



# ESTUDIO DEL ÁREA DE COMPOSTAJE PARA LA REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS MEDIANTE PROCESO DE COMPOSTAJE

Apellidos, nombre	Fombuena Borràs, Vicent (vifombor@upv.es) Domínguez Candela, Iván (ivdocan@doctor.upv.es)
Departamento	Departamento de Ingeniería Química y Nuclear (DIQN)
Centro	Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA) Universitat Politècnica de València (UPV)

## 1 Resumen de las ideas clave

La revalorización de residuos está cogiendo fuerza en la actualidad, donde la aplicación de procesos como el de compostaje da soluciones a la gestión de los residuos obtenidos en empresas. Este no solo da solución a la gestión, sino que permite revalorizarlos, convirtiendo un producto problemático como puede ser un residuo en una oportunidad de mercado. Un ejemplo claro de revalorización de residuo, siguiendo las directrices marcadas por un modelo de economía circular, es el proceso de compostaje de residuos orgánicos.

Uno de los aspectos claves para cualquier empresa que desea implantar un sistema de compostaje es el área que necesitará para llevar a cabo dicho proceso. Aquí es cuando el rol de un ingeniero es fundamental, para conocer previamente si es posible seguir adelante con el proyecto o no, en función de la disponibilidad de superficie de la propia empresa o de la disponibilidad de transporte de dicho residuo.

En el presente artículo docente, se muestra un ejemplo del estudio del área de compostaje necesario aplicado a una de las industrias con mayor peso en la cuenca mediterránea, la industria vinícola. Este conocimiento proporciona un complemento para el alumno en su futura salida al mercado laboral, donde cada vez más la economía circular está presente.

## 2 Introducción

La industria vinícola ha sido tradicionalmente uno de los puntales de la agricultura mediterránea. Durante la producción del vino, se generan un alto contenido de residuos orgánicos, siendo estos una problemática de gestión para las propias bodegas o almazaras de vino [1]. El compostaje ofrece la posibilidad de dar salida a estos residuos orgánicos en la propia instalación, sin necesidad de desplazamientos y añadiendo un valor añadido al producto obtenido, el compost. Éste puede ser utilizado incluso en las propias viñas de la cosecha, evitando el consumo de fertilizantes químicos más nocivos con el medioambiente.

Entre los diferentes métodos de compostaje disponible, el más apropiado para abaratar costes es mediante la formación de pilas donde los residuos están al aire libre (pilas estáticas). Es la forma más sencilla de apilarlos para que se produzca el proceso de compostaje durante un periodo de tiempo que oscila entre los 2 y los 4 meses dependiendo del tipo de residuo. Para la obtención de compost con una mayor productividad y calidad se pueden utilizar sistemas con ventilación forzada. Con esto se consigue un resultado óptimo en menor tiempo que con la ventilación pasiva (sin introducir aire forzado en el interior de la pila), siendo un poco más costoso económicamente, pero sin grandes inversiones. En la figura 1 se observa una comparativa entre compostaje estático pasivo y forzado. En ella se ven claramente los conductos de aire introduciéndose para su correcta aireación y mejora del producto final [2].



Figura 1. Compostaje estático con aireación forzada (izquierda) y pasiva (derecha).

A pesar de que el compostaje da un valor añadido a estos residuos que se generan, también presenta un inconveniente para tener en cuenta: todos estos procesos necesitan de una gran cantidad de área de compostaje, y este será mayor cuando más sea la generación de residuos orgánicos de la industria. Por tanto, es necesario conocer previamente que área de compostaje hace falta en cualquier industria cuando se requiera aplicar este proceso. La disponibilidad de terreno es por tanto un facto importante para tener en cuenta, sobretodo si el objetivo es introducir esta unidad de compostaje en la misma industria sin necesidad de transporte a otras áreas. Además del espacio ocupado por las pilas de compost, el ingeniero debe dimensionar las distancias entre pilas, para permitir el paso de maquinaria, como las volteadoras, y de los propios operarios con el fin de medir parámetros clave como la humedad, pH, temperatura, etc.

Además, el ingeniero deberá tener en cuenta aspectos como el tiempo necesario para el compostaje y maduración de la materia orgánica. Este factor va a depender de aspectos como la temperatura del proceso, la biodiversidad de los microorganismos presentes en el compost, la humedad, la relación de carbono/nitrógeno e incluso el propio tamaño de los residuos.

### 3 Objetivos

La lectura de dicho artículo tiene como objetivos otorgar al lector los siguientes ítems:

- Determinar aspectos esenciales a tener en cuenta en el inicio de todo proceso de compostaje.
- Mostrar de una forma sencilla el cálculo del área necesaria para aplicar el proceso de compostaje/maduración.
- Interpretación de los resultados obtenidos del área total necesaria para este proceso.

## 4 Desarrollo

A continuación, se mostrará mediante un ejemplo práctico la resolución del área de compostaje necesaria para una industria vinícola.

Imagina que partimos del siguiente caso práctico: una bodega cuya producción de residuos orgánicos se centra en los meses de elaboración del vino: agosto, septiembre y octubre, pide tus servicios para que determines cual sería el área de compostaje que necesitaría para revalorizar sus residuos. Con el fin de revalorizar los residuos generados (como puedan ser las propias lías formadas en los depósitos y el orujo del vino) se ha planteado la implantación de un sistema de compostaje por filas pasivas, es decir, sin aire forzado. El producto final, el compost, puede ser empleado por las propias viñas de la bodega, cumpliendo así con un modelo de economía circular, lo que le permitirá un posicionamiento en el mercado como bodega con buenas prácticas medioambientales e incluso reducción de la huella de carbono.

Por tanto, ¿de qué datos numéricos disponemos? Partimos de la experiencia de años anteriores, donde la acumulación de residuos cada mes de producción (38.000 kg de orujo y 20.000 kg de lías aproximadamente) se dispone en tres largas pilas paralelas con una longitud aproximada de 19.3 metros. Esta disposición se debe al volumen de los residuos, determinado por su densidad (450 kg/m<sup>3</sup> para el orujo y 1018 kg/m<sup>3</sup> para las lías). La altura de las filas viene limitada por la altura máxima de la volteadora que ha adquirido la bodega. La volteadora es el equipo encargado de remover cada cierto tiempo el compost. Por tanto, esta altura máxima de las filas viene por una limitación del equipo adquirido. La base de las pilas de 2.7 metros se obtiene siguiendo la directriz del compostaje de doblar la altura de las pilas, para garantizar una correcta ventilación y distribución de temperaturas en todos los puntos de la pila.

Por tanto, la bodega debe conocer cual será la necesidad de área para realizar el compost, teniendo en cuenta la producción anual de residuos, la distancia mínima entre filas para el paso de operarios y los espacios entre los lindes para facilitar la maniobrabilidad de la volteadora, máquina encargada de remover los residuos cada cierto periodo de tiempo, garantizado una correcta homogeneidad y ventilación de estos.

- **Área total necesaria (m<sup>2</sup>) para compostar los residuos generados cada mes:** se debe tener en cuenta que es necesario dejar un espacio entre pilas de 1,5 m, necesarios para que tanto las máquinas como el operario puedan operar. Además, se requiere también un espacio de 4,5 m entre pila y lindantes.
- **Área total (m<sup>2</sup>) para todo el año:** los residuos generados anualmente se corresponden a los 3 meses de elaboración y producción. Hay que considerar que se debe sobredimensionar como mínimo con una pila más por los posibles aumentos de producción de residuos.

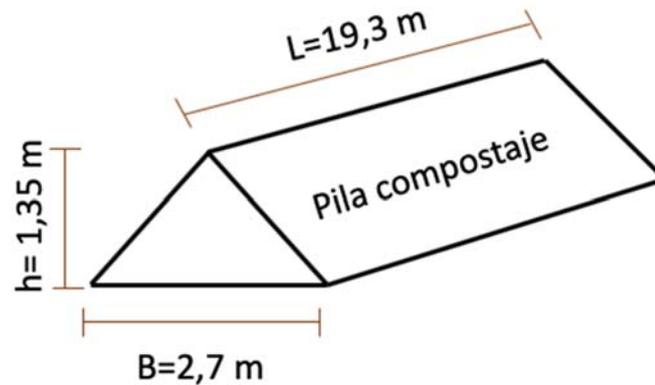


Figura 2. Dimensiones pila de compostaje

Antes de comenzar a resolver el problema planteado, es aconsejable que dibujes un esquema de la disposición de estas pilas de compostaje con las dimensiones mencionadas en el ejercicio, para así calcular el área total necesaria mensualmente. Realizar un esquema en cualquier ejercicio es fundamental para una resolución más visual y con menor dificultad. Por tanto, como el cálculo de esta área es mensual, los residuos generados en un mes se disponen en tres filas paralelas en forma de pilas como se muestran en la Figura 3.

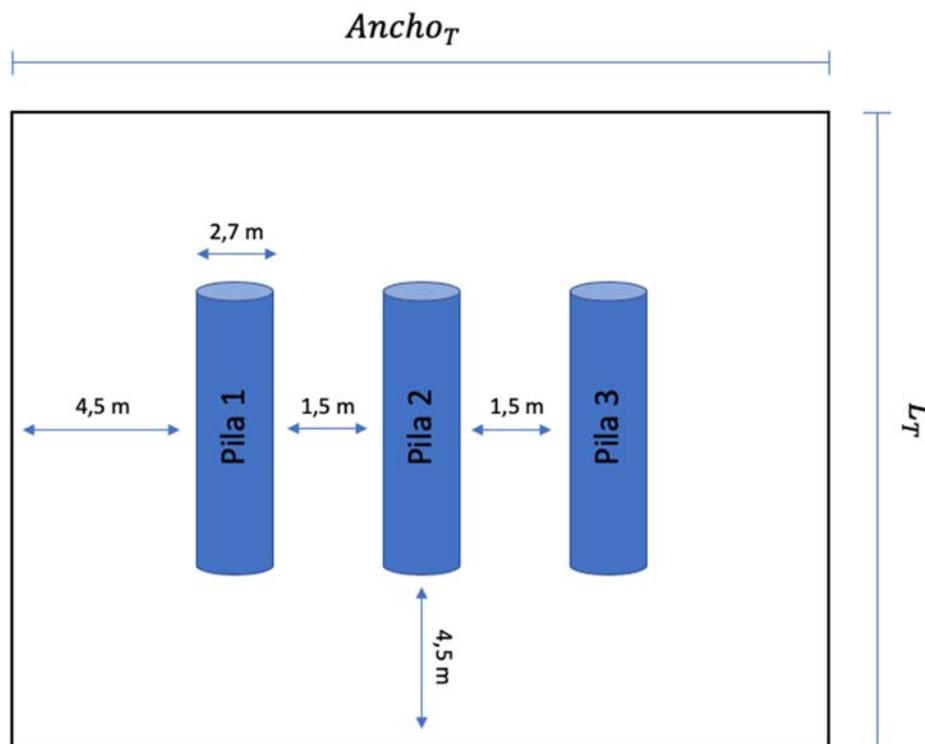


Figura 3. Esquema disposición filas mensual

Haciendo uso del esquema la resolución será mas sencilla. En el cálculo del área total, será necesario por tanto conocer tanto la longitud total ( $Ancho_T$ ) como el ancho total ( $L_T$ ).

¿Cómo calculamos el ancho total,  $Ancho_T$ ? Primero se debe tener en cuenta lo siguiente: el ancho de las filas, la distancia entre filas y la distancia entre fila y parcela, siendo estos valores las condiciones impuestas por el enunciado. Por tanto, calculando de izquierda a derecha del esquema se obtiene:

$$Ancho_T = 4,5 + 2,7 + 1,5 + 2,7 + 1,5 + 2,7 + 4,5 = 20,1 \text{ m}$$

En el cálculo de la longitud total,  $L_T$ , también se debe tener en cuenta la distancia entre fila y parcela y la longitud de la propia fila, siendo toda información especificada por el enunciado. Por tanto, de abajo hacia arriba en el esquema se obtiene:

$$L_T = 4,5 + 19,3 + 4,5 = 28,23 \text{ m}$$

Por tanto, el área total necesaria para el compostaje mensual se obtiene mediante la multiplicación del ancho por la longitud:

#### Área total necesaria mensual

$$A_T = Ancho_T \cdot L_T = 28,3 \text{ m} \cdot 20,1 \text{ m} = 568,83 \text{ m}^2$$

En cambio, como el compostaje se debe hacer con todos los residuos generados anualmente, será necesario calcular esta área para todo el año (3 meses de producción).

¿Cuántas pilas habrá para un compostaje anual?

Si mensualmente se generan tres pilas y la cantidad acumulada de residuos es durante 3 meses, se obtendrán 9 pilas anualmente. Hay que considerar que, como bien indica el enunciado, se debe añadir una pila más para prevenir mayor producción de residuos. Por tanto, harán falta **10 pilas** paralelas para compostar los residuos anuales de esta industria vinícola.

Antes de cualquier cálculo, se debe realizar un esquema como el de la Figura 4, donde se muestra de las disposiciones de las pilas con sus respectivas dimensiones.

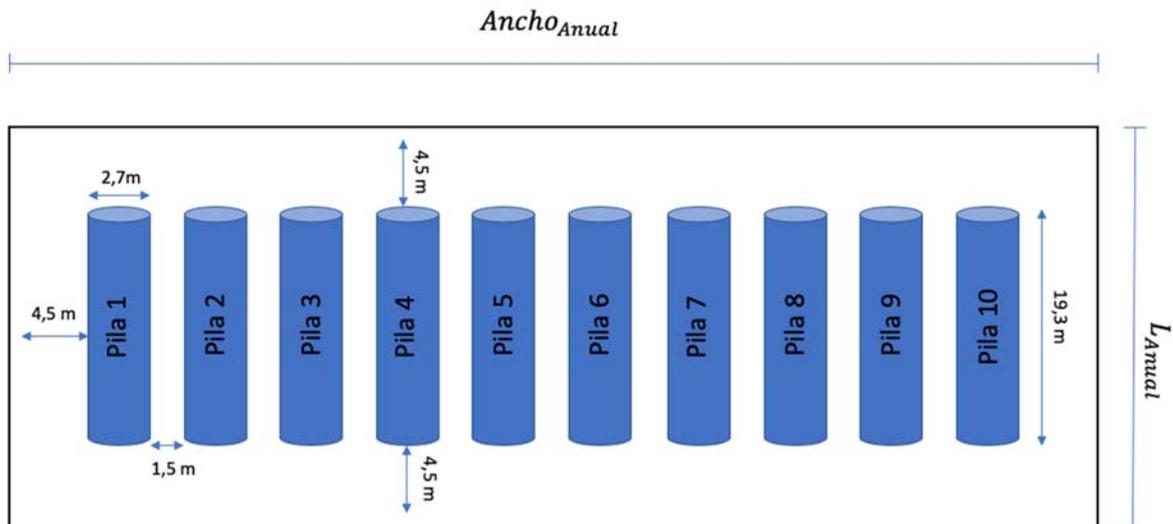


Figura 4. Geometría de almacenaje

El cálculo del ancho anual, se realizará teniendo en cuenta el número de pilas (10), el número de pasillos (9) y de laterales (2), todo con sus respectivas dimensiones. De esta forma se obtiene:

$$Ancho_{Anual} = (10 \cdot 2,7 m) + (9 \cdot 1,5 m) + (2 \cdot 4,5 m) = 49,5 m$$

En el caso de la longitud anual, es la misma que la longitud mensual debido a que el espacio de las pilas solo se incrementa en ancho y no en largo. Por tanto:

$$L_{Anual} = L_T = 28,23 m$$

El área total necesaria será:

#### Área total anual

$$A_{TOTAL ANUAL} = Ancho_{ANUAL} \cdot L_{Anual} = 49,5 \cdot 28,23 = 1397,4 m^2$$

Por tanto, si tuvieras que dar respuesta a la solicitud realizada por la bodega de vinos, podrías indicar que el área total necesaria anualmente para el proceso de compostaje es de  $1397,4 m^2$ , ocupando casi  $\frac{1}{4}$  de campo de fútbol profesional. Aquí se puede comprender una de las limitaciones de la implantación de las estaciones de compostaje en las propias empresas, y es la gran cantidad de espacio que necesitan. Esto es clave en bodegas o empresas situadas en polígonos industriales, donde la posibilidad de suelo es más limitada. No obstante, en empresas agrícolas o bodegas como las vinícolas, la disponibilidad de suelo suele ser más factible, con lo que la opción del compostaje es una opción válida para implementar un modelo más cercano a la economía circular.

## 5 Conclusiones

El área necesaria para el compostaje es un dato que se debe tener en cuenta en cualquier industria que desee implantar este sistema acorde con un modelo de revalorización de residuos.

La empresa debe tener en cuenta los aspectos claves a la hora de formar las pilas de compost: volumen de residuos, densidad de los mismos e incluso la altura máxima que permite trabajar la volteadora.

Una vez conocidos dichos parámetros se puede determinar el área total, teniendo en cuenta los meses de producción de residuos y sobredimensionando para evitar que una mayor producción de residuos colapse la estación. Otros aspectos esenciales son la distancia mínima entre filas (para permitir el paso de operarios o la propia volteadora) y el espacio entre filas y los lindantes (mayor espacio para permitir la maniobrabilidad de la maquinaria).

El ejemplo práctico mostrado detalla una situación real donde es necesaria conocer previamente el área de compostaje, para así valorar si se tiene suficiente disponibilidad territorial para llevar a cabo el proyecto acercándose así a un modelo de economía circular.



## 6 Bibliografía

[1] C. Segura, C. Guerrero, E. Posada, J.Mojica, W. Pérez. "Caracterización de residuos de la industria vinícola del valle de Sáchica con potencial nutricional para su aprovechamiento después del proceso agroindustrial". Conference Paper. Octubre 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.3024.8406

[2] Manual. Tratamiento de residuos urbanos o municipales (UF0285). Certificados de profesionalidad. Gestión de residuos urbanos e industriales (SEAG0108). María Dolores López Pérez.