticidas organoclorados [1].

Material necesario: Se necesitan recipientes específicos para la recolección de residuos orgánicos puros.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Los recipientes deben lavarse regularmente para evitar cualquier contaminación.

Salud y seguridad: Asegúrese de lavarse correctamente las manos después de manipular residuos orgánicos. Si los residuos orgánicos no se manipulan correctamente y no están libres de patógenos, existe riesgo de transmisión de enfermedades.

Costes: -

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: El uso de residuos orgánicos para alimentar a los animales podría estar restringido por ley para evitar la transmisión de enfermedades. Revisar la legislación local y el marco normativo.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Muy practicado
- ⊕ Proceso sencillo
- ⊖ Se necesitan residuos orgánicos puros para evitar la transmisión de enfermedades

> Referencias y lecturas complementarias

1. Lohri, C.R., et al., Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. Revisión en ciencias ambientales y biotecnología, 2017. 16(1): p. 81-130.

COMPOSTAJE

| Insumos | Pretratamiento | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento | Objetivos / Características principales | Principales parámetros técnicos |
|---|--|---|---|---|
| <p>Residuos orgánicos adecuados:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Recortes de jardín – Cáscaras de verduras/frutas – Estiércol animal <p>Residuos orgánicos inadecuados:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Grandes trozos de materiales leñosos – No se prefieren los restos de comida (riesgo de atraer plagas y roedores) | <p>Separación de residuos en origen</p> <p>Opcional: trituración</p> | <p>Requiere un funcionamiento y un mantenimiento regulares reducidos.</p> | <p>La degradación aeróbica de los residuos produce compost que puede utilizarse como enmienda del suelo.</p> | <p>Duración del proceso: 3-6 meses</p> <p>Reducción de masa: 35-40%</p> <p>Espacio: 180 - 300 m²/t*d</p> |
| Resultados / productos | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| <p>Compost, enmienda del suelo</p> <p>El compost es un material estable de color marrón oscuro, parecido a la tierra y con olor a tierra.</p> | <p>Infraestructura limitada (superficie cubierta)</p> <p>Baja cualificación necesaria para la construcción</p> <p>Se requieren conocimientos de nivel medio sobre el proceso de compostaje para un funcionamiento y mantenimiento adecuados.</p> | <p>Tecnología probada en todo el mundo</p> | <p>Temas: Microbiología, degradación orgánica, recuperación de nutrientes, crecimiento vegetal</p> <p>Ejercicios prácticos: Observación del proceso de degradación, Seguimiento de la pila de compostaje, Investigación sobre el rendimiento de los cultivos con compost.</p> | |



El compostaje consiste en la descomposición aeróbica controlada de la materia orgánica que da lugar a un material similar a la tierra llamado compost. Este proceso se produce como resultado de la actividad microbiana en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno). El uso de compost mejora la estructura del suelo y aumenta la disponibilidad de nutrientes en él.

El compostaje es una práctica antigua y muy extendida en todo el mundo. El compostaje de la materia orgánica está impulsado por una población diversa de microorganismos e invertebrados que descomponen la materia orgánica y producen dióxido de carbono, agua y calor.

Controlar el proceso implica que los parámetros predominantes, como la composición de la materia orgánica (relación carbono-nitrógeno), el tamaño de las partículas, el espacio de aire libre, la aireación, la temperatura, la humedad o el pH, se gestionen, controlen y ajusten para conseguir una rápida degradación y una buena calidad del compost. [1].

Una característica típica de un proceso de compostaje que funciona bien es una fase de alta temperatura (50-70°C). La alta temperatura contribuye a la higienización del material al eliminar parcialmente los patógenos y las semillas de malas hierbas. El final del proceso de compostaje se alcanza cuando la temperatura interior de la pila es similar a la temperatura ambiente y la concentración de oxígeno en las cavidades de aire dentro de la pila se mantiene (10-15%) durante varios días [2].

En condiciones de funcionamiento ideales, el compost puede producirse en 3 meses. Cuando las condiciones no son óptimas, el proceso puede ser más lento o verse obstaculizado [3].

El principal producto de salida del compostaje es el compost, un material estable de color marrón oscuro, parecido a la tierra, con color oscuro y olor a tierra. La calidad del material de entrada y los principales parámetros biológicos y físicos de funcionamiento tienen una gran influencia en la calidad del compost final.

Aplicabilidad: El compostaje puede realizarse a diferentes escalas y con diferentes usos de la mecanización tecnológica. El compostaje doméstico a pequeña escala se realiza con mayor frecuencia en contenedores o pilas abiertas y se aplica a procesos de aireación pasiva, mientras que el compostaje a mediana y gran escala se basa en la mecanización con volteos regulares o aireación activa, ya sea con pilas abiertas, contenedores o reactores de compostaje en recipientes. [3].

Consideraciones sobre el diseño: Los componentes clave en el diseño de una instalación de compostaje incluyen espacio para la separación y preparación de los residuos, para las pilas o unidades de compostaje, para el cribado del compost y el almacenamiento del compost producido, así como espacio para una zona de amortiguación. Dependiendo del clima y del espacio disponible, puede ser necesario cubrir la instalación (al menos la zona de las pilas o unidades de compostaje) para controlar mejor la humedad. La instalación debe estar vallada para evitar la entrada de animales y debe estar situada cerca de las fuentes de residuos orgánicos para minimizar los esfuerzos y costes de transporte. Pueden utilizarse trituradoras robustas para desmenuzar grandes trozos de residuos orgánicos antes del compostaje [4].

Material necesario: Las instalaciones de compostaje pueden construirse con material disponible localmente. La plataforma de compostaje puede ser de hormigón o arcilla bien comprimida. La cubierta/techo puede hacerse con materiales locales como bambú, esteras de hierba, madera, plástico o chapa metálica. Existen en el mercado recipientes de compostaje prefabricados de diferentes tamaños.

Funcionamiento y mantenimiento: Se requiere una buena mezcla de carbono y nitrógeno en los residuos para permitir el compostaje. Esto se expresa mediante la relación C/N. La humedad también es muy importante. Dependiendo del contenido de humedad de la materia prima utilizada en el compostaje y del clima, puede ser necesario añadir agua al principio o durante el proceso para garantizar una humedad suficiente para la actividad microbiana. El volteo periódico de la pila de compostaje garantiza una aireación suficiente. Puede hacerse a mano con una horquilla o una pala.

Salud y seguridad: Aunque el compostaje no es una actividad intrínsecamente peligrosa, es necesario tomar precauciones para protegerse contra lesiones [5].

Costes: Los costes de construcción de una instalación de compostaje varían en función del método elegido y del coste de los materiales locales, así como de si se incluye o no maquinaria en el diseño.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: El compostaje puede crear lixiviados al principio del proceso de compostaje. Los lixiviados deben recogerse y utilizarse para regar la pila de compostaje cuando disminuya el contenido de humedad. Cuando el compostaje no se realiza de forma controlada, puede atraer roedores y moscas. Además, si está demasiado húmedo, puede producirse una degradación anaeróbica (es decir, los residuos orgánicos empiezan a pudrirse) generando malos olores y gases de efecto invernadero (GEI). Los malos olores derivados de un proceso de compostaje incontrolado pueden disminuir la aceptación social del compostaje. Garantizar que el producto del compostaje se ajusta a las directrices/normas locales es un requisito previo necesario.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Método de tratamiento eficaz y probado
- ⊕ Pueden construirse y mantenerse con materiales locales.
- ⊕ Bajos costes de capital y explotación
- ⊕ No requiere energía eléctrica
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Requiere un terreno grande y bien situado
- ⊖ Larga duración del tratamiento
- ⊖ Requiere habilidades y conocimientos sobre el proceso de compostaje y una persona dedicada a controlar el proceso

> Referencias y lecturas complementarias

1. Zabaleta, I., et al, Selecting Organic Waste Treatment Technologies. SOWATT, Eawag, éditeur. 2020.
2. Cooperband, L., The Art and Science of Composting - A resource for farmers and compost producers, C.f.I.A. Systems, Editor. 2002.
3. Lohri, C.R., et al, Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products : a review with focus on low- and middle-income settings. Reviews in Environmental Science and Bio-Technology, 2017. 16(1) : p. 81-130.
4. Gensch, R., et al, Compendium of Sanitation Technologies in Emergencies. 2018.
5. Rynk, R., M. Van De Kamp, et G.B. Willson, On-farm Composting Handbook. 1992.



CCAC, ISWA. *A handbook for schools on organic waste management.* 2015



Rothenberger et al. *Decentralized composting for cities in low- and middle-income countries.* 2006



MOOC Youtube videos:

— [MOOC Mod.3.2 Ciencia del compostaje](#)

— [MOOC Mod. 3.4 Funcionamiento del proceso de compostaje](#)

VERMICOMPOSTAJE

| Insumos | Pretratamiento | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento | Objetivos / Características principales | Principales parámetros técnicos |
|--|---|--|--|--|
| Residuos orgánicos adecuados: <ul style="list-style-type: none"> – Recortes de jardín – Cáscaras de verduras/frutas – Estiércol animal Residuos orgánicos inadecuados: <ul style="list-style-type: none"> – Grandes trozos de materiales leñosos – Restos de comida (especialmente productos lácteos, restos de carne y pescado, alimentos salados y avinagrados) | Separación de residuos en origen Precompostaje (2 semanas) Opcional: trituración | Requiere poco mantenimiento y funcionamiento regular. ¡Asegúrese de tener residuos orgánicos puros! | Proceso biológico en el que la materia orgánica es digerida por lombrices y microorganismos para producir vermicompost. | Duración del proceso: 1,5-2,5 meses Reducción de masa: 40-80% Espacio: 300-580 m ² /t*d |
| Resultados / productos | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| Vermicompost Gusanos (alimentación animal) Té de lombriz | Conocimientos de nivel medio sobre la técnica adecuada de vermicompostaje Infraestructura limitada (superficie cubierta) | Tecnología probada en todo el mundo | Temas: Microbiología, Biología, Degradación orgánica, Recuperación de nutrientes, Crecimiento vegetal Ejercicios prácticos: Observación del proceso de degradación, Investigación sobre el rendimiento de los cultivos con vermicompost | |



El vermicompostaje es un proceso biológico en el que la materia orgánica es digerida por lombrices y microorganismos. Los productos son el vermicompost o lombricompost, una enmienda estable del suelo que tiene mayor nivel de nutrientes que el compost y las propias lombrices.

El vermicompostaje depende de la interacción entre microorganismos y lombrices. Los microorganismos presentes en los residuos los preparan para las lombrices mediante un primer paso de degradación aeróbica [1].

Las especies de lombrices de tierra adecuadas para el vermicompostaje son las lombrices de superficie que tienen una gran adaptabilidad a diferentes tipos y condiciones de residuos, una alimentación y digestión rápidas y un crecimiento y tasa de reproducción rápidos. Entre ellas, *Eisenia fetida* es la especie más utilizada, además de *Lumbricus rubellus*, *Eisenia andrei*, *Perionyx excavatus* y *Eudrilus eugeniae*, que es popular en los países tropicales y subtropicales. [1].

Las lombrices de tierra son capaces de procesar una amplia gama de residuos orgánicos, pero no toleran residuos alimentarios como restos de carne y pescado, grasas y aceites, alimentos salados y avinagrados. Tampoco les gustan las cebollas ni los pimientos picantes.

Es importante proporcionar los residuos como alimento para los gusanos en capas poco profundas colocadas en cubos o lechos y alimentados al menos semanalmente. Las capas gruesas provocarán un aumento de la temperatura en la capa de residuos o condiciones anaeróbicas; ambas situaciones son desfavorables para los gusanos.

El vermicompost es una enmienda orgánica mineralizada, rica en nutrientes y microbiológicamente activa. [2]. En algunos contextos, las lombrices también pueden utilizarse como alimento animal rico en proteínas o incluso por sus propiedades medicinales. Otro subproducto es el té de lombriz, el lixiviado de los contenedores de lombrices. Puede utilizarse

como fertilizante líquido.

Aplicabilidad: El vermicompostaje puede llevarse a cabo a diferentes escalas, desde la escala doméstica hasta las instalaciones a gran escala. El vermicompostaje suele realizarse en contenedores o lechos de lombrices.

Consideraciones sobre el diseño: El tamaño del contenedor o lecho dependerá de la cantidad de residuos orgánicos disponibles. Se necesitan agujeros o malla para la aireación. Se puede añadir un pico o agujeros en el fondo para drenar el exceso de líquido (por ejemplo, té de lombriz) en una bandeja para su recolección. [2]. Debe mantenerse la oscuridad; cubra los contenedores para mantenerlos a la sombra y protegidos. Para ahorrar espacio, los contenedores pueden apilarse. Pero asegúrese también de que circula aire fresco. Se recomiendan los tejados para dar sombra y proteger de la lluvia, pero no es necesario un recinto amurallado.

Material necesario: Los contenedores y lechos de vermicompostaje se construyen normalmente con plástico (PET reciclado, PP) o madera. Los cubos de plástico necesitan más drenaje que los de madera, pero los de madera acaban pudriéndose y hay que cambiarlos. Deben evitarse la espuma de poliestireno y los materiales metálicos, así como la madera de cedro que contenga aceites resinosos. [2].

Se debe añadir material de cama como papeles triturados, cartones, musgo, paja para retener la humedad y crear una estructura que permita el intercambio de aire. [2].

Es mejor identificar las especies de lombrices disponibles localmente que introducir especies foráneas que pueden ser perjudiciales para la ecología local [3].

Funcionamiento y mantenimiento: Las lombrices pueden procesar residuos hasta su peso corporal al día. De esa cantidad, alrededor del 50% se convierte en vermicompost. Una tasa de alimentación del 50% de la masa de lombrices al día es adecuada para un buen funcionamiento. La capa de residuos no debe superar los 10 cm para evitar el calentamiento de la pila y las condiciones anaeróbicas.

Las lombrices deben alimentarse una vez a la semana y debe añadirse agua si el lecho se seca. Si el lecho se humedece demasiado, añada material seco, como tiras de papel. [3].

La humedad debe mantenerse siempre entre el 70 y el 85%. El pH debe ser neutro o ligeramente superior y las condiciones aeróbicas deben mantenerse en todo el contenedor. Por lo tanto,

es importante no alimentar con residuos frescos (ácidos), sino con residuos precompostados.

Salud y seguridad: En general, el vermicompostaje es una actividad segura. Los riesgos para la salud pueden reducirse al mínimo si los trabajadores adoptan precauciones básicas y prácticas higiénicas y utilizan equipos de protección individual.

Costes: Los costes de construcción de una instalación de vermicompostaje varían en función del coste de los materiales locales y de las lombrices, pero suelen ser bajos.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: Antes de plantearse un sistema de vermicompostaje, es necesario discutir previamente el concepto con la comunidad escolar. Si la comunidad tiene experiencia con la separación de residuos orgánicos y el compostaje, esto puede ser un factor facilitador. Ver y estudiar el ciclo de vida de las lombrices puede ser una lección y una experiencia apasionante para los alumnos.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Tecnología sencilla
- ⊕ Costes de capital relativamente bajos
- ⊕ No requiere energía eléctrica
- ⊕ Enmienda del suelo de gran valor
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Requiere un terreno grande y bien situado
- ⊖ Fase de precompostaje recomendada
- ⊖ Los gusanos son sensibles a las condiciones ambientales (demasiado calor, demasiado frío, demasiada humedad, demasiada luz solar; si hay demasiados) y éstas deben controlarse bien.

> Referencias y lecturas complementarias

1. Lohri, C.R., et al., Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. Revisión en ciencias ambientales y biotecnología, 2017. 16(1): p. 81-130.
2. Khadka, R. and S. Chaudhary, Vermicomposting A promising technology to turn kitchen waste to organic compost. 2017.
3. Lenkiewicz, Z. y M. Webster, Making Waste Work: A toolkit - How to turn organic waste into compost using worms, wasteaid, Editor. 2017.



ISWA: [A handbook for schools on organic waste management](#), 2015



MOOC Youtube videos:

— [MOOC Mod. 3.10 Vermicompostaje residuos orgánicos](#)

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

| Insumos | Pretratamiento | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento | Description | Principales parámetros técnicos |
|--|--|--|--|---|
| Residuos orgánicos adecuados: <ul style="list-style-type: none"> Residuos de pescado o carne Cáscaras de verduras/frutas Estiércol animal Residuos orgánicos inadecuados: <ul style="list-style-type: none"> Recortes de jardín Grandes trozos de materiales leñosos Materias primas con alto contenido en sal | Separación de residuos en origen Opcional: trituración | Se requiere un funcionamiento y mantenimiento regulares. | Degradación anaeróbica de los residuos que produce biogás, que puede utilizarse como combustible, y digestato. | Duración del proceso: 10-40 días Reducción de masa: Ninguna (o 20% de sólidos totales (SOWATT)) Espacio: 100-530 m ² /t*d SOWATT |
| Resultados / productos | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| Biogás, gas combustible (principalmente CO ₂ , CH ₄) Digestate | Competencias de alto nivel necesarias para un diseño adecuado de las infraestructuras Habilidades de nivel superior requeridas en la construcción (hermética a gases) Competencias de nivel medio en O&M | Tecnología probada en todo el mundo La experiencia con la aplicación puede variar según el país | Temas: Procesos anaerobios, Degradación orgánica, Microbiología, Cálculo de emisiones, Energías renovables, Recuperación de nutrientes Ejercicios prácticos: ejemplo piloto con globo | |



La digestión anaerobia (DA) es un proceso microbiológico mediante el cual los materiales orgánicos se descomponen bioquímicamente generando biogás y digestato rico en nutrientes. El biogás es una mezcla de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y otros gases traza, que pueden convertirse en calor, electricidad o luz. El proceso de AD tiene lugar en ausencia de oxígeno en tanques reactores herméticos llamados digestores.

El proceso de AD es común a muchos entornos naturales, como los pantanos o los estómagos de los rumiantes [1].

Existe una amplia gama de biomásas que pueden utilizarse como sustratos para la producción de biogás. Entre las materias primas de la AD se encuentran los lodos de depuradora, el estiércol animal, los residuos de la industria alimentaria (incluidos los residuos de matadero), los cultivos energéticos y los residuos de cosechas (incluidas las algas), así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. [2]. Normalmente, las materias primas con un alto contenido en humedad (> 60% de contenido en agua) pueden procesarse sin tratamiento previo.

Los principales productos de la AD son el biogás y el digestato. El biogás es un gas combustible compuesto principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Además de CH₄ (55-60%) y CO₂ (35-40%), el biogás también contiene otras "impurezas" gaseosas, como sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. El valor energético del biogás se deriva del metano que contiene y muestra unos valores caloríficos inferiores (VCI) típicos para el biogás de 21-24 MJ/m³ o alrededor de 6 kWh/m³.

La combustión directa del biogás en estufas es la forma más sencilla de aprovechar la energía del biogás. El purín producido (digestato) es rico en nitrógeno.

El proceso de AD sólo es capaz de inactivar parcialmente las semillas de malas hierbas, las bacterias, los virus, los hongos y los parásitos y, dependiendo de si se utilizan lodos de depuradora como materia prima, es necesario un tratamiento para poder utilizarlos como abono.

Aplicabilidad: Los digestores de biogás pueden utilizarse a diferentes escalas y con diferentes usos de mecanización de la tecnología. Son especialmente aplicables en zonas rurales donde puede añadirse estiércol animal y existe la necesidad de utilizar el digestato como fertilizante y gas para cocinar. Los reactores de biogás son menos apropiados para climas más fríos (< 15°C) ya que la tasa de conversión de materia orgánica en biogás se vuelve muy baja. Aunque los reactores de biogás son estancos, no se recomienda construirlos en zonas con niveles freáticos elevados o donde se produzcan inundaciones frecuentes. [3].

Consideraciones sobre el diseño: Los reactores de biogás pueden construirse como domos fijos, domos flotantes o digestores tubulares (también llamados flexidigestores). En la cúpula fija, el volumen del reactor es constante. Cuando se genera gas, éste ejerce una presión y desplaza los purines hacia arriba, hacia una cámara de expansión. Cuando se retira el gas, los purines vuelven al reactor. La presión puede utilizarse para transportar el biogás a través de tuberías. En un reactor de cúpula flotante, la cúpula sube y baja con la producción y la retirada del gas.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) en el reactor debe ser de al menos 15 días en climas cálidos y de 25 días en climas templados. Esto significa que el tamaño del reactor debe ser capaz de contener 15-20 días de volumen de residuos (incluida el agua si es necesario). Para entradas altamente patógenas, debe considerarse un TRH

de 60 días. Los tamaños pueden variar desde 1.000 L para una sola familia hasta 100.000 L para aplicaciones en aseos institucionales o públicos. Dado que la producción de digestato es continua, deben tomarse medidas para su almacenamiento, tratamiento, uso y/o transporte fuera del emplazamiento. [3].

Material necesario: Un digestor de biogás puede fabricarse con ladrillos, cemento, acero, arena, alambre para la resistencia estructural (por ejemplo, malla de gallinero), aditivo de cemento impermeable (para el sellado), tuberías de agua y accesorios, una válvula y una tubería de salida de gas prefabricada. Las soluciones prefabricadas incluyen geo-bolsas, módulos de fibra de plástico reforzado y unidades moldeadas por router, y están disponibles en proveedores especializados [3].

Funcionamiento y mantenimiento: Para poner en marcha el reactor, debe inocularse con bacterias anaerobias (por ejemplo, añadiendo estiércol de vaca). Una vez en funcionamiento, es necesario añadir residuos con regularidad (idealmente a diario), de lo contrario las bacterias morirán de hambre. El digestato debe retirarse del rebosadero con frecuencia y dependerá del volumen del tanque en relación con la entrada de sólidos, la cantidad de sólidos no digeribles y la temperatura ambiente, así como del uso y las características del sistema. Debe controlarse la producción de gas y utilizarlo con regularidad. Los colectores de agua deben revisarse periódicamente y las válvulas y tuberías de gas deben limpiarse para evitar la corrosión y las fugas. Dependiendo del diseño y de los insumos, los materiales indigeribles que se acumulan en el fondo del reactor deben vaciarse y el reactor debe limpiarse y revisarse cada 5 a 10 años.

Salud y seguridad: El digestato está parcialmente desinfectado, pero sigue entrañando un riesgo de infección, por lo que, durante su retirada, los trabajadores deben ir equipados con el equipo de protección individual (EPI) adecuado. Dependiendo de su uso final, el líquido vaciado y el digestato requieren un tratamiento adicional antes de su uso en la agricultura. La limpieza del reactor puede suponer un riesgo para la salud, por lo que deben tomarse las precauciones de seguridad adecuadas (llevar el EPI adecuado, garantizar una buena ventilación). También hay peligros asociados a los gases inflamables, pero los riesgos son los mismos que los del gas natural. No existe ningún riesgo adicional debido al origen del gas. [3].

Costes: Se trata de una opción de coste bajo a medio, tanto en términos de capital como de costes operativos. Sin embargo, hay que tener en cuenta los costes adicionales relacionados con las operaciones diarias que necesita el digestor. Las instalaciones comunitarias suelen ser más viables económicamente, siempre y cuando sean aceptadas socialmente. Los costes de desarrollo de capacidades y formación de operadores y usuarios deben presupuestarse hasta que los conocimientos estén bien asentados.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: La aceptación social puede ser un reto para las comunidades que no están familiarizadas con el uso del biogás o el digestato. La cohesión social puede crearse a través de la gestión compartida y los beneficios compartidos (gas y fertilizante) de los reactores de biogás; sin embargo, también existe el riesgo de que los beneficios se distribuyan de forma desigual entre los usuarios, lo que puede dar lugar a conflictos [3]. [3].

Si el digestor no es estanco al gas, existe riesgo de fugas de metano, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático. Además, el digestato tiene una carga orgánica (DQO) 5 veces superior a la reglamentada para su vertido en aguas superficiales. El digestato puede contener patógenos y no debe utilizarse directamente en los cultivos sin tratamiento previo ni verterse directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Generación de productos utilizables como gas y fertilizantes
- ⊕ Requiere poca superficie (si la estructura es subterránea)
- ⊖ Requiere un diseño experto y una construcción cualificada
- ⊖ Eliminación incompleta de patógenos, el digestato podría requerir un tratamiento adicional.
- ⊖ Producción de gas variable en función del material de entrada y producción de gas limitada por debajo de 15°C
- ⊖ Coste de inversión medio

> Referencias y lecturas complementarias

1. Zabaleta, I., et al, Selecting Organic Waste Treatment Technologies. SOWATT, Eawag, éditeur. 2020.
2. Lohri, C.R., et al, Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products : a review with focus on low- and middle-income settings. 2017.
3. Gensch, R., et al, Compendium of Sanitation Technologies in Emergencies. 2018.



Vögeli et al. *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries*. 2014



MOOC Youtube videos:

- [MOOC Mod.3.7 Fundamentos de la digestión anaerobia de los residuos orgánicos](#)
- [MOOC Mod. 3.8 Tecnologías y funcionamiento de la digestión anaerobia](#)
- [MOOC Mod. 3.9 Utilización de los productos de la digestión anaerobia](#)

INSTALACIÓN DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES (MRF)

| Insumos | Pretratamiento | Funcionamiento y mantenimiento | Objetivos / Características principales | Principales parámetros técnicos |
|--|--|--|---|--|
| Suitable recyclables waste: <ul style="list-style-type: none"> - Papel, cartón - Metal - Vidrio - Ropa - Plástico denso (HDPE, PET) Residuos orgánicos inadecuados: <ul style="list-style-type: none"> - Residuos orgánicos - Residuos peligrosos | Separación de residuos en origen Opcional: limpieza y secado | Requiere poco mantenimiento y funcionamiento regular. Puede realizarse interna o externamente (subcontratado). | Instalación que recibe, separa y almacena los materiales reciclables para facilitar su posterior uso/reciclado. | El espacio necesario depende de la tasa de generación de materiales reciclables y del tiempo de almacenamiento |
| Outputs / paroducts | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| Reciclables clasificados listos para la venta | Infraestructura limitada (zona cubierta con espacio de almacenamiento) Se requiere un bajo nivel de conocimientos para la construcción y una adecuada O&M | Práctica generalizada | Temas: Consumo; Finanzas Ejercicios prácticos: Cálculo del tamaño del almacén; Cálculo de los ingresos | |



Una Instalación de Recuperación de Materiales (MRF del inglés) es una instalación que recibe, separa y almacena residuos sólidos para facilitar el uso posterior y el reciclaje de los materiales.

En la MRF, las fracciones de residuos se separan en categorías específicas como papel, cartón, vidrio, botellas de PET, plástico ligero, etc. y se almacenan en distintos contenedores/compartimentos. Dado que una gran parte de los residuos son materiales reciclables, una planta de tratamiento de residuos permite maximizar la recuperación de estos materiales, que pueden venderse posteriormente, al tiempo que reduce la cantidad de materiales que requieren transporte y disposición final.

Aplicabilidad: La MRF puede utilizarse a nivel escolar y comunitario y sirve como unidad de almacenamiento antes de vender los materiales reciclables y, en parte, también como estación de clasificación. Puede ser gestionado por personas y personal de la escuela o subcontratado a personas o empresas externas.

Technical Consideraciones sobre el diseño: Se requiere una zona cubierta que proteja de la lluvia y el viento. Se recomienda construir un suelo de hormigón para facilitar la limpieza de la zona. El espacio necesario dependerá del volumen de materiales reciclables generados y del tiempo de almacenamiento requerido. Se pueden utilizar jaulas metálicas o simples bolsas de yute para almacenar los distintos materiales reciclables por separado. Se necesita acceso a agua y electricidad cuando se prevea la limpieza de los materiales reciclables (y/o su trituración) para aumentar el valor de mercado.

Se puede utilizar la siguiente fórmula para determinar el volumen del compartimento MRF:

volumen del compartimento MRF m³=

$$\frac{\text{Residuos compactados diarios generados} \left(\frac{\text{L}}{\text{day}} \right) * n_{\text{días de almacenamiento}}}{1000 \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^3} \right)}$$

Los criterios para la ubicación de la MRF son:

- Fácil acceso por carretera
- Lo más cerca posible de los principales generadores de residuos

Material necesario: Jaulas o contenedores para almacenar los diferentes materiales reciclables. Los trabajadores necesitan equipos de protección individual (EPI) con guantes. Se utiliza una escoba para limpiar el suelo. Se puede utilizar una mesa para seguir clasificando los residuos.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Los materiales reciclables deben clasificarse periódicamente. Dependiendo del mercado local de reciclaje, puede ser necesario limpiarlos y secarlos. También podría realizarse una trituración para aumentar el valor de mercado de los materiales reciclables. Es aconsejable llevar un registro de las cantidades reciclables vendidas.

Salud y seguridad: Aunque la clasificación de residuos en una MRF no es una actividad intrínsecamente peligrosa, es necesario tomar precauciones para evitar lesiones, especialmente en presencia de objetos punzantes.

Costes: Los costes de construcción de una MRF varían en función del diseño elegido y de las fases de tratamiento posteriores (es decir, sólo clasificación, limpieza y secado, trituración, etc.).

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: La recolección y venta de materiales reciclables suelen ser medios de vida del sector informal que podrían verse negativamente influenciados por la implementación de una MRF. Cuando sea posible, deben evaluarse las oportunidades de integrar a estas personas en la gestión de la MRF.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Potenciar la recuperación de recursos
- ⊕ Fácil de hacer
- ⊕ Generación de ingresos
- ⊖ Lleva mucho tiempo si lo gestiona la escuela
- ⊖ Impacto potencialmente negativo en los medios de subsistencia del sector informal

> Referencias y lecturas complementarias

 *Wasteaid, Making Waste Work: A toolkit – How to prepare plastics to sell to market. 2017*

ECOBICKS

| Insumos | Pretratamiento | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento | Objetivos / Características principales | Principales parámetros técnicos |
|--|--|--|--|---|
| Residuos plásticos adecuados: <ul style="list-style-type: none"> - PET (envase) - Film de plástico: - LDPE (por ejemplo, bolsas de plástico) - PP (envases alimentarios) - PS (envases y embalajes alimentarios) | Separación de residuos en origen Limpiar y secar la película de plástico y la botella de PET | No requiere funcionamiento ni mantenimiento | Una forma muy sencilla de rellenar botellas de PET con láminas de plástico y utilizarlas después como material de construcción. Una forma eficaz de reducir el vertido de residuos y reducir el volumen de hormigón o cemento en la construcción. | Densidad óptima del ecobrick: > 0,37 g/ml; Densidad normal: 0,33 g/ml (por ejemplo, botella de PET de 600 ml: 200 g; botella de PET de 1500 ml, 500 g) |
| Resultados / productos | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| Relleno para la construcción (por ejemplo, bancos, pequeños muros, sillas, mesas, etc.). | No requiere infraestructura No se requieren conocimientos para hacer ecobricks Competencias de nivel medio necesarias para construir con ecobricks | Probada globalmente para aplicaciones a pequeña escala (por ejemplo, escuelas, pequeñas comunidades, etc.) | Temas: Reducción de la basura plástica, consumo Ejercicios prácticos: Elaborar ecobricks con los alumnos (escuela + casa) | |



La fabricación de ecobricks o ecoladrillos es un método de downcycling que consiste en envasar botellas de PET con plásticos no reciclables limpios y secos. Son una forma estupenda de mitigar la cantidad de plástico que se envía a los vertederos y al medio ambiente, y pueden utilizarse como bloques de construcción para edificaciones no estructurales (por ejemplo, bancos o pequeños muros).

Los plásticos blandos y duros no reciclables, como bolsas, envases, recipientes de alimentos, entre otros, se empaquetan herméticamente en botellas de PET hasta alcanzar una densidad de 0,33 g/ml para su posterior uso en la construcción.

Los ecoladrillos pueden almacenarse en interiores, al abrigo del calor, el sol y la humedad hasta su utilización.

Aplicabilidad: Los Ecobricks están orientados a su aplicación a pequeña escala (por ejemplo, a nivel de comunidades o barrios), cuando se carece de un servicio adecuado de gestión de residuos sólidos.

Consideraciones sobre el diseño: El ecobrick debe cumplir unos requisitos mínimos de peso de 0,33 x volumen de la botella (es decir, la botella de 600 ml debe pesar más de 200 gramos, y la de 1.500 ml más de 500 gramos). Los ecobrickers experimentados consideran óptima una densidad

> 0,37 g/ml. [1]. La selección de las botellas debe ajustarse a la disponibilidad local. Para los módulos de construcción (pequeñas construcciones que se pueden mover una sola vez, como bancos o taburetes), las botellas deben ser de tamaño y forma similares. Para proyectos de construcción al aire libre, el tamaño y la forma importan menos que el volumen (por ejemplo, las botellas pequeñas hacen paredes más resistentes, las botellas grandes hacen buenos bancos).

Material necesario: Para fabricar los ecobricks se necesita un palo de diámetro inferior a la abertura de la botella. Se recomienda un espacio de almacenamiento interior con poca humedad y exposición al sol. Para construir pequeñas infraestructuras con ecobricks, se necesita agua y tierra disponible localmente, arcilla y arena. Una vez que la tierra y la arcilla se mezclan, deben conseguir una textura que no se desmorone, denominada "mazorca". Se puede utilizar paja de arroz, fibra de coco u otra fuente orgánica como aglutinante. También se puede utilizar cemento como material de construcción y aglutinante.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Es importante limpiar y secar el plástico utilizado como relleno de la botella, ya que el plástico sucio y la humedad en el interior de un ecobrick conducen al crecimiento microbiológico y a la formación de metano. La introducción del plástico en la botella debe hacerse con cuidado para no romper las paredes de la botella. Para un envasado eficaz, se llena la botella hasta la mitad y se presiona el relleno con el palillo. Lo mismo se repite para la segunda mitad de la botella. Debe dejarse un espacio de 1-2 cm entre el relleno de plástico y el tapón para evitar sobrepresiones. A continuación, hay que cerrar la botella con el tapón.

Se recomienda proteger los ecobricks con un paño o una lona durante su almacenamiento, ya que el PET atrae el polvo y los productos químicos. El apilamiento horizontal ligeramente por encima del nivel del suelo, con los extremos apuntando hacia fuera, permite una clasificación eficaz de los ladrillos y evita que las ratas los mastiquen.

Se recomienda no dejar las tapas de los ecobricks expuestas en paredes que den al exterior, ya que el plástico HDPE de la tapa se degrada rápidamente incluso con pequeñas cantidades de exposición al sol. Al rellenar alrededor de los ecobricks con cob, puede ser útil colocar pequeñas piedras entre las botellas para ocupar espacio y minimizar el uso de cob.

Salud y seguridad: Los ecobricks deben cumplir siempre los requisitos mínimos de densidad/peso; si no, son un peligro potencial de incendio.

Costes: Como los ecobricks pueden fabricarse a partir de residuos plásticos y construirse con material disponible localmente, el coste asociado es muy bajo.

Social, legal, and environmental considerations: Los ecobricks deben cerrarse correctamente, ya que su relleno de plástico puede filtrar sustancias químicas al exponerse a la luz solar, lo que puede causar daños inmediatos al suelo y, en última instancia, filtrarse a las masas de agua [2].

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Barato
- ⊕ Una forma eficaz de mitigar la liberación de macroplásticos y microplásticos en el medio ambiente
- ⊕ Se necesitan pocos conocimientos técnicos
- ⊕ Utilizar los recursos locales disponibles
- ⊕ Es fácil implicar a los estudiantes y a los hogares en la fabricación de ecobricks
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Opción de reciclado descendente (no es posible reciclar más)

> Referencias y lecturas complementarias

1. Alliance, G.E., 10 step guide to making eco-bricks. 2020.
2. Duarte, L. et C. Barajas, Is the use of filled PET bottles as a building blocks a safe practice. Journal of Solid Waste Technology and Management, 2016. 42 : p. 930-934.



Wasteaid, Making Waste Work: A toolkit – How to turn mixed plastic waste and bottles into ecobricks. 2017



www.ecobrickexchange.org



www.ecobricks.org

ADOQUINES

| Insumos | Pretratamiento | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento | Objetivos / Características principales | Principales parámetros técnicos |
|---|---|---|---|---|
| – Arena Residuos plásticos adecuados: – LDPE (por ejemplo, bolsas de plástico, etc.) | Separación de residuos en origen LDPE limpio y seco | No requiere funcionamiento ni mantenimiento periódicos. | Sencillo proceso de mezcla de plástico LDPE con arena para producir adoquines | Temperatura de reblandecimiento: 70°C [1] Mín. Temperatura de fusión 121°C [1] |
| Resultados / productos | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| Adoquines | Baja cualificación necesaria para la construcción adecuada de infraestructuras Se requiere poca habilidad para fabricar azulejos | Pocos casos documentados en todo el mundo | Temas: Reducción de la basura plástica, Consumo Ejercicios prácticos: Cálculo de las cantidades de plástico por artículo producido | |



El proceso de fabricación de adoquines es un método de reciclaje que consiste en triturar plástico, fundirlo, mezclarlo con arena y, finalmente, verterlo en moldes para adoquines antes de enfriarlo.

Las películas de plástico LDPE, como las bolsas de plástico y las bolsas de agua, se funden en un recipiente (por ejemplo, un barril) utilizando una fuente de combustible (por ejemplo, madera o gas). Una vez fundido el plástico, se añade arena y la mezcla se transfiere a un molde engrasado. Una vez endurecida la mezcla, se saca la baldosa del molde y se deja enfriar más.

Aplicabilidad: Las adoquines de pavimentación están destinadas a aplicaciones a pequeña escala (por ejemplo, a nivel de comunidades o barrios).

Consideraciones sobre el diseño: El contenedor de fusión puede hacerse con un barril de aceite cortado por la mitad (~80cm de ancho y 50cm de alto) y tres patas hechas con barras de refuerzo

unidas a él [2]. Si es posible, utiliza un escudo para mantener el fuego concentrado bajo el barril.

El molde puede construirse del mismo modo que el molde para adoquines de hormigón. Las paredes del molde no deben tener más de 4 cm de profundidad para evitar que el material se pegue a los lados [2].

Material necesario: Para fabricar adoquines se necesita un barril de fundición, un equipo de agitación (por ejemplo, una pala con eje metálico), una mesa metálica, un molde para adoquines y una paleta. Además, se necesita combustible (leña, otro combustible sólido o gas), así como grasa o aceite (por ejemplo, aceite de motor usado) y arena limpia, seca y tamizada (por ejemplo, arena de construcción).

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Es importante seleccionar el tipo de plástico adecuado para garantizar una temperatura de fusión uniforme (120-150°C).

El plástico se añade lentamente al recipiente caliente. Mientras se funde, debe removerse continuamente hasta que no queden grumos. El proceso de fusión puede durar hasta 20 minutos. Hay que tener cuidado para evitar que el plástico fundido se caliente demasiado y empiece a quemarse.

Una vez fundido el plástico, se añade arena continuamente en pequeñas cantidades mientras se sigue calentando y removiendo. Normalmente, la proporción entre arena y plástico es de 3:1, pero puede variar en función de la arena y el tipo de plástico utilizados. Se recomienda probar diferentes proporciones de la mezcla antes de empezar a producir adoquines en masa.

A continuación, se remueve la mezcla de plástico y arena con una pala y se vierte en un molde limpio y aceitado con una paleta. La mezcla se presiona en el molde para evitar espacios de aire y se deja fraguar durante unos minutos, mientras se agita repetidamente el molde para aflojar los bordes. Una vez que la mezcla se ha endurecido lo suficiente como para que la baldosa no se desmorone, se retira el molde. A continuación, se deja enfriar la baldosa.

Seguridad e higiene: El proceso de fabricación de adoquines de pavimentación debe tener lugar en una zona bien ventilada. Los trabajadores deben ir equipados con el equipo de protección individual (EPI) adecuado, con guantes ignífugos (de tela y no de goma), botas resistentes al calor y una mascarilla apropiada.

Las personas no deben situarse directamente sobre el plástico en fusión mientras se remueve e intentar evitar respirar los humos liberados por la fusión.

Asegúrese de que sólo hay PEBD y sobre todo que no se funde PVC u otros plásticos, ya que los humos de otros plásticos pueden ser peligrosos para la salud. Puede considerar tener un dispositivo de medición de temperatura en el barril para tener un mejor control sobre la temperatura de fusión.

Tenga en cuenta que el equipo se calentará para evitar quemaduras accidentales.

Costes: Como las adoquines se fabrican a partir de residuos plásticos y arena de construcción, el coste asociado es muy bajo. La instalación de un dispositivo de control de la temperatura haría considerablemente más seguro el proceso, pero también aumentaría el coste asociado.

Consideraciones sociales, jurídicas y medioambientales: El plástico es inflamable por naturaleza, por lo que se utiliza arena como retardante del fuego. Una vez desgastadas las adoquines, ya no es posible separar el plástico de la arena para su reciclado. Las adoquines de plástico pueden agrietarse con el tiempo si se cargan con peso, lo que puede provocar un desprendimiento de microplástico.

Puntos fuertes y débiles:

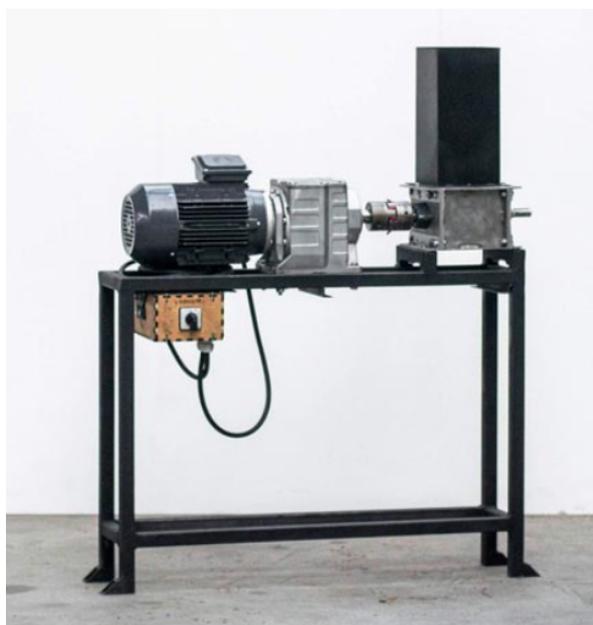
- ⊕ Más barato que las adoquines convencionales
- ⊕ Las adoquines son resistentes al agua
- ⊕ Las adoquines son buenas aislantes para mantener el calor y el frío
- ⊕ Utiliza los recursos locales disponibles
- ⊖ Opción de reciclado descendente (no es posible reciclar más)
- ⊖ Riesgo de liberación de gases nocivos si la temperatura es demasiado alta y se quema el plástico

> Referencias y lecturas complementarias

1. PreciousPlastic, [Commodity plastic practical info poster](#). 2018
2. Wasteaid, Making Waste Work: A toolkit – How to transform plastic waste into paving tiles. 2017

TRITURACIÓN

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Insumos Residuos plásticos adecuados: – Plástico sólido (HDPE, PS, PP) Residuos plásticos inadecuados: – Plástico blando | Pretratamiento Plástico limpio y seco | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento Es necesario un mantenimiento regular | Objetivos / Características principales Proceso de descomposición del plástico en trozos más pequeños para su posterior transformación o venta. | Principales parámetros técnicos Tensión: 380 V AMP: 5,8A Potencia nominal: 1,5 kW mín. Velocidad de salida: +/- 70 r/min [1] |
| Resultados / productos Plástico triturado | Complejidad técnica Competencias de alto nivel necesarias para el diseño y la construcción adecuados de infraestructuras Se requiere un nivel inferior de conocimientos para la operación y el mantenimiento | Nivel de madurez Tecnologías probadas | Aspecto educativo Temas: Reducción de la basura plástica; Consumo Ejercicios prácticos: - | |



La trituración de plástico es el proceso de descomponer plástico de gran tamaño en pequeños copos por medios mecánicos motorizados. El plástico triturado obtenido puede utilizarse para su posterior procesamiento in situ o venderse con un mayor valor de mercado.

El plástico limpio y clasificado según el tipo de plástico, y potencialmente el color, se tritura por separado para crear copos de plástico homogéneos de tamaño definido. El tamaño del plástico triturado depende de las necesidades de su posterior procesamiento. Mientras que los

copos grandes, de 0 a 30 mm, son adecuados para la prensa de láminas, los copos de 0 a 7 mm son necesarios para las extrusoras.

Aplicabilidad: La trituración de plástico es un proceso que puede utilizarse hasta a escala industrial. Sin embargo, el diseño y la infraestructura que aquí se presentan están pensados para su aplicación a pequeña escala (por ejemplo, en comunidades o barrios).

Consideraciones sobre el diseño: Las trituradoras pueden construirse desde cero o comprarse en el bazar de plásticos preciosos. Se

requiere una habilidad de nivel superior para un diseño y construcción apropiados. Los enlaces a los planos para la construcción de trituradoras están disponibles en las referencias [1].

Material necesario: La trituradora se compone de una tolva, una caja de trituración y una malla. Los componentes eléctricos necesarios son un motor (aprox. 2,2 kW con una velocidad de 70 rpm), un indicador LED y un cable de alimentación doméstico.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Durante la trituración, las cuchillas deben revisarse regularmente y el plástico debe empujarse hacia las cuchillas. Cuando termine de trabajar con la trituradora, se recomienda etiquetar y almacenar el plástico triturado para su uso posterior [1].

Al cambiar el tipo de plástico utilizado, primero debe retirarse la malla y cepillarse los pequeños copos triturados en la máquina. Opcionalmente, se puede utilizar aire a presión o un aspirador para soplarlos.

Salud y seguridad: Las cuchillas de la trituradora están afiladas, por lo que nunca deben utilizarse las manos para empujar el plástico hacia las cuchillas. Debe evitarse llevar ropa suelta, joyas o el pelo largo sin atar, ya que pueden quedar atrapados en las piezas móviles. La máquina debe estar siempre desconectada para su mantenimiento.

Costes: El coste del material es de unos 500 USD. El precio de la trituradora en el bazar de Precious Plastic es de unos 3000 USD. El precio puede disminuir si se construye localmente.

Consideraciones sociales, jurídicas y medioambientales: El proceso de trituración puede liberar microplásticos al medio ambiente.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Importante primer paso de la mayoría de los procesos de reciclado de plásticos
- ⊕ Manera eficaz de granular el plástico y reducir su volumen de almacenamiento
- ⊕ Relativamente barato
- ⊖ Se necesitan conocimientos superiores para construir el equipo desde cero.

> Referencias y lecturas complementarias

1. Precious Plastic, [Build a Shredder Machine](#), 2022.

 [Precious Plastic – Shredder starter kit](#)

EXTRUSIÓN

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Insumos Residuos plásticos adecuados: <ul style="list-style-type: none"> - HDPE o - PP | Pretratamiento Separación de residuos en origen Plásticos homogéneos limpios, secos y triturados (HDPE o PP) | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento Se recomienda lavar regularmente la extrusora con material virgen | Objetivos / Características principales Proceso de extrusión de residuos plásticos en un filamento continuo para crear un nuevo producto. | Principales parámetros técnicos Tensión: 380 V AMP: 5,8A Potencia nominal: 1,5 kW mín. Velocidad de salida: +/- 40-140 r/min [1] |
| Resultados / productos Filamento de plástico, vigas de plástico, adornos/objetos decorativos, etc. | Complejidad técnica Competencias de alto nivel necesarias para el diseño y la construcción adecuados de infraestructuras Se requiere un nivel medio de conocimientos para la instalación y el funcionamiento | Nivel de madurez Tecnología probada con una gran comunidad de práctica basada en Internet para proporcionar apoyo | Aspecto educativo Temas: Reducción de la basura plástica; Consumo Ejercicios prácticos: Cálculo de las cantidades de plástico por artículo producido | |



La extrusión de plástico es una tecnología de reciclado que convierte los residuos de plástico desechados en un filamento de plástico continuo que puede moldearse para darle la forma deseada al producto final.

Los plásticos homogéneos limpios y triturados, como el HDPE o el PP, se introducen en una extrusora, donde el plástico es transportado por un tornillo accionado por un motor, hasta la sección de calentamiento de la máquina. El calor creado por la máquina junto con la presión creada por el tornillo permite que el plástico se funda y pase a través de una boquilla. Un filamento continuo de plástico sale de la boquilla. Se puede colocar un molde en el extremo de la boquilla para recibir el filamento de plástico fundido y darle la forma del molde.

Aplicabilidad: La extrusión de plásticos es un proceso que puede utilizarse desde pequeña a gran escala industrial. El diseño y la infraestructura presentados aquí muestran una aplicación a pequeña escala (por ejemplo, a nivel de comunidades o barrios).

Consideraciones sobre el diseño: Las extrusoras pueden construirse desde cero o comprarse en el bazar de "Precious Plastic". Se requiere una habilidad de nivel superior para el auto-diseño apropiado y la construcción de la extrusora. Los enlaces a los planos para la construcción de la extrusora están disponibles en las referencias [2].

Material necesario: La extrusora se compone de una tolva metálica, un tornillo, un barril, una boquilla y un motor eléctrico. Se necesita una

caja electrónica y elementos calefactores como: Regulador PID para el control de la temperatura, interruptor SSR, termopar, interruptor mecánico de encendido con indicador y calentador de banda.

Si el equipo se construye in situ, se necesita un espacio de trabajo con torno, taladradora, soldadora, lijadora de banda y amoladora angular.

Como molde para fabricar vigas pueden utilizarse simples tubos metálicos.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Es necesario comprobar la temperatura al empezar a utilizar la extrusora. Los valores indicativos de temperatura para diferentes plásticos son: PP 180°C en el barril, 200°C en la boquilla; HDPE 190°C en el barril, 210°C en la boquilla). Durante la extrusión deben introducirse continuamente en la tolva copos de plástico triturados homogéneos. Si se utiliza un molde después de la boquilla, asegúrese de enfriar el molde en agua antes de abrirlo. Se recomienda lavar regularmente la extrusora después de su uso con material virgen.

Salud y seguridad: Se aconseja utilizar la extrusora en una zona bien ventilada. Tenga en cuenta que el barril está caliente y el contacto directo puede provocar quemaduras accidentales. Los trabajadores deben ir equipados con el equipo de protección individual (EPI) adecuado, con guantes a prueba de calor, ropa de trabajo que cubra brazos y piernas, gafas de seguridad o careta para protegerse de la expulsión espontánea de sustancias calientes de la zona de la boquilla.

Costes: El costo del material para un diseño de Precious Plastic es de alrededor de 1'300 USD. Los precios de la extrusora completa en el bazar de Precious Plastic oscilan entre ~2'000 - 6'000 USD.

Consideraciones sociales, legales y medioambientales: Durante la fusión del plástico pueden liberarse humos tóxicos, aunque esto puede mitigarse con el uso de equipos adecuados de control de la temperatura. No deben extruirse lotes de plástico mezclado, ya que fundir plástico a una temperatura incorrecta aumenta el riesgo de emisiones nocivas.

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Producción continua de plástico
- ⊕ Tecnología eficaz de reciclado de plásticos
- ⊕ Fácil de usar, una vez definidos los ajustes adecuados
- ⊕ Posibilidad de gran variedad de producto de salida
- ⊖ Se necesitan conocimientos superiores para construir desde cero
- ⊖ Se necesita un nivel medio de destreza para comprobar y ajustar la temperatura adecuada

> Referencias y lecturas complementarias

1. Precious Plastic, [Build an Extrusion Machine](#), 2022.
2. Precious Plastic, [Set up an Extrusion Work space](#), 2019

 [Precious Plastic – Extrusion starter kit](#)

GANCHILLO DE PELÍCULA DE PLÁSTICO

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| Insumos Residuos adecuados: – Plástico ligero limpio (LDPE, PP) | Pretratamiento Lavado y secado de plásticos | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento Corte de tiras de plástico | Objetivos / Características principales Cose láminas de plástico en bolsas y alfombrillas | Principales parámetros técnicos Aguja de ganchillo tipo K |
| Resultados / productos Bolsas de plástico resistentes, cestas, esterillas | Technical complexity No requiere infraestructura Se requiere un nivel bajo de conocimientos | Nivel de madurez Uso generalizado | Aspecto educativo Temas: Reutilización; Consumo Ejercicios prácticos: Crochet film plástico | |



Las tiras de plástico film, como los sobres de agua y las bolsas de plástico de un solo uso, pueden tejerse fácilmente a ganchillo y convertirse en bolsas, cestas y esterillas de plástico reutilizables y duraderas.

Los plásticos lavados y secos se cortan en tiras finas y se tejen a ganchillo para fabricar diversos productos. Se trata de un proceso muy fácil y barato para aprovechar residuos plásticos de escaso valor.

Aplicabilidad: La artesanía está destinada a ser aplicada a pequeña escala por individuos o grupos de individuos.

Consideraciones sobre el diseño: Indicaciones sobre la vida útil, el equipo/infraestructura necesarios, el espacio necesario, etc.

Material necesario: Se necesitan tijeras grandes y afiladas y aguja de ganchillo del tamaño K (6,5 mm) o superior.

Funcionamiento técnico y mantenimiento: Para fabricar una cinta de plástico, las bolsas o películas de plástico se enrollan ordenadamente. Mientras el borde se mantiene intacto., se cortan tiras del ancho del pulgar con una tijera a lo largo. Una vez hecho esto, se despliega el plástico y se coloca

sobre una mesa. Se hacen cortes diagonales en el labio intacto. La cinta larga se puede tejer a ganchillo para hacer bolsos, monederos, cestas y felpudos.

Salud y seguridad: Sólo debe utilizarse plástico limpio y hay que lavarse las manos después de manipular plástico sucio.

Costes: -

Consideraciones sociales, jurídicas y medioambientales: -

Puntos fuertes y débiles:

- ⊕ Una opción muy fácil y barata para aprovechar el plástico blando de un solo uso
- ⊕ Fácil de vincular con fines educativos
- ⊖ Una cantidad muy limitada de residuos plásticos puede gestionarse con esta práctica
- ⊖ Bajo valor de mercado del producto final

> Referencias y lecturas complementarias

1. WasteAid, [Making Waste Work: A toolkit - How to crochet film plastic into bags and mats](#) 2027

FOSA DE RESIDUOS

| Insumos | Pretratamiento | Necesidades de funcionamiento y mantenimiento | Objetivos / Características principales | Principales parámetros técnicos |
|--|--|---|--|---|
| Suitable waste: – Residuos inertes Residuos orgánicos inadecuados: – Residuos orgánicos – Reciclables – Residuos peligrosos | Separación de residuos en origen | Requiere poco funcionamiento y mantenimiento | Disposición final segura de residuos sólidos | El espacio necesario depende de la tasa de generación de residuos y de la vida útil de la fosa (normalmente 5 años) |
| Resultados / productos | Complejidad técnica | Nivel de madurez | Aspecto educativo | |
| Disposición final segura de residuos | Infraestructura limitada (fosa) Baja cualificación necesaria para la construcción Habilidades de bajo nivel necesarias para una adecuada O&M | Práctica generalizada | Temas: tasa de degradación de residuos; contaminación ambiental Ejercicios prácticos: Cálculo del tamaño de la fosa de residuos | |



Cuando el plástico u otros residuos “inertes” no orgánicos no pueden reciclarse, enterrar los residuos puede ser la opción más fácil y segura. Sin embargo, enterrar o verter residuos orgánicos y peligrosos o contaminados supone una amenaza para el medio ambiente y debe evitarse.

Prácticamente, los residuos se vierten en un hoyo y luego se cubren con una capa de tierra. Cuando el agujero está lleno de residuos, se añade una última capa de tierra para construir una colina ligeramente elevada. Una vez lleno, se cava un nuevo hoyo y el ciclo vuelve a empezar.

Aplicabilidad: Las fosas de residuos pueden ser desde pequeñas fosas domésticas hasta fosas de residuos comunitarias o escolares de tamaño medio, en función de la cantidad de residuos que deban disponerse de forma segura. A mayor escala, suele denominarse vertedero o relleno sanitario dependiendo del nivel de control.

Technical Consideraciones sobre el diseño: Se excava una fosa y se rodea de una pequeña berma y una zanja para evitar que el agua de lluvia fluya hacia la fosa. El tamaño necesario se determina