

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

CAMPUS D'ALCOI

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

**“Estudio técnico de implantación de una planta de compostaje
para el área geográfica de Les Marines”**

Autor:

D. Julio Picó Saiz

Dirigido por:

Dr. Vicent Fombuena Borràs

Julio 2020

RESUMEN

“Estudio técnico de implantación de una planta de compostaje para el área geográfica de les marines”

El aumento del volumen del volumen de residuos sólidos urbanos que genera la población es creciente con el tiempo por lo que también lo es el volumen de residuos que llegan a los vertederos donde quedan como un producto sin valor dando lugar a un problema de contaminación del suelo, así como otros problemas ambientales como olores, plagas y emisiones contaminantes.

El objetivo de este proyecto es el estudio de la implantación de una planta de compostaje para el área de les marines y ciudad del Campello, que pertenecen a la misma área de gestión de residuos de la Generalitat Valenciana, con el fin de revalorizar los residuos en forma de compost que sirva como sustrato para aplicación agrícola dotando de nuevos nutrientes al suelo y al mismo tiempo contribuyendo a la reducción del volumen de residuos en los vertederos y por tanto disminuyendo los problemas ambientales que esto provoca. Por último, se determinará la viabilidad económica de este ambicioso proyecto que contribuye a una economía circular sostenible y comprometida con el medio ambiente.

SUMMARY

“Study of the implantation of a composting plant for the area of les marines and the city of El Campello”

The increase in the volume of urban solid waste generated by the population is increasing over time, and so is the volume of waste that reaches landfills where it remains a worthless product, leading to a problem of soil contamination, as well as other environmental problems such as odors, pests and polluting emissions.

The objective of this project is the study of the implantation of a composting plant for the area of les marines and the city of El Campello, which belong to the same waste management area of the Generalitat Valenciana, in order to revalue the waste in Compost form that serves as a substrate for agricultural application providing new nutrients to the soil and at the same time contributing to the reduction of the volume of waste in landfills and therefore reducing the environmental problems that this causes. Finally, the economic viability of this ambitious project will be determined, which contributes to a sustainable circular economy committed to the environment.

RESUM

“Estudi de la implantació de una planta de compostage per al área de les marines i ciutat del Campello”

L' augment del volum de residus sòlids urbans que genera la població es creixent amb el temps per la qual cosa també ho es el volum de residus que apleguen als abocadors on queden com un producte sense valor donant lloc a un problema de contaminació del sol, així com altres problemes ambientals com olors, plagues i emissions contaminants.

L' objectiu d' aquest projecte es l' estudi de la implantació de una planta de compostage per al área de les marines i ciutat del Campello, que pertanyen a la mateixa área de gestió de residus de la Generalitat Valenciana, amb la finalitat de revaloritzar els residus en forma de compost que servisca com a sustrat per aplicació agrícola dotant de nous nutrients al sol i al mateix temps contribuïnt a la reducció del volumen de residus als abocadors i per tant una disminució dels problemes ambientals que aço provoca. Per últim, es determinarà la viabilitat econòmica d' aquest ambiciós projecte que contribuïx a una economia circular sostenible i compromesa amb el medi ambient.

Tabla de Contenidos

RESUMEN.....	3
SUMMARY	4
RESUM	5
LISTADO DE ILUSTRACIONES.....	10
LISTADO DE TABLAS	12
ÍNDICE DE UNIDADES.....	14
I. INTRODUCCIÓN	15
I.1. INTRODUCCIÓN.	16
I.1. Contexto Geo-Político	16
I.2. Qué consideramos un RSU.....	18
I.3. Qué es el compostaje.....	18
I.4. Valoración del residuo.....	19
I.5. Ventajas e inconvenientes.....	20
I.6. Esquema y definición de las fases del compostaje.	21
I.7. Variables que influyen en el proceso y que deberemos controlar.....	23
I.7.1 <i>Temperatura</i>	23
I.7.2 <i>Humedad</i>	25
I.7.3 <i>pH</i>	26
I.7.4 <i>Aireación</i>	27
I.7.5 <i>Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)</i>	29
I.7.5 <i>Tamaño de la partícula</i>	29
I.8. Sistemas de compostaje	31
I.9. Recogida de lixiviados y control de humedad	32

I.10. Venta y distribución.....	33
I.11. Higiene y características.	33
I.12. Compost.....	34
<i>I.11.1 Aplicaciones y especificaciones que debe cumplir el compost.</i>	<i>34</i>
I.13. Características de la planta.....	36
I.14. Plantas de transferencia y planta de tratamiento	37
I.15. Ubicación de la planta de compostaje	38
II. OBJETIVOS.....	41
II.1. OBJETIVO GENERAL.....	42
II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	42
III. DESARROLLO PROYECTO.....	43
III.1. Diagrama de flujo del proceso	44
III.2. Recepción, tamizado y trommel.....	46
III.3. Mezcla y homogeneización.	48
III.4. Disposición en pilas	49
III.4.1 Volteado en las pilas.....	50
III.4.2 Movimiento y colocación de los residuos en forma de pila.	51
III.5. Zona de maduración.....	52
III.5.1 Superficie de maduración necesaria.....	52
III.5.2. Etapa de recogida de lixiviados y aporte de humedad de nuevo al medio.....	56
III.5.3. Etapa de afino.	57
III.5.3. Etapa de ensacado.	59
<i>III.5.3.1 Transporte de sacos</i>	<i>60</i>
<i>III.5.3.1 Cinta transportadora.</i>	<i>61</i>

III.6. Presupuesto Económico.	63
III.6.1. Movimiento de tierras.	63
III.6.1.1. Desbroce del terreno desarbolado.....	63
III.6.1.2. Excavación y vaciado a máquina.	64
III.6.1.3. Transporte de residuos al vertedero.	65
III.6.2. Cimentación.	65
III.6.2.1. Geomembrana impermeabilizante.	65
III.6.2.2. Hormigón armado HA-30	66
III.6.3. Estructura y cubierta.	67
III.6.3.1. Estructura metálica.	67
III.6.3.2. Cubierta de chapa galvanizada.....	67
III.6.4. Seguridad y salud.....	68
III.6.5. Gestión de residuos.	69
III.6.6. Control de calidad.	69
III.6.7. Gastos adicionales.	70
III.7. Estudio de viabilidad económica del proyecto.	71
III.7.1. Escenario 1	71
III.7.2. Escenario 2	73
III.7.3. Escenario 3	74
III.7.4. Escenario 3 en condiciones reales.....	75
III.8. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	78
III.7. CONCLUSIONES.....	80
IV. APÉNDICES	82
IV.1. REFERENCIAS.....	83
IV.2. Especificaciones técnicas de funcionamiento de los equipos... 86	

IV.2.1. Trommel.....	86
IV.2.2. Trituradora.....	87
IV.2.3. Votadora.....	88
IV.2.4. Cribadora	89
IV.2.5. Ensacadora.....	90
IV.2.5. Carretilla elevadora.....	91
IV.2.5. Pala cargadora	92

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 toneladas/año de RSU por territorio en la CV	16
Ilustración 2 Zonificación de la gestión de residuos en la Comunidad Valenciana	17
Ilustración 3 Esquema conceptual del proceso de transformación	19
Ilustración 4 Temperatura VS tiempo de las diferentes fases del proceso.....	21
Ilustración 5 Sonda de temperatura termopar SKP-KIMO.....	25
Ilustración 6 Superficie propuesta para la planta de compostaje.....	39
Ilustración 7 Localización propuesta para la planta.....	40
Ilustración 8 Diagrama de flujo del proc.....	44
Ilustración 9 Trommel de uso en residuos sólidos urbanos TR2,5/10/12.....	47
Ilustración 10 Trituradora UNTHA XR2000/3000	48
Ilustración 11 Volteadora MENART SPM-73.....	50
Ilustración 12 Máquina cargadora de ruedas 409 JCB y Pala GP 1,2 m ³	51
Ilustración 13 Dimensiones de la cara en forma de triángulo equilátero de la pila en milímetros.....	53
Ilustración 14 Superficie, m ² VS Número de pilas.....	54
Ilustración 15 Superficie, m ² VS Número de pilas	55
Ilustración 16 Volumen de regodida de lixiviados.....	57
Ilustración 17 Cribadora MENART TSC-1950	58
Ilustración 18 CHRONOS Serie PTW-1200	59
Ilustración 19 HYSTER J2.2-3.5XN	60
Ilustración 20 Cinta transportadora Savatech multicapa	62
Ilustración 21 Desbroce y limpieza del terreno con maquinaria	64
Ilustración 22 Excavación y movimiento de tierras.....	64

Ilustración 23 Transporte de residuos al vertedero	65
Ilustración 24 Geomembrana impermeabilizante	66
Ilustración 25 Hormigón armado	66
Ilustración 26 Estructura metálica y elementos de seguridad	67
Ilustración 27 Cubierta chapa de acero galvanizado.....	68
Ilustración 28 Red de seguridad	68
Ilustración 29 Otros elementos de seguridad.....	69
Ilustración 30 Gestión de residuos.....	69
Ilustración 31 Control de calidad.....	70
Ilustración 32 Trommel, componentes principales.....	86
Ilustración 33 Trommel, especificaciones técnicas según modelo.....	87
Ilustración 34 Trituradora escogida y especificaciones técnicas de funcionamiento	87
Ilustración 35 Especificaciones técnicas de la volteadora según modelo	88
Ilustración 36 Especificaciones técnicas de la cribadora según modelo	89
Ilustración 37 Especificaciones técnicas ensacadora para el modelo escogido	90
Ilustración 38 Especificaciones técnicas de la carretilla elevadora según modelo	91
Ilustración 39 Especificaciones técnicas de la pala cargadora para el modelo elegido...92	

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas e inconvenientes de la realización del proceso de transformación.....	20
Tabla 2 Fases del proceso de compostaje	22
Tabla 3 Variables a controlar en el proceso de compostaje.....	23
Tabla 4 Influencia y manipulación de la temperatura del proceso	24
Tabla 5 Influencia y manipulación de la humedad del proceso.....	26
Tabla 6 Influencia y manipulación del pH del proceso.....	27
Tabla 7 Influencia y manipulación del nivel de aireación del proceso	28
Tabla 8 Influencia y manipulación de la relación C:N del proceso.....	29
Tabla 9 Influencia y manipulación del tamaño de partícula en el proceso	30
Tabla 10 Principales patógenos en el proceso de fermentación.....	33
Tabla 11 Clasificación del compost según la composición de sus metales RD 824/2005	35
Tabla 12 Especificaciones fertilizante según RD 824/2005	35
Tabla 13 Datos generación de residuos CV, tasa de crecimiento y estimación 2040.....	36
Tabla 14 Cálculos de la capacidad necesaria de la planta en función de los datos del consorcio de residuos	37
Tabla 15 Etapas del proceso de compostaje	45
Tabla 16 Especificaciones técnicas TR2,5/10/12	47
Tabla 17 Especificaciones volteadora MENART SPM-73.....	50
Tabla 18 Dimensionado de la planta para 20 pilas	55
Tabla 19 Especificaciones técnicas Cribadora MENART TSC-1950	58
Tabla 20 Dimensionado de la planta para 20 pilas	63
Tabla 21 Escenario económico 1 (sólo membrana geoimpermeabilizante)	72

Tabla 22 Escenario 2 (cimentación).....	73
Tabla 23 Escenario 3 (cimentación y cubierta).....	74
Tabla 24 Ingresos variables durante los 20 años de amortización de la planta.....	76
Tabla 25 Escenario 3 en condiciones reales de ingresos variables.....	77
Tabla 26 Balance económico real	77

ÍNDICE DE UNIDADES

kg	kilogramos
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
m ³ /h	metros cúbicos por hora
kg/h	kilogramos por hora
m ³ /d	metros cúbicos por día
kg/d	kilogramos por día
W	Wattios
kW	kiloWattios
hp	caballos de potencia
cv	caballos de potencia
BPM	Bags per minut (sacos por minuto)
CO ₂	Dióxido de Carbon
C	Carbono
N	Nitrógeno
C/N	Relación entre la masa de Carbono y Nitrógeno

I. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

I. Introducción

I.1. INTRODUCCIÓN.

I.1. Contexto Geo-Político

En los últimos 12 años se ha incrementado un promedio del 21% el volumen generado de residuos sólidos urbanos en la comunidad valenciana. Concretamente el 24,45%, 29,76% y 15,69% para Alicante, Castellón y Valencia respectivamente, como también se puede observar en el siguiente gráfico:

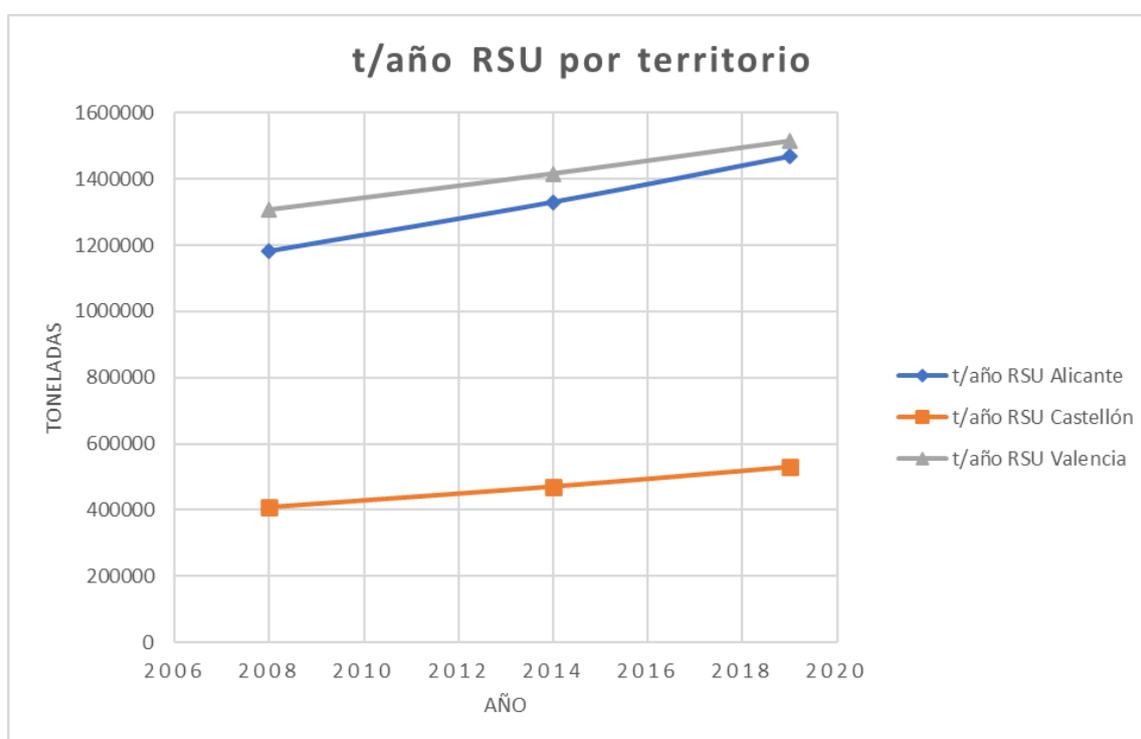


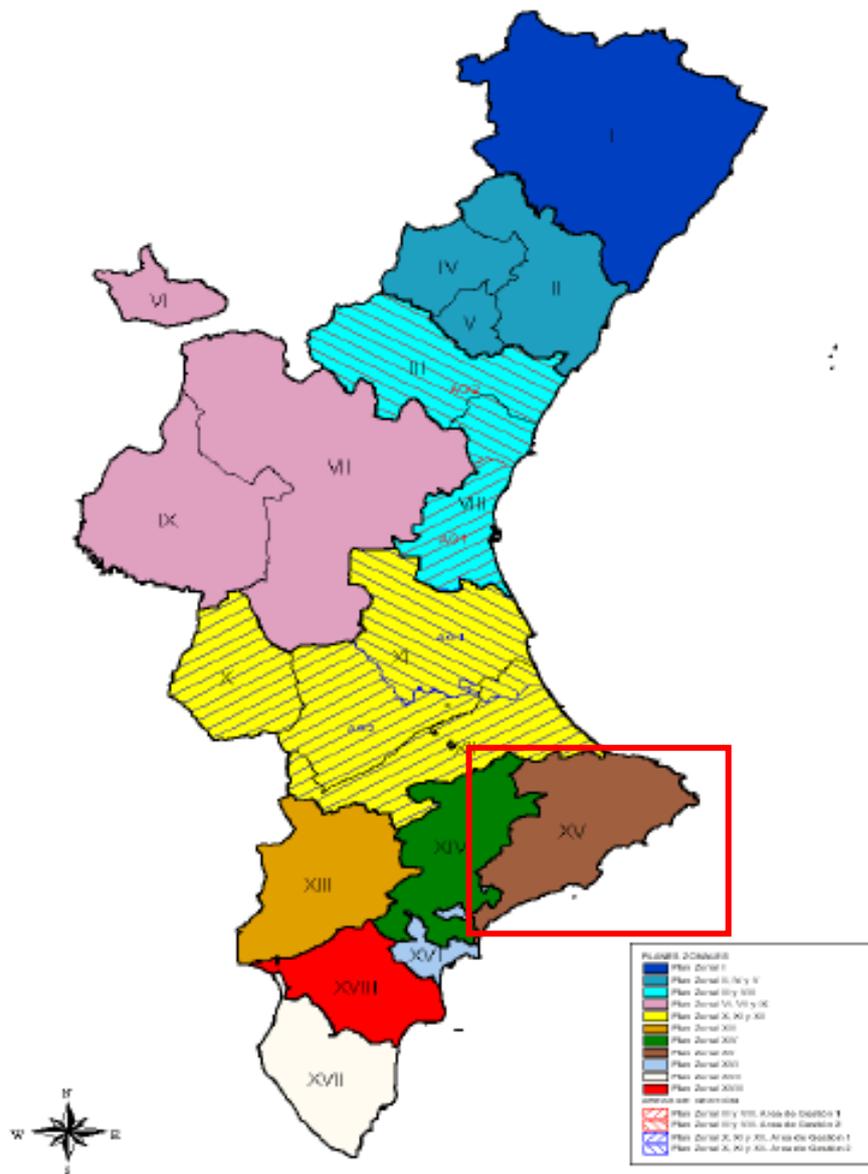
Ilustración 1 toneladas/año de RSU por territorio en la CV

Se puede observar claramente, según fuentes de la Generalitat (Valenciana, 2016) que el volumen de residuos urbanos generados es creciente, y está ligado al crecimiento demográfico y al desarrollo de las tecnologías.

El 46% del volumen total de los residuos sólidos urbanos es materia orgánica, por lo que con el fin de disminuir el volumen de residuos generados en los vertederos, así como revalorizar un residuo contribuyendo a una economía circular, se hace en el presente trabajo un estudio para la implantación de una planta de compostaje en el área

I. Introducción

de les marines de la provincia de alicante, que abarca las comarcas de Marina alta, Marina baja y la ciudad de Campello, según la zonificación de la gestión de residuos urbanos de la Comunidad Valenciana.



Zona XV	Les Marines (Marina Alta, Marina Baixa y el municipio de El Campello)
----------------	---------------------------------------------------------------------------------

Ilustración 2 Zonificación de la gestión de residuos en la Comunidad Valenciana

I. Introducción

I.2. Qué consideramos un RSU

Si nos tomamos una de las definiciones más comúnmente identificadas de este vocablo según la Real Academia Española de la lengua un residuo es aquel material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación. Esta misma definición es la que utiliza la Ley 22/2011 para definir que es un residuo que dice así: “Se considerará un residuo al material desechado después de que haya realizado un trabajo o cumplido con su misión” ((BOE) B. O., 2016).

La generación de un gran volumen de residuos lleva consigo a la necesidad de un gran volumen de vertederos, lo que se traduce con un gran volumen de suelo contaminado, olores, y numerosos microorganismos reproduciéndose que afecta gravemente al medioambiente pudiendo llegar a causar incluso un problema de salud pública, si dichos residuos no se gestionan de forma adecuada. De ahí el objeto de este proyecto, ya que el compostaje puede reducir la masa de los residuos en un 70%, generando además con el 30% restante de dicha masa un producto que tiene valor por lo que conseguimos evitar contaminar un gran volumen de suelo ocupado en los vertederos, así como reducir los olores y evitar plagas y demás.

I.3. Qué es el compostaje

La utilización de materia transformada como abono para los cultivos, es una técnica utilizada y documentada desde el siglo I a.C., a esta técnica hoy en día la conocemos comúnmente como compostaje, que no es más que un proceso de fermentación aerobia de la materia orgánica.

Para poder realizar esta técnica se necesita materia orgánica biodegradable y una población microbiana inicial, así como unas condiciones adecuadas para favorecer este proceso por lo que deberemos controlar ciertas variables que explicaremos mas adelante con el fin de lograr un proceso eficiente y económicamente optimizado.

I. Introducción

I.4. Valoración del residuo

A partir de un residuo sin valor aparente, se consigue, mediante este proceso de transformación, obtener un producto que sí tiene valor y uso para la sociedad, contribuyendo a lo que se conoce como economía circular que no es más que un modelo cíclico sostenible en el que como hemos dicho obtenemos un bien o servicio que ahora sí tiene valor a partir de lo que era un residuo para la sociedad que lo ha desechado.

Con este modelo cíclico se contribuye a la demanda social de un compromiso con el medioambiente que es cada vez mayor, así como la obtención de un beneficio económico a partir de una materia prima a coste cero.

Un esquema del proceso de transformación que se lleva a cabo sería el siguiente:



Ilustración 3 Esquema conceptual del proceso de transformación

Cabe decir que otros residuos como el papel y el cartón, así como ciertos plásticos que presentan componentes biodegradables, se pueden compostar, aunque en este estudio nos centraremos especialmente en compostar la materia orgánica desechada de que forma parte de los residuos domésticos dejando el resto de los residuos mencionados para tratar en sus respectivas plantas de reciclaje

I. Introducción

I.5. Ventajas e inconvenientes.

A continuación, se expone en forma de tabla, las principales ventaja e inconvenientes que presenta realizar este proceso:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">-transformar en un material orgánico estable (fertilizante/compost) los residuos sólidos urbanos con una fracción orgánica biodegradable.-al producto resultante se le puede dar uso como sustrato para el crecimiento de plantas.-aumentar las propiedades de contención de agua del suelo.-aumento de la población microbiana del suelo.-producto almacenable y no atrae insectos.	<ul style="list-style-type: none">-separación previa necesaria de los residuos no fermentables, como plásticos no biodegradables, metales o vidrio del volumen total de los RSU.-posible presencia de elementos no degradables en el compost.-requiere de un aporte de agua y aire.-necesidad de una gran superficie para el proceso de transformación-olores y patógenos presentes durante el proceso de transformación.

Tabla 1 Ventajas e inconvenientes de la realización del proceso de transformación

I. Introducción

I.6. Esquema y definición de las fases del compostaje.

En función de la evolución de temperatura, el proceso de transformación objeto de este estudio se puede dividir en 4 periodos:



Ilustración 4 Temperatura VS tiempo de las diferentes fases del proceso

I. Introducción

<i>FASE:</i>	<i>Descripción:</i>
Mesófila	<p>-En esta primera fase se acidifica la materia, es decir, disminuye el pH, se degradan las fracciones de carbono más débiles, los hongos mueren y se genera calor y dióxido de carbono. La temperatura se eleva mínimo 40 grados debido a la actividad metabólica.</p>
Termófila	<p>-En esta segunda fase, se produce la transformación en amoníaco del nitrógeno al aumentar la temperatura dando lugar a un pH alcalino.</p> <p>-Se degradan las fracciones de carbono más resistentes, se produce la destrucción de microorganismos patógenos y disminuye la actividad respiratoria.</p> <p>-Elevándose la temperatura a en torno a 70 grados centígrados se produce el cese casi total de la actividad microbiana.</p> <p>-Se producen bacterias esporígenas y actinomicetos que descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas.</p>
Mesófila	<p>-En esta fase de enfriamiento, una vez que la temperatura baja de los 60 grados centígrados, reaparecen los hongos termófilos que descomponen la celulosa.</p> <p>-Más tarde, cuando la temperatura disminuye por debajo de los 40 °C reaparecen los hongos mesófilos reinician su actividad descomponiendo hasta acabar con la totalidad de los nutrientes descendiendo al mismo tiempo el pH del medio ligeramente acidificando la materia.</p>
Maduración	<p>-En este último periodo que se produce a temperatura ambiente puede requerir incluso meses debido a la baja actividad microbiana. Se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus, es decir, proliferan hongos degradándose polímeros complejos.</p>

Tabla 2 Fases del proceso de compostaje

I. Introducción

I.7. Variables que influyen en el proceso y que deberemos controlar.

<i>Variables que influyen en el proceso de transformación:</i>	
<i>-Temperatura</i>	<i>-Oxígeno</i>
<i>-Humedad</i>	<i>-Relación Carbono/ Nitrógeno</i>
<i>-pH</i>	<i>-Población microbiana</i>

Tabla 3 Variables a controlar en el proceso de compostaje

De entre todas las variables mencionadas, las que se deben controlar para optimizar el proceso de compostaje son: temperatura, humedad, pH y %Oxígeno. A continuación, se explicará cómo influye cada una, qué valor debe tener y también como poder manipularla ante posibles cambios o alteraciones de estas variables durante el proceso.

I.7.1 Temperatura

La temperatura marca la evolución del proceso de compostaje como podemos observar en la anterior Ilustración. Pequeños cambios en esta variable afectan de forma mayor que en otras como son la humedad, pH o la relación entre el carbono y el nitrógeno presente en el medio. Para obtener un producto final de mayor calidad, la temperatura de 70°C que se alcanza en la fase inicial debe mantenerse o decrecer de forma lenta el mayor tiempo posible, consiguiendo así una mayor velocidad de descomposición.

Vamos a resumir en la siguiente tabla las causas que pueden causar incrementos en esta variable, así como las posibles actuaciones que podríamos realizar para manipularla en el caso de que se den dichas circunstancias.

I. Introducción

<i>Variable T</i>	<i>Causas</i>	<i>Circunstancias</i>	<i>Actuación</i>
<i>< 35°C (T baja)</i>	<i>Déficit de Nitrógeno o relación C/N no óptima.</i>	<i>Si los microorganismos no tienen bastante Nitrógeno para generar enzimas y proteínas, entonces disminuye su actividad. Por tanto, podemos decir que la relación C/N es demasiado alta</i>	<i>Se puede añadir material con alto contenido en Nitrógeno para corregirlo, como por ejemplo el estiércol.</i>
	<i>Material insuficiente</i>	<i>Si la cantidad de material es insuficiente o la geometría de la pila es inadecuada puede propiciar una disminución de la temperatura.</i>	<i>La forma de corregirlo es añadir más material y comprobar la geometría de la pila.</i>
	<i>Humedad baja</i>	<i>Si hay una falta de humedad es de esperar que la temperatura disminuya, disminuyendo los microorganismos su actividad metabólica.</i>	<i>La forma de corregir esta falta es humedecer el material o en su defecto, añadir nuevo material que al estar fresco, presentara mayor humedad.</i>
<i>>70°C (T alta)</i>	<i>Humedad o ventilación insuficiente</i>	<i>Si la temperatura se incrementa en demasía el proceso de descomposición queda inhibido. Aunque no desaparezca toda la actividad microbiana, ésta no es la suficiente para activar los microorganismos mesofílicos que ayudan a facilitar la finalización del proceso</i>	<i>Voltear y verificar el valor de la humedad (55-60%). Se añade también material de alto contenido en Carbono y baja velocidad de degradación como puede ser madera o pasto seco para que se ralentice el proceso.</i>

Tabla 4 Influencia y manipulación de la temperatura del proceso

I. Introducción



Ilustración 5 Sonda de temperatura termopar SKP-KIMO

I.7.2 Humedad

La presencia del agua es estrictamente necesaria cuando hablamos de un proceso en el que intervienen microorganismos. El agua es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a estas células. La cantidad de agua en el medio es uno de los parámetros más importantes del proceso así como una variable a controlar para optimizar el mismo. En la siguiente tabla se detallará como las causas y circunstancias que se dan, así como corregirlo para alteraciones positivas o negativas sobre el rango ideal del proceso que es mantener una humedad relativa entre el 45% y 60%.

I. Introducción

<i>Variable: Humedad</i>	<i>Causa</i>	<i>Circunstancias</i>	<i>Actuación</i>
<i>< 45%</i>	<i>Humedad insuficiente.</i>	<i>Se puede llegar a detener por completo el proceso de compostaje por dicha falta de agua para los microorganismos</i>	<i>Regular la humedad en forma de agua o añadiendo material fresco que presente una humedad mayor (césped, frutas y verduras...)</i>
<i>> 60%</i>	<i>Oxígeno insuficiente</i>	<i>Si el material tiene un exceso de humedad pueden darse zonas en las que el oxígeno no alcance un valor adecuado dando lugar a zonas anaerobias Influencia y manipulación de la temperatura del proceso</i>	<i>Se debe voltear la mezcla y/o añadir material de baja humedad y alto valor en carbono como hojas secas, serrines o paja.</i>

Tabla 5 Influencia y manipulación de la humedad del proceso

1.7.3 pH

La supervivencia de los microorganismos depende directamente del valor del pH en el proceso de compostaje. Además, con la medida de esta variable se puede determinar el estado de aireación de la muestra ya que una falta de aire se traduce con una falta de oxígeno, y las condiciones anaerobias hace que se liberen ácidos orgánicos que acidifican el medio provocando un descenso en el valor del pH. A continuación, se explica en la tabla la causa y las circunstancias que se dan, así como la forma de actuar ante posibles desviaciones del pH fuera de su rango ideal que es: $4,5 < \text{pH} < 8,5$

I. Introducción

<i>Variable pH</i>	<i>Causa</i>	<i>Circunstancias</i>	<i>Actuación</i>
<i><4,5</i>	<i>Exceso de ácidos orgánicos</i>	<i>Los materiales vegetales como restos de cocina o frutas liberan numerosos ácidos orgánicos, provocando el descenso de esta variable.</i>	<i>Añadir material rico en Nitrógeno hasta obtener una relación C/N óptima.</i>
<i>>8,5</i>	<i>Exceso de Nitrógeno</i>	<i>Cuando hay exceso de Nitrógeno en la materia prima, la relación C/N es deficiente, lo cual ligado a la humedad y una alta temperatura produce amoníaco en el medio lo cual provoca un aumento de la variable.</i>	<i>Añadir material con menor humedad y alto contenido en Carbono.</i>

Tabla 6 Influencia y manipulación del pH del proceso

I.7.4 Aireación

La respiración de los microorganismos, al igual que la nuestra, libera dióxido de carbono (CO₂). Se debe mantener una aireación adecuada evitando que el material se compacte o encharque evitando alteraciones en los niveles de oxígeno en el medio cuya mayor tasa de consumo es en la fase termofílica. El nivel ideal de la saturación de oxígeno en el medio es del 10% y debemos evitar que se sitúe por debajo del 5%. Hay que hacer hincapié en el proceso de aireación ya que un exceso de la misma provocaría una disminución de la temperatura que como hemos indicado anteriormente es fundamental evitar variaciones para mantener la actividad metabólica de los microorganismos elevada. Del mismo modo, un exceso de aireación puede hacer disminuir la humedad provocando una mayor evaporación del agua del medio. En caso contrario, si la aireación es baja, el agua se evapora de forma insuficiente produciéndose un exceso de humedad y presentándose zonas con anaerobiosis, lo cual provoca olores y mayor acidez en el medio.

I. Introducción

Por otra parte, la cantidad de CO₂ que se libera a la atmósfera variará en función de la actividad microbiana y de la materia prima utilizada. Cabe destacar que el CO₂ derivado de este proceso se considera de bajo impacto ambiental debido a que la gran mayoría es capturado por las plantas y utilizado para realizar la fotosíntesis.

El rango ideal para esta variable es: $5 < \% \text{Oxígeno} < 15$

A continuación, se explica en la tabla las causas, circunstancias y forma de actuar ante posibles variaciones de esta variable.

<i>Variable:</i>	<i>Causa</i>	<i>Circunstancias</i>	<i>Actuación</i>
<i>%O₂</i>			
<i><5%</i>	<i>Baja aireación</i>	<i>El agua no se evapora con suficiente rapidez provocando un exceso de humedad y con ello zonas anaeróbicas.</i>	<i>Se debe voltear la mezcla y/o añadir material estructurante que permita la aireación.</i>
<i>>10%</i>	<i>Elevada aireación</i>	<i>Se produce un descenso de la temperatura y eleva la velocidad de evaporación de agua dando lugar al paro del proceso por falta de agua.</i>	<i>Picar y reducir tamaño de poro del material, reduciendo así la aireación. Corregir humedad proporcionando agua al material o añadiendo material fresco que presente mayor humedad.</i>

Tabla 7 Influencia y manipulación del nivel de aireación del proceso

I. Introducción

I.7.5 Relación Carbono/ Nitrógeno (C/N)

La relación C/N inicial es impredecible ya que varía en función de la materia prima utilizada o lo que es lo mismo, del residuo utilizado. Se calcula como el cociente entre el %Carbono total y %Nitrógeno total del material que se va a compostar.

El rango ideal es: 25:1 <C/N< 35:1, aunque en el proceso se observará disminuir hasta una relación 15:1.

<i>Variable:</i> C/N	<i>Causa</i>	<i>Circunstancias</i>	<i>Actuación</i>
>35:1	<i>Exceso Carbono</i>	<i>Materiales ricos en carbono presentes en la materia prima utilizada por lo que provocará disminuciones de la temperatura y ralentización del proceso.</i>	<i>Añadir material rico en Nitrógeno hasta alcanzar C/N deseada.</i>
<15:1	<i>Exceso Nitrógeno</i>	<i>Existe exceso de Nitrógeno en la materia prima utilizada por lo que la temperatura aumentará generando amoníaco y malos olores por el mismo.</i>	<i>Añadir material rico en carbono como serrín, hojas secas o restos de poda.</i>

Tabla 8 Influencia y manipulación de la relación C:N del proceso

I.7.5 Tamaño de la partícula

El tamaño de la partícula influye en el correcto desarrollo del proceso ya que a menor tamaño de la misma mayor será la superficie de transferencia disponible durante el proceso, lo cual facilitará un aumento en la actividad microbiana y con ello disminuyendo el tiempo necesario para la reacción y también aumentando el rendimiento.

En la siguiente tabla se explican las causas, circunstancias y forma de actuar para manipular esta variable a nuestro favor. El rango ideal del tamaño de partícula es entre 5 y 30 centímetros.

I. Introducción

<i>Variable</i>	<i>Causa</i>	<i>Circunstancias</i>	<i>Actuación</i>
<i>Tamaño de partícula</i>			
<i><5cm</i>	<i>Compactación elevada</i>	<i>Las partículas pequeñas crean lo que se conoce como poros de agua, que son poros pequeños que facilitan la compactación así como restringiendo el paso del aire apareciendo zonas que presentan anaerobiosis.</i>	<i>Voltear y añadir materia prima de mayor tamaño.</i>
<i>>30cm</i>	<i>Compactación baja</i>	<i>Un gran tamaño de partícula facilita enormemente el paso del aire por lo que disminuye la temperatura y ralentiza el proceso</i>	<i>Picar el material hasta conseguir un tamaño óptimo de entre 10 y 20 centímetros.</i>

Tabla 9 Influencia y manipulación del tamaño de partícula en el proceso

Una vez madurado el compost se propondrá el uso de un método densiométrico como ciclones o cribadoras con el fin de separar las partículas por tamaño con el fin de ofrecer un producto final que represente un aspecto homogéneo estándar, retornando las partículas de mayor tamaño (>25 mm) al proceso de maduración.

I. Introducción

I.8. Sistemas de compostaje

Existen 3 tipos de realizar el proceso de compostaje:

I.8.1 Contenedores: Se trata de un sistema simple sobre todo enfocado a volúmenes de tratamiento pequeños. Son recipientes herméticos de geometría generalmente rectangular de un material anticorrosivo y con doble suelo para la recogida de lixiviados.

I.8.2 Reactores dinámicos: Se trata de un reactor cilíndrico dispuesto en forma horizontal con un sistema mecánico que permite voltear el material, no obstante se trata del sistema más caro y el objeto de este estudio es una planta de gran capacidad por lo que escogeremos una solución más económica como es la disposición en pilas.

I.8.3 Disposición en pilas:

Es el sistema más utilizado ya que es simple y económico. Se trata de disponer los materiales amontonados sobre el pavimento y mediante el control de las variables anteriormente descritas se consigue la transformación aeróbica de la materia orgánica en un periodo de 12 a 14 semanas aproximadamente. Para colocar el material de esta forma se requerirá del uso de una cinta transportadora.

Dentro del sistema de compostaje por pilas podemos distinguir entre varios subtipos:

I.8.3.1 Sistema abierto o cerrado: La diferencia entre un sistema abierto o cerrado es la colocación de una cubierta sobre las pilas, lo cual será propuesto en este estudio, ya que es una forma de controlar la variable de la humedad cuando se dan fenómenos atmosféricos como lluvia.

I.8.3.2 Sistema con aireación pasiva o aireación forzada: Para poder controlar la variable de aireación, se colocan estructuras que facilitan dicha manipulación en forma de conducciones en el interior de las pilas para que no existan diferentes estados de aireación entre diferentes puntos del volumen de material que forma la pila. La homogeneización de los valores de las variables a controlar en todos los puntos facilitará

I. Introducción

que la maduración se realice a la misma velocidad en todos los puntos. Estas estructuras de aireación son normalmente de material plástico como PVC. Estos sistemas pueden ser alimentados de forma pasiva o forzada con la ayuda de bombas o sistemas industriales de ventilación. Las capas más superficiales de la pila no suponen un problema ya que su aireación se produce por convección natural por el contacto del aire con dicha pila ya que, aunque exista una cubierta, las instalaciones están ventiladas ya que normalmente no existen paramentos verticales que limiten la cubierta, sino que queda la instalación está completamente ventilada.

I.8.3 Pilas con o sin volteo: Las pilas sin volteo es el procedimiento más simple, aunque con el fin de homogeneizar el valor de las variables en todos los puntos de la pila, la mejor opción es contar con una volteadora que remueva periódicamente el material apilado. Para determinar el momento de volteo se medirán las variables a controlar descritas en el *Apartado 1.7*.

I.9. Recogida de lixiviados y control de humedad

Como decíamos anteriormente la cubierta evita que el agua consecuencia de la lluvia alcance las pilas, así como controla la condensación de las propias pilas en periodos secos. No obstante, una de las etapas más importantes del proceso será la recogida y gestión de los lixiviados. Para ello se dotará al pavimento de dispuesto de cierta pendiente, así como de canalizaciones para poder recoger el exceso de agua recogiendo en balsa para su posterior reutilización o tratamiento de aguas residuales. En instalaciones de gran capacidad como la que es objeto de este proyecto será necesaria la construcción de balsas mediante la realización de un movimiento de tierras y colocación de tela impermeabilizante con el fin de no contaminar el suelo mediante el vertido de estos lixiviados en el mismo. Los lixiviados pueden contener compuestos contaminantes como el ácido sulfhídrico, el dióxido de nitrógeno o presencia de metales.

I. Introducción

I.10. Venta y distribución

La forma habitual de venta de compost al por menor es en forma de sacos que pueden ir desde 5 a 50 kg, Big Bags cuya masa suele estar entre los 200 y 500 kg o por último la venta al por mayor mediante remolques apropiados que son capaces de transportar entre 20 y 25 toneladas.

I.11. Higiene y características.

Al darse temperaturas elevadas durante el proceso de transformación se produce la eliminación de bacterias patógenas y parásitos que estaban presentes en la materia prima. Un compost maduro no debe contener sustancias tóxicas para evitando contaminar el suelo con el que se va a poner en contacto a la hora de su uso. En función de la temperatura, humedad, aireación y tamaño de partícula alcanzados en el proceso de maduración, el producto final contará con una inocuidad biológica por tanto es importante alcanzar la temperatura óptima con el fin de eliminar posibles patógenos. De entre los más comunes podemos distinguir:

<i>Patógeno</i>	<i>Temperatura, °C</i>	<i>Tiempo de exposición, min</i>
<i>Salmonella</i>	55	60
	65	20
<i>Brucella abortus</i>	55	60
	62	3
<i>Escherichia coli</i>	55	60
	65	20
<i>Huvos de áscaris lumbricoides</i>	55	4320 (3 días)
<i>Parovirus bovino</i>	55	60

Tabla 10 Principales patógenos en el proceso de fermentación

I. Introducción

I.12. Compost

Las características que debe de tener el producto final, después del proceso de transformación que ha sido explicado con anterioridad, debe ser de aspecto oscuro y olor a tierra de bosque y presentar cierta humedad. Las características químicas que presente serán función de la materia prima utilizada para alimentar el proceso y su composición. Pero en definitiva, además de lo anteriormente dicho, debe presentar un bajo nivel de impurezas y contaminantes y un alto nivel de componentes útiles para su aplicación en agricultura.

Otras características físico-químicas por las que podemos valorar la calidad del compost es la granulometría, porosidad, densidad aparente, capacidad de retener el agua, humedad, el contenido de materia orgánica, velocidad de mineralización y presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos, así como presencia de patógenos primarios y secundarios como los que hemos mencionado anteriormente.

I.11.1 Aplicaciones y especificaciones que debe cumplir el compost.

El compost como bien decíamos en la introducción es una técnica utilizada para mejorar las calidades del suelo de cultivo utilizada desde el siglo 1 a.C. Según el Anexo IV del Real Decreto 824/2005 el compost se define como una enmienda orgánica que puede ser de materiales biodegradables ya sea materia orgánica en descomposición, restos vegetales o de estiércol ((BOE) B. O., 2005).

Del mismo modo según este Real Decreto ciertos parámetros deben cumplir con la siguiente normativa:

I. Introducción

Según el contenido en metales pesados e pueden clasificar en 3 tipos:

<i>Metal, mg.kg-1</i>	<i>Clase A</i>	<i>Clase B</i>	<i>Clase C</i>
<i>Cd</i>	<i>0,7</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Cr</i>	<i>70</i>	<i>250</i>	<i>300</i>
<i>Cu</i>	<i>70</i>	<i>300</i>	<i>400</i>
<i>Hg</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>
<i>Pb</i>	<i>45</i>	<i>150</i>	<i>200</i>
<i>Zn</i>	<i>200</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>
<i>Ni</i>	<i>25</i>	<i>90</i>	<i>100</i>

Tabla 11 Clasificación del compost según la composición de sus metales RD 824/2005

Además, debe cumplir con los siguientes parámetros físico-químicos o microbiológicos:

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
<i>Humedad</i>	<i>30-40 %</i>
<i>Relación C/N</i>	<i><20</i>
<i>Materia orgánica en materia seca</i>	<i><35%</i>
<i>Salmonella</i>	<i>0 NMP/g</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>1000 NMP/g</i>

Tabla 12 Especificaciones fertilizante según RD 824/2005

I. Introducción

I.13. Características de la planta

La propuesta que se va a realizar tiene como objetivo el compostaje de los residuos del área de Las Marinas (Marina Alta y Baja) y ciudad del Campello durante los próximos 20 años, motivo por el cual tomamos los datos existentes sobre las toneladas de residuos domésticos urbanos desechados por la población de estas áreas del plan integral de residuos de la Comunitat Valenciana.

Los datos que nos muestra la bibliografía están recogidos a partir del año 2008, momento desde el cual podemos observar una tendencia creciente constante en la generación de residuos alcanzando en 2019 un 24,45% de incremento en el volumen de residuos generados respecto a 2008 en la provincia de Alicante. Como la tendencia es constante y creciente, podemos hallar la tasa de crecimiento anual del volumen de residuos generados. Para la provincia de Alicante es del 2,22%. A continuación en la tabla observamos que en 2040 se estima que la provincia de Alicante generará una cantidad de 2.122.357 toneladas de residuos al año.

<i>RSU en t/año</i>	<i>2008 (ton.)</i>	<i>2014 (ton.)</i>	<i>2019 (ton.)</i>	<i>Crecimiento anual</i>	<i>Estimación 2040 (ton.)</i>
<i>ALICANTE</i>	1180566	1330167	1469217	2.22%	2122357
<i>CASTELLÓN</i>	407995	470296	529422	2.71%	815906
<i>VALENCIA</i>	1308535	1416638	1513907	1.43%	1945916
<i>COMUNITAT VALENCIANA</i>	2897096	3217101	3512546	1.93%	4869263

Tabla 13 Datos generación de residuos CV, tasa de crecimiento y estimación 2040

Se puede aplicar la tasa de crecimiento de las provincias a los datos facilitados del consorcio de residuos del área de las marinas "mare", el cual nos dice que para el año 2016 se generaron 224.379,26 toneladas de residuos. Si aplicamos la tasa de crecimiento del 2,22% calculada, tenemos que para 2040 se estima que esta zona generará 344.076,48 toneladas al año de residuos, de los cuales compostables serán el 46% por lo

I. Introducción

que la superficie o terreno en el que se vaya a realizar el tratamiento debe tener suficiente capacidad para albergar estos residuos y las instalaciones y equipos industriales deberán tener como mínimo un 60% de la capacidad de trabajo estimada para 2040, según la siguiente tabla. Con esto último se pretende no realizar una inversión inicial especialmente elevada para posteriormente no dar uso a estos equipos, cuya oferta a la hora de la oferta a lo largo de los años puede mejorar en cuanto a precio de adquisición, capacidad de trabajo y demás. No obstante, en este proyecto se va a dimensionar para la capacidad de la planta necesaria que se ha estimado para el año 2040.

<i>RSU en t/año</i>	<i>2016</i>	<i>Crecimiento anual</i>	<i>2020</i>	<i>2040</i>	<i>% Compostable</i>	<i>Toneladas compostables 2040</i>	<i>Capacidad % planta 2020 respecto a 2040</i>
<i>Marina alta</i>	89442.36	2.22%	97394.67	137156.23	46%	63092	59.17%
<i>Marina baja</i>	118381.84	2.22%	128907.16	181533.74	46%	83506	59.17%
<i>Campello</i>	16555.06	2.22%	18026.97	25386.51	46%	11678	59.17%
<i>TOTAL ZONA</i>	224379.26	2.22%	244328.80	344076.48	46%	158275	59.17%

Tabla 14 Cálculos de la capacidad necesaria de la planta en función de los datos del consorcio de residuos

A continuación, se buscará un emplazamiento estratégico situado entre las diferentes plantas de transferencia de la zona.

I.14. Plantas de transferencia y planta de tratamiento

I. Introducción

El uso de estas instalaciones permite optimizar el transporte y los rendimientos de los servicios de recogida. Las plantas de transferencia tienen como objetivo evitar que los camiones de recogida urbana de las localidades que se encuentran más alejadas de la planta realicen largos recorridos. En estas plantas se reciben los camiones de recogida de residuos urbanos y, tras su acondicionamiento, son trasladados a la planta de tratamiento mediante contenedores y vehículos específicos de transporte.

Actualmente hay 2 plantas de transferencia, Denia y Benidorm. Consorci MARE gestiona el Centro de Tratamiento Integral de Residuos “Las Marinas”, ubicado en el municipio de El Campello. En funcionamiento desde el año 2009, recibe los residuos sólidos urbanos generados por los municipios de su ámbito territorial, procedentes en su mayoría de la recogida municipal ordinaria y, en una menor proporción, de la recogida segregada de residuos verdes y voluminosos que se recopilan en los ecoparques.

I.15. Ubicación de la planta de compostaje

En primer lugar, cabe decir que la distancia que separa las localidades de Denia y Campello es de 80 kilómetros de autovía que no representará costes adicionales en el transporte como podría suponer la antigua autopista.

En segundo lugar, cabe decir que el área de la Marina Baja, genera un 25% más de residuos que la Marina alta y a su vez la Marina baja genera aproximadamente 7 veces más residuos que el área del Campello. Por todo esto la ubicación de la planta de compostaje debe ser en la Marina baja con el fin de reducir el volumen de residuos transportados y con ello los costes económicos y ambientales que conlleva el transporte de los mismos. Si además tenemos en cuenta que una de las plantas de transferencia está ubicada en Benidorm, es conveniente que la ubicación no estuviese muy alejada de esta ciudad.

Otro factor clave a tener en cuenta es que esta planta no esté cerca de núcleos urbanos, terreno que es difícil encontrar en esta zona ya que si por algo se caracteriza la zona de las Marinas es la saturación urbanística. Aunque busquemos una zona alejada de los núcleos urbanos también debemos de optimizar esta localización minimizando la

I. Introducción

distancia con la autovía por todo lo anteriormente dicho. Un factor más a tener en cuenta en un proceso en el que el agua es fundamental para su funcionamiento, es el hecho de disponer de este recurso a un coste no elevado.

Y, por último, para elegir correctamente la ubicación se deberá tener en cuenta la superficie necesaria para la capacidad de trabajo propuesta para una planta cuyo planificada para funcionar a 20 años vista.

La planta se situará cerca de la salida 66 de la autopista, a la altura de la Villajoyosa, existe una gran cantidad de terreno sin urbanizar ni explotar agrícolamente que muestra síntomas de desertificación, por lo que propondremos instalar la planta en esta área.

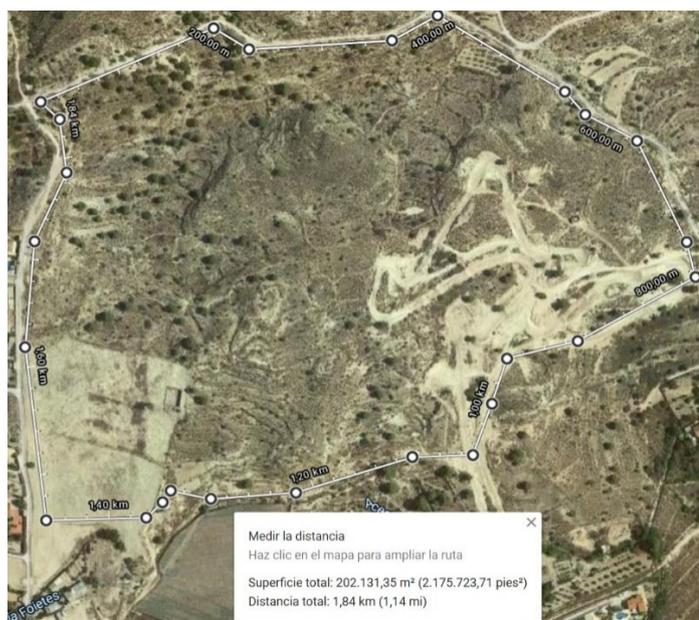


Ilustración 6 Superficie propuesta para la planta de compostaje

I. Introducción



Ilustración 7 Localización propuesta para la planta

En las imágenes anteriores se puede observar las coordenadas de la localización de la planta así como la superficie, aunque este terreno está rodeado de más superficie apta para el objetivo de nuestro proyecto ya que como bien se ha mencionado anteriormente es un terreno árido, no urbanizado y cerca de la autopista en una zona donde no hay masificación turística. El precio del suelo con bajos nutrientes para la agricultura en la localidad de Villajoyosa en zona no urbanizable y no turística tiene un valor de 6 Euros por metro cuadrado, por lo que la superficie escogida para la compra tiene un valor de 1.212.788,1 Euros.

II. OBJETIVOS

OBJETIVOS

II. Objetivos

II.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo de este estudio es determinar la viabilidad de la implantación de una planta de compostaje para tratar la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos del área de la Marina alta, Marina baja y ciudad del Campello con el fin de reducir el volumen de residuos en los vertederos dando al mismo tiempo de nuevo un valor a un residuo contribuyendo a la economía circular.

II.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

Los objetivos particulares de este estudio son:

- Determinar la capacidad que debe tener la planta para poder tratar la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos de las áreas de interés anteriormente mencionadas. Se tendrá en cuenta la tasa de crecimiento de población hasta el año 2040.
- Determinar la ubicación óptima de la planta y superficie necesaria
- Determinar instalaciones necesarias
- Estudiar según bibliografía el tiempo necesario para la transformación de los residuos orgánicos en compost.
- Dimensionamiento de la planta
- Determinar la forma de manipular las variables de control según propuesta del sistema de compostaje elegido.
- Determinar equipos industriales necesarios.
- Tratamiento de residuos producidos
- Estudio de la viabilidad económica de la propuesta.

III. DESARROLLO PROYECTO

**DESARROLLO
PROYECTO**

III. Desarrollo del Proyecto

III.1. Diagrama de flujo del proceso

A continuación, mediante un diagrama de flujo del proceso se representará esquemáticamente las diferentes partes del proceso que se describen en la tabla.

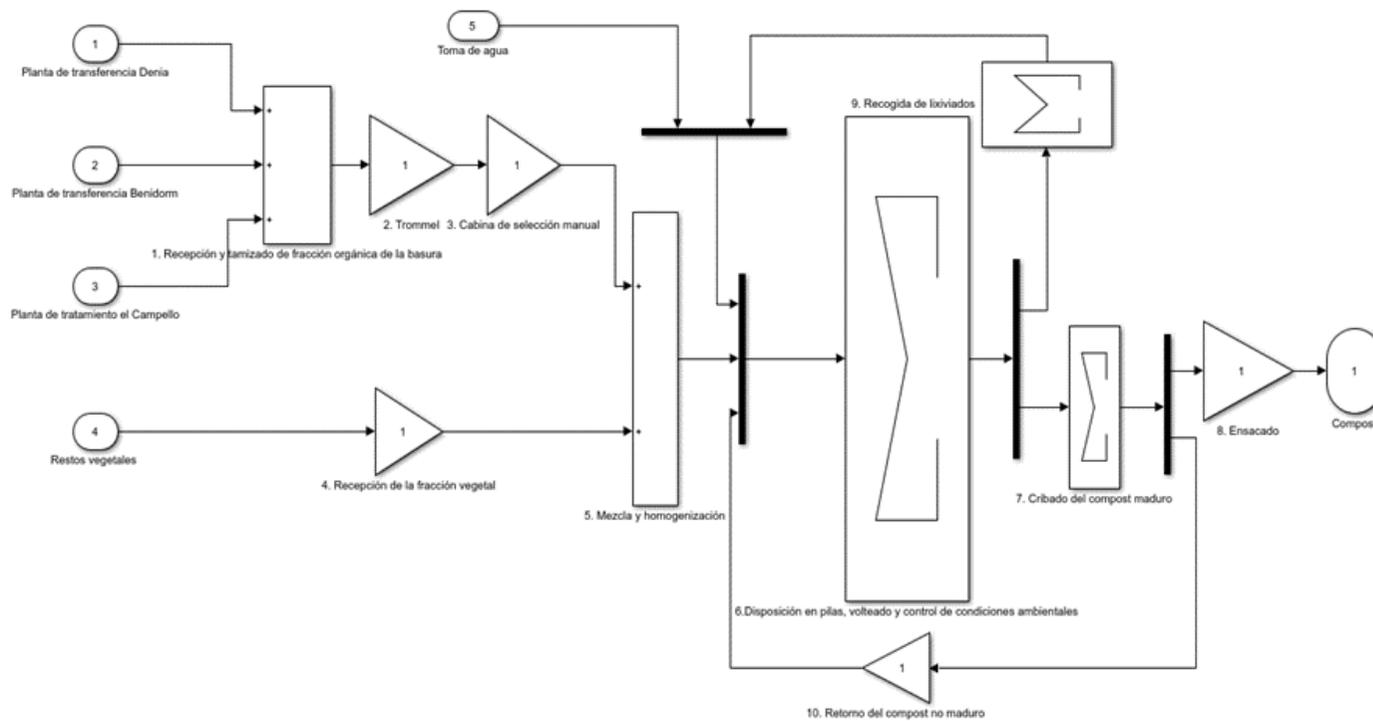


Ilustración 8 Diagrama de flujo del pro

III. Desarrollo del Proyecto

ETAPA	DESCRIPCIÓN
Recepción y tamizado de fracción orgánica de basura	La fracción orgánica procedente de la recogida selectiva se tamiza para eliminar las pocas impurezas que aún contenga.
Trommel	Máquina con una gran criba cilíndrica que rueda y separa la materia orgánica del desecho basto.
Cabina de selección manual	Este desecho pasa por un último control que se realiza manualmente. Después un electroimán elimina los residuos metálicos que pueda haber.
Recepción de la fracción vegetal y trituración	Residuos vegetales procedentes de la jardinería, limpieza de bosques o desechos municipales son triturados.
Mezcla y homogeneización	Se mezclan las dos fracciones en las proporciones siguientes: 65-75% de la fracción orgánica sin impurezas y 25-35% de la fracción vegetal triturada. La mezcla resultante se somete a un proceso de compostaje
Disposición en pilas	La mezcla se dispone con una pala mecánica formando pilas, dentro de un cobertizo sin paredes y encima de un pavimento adecuado para la recogida de lixiviados.
Cribado del compost maduro	Al cabo de 12-14 semanas, el compost, ya maduro, se criba para obtener un material final homogéneo y fino. El desecho vegetal que pueda quedar se retorna al principio del proceso.
Ensayado	Mediante una ensacadora se prepara el producto final para su distribución y venta
Recogida de lixiviados	Se recogen los lixiviados restante mediante la ayuda de las canalizaciones dispuestas en el pavimento donde están depositadas las pilas en unas balsas dispuestas para ello. El agua se reutiliza para seguir regando las pilas manteniendo el control de la humedad.
Retorno del compost no maduro	Etapa en la que el compost que no ha quedado completamente maduro después del cribado se retorna a las pilas.

Tabla 15 Etapas del proceso de compostaje

III. Desarrollo del Proyecto

La planta se diseñará para tratar 158275 toneladas al año de residuos, lo que significa que se recibirá una media de 434 toneladas al día de residuos sólidos domésticos. La planta trabajará 24 horas al día a pleno rendimiento por lo que podemos concluir que en la etapa de recepción tendrá un caudal másico de entrada de 18,06 toneladas/hora. No obstante, debido a la masificación turística del área de las Marinas es de esperar que en periodos estivales esta cantidad aumente al contrario que en periodos de frío disminuya, no obstante, nos basaremos en el promedio estimado para el diseño de la planta ya que como hemos dicho estamos calculando las dimensiones de la misma para un caudal estimado para el año 2040.

El pesaje del material recibido no es necesario ya que viene directamente en forma de balas desde las plantas de transferencia de Denia y Benidorm, así como del mismo modo de la planta de tratamiento de Campello que forma parte del mismo consorcio de residuos.

III.2. Recepción, tamizado y trommel

En la fase de recepción la materia orgánica se obtiene en balas ya separada desde las plantas de transferencia por lo que el tamizado y el trommel son procesos que se realizan en estas plantas donde se hace este tipo de pretratamiento. Procederemos a escoger un equipo trommel que cumpla con las exigencias de entrada de residuos a la planta con el fin de separar de la materia orgánica residuos sólidos no orgánicos que hayan podido quedar tras una primera fase de separación, para este caso, con una densidad media de 200 kg/m³ para los residuos sólidos urbanos orgánicos, tenemos que el trommel deberá tener una capacidad de 90.3 m³/h. Con el fin de no forzar las piezas que componen los mecanismos trabajando al máximo rendimiento se procederá a escoger un equipo cuyas especificaciones técnicas no superen un 80% en su funcionamiento, por lo que deberemos escoger dicho equipo deberá tener una capacidad igual o mayor que 112,88 m³/h. Para este por tanto, escogemos el modelo TR2,5/10/12 de Bianna Recycling, cuyas especificaciones técnicas indicaremos a continuación en forma de tabla.

III. Desarrollo del Proyecto



Ilustración 9 Trommel de uso en residuos sólidos urbanos TR2,5/10/12

MODELO	TR2,5/10/12
Diámetro, mm	2.500
Longitud del tamiz, mm	10.000
Longitud total, mm	12.000
Potencia, kW	2 x 11
Rendimiento, m ³ /h	130

Tabla 16 Especificaciones técnicas TR2,5/10/12

No obstante, a pesar de haber separado completamente la parte de la materia prima no deseada, la materia orgánica se deberá triturar para obtener un tamaño de partícula óptimo para el proceso, así como una composición homogénea de la mezcla, lo cual se explica a continuación.

III.3. Mezcla y homogeneización.

En esta etapa del proceso se busca alcanzar una homogeneización de la mezcla en cuanto a composición y tamaño de partícula para favorecer que la velocidad de la reacción de fermentación aeróbica sea igual o lo más similar posible en todos los puntos si estos están sometidos a las mismas condiciones de temperatura, humedad, pH, aireación y relación C/N que como viene se ha mencionado anteriormente son las variables a controlar para favorecer una correcta dinámica del proceso. Con el fin de alcanzar dicha muestra homogénea se propone el uso de una trituradora industrial que cumpla con las especificaciones de funcionamiento necesarias para el proceso que objeto de estudio.



Ilustración 10 Trituradora UNTHA XR2000/3000

El equipo escogido es la trituradora industrial apta para residuos orgánicos UNTHA XR2000/3000 cuyo rango de trabajo está dentro del deseado ya que es capaz de triturar desde 15 a 30 toneladas por hora con un tamaño de partícula de hasta 30 y 80 milímetros como máximo respectivamente.

III.4. Disposición en pilas

Tras homogeneizar la muestra, la materia se dispondrá en forma de pilas piramidales cuya longitud y altura se calcularán a continuación, así como las características de los elementos necesarios para el control de la humedad, aireación y recogida de lixiviados.

Las pilas se situarán sobre un pavimento inclinado de hormigón para favorecer la recogida de lixiviados con la ayuda de un movimiento de tierras del terreno escogido, así como la colocación de una red de canalizaciones suficiente para recoger los lixiviados llevándolos a la zona de recogida dispuesta para los mismos, desde donde se reutilizará la mayor parte, como se puede observar en el diagrama de flujo del proceso anteriormente citado. Es menester tener en cuenta que la distancia de separación entre pilas debe ser la suficiente para el paso de la volteadora, así como la altura máxima de las pilas también será función de la volteadora escogida.

La altura y anchura de la pila será función del equipo escogido para el volteado aunque debe ser la óptima para que no existan zonas anaeróbicas que ralenticen el proceso, contribuyan a la disminución de la temperatura, se produzcan encharque y demás circunstancias que puedan desfavorecer el correcto desarrollo del proceso.

III. Desarrollo del Proyecto

III.4.1 Volteado en las pilas

La volteadora escogida es una MENART SPM-73 cuyas especificaciones son las siguientes:

<i>Potencia de motor kW/hp</i>	<i>470/630</i>
<i>Ancho máximo de la pila, m</i>	<i>7,3</i>
<i>Altura del túnel, m</i>	<i>2,8</i>
<i>Altura máxima de la pila, m</i>	<i>3,3</i>
<i>Capacidad de trabajo, m³/h</i>	<i>7000</i>

Tabla 17 Especificaciones volteadora MENART SPM-73



Ilustración 11 Volteadora MENART SPM-73

Como hemos dicho, una vez elegida la volteadora con una capacidad suficiente para tratar la volumen de residuos deseado para el que se dimensiona esta planta, se podrá determinar la geometría de las pilas óptima para el funcionamiento de esta planta.

III. Desarrollo del Proyecto

III.4.2 Movimiento y colocación de los residuos en forma de pila.

Con el fin de disponer los residuos en la forma geométrica conocida como pila para comenzar el proceso de maduración se requiere contar con dos palas cargadoras. El equipo elegido para ello es la pala cargadora de ruedas 409 de JCB. Las especificaciones técnicas de potencia y capacidad están de acuerdo al uso escogido siendo capaz de mover 1,2 m³ por carga realizada en su pala GP, del mismo modo es una máquina que cuenta con las dimensiones adecuadas para poder moverse por la instalación diseñada y una fácil manejabilidad, además de cumplir con la normativa de emisiones de la fase V.



Ilustración 12 Máquina cargadora de ruedas 409 JCB y Pala GP 1,2 m³

III.5. Zona de maduración

III.5.1 Superficie de maduración necesaria

Como se ha dicho anteriormente, la superficie de terreno necesaria a acondicionar dependerá de las dimensiones de la volteadora, del caudal másico de residuos escogido que se va a tratar después de la etapa de trituración, y del tiempo necesario para la maduración de los residuos. En este caso:

<i>Dimensiones de la boca de la volteadora:</i>	<i>7,3x3,3 (metros)</i>
<i>Toneladas por hora de residuo a tratar:</i>	<i>18, 06</i>
<i>Tiempo de maduración:</i>	<i>12-14 semanas</i>

Con todos estos datos y con la ayuda de la densidad del residuo triturado, procederemos a calcular sencillamente la superficie de maduración necesaria.

Durante 14 semanas, tiempo estimado según diferentes estudios (Silva2, 2018), se colocarán 42.477,12 toneladas de residuo sobre el pavimento que se diseñará más adelante. Con una densidad en torno a 0,3-0,4 toneladas por metro cúbico de materia triturada, significa que los m³de residuos dispuestos sobre la superficie del terreno durante el periodo de maduración será de 141.590,4. Con el fin de evitar alteraciones entre periodos invernales y estivales en las que en estos últimos, como se ha dicho anteriormente, hay un crecimiento demográfico debido al turismo y segundas residencias en la zona de interés, así como en función de la concentración de la materia orgánica de los diferentes componentes que la componen que podrían influir en el periodo de maduración, se dimensionará para 150.000 m³de residuo. A continuación, se calcula la superficie de la cara de la pila:

III. Desarrollo del Proyecto

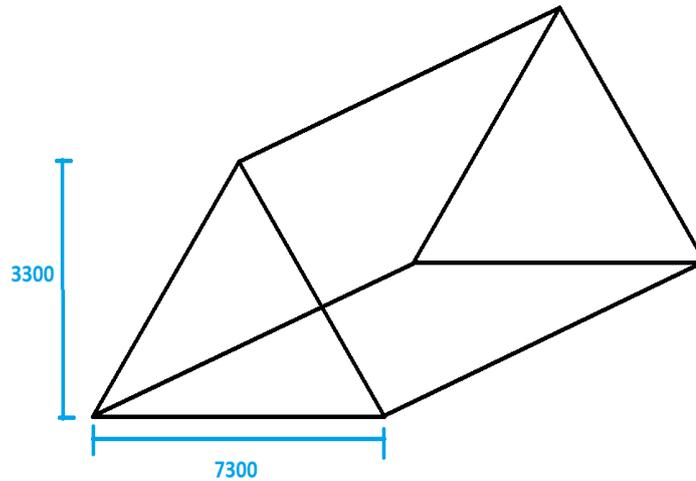


Ilustración 13 Dimensiones de la cara en forma de triángulo equilátero de la pila en milímetros

El área del triángulo es:

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

Si sustituimos, tenemos que la cara mide:

$$A = 12,045 \text{ m}^2$$

De nuevo mediante un cálculo sencillo podemos hallar la longitud de pila total necesaria según la capacidad de la planta:

$$V = A \cdot L$$

Por lo que, la longitud será:

$$L = \frac{V}{A}$$

Si sustituimos tenemos que, la longitud de pila necesaria en metros, será:

$$L = 12.453,3 \text{ metros}$$

Esta sería la longitud necesaria si la planta tuviese una única pila. A continuación, se crearán distintos escenarios para decidir el número de pilas y sus dimensiones que se

III. Desarrollo del Proyecto

colocarán. Para una disposición de pilas en paralelo, teniendo en cuenta la dimensión de los laterales de la máquina que es de 1,5 metros en cada lateral, procedemos a optimizar la elección del número de pilas a partir de la superficie que éstas ocupan ya que así optimizaremos el coste de las instalaciones: solera de hormigón, canalizaciones y cubierta.

Número de pilas	Longitud, m	V m3/pila	h/ pila voteadora	Largo Solera, m	Ancho solera, m	Largo/Ancho	m2 solera
1	12453.30	150000.00	21.43	12453.30	10.30	1209.06	128268.99
2	6226.65	75000.00	10.71	6226.65	23.60	263.84	146948.94
3	4151.10	50000.00	7.14	4151.10	33.90	122.45	140722.29
4	3113.33	37500.00	5.36	3113.33	44.20	70.44	137608.97
5	2490.66	30000.00	4.29	2490.66	54.50	45.70	135740.97
6	2075.55	25000.00	3.57	2075.55	64.80	32.03	134495.64
7	1779.04	21428.57	3.06	1779.04	75.10	23.69	133606.12
8	1556.66	18750.00	2.68	1556.66	85.40	18.23	132938.98
9	1383.70	16666.67	2.38	1383.70	95.70	14.46	132420.09
10	1245.33	15000.00	2.14	1245.33	106.00	11.75	132004.98
11	1132.12	13636.36	1.95	1132.12	116.30	9.73	131665.35
12	1037.78	12500.00	1.79	1037.78	126.60	8.20	131382.32
13	957.95	11538.46	1.65	957.95	136.90	7.00	131142.83
14	889.52	10714.29	1.53	889.52	147.20	6.04	130937.56
15	830.22	10000.00	1.43	830.22	157.50	5.27	130759.65
16	778.33	9375.00	1.34	778.33	167.80	4.64	130603.99
17	732.55	8823.53	1.26	732.55	178.10	4.11	130466.63
18	691.85	8333.33	1.19	691.85	188.40	3.67	130344.54
19	655.44	7894.74	1.13	655.44	198.70	3.30	130235.30
20	622.67	7500.00	1.07	622.67	209.00	2.98	130136.99
21	593.01	7142.86	1.02	593.01	219.30	2.70	130048.03
22	566.06	6818.18	0.97	566.06	229.60	2.47	129967.17
23	541.45	6521.74	0.93	541.45	239.90	2.26	129893.33
24	518.89	6250.00	0.89	518.89	250.20	2.07	129825.65
25	498.13	6000.00	0.86	498.13	260.50	1.91	129763.39
26	478.97	5769.23	0.82	478.97	270.80	1.77	129705.91
27	461.23	5555.56	0.79	461.23	281.10	1.64	129652.69
28	444.76	5357.14	0.77	444.76	291.40	1.53	129603.27
29	429.42	5172.41	0.74	429.42	301.70	1.42	129557.26
30	415.11	5000.00	0.71	415.11	312.00	1.33	129514.32
31	401.72	4838.71	0.69	401.72	322.30	1.25	129474.15
32	389.17	4687.50	0.67	389.17	332.60	1.17	129436.49
33	377.37	4545.45	0.65	377.37	342.90	1.10	129401.11
34	366.27	4411.76	0.63	366.27	353.20	1.04	129367.81
35	355.81	4285.71	0.61	355.81	363.50	0.98	129336.42
36	345.93	4166.67	0.60	345.93	373.80	0.93	129306.77
37	336.58	4054.05	0.58	336.58	384.10	0.88	129278.72
38	327.72	3947.37	0.56	327.72	394.40	0.83	129252.15
39	319.32	3846.15	0.55	319.32	404.70	0.79	129226.94
40	311.33	3750.00	0.54	311.33	415.00	0.75	129202.99
41	303.74	3658.54	0.52	303.74	425.30	0.71	129180.21
42	296.51	3571.43	0.51	296.51	435.60	0.68	129158.51
43	289.61	3488.37	0.50	289.61	445.90	0.65	129137.83
44	283.03	3409.09	0.49	283.03	456.20	0.62	129118.08

Ilustración 14 Superficie, m² VS Número de pilas

III. Desarrollo del Proyecto

Gráficamente:

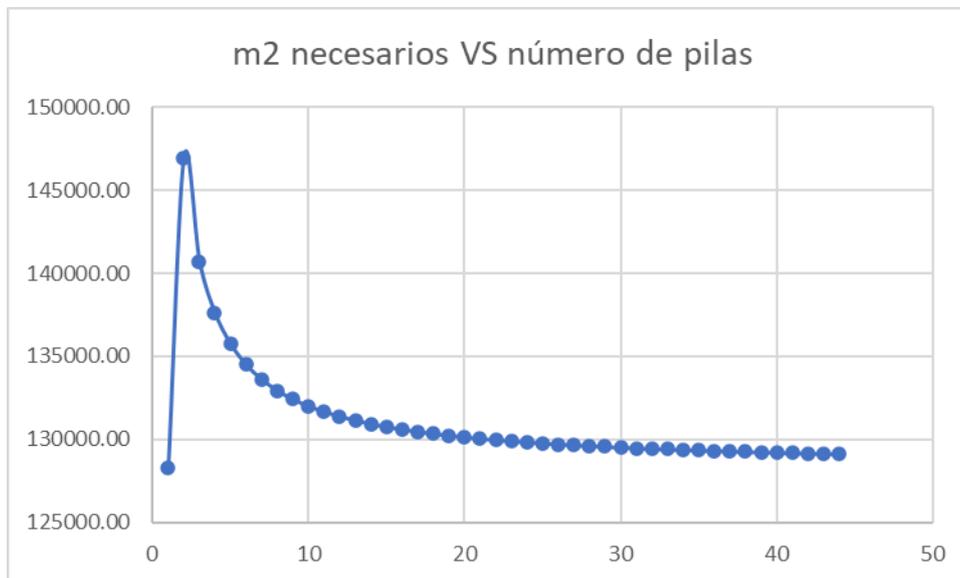


Ilustración 15 Superficie, m² VS Número de pilas

Podemos observar gráficamente como a partir de 20 pilas la superficie se estabiliza, así como, también se optimiza la relación entre el largo y el ancho de la solera de hormigón en torno a 3. Se necesitará también para este número de pilas, 1 hora de volteado según la capacidad de la volteadora, para cada pila.

Por tanto, se escoge 20, como el número de pilas en las que se va a disponer la materia orgánica triturada para su fermentación y maduración.

Número de pilas	Longitud, m	V m3/pila	h/ pila voteadora	Largo Solera, m	Ancho solera, m	Largo/Ancho	m2 solera
20	622.67	7500.00	1.071428571	622.67	209.00	2.98	130136.99

Tabla 18 Dimensionado de la planta para 20 pilas

III. Desarrollo del Proyecto

III.5.2. Etapa de recogida de lixiviados y aporte de humedad de nuevo al medio.

Los lixiviados resultantes del proceso se recogerán mediante la ayuda de la pendiente de la solera y el sistema de canalizaciones conduciéndolos a las balsas de lixiviados, lugar en el cual reposarán y se reutilizarán llegado el momento de añadir humedad al sistema. Hay que tener en cuenta que los lixiviados pueden contener partículas en sólidas en suspensión, que sedimentará en el momento en el que la velocidad de la corriente en el interior de la balsa sea prácticamente nula, y materia coloidal, la cual podemos hacer precipitar mediante la ayuda de coagulantes que reduzcan la repulsión electrostática de las moléculas ayudando a las mismas a agruparse formando partículas de mayor tamaño y por tanto sedimentar por gravedad en un ambiente acuoso que como bien decíamos antes, es prácticamente nulo.

Se construirán 2 balsas mediante movimiento de tierras y tela impermeabilizante con el fin de poder retirar los sólidos sedimentados de aquella que no se esté utilizando en ese momento mientras la otra realiza la función de almacenamiento de lixiviados. Cabe decir que con esta limpieza se pretende disminuir la concentración de sólidos en suspensión y otras partículas con el fin de contar con una mayor duración y eficiencia del sistema de bombeo con el que se aportará humedad a las pilas para el que el rozamiento del fluido disminuirá, así como también la capacidad del mismo de dañar los materiales que forman la bomba y el resto de conducciones del sistema de aporte de humedad a las pilas.

Por último, cabe decir que los propios residuos de este sistema se podrán añadir a las pilas o a la propia mezcladora reduciendo la concentración de los coagulantes añadidos y dispuesto de nuevo en pilas, donde madurará con el resto de residuos hasta su etapa de afino y posterior ensacado.

III. Desarrollo del Proyecto



Ilustración 16 Volumen de recogida de lixiviados

Los lixiviados se recogen, como se puede apreciar en la Ilustración 11, en balsas construidas a partir de un movimiento de tierras y geomembrana impermeabilizante. Se construirán 2 balsas de 35 metros de largo, 18 de ancho, y 5 metros de profundidad con capacidad para 2.250 m³ cada una.

III.5.3. Etapa de afino.

En esta etapa se cribará el compost mediante la ayuda de la maquinaria adecuada con el fin de obtener un estándar de calidad en cuanto a tamaño, textura y forma del producto final que pasará a ser dispuesto en los diferentes tipos de sacos mediante los que se realizará su distribución y venta.

A continuación, se escogerá el equipo necesario para cribar el volumen de compost, producto principal del proceso objeto de estudio.

Mediante un cálculo sencillo a partir del dato que nos dice que el volumen de compost final es un tercio del volumen de residuo inicial a compostar, tenemos que el volumen a cribar está en torno a 22 m³/h , capacidad que deberemos tener en cuenta

III. Desarrollo del Proyecto

para escoger el equipo necesario. Con el fin de ahorrar costes energéticos, sabemos que en invierno hay aproximadamente 12 horas de luz solar al día por lo que la capacidad mínima de la cribadora debe de ser de 44 m³ hora.



Ilustración 17 Cribadora MENART TSC-1950

Diámetro del tambor, m	1,89
Longitud total del tambor, m	6
Superficie de criba, m²	25
Capacidad de la tolva, m³	4
Altura de alimentación, m	4,5
Potencia del motor Diesel, hp	83
Potencia del motor eléctrico, KW	30
Capacidad indicativa, m³/h	100

Tabla 19 Especificaciones técnicas Cribadora MENART TSC-1950

Escogemos el equipo de cribado MENART TSC-1950, el cual esta dentro del rango de las especificaciones de funcionamiento que cubren las necesidades del proceso.

III. Desarrollo del Proyecto

III.5.3. Etapa de ensacado.

La última etapa del proceso previa a la distribución y venta es el ensacado, que consiste en depositar en sacos de diferentes tamaños en función de la demanda, el producto que se obtiene después de realizar todo el proceso, para ello, se deberá elegir el equipo adecuado que soporte la capacidad de producción de la planta.

Tenemos, para una densidad media del compost de 450 kg por metro cúbico, que de la planta se obtendrá una media de 9.570 kg/h de compost. Siguiendo el mismo razonamiento del ahorro de costes energéticos durante la noche, y trabajando el equipo de ensacado 12 horas al día, se procede a escoger un equipo apto para ensacar 19.140 kg/h de producto. El equipo escogido es:



Ilustración 18 CHRONOS Serie PTW-1200

Como se puede observar en la anterior ilustración, se ha escogido la máquina de ensacado CHRONOS Serie PTW-1200 apta para el producto de interés de este proceso. El equipo tiene una capacidad de producción de 35 sacos por minuto a partir de una bobina de polietileno y un coste energético. Esto significa que, si el principal producto

III. Desarrollo del Proyecto

de la planta se demanda principalmente en sacos de 25 kg, este equipo podría llegar a producir 20 sacos por minuto trabajando a pleno rendimiento, por lo que, si la necesidad de nuestra planta según las restricciones realizadas en cuanto al tiempo de ensacado es de 13 sacos por minuto, si la máquina trabaja 12 horas funcionará al 52% de rendimiento. Para un rendimiento de trabajo del 80%, la máquina podría realizar las tareas en 7 horas y 39 minutos.

Se escoge además un equipo automatizado para reducir el coste de producción de los operarios, así como aumentar la seguridad y eficiencia de la planta. Este equipo tiene 2 entradas: sacos de poliestireno, aunque es apto para otros materiales, y el producto de nuestro proceso, es decir compost.

El producto de esta etapa se colocará sobre palets que serán almacenados para ser distribuidos en el menor tiempo posible.

III.5.3.1 Transporte de sacos

Para el transporte de palets dentro de la planta, así como su posterior carga en los remolques de los camiones de distribución se escoge un equipo apto para una capacidad de 100 sacos de 25 kg por palet.



Ilustración 19 HYSTER J2.2-3.5XN

III. Desarrollo del Proyecto

Con el fin de minimizar el impacto ambiental de la planta, así como el impacto negativo de las emisiones sobre la salud de las personas de la planta, se escoge una carretilla elevadora de tipo eléctrico de 4 ruedas con una capacidad de hasta 3.500 kg de carga.

III.5.3.1 Cinta transportadora.

Con el fin de alimentar la ensacadora se procede a escoger un equipo de transporte que cumpla con las especificaciones técnicas de funcionamiento según capacidad y material que se va a transportar, para este caso se escoge una cinta transportadora en V con una capacidad de 325 kg por minuto, es decir, con capacidad para llenar 13 sacos por minuto de 25 kg que son las especificaciones de funcionamiento fijadas para que la ensacadora trabaje a un 80% de rendimiento.

Se escogerá un equipo de la marca Savatech, en concreto una cinta transportadora multicapa apta para la industria del reciclado y el compostaje con una carcasa en base de poliéster y trama de poliamida, cuenta con una delgada película de caucho especial para la adhesión de los materiales sobre la misma así como la capacidad de soportar ambientes abrasivos. Existen varias composiciones en cuanto a la composición del revestimiento, se escogerá la de tipo X, el cual soporta ambientes altamente abrasivos y tiene una gran capacidad resistente. El fin de elegir este tipo de banda es poder utilizar la cinta transportadora para el almacenamiento de la materia prima de la planta en el momento en que las palas de carga no estén trabajando, ya que solo es estrictamente necesaria para la ensacadora durante un periodo de 7 horas y 39 minutos al día.

III. Desarrollo del Proyecto



Ilustración 20 Cinta transportadora Savatech multicapa

III. Desarrollo del Proyecto

III.6. Presupuesto Económico.

A continuación, se van a enumerar y describir las etapas y presupuesto de cada una de las fases de construcción de la planta en el terreno escogido.

Número de pilas	Longitud, m	V m3/pila	h/ pila voteadora	Largo Solera, m	Ancho solera, m	Largo/Ancho	m2 solera
20	622.67	7500.00	1.071428571	622.67	209.00	2.98	130136.99

Tabla 20 Dimensionado de la planta para 20 pilas

Como se puede observar, la superficie necesaria requiere de unas dimensiones de 622,7 metros de largo y 209 metros de ancho con el fin de colar 20 pilas de compost según la capacidad media de la planta durante un periodo de 14 semanas.

Se procede a sobredimensionar fijando las dimensiones del terreno que se va a acondicionar para realizar el proceso en 640 metros de largo y 240 metros de ancho, es decir, 153.600 m² de superficie de maduración. El presupuesto general es la suma del valor de todas las etapas que a continuación se describen y asciende a un valor de 42.688.944,45 Euros.

III.6.1. Movimiento de tierras.

La etapa de movimiento de tierras tiene un coste total de 2.171.760,00 Euros. A continuación, se describe cada uno de los pasos y valoración de esta etapa.

III.6.1.1. Desbroce del terreno desarbolado.

El terreno escogido es, como bien describimos anteriormente, un terreno en desuso agrícola además de no contar con vegetación protegida ni otro tipo de árboles como pinos o carrascas ya que se trata de un terreno desertificado casi en su totalidad. No obstante, existen malas hierbas por lo que hay que realizar un desbroce de la superficie sobre la que se va a colocar la cimentación.

El desbroce y limpieza superficial del terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm y carga de los productos resultantes sobre camión asciende, para la superficie fijada, un total de 58.368,00 Euros.

III. Desarrollo del Proyecto



Ilustración 21 Desbroce y limpieza del terreno con maquinaria

III.6.1.2. Excavación y vaciado a máquina.

Se realizará una excavación por medios mecánicos con extracción de tierras fuera ya que el fin es poder colocar una cimentación con una pendiente del 3% para facilitar la recogida de lixiviados en el sistema de canalizaciones exclusivo para ello. Para una profundidad de 0,3 metros, el volumen de tierras asciende a 46.800 m³ y la realización de estos trabajos asciende a 125.424,00 Euros.



Ilustración 22 Excavación y movimiento de tierras

III. Desarrollo del Proyecto

III.6.1.3. Transporte de residuos al vertedero.

El transporte del volumen de tierras anteriormente retirado hasta un vertedero a una distancia menor a 10 kilómetros, considerando ida y vuelta con un camión basculante cargado a máquina, incluyendo el canon del vertedero tiene un coste de 1.987.968,00 Euros.



Ilustración 23 Transporte de residuos al vertedero

III.6.2. Cimentación.

En esta etapa se va a proceder a la colocación de una geomembrana impermeabilizante y colocar sobre la misma una losa de hormigón armado. El valor de la cimentación asciende a 12.128.532,00 Euros.

III.6.2.1. Geomembrana impermeabilizante.

Se colocará una geomembrana impermeabilizante de 0,8 mm de grosor y de 350 gramos por metro cuadrado, compuesta de polietileno de alta y baja densidad y laminado no tejido por una de las caras utilizando rollos de 2 metros de ancho y 100 de largo. Los materiales y colocación ascienden a un valor de 2.477.904,00 Euros

III. Desarrollo del Proyecto



Ilustración 24 Geomembrana impermeabilizante

III.6.2.2. Hormigón armado HA-30

Se colocará una superficie de hormigón armado HA-30/B/16IIa de 30 N por milímetro cuadrado de resistencia, preparado para soportar ambientes de alta humedad. El hormigón, la armadura, encofrado, desencofrado, vertido con grúa, vibrado, curado y colocado en acabado fratasado con una pendiente del 3% y de acuerdo con las normas EHE-08 y DB-SE-C asciende a un valor de 9.650.628,00 Euros.



Ilustración 25 Hormigón armado

III. Desarrollo del Proyecto

III.6.3. Estructura y cubierta.

Al tratarse de una zona de temperaturas altas en la mayoría de los meses del año, es conveniente colocar una cubierta para evitar un exceso de evaporación de agua y por tanto obligando a demandar de la red cantidades elevadas de este recurso preciado y escaso. Por tanto, con el fin de evitar un coste ambiental y económico excesivo se propone la colocación de estructura y cubierta que asciende a un valor de 16.948.224,00 Euros.

III.6.3.1. Estructura metálica.

Se colocará en primer lugar una estructura metálica para soportar la cubierta realizada con soportes, cerchas y correas de acero laminado, para luces de 10 a 20 metros, con dos manos de minio, una de imprimación y de acuerdo a las normas DB-SE-A, con una valoración de materiales e instalación de 14.063.616,00 Euros.



Ilustración 26 Estructura metálica y elementos de seguridad

III.6.3.2 Cubierta de chapa galvanizada.

Sobre la estructura se colocará una cubierta de chapa de acero de 0.6 mm de espesor en perfil comercial galvanizado por ambas caras, sobre correas metálicas. El total de la valoración incluyendo solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad,

III. Desarrollo del Proyecto

medios auxiliares y elementos de seguridad, y de acuerdo con las normas DB-HS, es de 2.884.608,00 Euros.



Ilustración 27 Cubierta chapa de acero galvanizado

III.6.4. Seguridad y salud.

Los materiales y medios necesarios para cumplir con la normativa de seguridad y salud durante la ejecución de la fase de construcción de las instalaciones de la planta asciende a un total de 757.421,70 Euros.

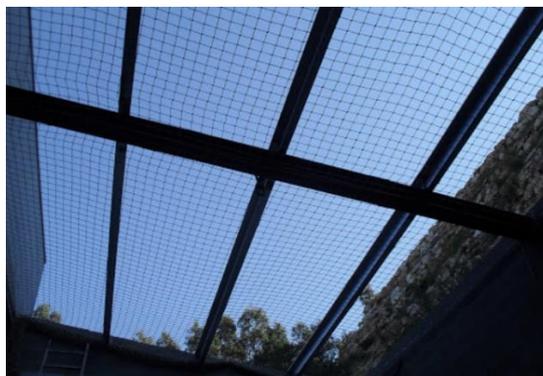


Ilustración 28 Red de seguridad

III. Desarrollo del Proyecto



Ilustración 29 Otros elementos de seguridad

III.6.5. Gestión de residuos.

La partida de la parte proporcional a la gestión de los residuos de la etapa de construcción de la planta tiene un valor de 302,968,68 Euros.



Ilustración 30 Gestión de residuos

III.6.6. Control de calidad.

Con el fin de asegurar la fiabilidad de la cimentación y estructura dispuestas, las instalaciones se someterán a un control de calidad para comprobar que cumplen con las especificaciones técnicas de funcionamiento de la planta, una vez puesta en marcha, así como el soporte de los esfuerzos ambientales a los que se verán sometidas. La valoración de acuerdo a la partida proporcional en cuanto a control de calidad se refiere es de 302.611.875,06 Euros.

III. Desarrollo del Proyecto



Ilustración 31 Control de calidad

III.6.7. Gastos adicionales.

Los gastos generales representan un 13% adicional del coste de construcción, así como los gastos de beneficio industrial de la empresa constructora ascienden a un 6% del coste de construcción por lo que estos gastos adicionales importantes a tener en cuenta ascienden a un total de 6.196.256,26 Euros.

También es importante a tener en cuenta el IVA con un valor del 10% del total de los costes de construcción, que en este caso tendrá un valor de 3.880.813,13 Euros.

La importancia de tener en cuenta estos gastos adicionales recae en el estudio económico de viabilidad de la planta que se realizará a continuación.

III.7. Estudio de viabilidad económica del proyecto.

A continuación se ha realizado un estudio de viabilidad económica para 3 tipos de escenarios, desde el más económico, en el cual el suelo de la zona de maduración está cubierto únicamente con membrana geolimpeabilizante, el segundo, con cimentación, y el tercero con cimentación y cubierta. En cuanto a la financiación, se concede un interés anual del 2,3% por parte del consorcio de residuos de la Generalitat Valenciana y las entidades financieras que lo subvencionan. Los escenarios de viabilidad económica están supuestos para un precio de venta al por mayor de sacos de 25 kg a 5€ por unidad.

III.7.1. Escenario 1

En este escenario se contemplará la viabilidad económica de la planta disponiendo las pilas sobre la membrana geolimpeabilizante, es decir sin colocar el hormigón armado ni tampoco la estructura metálica ni la cubierta. En este escenario, el riesgo de contaminación del suelo es mayor ya que el movimiento de las máquinas sobre la membrana provocará daños en la misma dando lugar a filtraciones de lixiviados en el suelo. Además, la tasa de reposición de la membrana será elevada debido a que por norma y moral ambiental dichos vertidos como consecuencia de los daños en la membrana deberán ser solventados inmediatamente. La evaporación de agua será mayor debido a que no hay ninguna cubierta que provoque condensaciones, así como frene la incidencia de la radiación solar sobre las pilas por lo que el gasto ambiental y económico de este recurso preciado y escaso será mucho mayor elevando los costes de funcionamiento de la instalación.

III. Desarrollo del Proyecto

Costes fijos de maquinaria e instalaciones, €	8.939.840,44
Costes de financiación anuales, €	205.616,33
Costes de financiación para 20 años, €	4.112.326,60
Costes anuales de personal, recursos energéticos y agua, €	273.800
Costes a los 20 años de personal, recursos energéticos y agua, €	645.000,00
Ingresos anuales de la venta de compost, €	12.900.000,00
Ingresos en 20 años de la venta de compost con la planta a pleno rendimiento, €	335.192.640,00

Tabla 21 Escenario económico 1 (sólo membrana geoimpermeabilizante)

III. Desarrollo del Proyecto

III.7.2. Escenario 2

En este escenario se estudia la viabilidad económica del proyecto implementando además la cimentación del área de maduración con hormigón armado. La utilización de una cimentación sobre la tela geolimpeabilizante hace que la superficie no sufra daños en toda la vida útil de dicha instalación no existiendo costes variables a tener en cuenta en la reparación de los daños del suelo debido al movimiento de la maquinaria. No obstante, sigue existiendo el problema de la evaporación elevada del agua así como la alta incidencia de la luz solar sobre la superficie externa de las pilas aumentando como hemos dicho en el escenario anterior el coste ambiental y económico de este bien preciado y escaso.

Costes fijos de maquinaria e instalaciones, €	21.909.531,71
Costes de financiación anuales, €	503.919,23
Costes de financiación para 20 años, €	10.078.384,6
Costes anuales de personal, recursos energéticos y agua, €	645.000,00
Costes a los 20 años de personal, recursos energéticos y agua, €	12.900.000,00
Ingresos anuales de la venta de compost, €	28.491.374,40
Ingresos en 20 años de la venta de compost con la planta a pleno rendimiento, €	335.192.640,00

Tabla 22 Escenario 2 (cimentación)

III. Desarrollo del Proyecto

III.7.3. Escenario 3

En este escenario se estudia la viabilidad económica del proyecto implementando además la cimentación del área de maduración con hormigón armado. En este último escenario solventamos el problema de los futuros costes de reparación de daños en el suelo mediante el uso de una cimentación así como evitamos una evaporación excesiva del agua con la ayuda de la cubierta que evita una elevada incidencia de la luz solar sobre las pilas, además de ayudar a condensar el vapor que por el efecto termodinámico del gradiente de temperatura se produce. Es el escenario que mayor inversión requiere, no obstante, con este proyecto, no se busca un elevado beneficio económico del proyecto sino una viabilidad económica que a su vez contribuye a un beneficio del medio ambiente mediante la reducción del impacto ambiental de los residuos así como su revalorización.

Costes fijos de maquinaria e instalaciones, €	44.686.622,81
Costes de financiación, €	1.027.792,33
Costes de financiación para 20 años, €	20.555.846,6
Costes anuales de personal, recursos energéticos y agua, €	645.000,00
Costes a los 20 años de personal, recursos energéticos y agua, €	12.900.000,00
Ingresos anuales de la venta de compost, €	28.491.374,40
Ingresos en 20 años de la venta de compost con la planta a pleno rendimiento, €	335.192.640,00

Tabla 23 Escenario 3 (cimentación y cubierta)

III. Desarrollo del Proyecto

III.7.4. Escenario 3 en condiciones reales.

En este escenario se estudia la viabilidad económica del proyecto implementando además la cimentación del área de maduración con hormigón armado. En este último escenario solventamos el problema de los futuros costes de reparación de daños en el suelo mediante el uso de una cimentación así como evitamos una evaporación excesiva del agua con la ayuda de la cubierta que evita una elevada incidencia de la luz solar sobre las pilas, además de ayudar a condensar el vapor que por el efecto termodinámico del gradiente de temperatura se produce. Es el escenario que mayor inversión requiere, no obstante, con este proyecto, no se busca un elevado beneficio económico del proyecto sino una viabilidad económica que a su vez contribuye a un beneficio del medio ambiente mediante la reducción del impacto ambiental de los residuos así como su revalorización.

En este escenario, se realizan los cálculos económicos reales, es decir según una tasa de crecimiento calculada del 2,22% de la generación de los residuos, se calcula el ingreso total de venta de compost a 20 años de forma variable. También se tiene en cuenta el IVA a pagar de los ingresos, 21%.

III. Desarrollo del Proyecto

Tasa de crecimiento, %		2.22	
Año	Producción anual de compost, kg	Sacos	Ingresos venta de sacos
2020	53704611.4	2148184.5	10740922.28
2021	54912690.6	2196507.6	10982538.12
2022	56147945.4	2245917.8	11229589.08
2023	57410987.11	2296439.5	11482197.42
2024	58702440.81	2348097.6	11740488.16
2025	60022945.61	2400917.8	12004589.12
2026	61373155.02	2454926.2	12274631.00
2027	62753737.24	2510149.5	12550747.45
2028	64165375.5	2566615	12833075.10
2029	65608768.41	2624350.7	13121753.68
2030	67084630.27	2683385.2	13416926.05
2031	68593691.49	2743747.7	13718738.30
2032	70136698.86	2805468	14027339.77
2033	71714416.01	2868576.6	14342883.20
2034	73327623.74	2933104.9	14665524.75
2035	74977120.39	2999084.8	14995424.08
2036	76663722.28	3066548.9	15332744.46
2037	78388264.09	3135530.6	15677652.82
2038	80151599.27	3206064	16030319.85
2039	81954600.48	3278184	16390920.10
2040	83798160.00	3351926.4	16759632.00
		TOTAL	284318636.80

Tabla 24 Ingresos variables durante los 20 años de amortización de la planta

III. Desarrollo del Proyecto

Costes fijos de maquinaria e instalaciones, €	44.686.622,81
Costes de financiación, €	1.027.792,33
Costes de financiación para 20 años, €	20.555.846,6
Costes anuales de personal, recursos energéticos y agua, €	273.800,00
Costes a los 20 años de personal, recursos energéticos y agua, €	645.000,00
Ingresos en 20 años de la venta de compost con la planta, €	12.900.000,00
Ingresos en 20 años de la venta de compost con la planta descontando el IVA, %	224.611.723,07

Tabla 25 Escenario 3 en condiciones reales de ingresos variables

El balance real de gastos e ingresos de la planta es el siguiente:

BALANCE DE GASTOS TOTAL: BENEFICIOS= GASTOS-INGRESOS A LOS 20 AÑOS	
GASTOS	58614415.13
INGRESOS	284318636.80
INGRESOS - IVA	224611723.07
BENEFICIOS REALES EN 20 AÑOS	165997307.94
BENEFICIO ANUAL DE LA PLANTA	8299865.40

Tabla 26 Balance económico real

Por tanto, para el Escenario 3 y un balance de gastos e ingresos de acuerdo a la tasa de crecimiento de generación de residuos, se estima un beneficio anual medio de 8.229.865,40 Euros.

Por todo ello consideramos que el estudio de la implantación de la planta es viable.

III.8. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

En este proyecto, como en cualquier actividad económica realizada por el ser humano se puede distinguir entre costes y beneficios en lo que al medioambiente se refiere.

Beneficios: Por una parte conseguimos revalorizar lo que aparentemente eran residuos que únicamente contribuían al aumento del volumen de residuos de un vertedero, contribuyendo a su vez a una mayor contaminación del suelo, siendo un ambiente idóneo para las plagas y emisiones de olores y CO₂ descontroladas contribuyendo como ya se ha citado anteriormente, a una economía circular y sostenible utilizando el producto principal de este proceso como sustrato para árboles y planta que regenera los nutrientes en el suelo sobre el que se utiliza. Del mismo modo al aplicar este sustrato al suelo, este también aumenta su capacidad de contención del agua por lo que la actividad del regadío disminuirá, y por ende lo hará también el consumo de este recurso. Cabe decir que el producto una vez almacenado, tampoco provoca olores.

Por otra parte, y como se mencionaba anteriormente, toda actividad humana, aunque se intente minimizar, provoca el uso de recursos que en mayor o menor medida tienen un coste ambiental para el planeta, como es el caso del agua, la electricidad, combustible, o los propios materiales que forman las instalaciones y maquinaria o equipo de la planta. De forma muy resumida, mediante el uso de combustible, se contribuye a la deforestación de bosques, perforaciones de terrenos y movimientos de tierras, probabilidad de vertidos durante el proceso de extracción, emisiones durante su traslado por barco u oleoductos hasta la refinería, así como las emisiones de la misma y las del equipo ya utiliza una de las distintas fracciones del petróleo como combustible. Del mismo modo la electricidad, de la cual se sabe que en España, el 61% de la energía que se consumió en febrero de 2018 fue de carácter no renovable, de las cuales un 80% de este 61% a partir de los derivados de los combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. La tela geimpermeabilizante se obtiene también de la industria petroquímica y

III. Desarrollo del Proyecto

la estructura metálica y cubierta de la planta que son metálicas así como el metal del forjado del propio hormigón requieren de movimientos de tierras y procesos de lixiviación costosos para el medioambiente, incluso la extracción del cemento en forma estratificada contribuye a un movimiento de tierras y por ende crea un impacto ambiental. Además de todo ello, las emisiones de toda la maquinaria implicada en cada uno de los procesos de extracción de recursos, así como la construcción de la misma planta. El único impacto ambiental que se podría minimizar es el uso de la electricidad y todo el impacto ambiental que detrás conlleva mediante la instalación de placas solares sobre la cubierta para lo cual se requerirá de una estimación del coste energético para su dimensionamiento.

III.7. CONCLUSIONES.

El objetivo de este proyecto es el estudio de la implantación de una planta de compostaje en el área geográfica de les Marines y ciudad del Campello, territorio el cual está integrado dentro de la misma zona de gestión de residuos dentro de la Generalitat Valenciana.

El estudio se ha realizado en base a los datos públicos del “consorci mare” que es el encargado de gestionar los residuos urbanos de los 52 municipios que se encuentran en la Marina Alta, Marina Baja junto con el municipio del Campello así como fuentes de la Generalitat de la generación de residuos urbanos en el tiempo de las diferentes provincias, en la que se ha determinado según el estudio que hemos realizado previo al diseño del proceso, que la provincia de Alicante tiene una tasa de crecimiento del 2,22% anual en cuanto a la generación de residuos sólidos urbanos, de los cuales, según las fuentes del consorcio que lo gestiona el 46% de estos residuos sólidos urbanos son de carácter compostable, lo que hace que se generen 18,06 toneladas por hora de este tipo de residuo, el cual es la materia prima de la planta objeto de este estudio.

Tras realizar los cálculos pertinentes se ha dimensionado la planta para el tratamiento de 18,06 toneladas por hora de entrada de materia, que permanecerá en la misma durante un periodo de 14 semanas. En cuanto a la producción del producto principal final se estima una producción de 9567 kg/h de compost de media, cuya venta al pormayor se propone en sacos de 25 kg a un precio de 5 Euros cada uno, es decir unos 383 sacos por hora de compost que servirá como sustrato agrícola para árboles y plantas aportando nutrientes al suelo para su crecimiento y floración. A su vez con esta solución se consigue reducir el volumen de los residuos orgánicos en a un 33% del volumen original obteniendo un producto con valor a partir de un residuo que no lo tenía, al mismo tiempo que evitamos que estos residuos lleguen a los vertederos, así que contribuimos a reducir el impacto ambiental sobre el suelo en dichos lugares, generación de olores o plagas y enfermedades que pueden crecer en los mismos.

Además, según el estudio realizado, contribuyendo a lo anteriormente dicho, obtenemos un proceso rentable que genera 8.299.865,40 Euros de beneficios anuales

III. Desarrollo del Proyecto

según el tratamiento de residuos estimado para cada año y tasa de crecimiento de generación de residuos hasta la fecha durante los próximos 20 años.

Se han realizado 3 estudios económicos de viabilidad de la planta según la infraestructura utilizada en la que la zona de maduración que tiene una superficie de en torno a 131.000 m² se ha sobredimensionado a los 156.000 m² quedando 25.000 m² para posibles oscilaciones en cuanto a la recepción de materia orgánica y época del año se refiere ya que como bien se ha dicho, en la zona de interés se producen fluctuaciones demográficas a lo largo del año debido a la afluencia turística y gran número de viviendas de carácter estacional, así como para su uso para albergar los equipos y maquinaria empleados en la planta. Se realiza un primer estudio en el cual se valora la inversión necesaria para cubrir la superficie necesaria con membrana geimpermeabilizante, un segundo estudio para además de esta membrana, colocar una cimentación sólida y un tercer estudio en el que para más inri se coloca una estructura y cubierta con el fin de ahorrar recursos preciados económica y ambientalmente como puede ser el agua que es fundamental para este proceso. En último lugar, y tras comprobar la viabilidad del proyecto para la producción estimada para 2040, se comprueba la viabilidad económica la etapa que comprende entre el año 2020 y 2040 según tasa de crecimiento de generación de residuos y por tanto producción variable creciente del proceso realizando una inversión inicial que como hemos dicho tiene capacidad para soportar la generación de residuos estimada para 2040 y del mismo modo, verificamos su viabilidad económica.

En cuanto a la ubicación se refiere, se realiza propuesta de localización de la planta en una zona desurbanizada y desarbolada junto a la salida 66 de la autopista del mediterráneo alejada de los núcleos urbanos en la localidad de la Villajoyosa en función del volumen de residuos generados en el que se minimiza el coste en transporte.

Por tanto, por todo lo anteriormente dicho respecto al estudio de implantación de la planta de compostaje realizado consideramos viabilidad económica de la realización del proyecto propuesto

IV. APÉNDICES

APÉNDICES

IV. Apéndices

IV.1. REFERENCIAS

- [1] (BOE), B. O. (2005). *Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes*. Boletín Oficial del Estado (BOE).
- [2] (BOE), B. O. (2016). *Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados*. Boletín Oficial del Estado (BOE).
- [3] Julio. (Julio de 2012). <http://hispagua.cedex.es/node/61332>.
- [4] QUIMICA, p. I. (13 de SEPTIEMBRE de 2011). <https://iquimica.com.ar/cloruro-ferrico-coagulante-cuenta/>. Obtenido de <https://iquimica.com.ar/cloruro-ferrico-coagulante-cuenta/>
- [5] Silva2, C. H. (2018). Production of organic compost from different plant waste generated in the management of a green urban space1. *Revista Ciência Agronômica*, 18.
- [6] Valenciana, D. G. (2016). *Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Diario Oficial Generalitat Valenciana.
- [7] VICENTE. (2015). REACTORES. 252.
- [8] DE CARLO, E; ROSA, A.; BENINTENDE, S.; CARIELLO, M; CASTAÑEDA. L.; FIGONI, E; GRASSO, N.; RUIZ, A.; MASCHERONI, F. 2001 Estudio de la población microbiana en las etapas iniciales del compostaje; *Rev. Ceres*; 48(280); 699-715.
- [9] HIRAI, M. F., CHANYASAC, V., KUBOTA, H.1983. A Standard Measurement for Compost Maturity. *Biocycle* 24, 54-56.
- [10] IANNOTTI, D.A.; GREBUS, M.E.; TOTH, B.L.; MADDEN, L.V.; HOITINK, H.A.J. 1994. Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste; *J. Environ Qual.* 23:1177-1183

IV. Apéndices

- [11] ZUCCONI, F., DE BERTOLDI, M; Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In *Compost: Production, Quality and Use*, Eds M. De Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L. Hermite & F. Zucconi .pp 73-86. London, New York: Elsevier. ISBN 1851660992
- [12] CARPIÓ, A; DE CARLO, E; ROSA, A. CARIELLO, M; CASTAÑEDA, L. FIGONI, E; GRASSO, N.; RUIZ, A.; MASCHERONI, F. 1997. Optimización de técnicas para la obtención de un compost regional y su utilización por la comunidad como mejorador de suelos; *Rev. Ciencia docencia y tecnología- UNER*; N° 15 año 8 , Pag. 25 a 42.
- [13] J. W. Penagos Vargas, J. Adarraga Buzón, D. Aguas Vergara, y E. Molina, Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido, *RI*, n.º 11, mar. 2016.
- [14]. ABAD, Manuel. Influencia de las aplicaciones de compost de residuos sólidos urbanos sobre las propiedades físico-químicas de los suelos cultivados. En: *Sociedad Colombiana de la Ciencias del Suelo. Residuos orgánicos. Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1998. p 67 - 75.
- [15] DEL VIAL, Alfonso. *Tratamiento de residuos sólidos urbanos*, Madrid, 1996.
- [16] <http://consorcimare.com/instalaciones/>
- [17] <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>
- [18] http://www.savatech.eu/pdf/transport/Bandas_Transportadoras.pdf
- [19] <https://biannarecycling.com/tromel/>
- [20] https://www.untha.com/es/trituradores/trituradores/xr2000/3000_p41
- [21] <http://www.menart.eu/maquinas-de-compostaje/volteadoras-autopropulsadas/?lang=es>

IV. Apéndices

[22] <http://www.menart.eu/maquinas-de-compostaje/criblas-serie-compacta-tsc/?lang=es>

[23] <https://www.ptchronos.com/es-es/productos/ensacado/ensacadoras-boca-abierta/ptw-1200-ensacadora-de-boca-abierta-automatica>

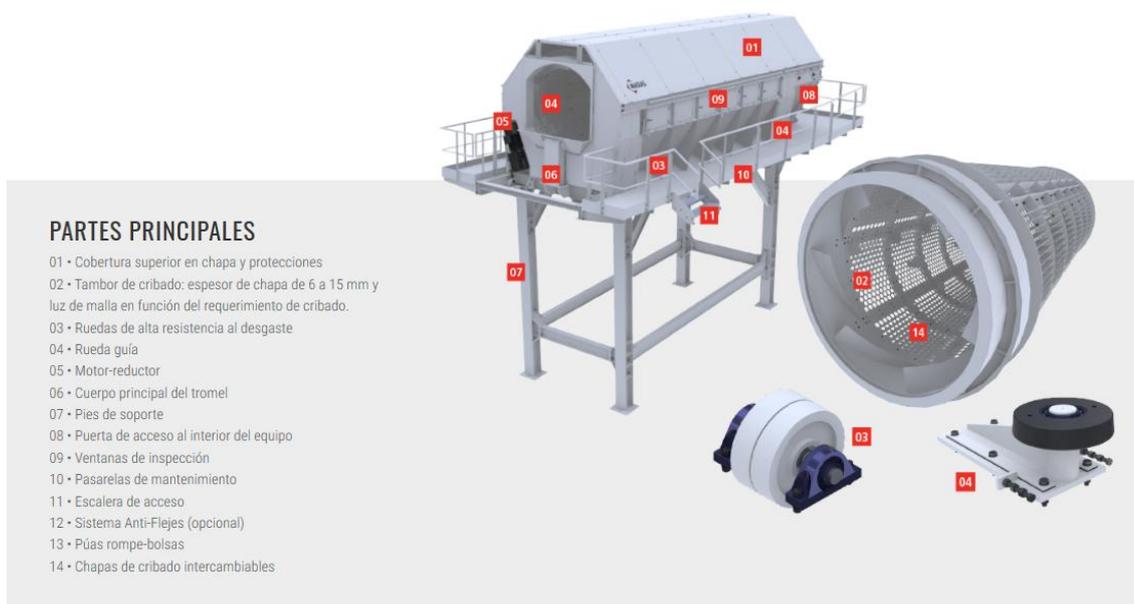
[24] <https://www.hyster.com/emea/es-es/gama-de-productos/visión-general-de-los-productos/carretillas-eléctricas-de-4-ruedas/carretillas-elevadoras-eléctricas-2200-3500kg/>

[25] <https://www.jcb.com/es-es/products/cargadoras-de-ruedas/409>

IV. Apéndices

IV.2. Especificaciones técnicas de funcionamiento de los equipos.

IV.2.1. Trommel



IV. Apéndices

TRÓMEL ESTACIONARIO

Los tromeles de cribado son una parte fundamental de las instalaciones de pre-tratamiento de residuos, Bianna Recycling ofrece una amplia gama de tromeles, con distintos diámetros y longitudes de cribado para el tratamiento de RSU, envases, CSR o residuos voluminosos.

Nuestros tromeles, vendidos en todo el mundo desde hace más de 25 años, garantizan la eficiencia y durabilidad de los equipos. Se caracterizan por tener instalados los últimos sistemas de seguridad y todos los accesos al interior del tromel están específicamente pensados para garantizar que los trabajos de limpieza y mantenimiento se realizan de modo práctico y rápido.

VENTAJAS:

- Gran eficiencia de separación
- Robustez y duración gracias a su estudiado diseño
- Bajos costes de mantenimiento
- Mallas intercambiables (espesor de chapa de 10 mm)
- Reducido consumo energético
- Posibilidad de incorporar el sistema de apertura de bolsas especialmente diseñado para estos equipos
- Sistema anti-flejes que evita excesivos trabajos de limpieza

MODELO	Diámetro (mm.)	Longitud tamiz (mm.)	Longitud total (mm.)	Potencia (kW)	Rendimiento (m3/h)
TR2,1/5/7	2.100	5.000	7.000	11.0	55
TR2,1/7/9	2.100	7.000	9.000	15.0	85
TR2,5/6/8	2.500	6.000	8.000	15.0	70
TR2,5/8/10	2.500	8.000	10.000	15.0	110
TR2,5/10/12	2.500	10.000	12.000	2 x 11	130
TR2,5/12/14	2.500	12.000	14.000	2 x 15	155
TR3/8/10	3.000	8.000	10.000	15	150
TR3/10/12	3.000	10.000	12.000	2 x 11	175
TR3/12/14	3.000	12.000	14.000	2 x 15	210



Ilustración 33 Trommel, especificaciones técnicas según modelo

IV.2.2. Trituradora

XR2000/3000

Sus ventajas de un vistazo

- Hasta 15 t/h < 30 mm y hasta 30 t/h < 80 mm
- Costes operativos muy bajos
- Estructura robusta de la máquina
- Gran facilidad de mantenimiento y servicio

[CONSULTA DE PRODUCTO](#)



Ilustración 34 Trituradora escogida y especificaciones técnicas de funcionamiento

IV. Apéndices

IV.2.3. Voteadora



Características técnicas:

		SPM-36	SPM-47	SPM-58	SPM-63	SPM-73
Potencia del motor	kw / hp	110 / 147	168 / 225	225 / 302 (St. V) 205 / 275 (Tier3)	280 / 375	470 / 630
Ancho máximo de la pila	m	3,9	4,9	5,9	6,3	7,3
Altura del túnel	m	1,7	1,9	2,1	2,4	2,8
Altura máxima de la pila - túnel levantado	m	2,1	2,4	2,6	2,9	3,3
Capacidad indicativa	m³/h	2000	3000	4000	5300	7000

Ilustración 35 Especificaciones técnicas de la volteadora según modelo

IV. Apéndices

IV.2.4. Cribadora



Características técnicas :

		TSC-1535	TSC-1950	TSC-1960
Diámetro del tambor	m	1,55	1,89	1,89
Longitud total del tambor	m	4	6	7
Superficie de cribla	m ²	13,9	25	30,5
Capacidad de la tolva	m ³	2,5	4	4
Altura de alimentación	m	~4,5	~4,5	~4,5
Potencia del motor diesel	ch	50	83	83
Potencia del motor eléctrico	Kw	18	30	30

Ilustración 36 Especificaciones técnicas de la cribadora según modelo

IV. Apéndices

IV.2.5. Ensacadora

Ensacadora de boca abierta automática

CHRONOS | SERIE PTW-1200

Hasta 20 BPM con 25 kg (55 lb)
16 BPM con 50 kg (110 lb)



Ilustración 37 Especificaciones técnicas ensacadora para el modelo escogido

IV. Apéndices

IV.2.5. Carretilla elevadora

J2.2-3.5XN



MODELOS

MODELO	J2.5XN (LWB)	J3.0XN (LWB)	J3.0XN (LWB)	J3.5XN (LWB)	J3.5XN (LWB)
MODEL DESIGNATION	Advance +	Advance	Advance +	Advance	Advance +
CAPACIDAD DE CARGA (KG)	2500	3000	3000	3500	3500
CENTRO DE CARGA (MM)	500	500	500	500	500
ALTURA DE ELEVACIÓN (MM)	6000	5810	5810	5810	5810
RADIO DE GIRO (MM)	2043	2073	2043	2139	2076
CAPACIDAD DE LA BATERÍA (V / AH)	80V / 700Ah				

Ilustración 38 Especificaciones técnicas de la carretilla elevadora según modelo

IV. Apéndices

IV.2.5. Pala cargadora

SPECIFICATIONS

Peso operativo
5820 kg

Capacidad del cazo de serie
1.2 m³

Máxima potencia del motor
56 kW



Ilustración 39 Especificaciones técnicas de la pala cargadora para el modelo elegido