



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y
TECNOLOGÍA FARMACÉUTICA
ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Trabajo de fin de grado

Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial

Autora: Aída Contreras Estévez

Tutores: Prof. Andrea Brito Alayón

Prof. Raimundo Arvelo Álvarez

Septiembre 2017



TRABAJO FIN DE GRADO

INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente

Autora: Aida Contreras Estévez

Tutores: Prof. Andrea Brito Alayón

Prof. Raimundo Arvelo Álvarez

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TECNOLOGÍA FARMACÉUTICA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

San Cristóbal de La Laguna, 2017



CONTENIDO

1. Memoria descriptiva.
2. Anexo de cálculos.
3. Presupuesto.
4. Planos.

AGRADECIMIENTOS

Después de un intenso período que finaliza, de aprendizaje, no sólo a nivel educativo, sino también a nivel personal, escribo este apartado para agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado durante este proceso.

Comenzando por mis padres, José y Conchi, por haberme brindado todas las herramientas que estaban a su alcance para lograr mis metas y mis hermanos Alba y Juanjo y mi pareja Christian por su valiosa ayuda.

Por otra parte, dar las gracias a los profesores de La Universidad de La Laguna y mis compañeros por brindarme sus conocimientos y aportar su granito.

1. Memoria descriptiva



CONTENIDO

1. RESUMEN.....	4
2. TÍTULO.....	6
3. PETICIONARIO.....	6
4. AUTOR.....	6
5. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	6
6. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.....	7
7. INTRODUCCIÓN.....	7
8. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	21
9. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA ISLA DE TENERIFE.....	23
10. JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.....	26
11. ELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN LA PRIMERA ETAPA DE FERMENTACIÓN ENTRE UN COMPOSTADOR CERRADO Y DE PILAS VOLTEADAS.....	28
10.1. PILAS VOLTEADAS.....	28
10.2. COMPOSTADOR CERRADO.....	29
12. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO: EL COMPOST.....	35
12.1. BENEFICIOS DEL COMPOST Y DEL COMPOSTAJE.....	36
12.2. FASES DEL COMPOSTAJE.....	37
12.2.1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA A COMPOSTAR.....	37
12.2.2. PROCESO DE FERMENTACIÓN.....	38
12.2.2.1. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL COMPOSTAJE.....	40
12.2.3. PROCESO MECÁNICO DE FERMENTACIÓN.....	43
12.3. PROPIEDADES DEL COMPOST.....	44
12.4. CLASIFICACIÓN DEL COMPOST.....	47
13. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	49
14. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	52
14.1. RECEPCIÓN.....	53
14.2. CLASIFICACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN.....	54
14.3. FERMENTACIÓN.....	54
14.4. AFINO.....	55
14.5. MADURACIÓN.....	56

15. BALANCE DE MATERIA.....	56
16. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	57
17. ESTUDIO DE CIRCULACIÓN.....	60
18. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	62
18.1. RETRANQUEOS Y AISLAMIENTO EXTERIOR.....	62
18.2. ZONA DE OFICINAS.....	63
18.2.1. FACHADAS.....	63
18.2.1.1. FACHADA PRINCIPAL.....	63
18.2.1.2. FACHADA NORTE.....	64
18.2.1.3. FACHADA SUR.....	64
18.2.2. SUELOS Y TECHOS.....	64
18.3. PLAYA DE DESCARGA.....	64
18.3.1. CONSTRUCCIÓN.....	64
18.3.2. SUELOS.....	65
18.4. SALA DE PRETRATAMIENTO.....	65
18.4.1. FACHADAS.....	65
18.4.1.1. FACHADA PRINCIPAL.....	65
18.4.1.2. FACHADA SUR.....	66
18.4.1.3. FACHADA NORTE.....	66
18.4.2. SUELOS.....	66
18.4.3. TECHOS.....	66
18.5. ZONA DE FERMENTACIÓN.....	67
18.5.1. CONSTRUCCIÓN.....	67
18.5.2. SUELOS.....	67
18.6. SALA DE AFINO.....	68
18.6.1. FACHADAS.....	68
18.6.2. SUELOS.....	68
18.6.3. TECHOS.....	69
18.7. ZONA DE MADURACIÓN.....	69
18.7.1. CONSTRUCCIÓN.....	69
18.8. ALMACENES.....	69
18.8.1. ZONA DE ENVASADO Y ALMACENAMIENTO DE COMPOST.....	70
18.8.2. GARAJE DE CAMIONES.....	71
18.8.3. GARAJE DE PALAS CARGADORAS Y TALLER.....	71

18.8.4. ALMACÉN DE SERRÍN.....	72
18.9. CIRCULACIÓN INTERNA.....	73
19. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS.....	74
19.1. CUANTIFICACIÓN DE LOS CONTENEDORES DE RECOGIDA SELECTIVA.....	74
19.2. PESAJE DE LA MATERIA PRIMA.....	76
19.3. PRETRATAMIENTO.....	77
19.3.1. TRÓMEL DE 80MM DE LUZ DE MALLA.....	77
19.3.2. SEPARADOR MAGNÉTICO.....	79
19.3.3. SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT.....	80
19.3.4. CINTAS TRANSPORTADORAS.....	81
19.3.4.1. ELEVACIÓN DE LA MATERIA PRIMA DE LA PLAYA DE DESCARGA AL TRÓMEL.....	82
19.3.4.2. TRANSPORTE DE LA CRIBA HASTA EL SEPARADOR MAGNÉTICO.....	83
19.3.4.3. TRANSPORTE DESDE EL SEPARADOR MAGNÉTICO HASTA EL SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT...	83
19.3.4.4. TRANSPORTE DESDE EL SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT HASTA EL TAMBOR ROTATORIO.....	84
19.4. FERMENTACIÓN.....	84
19.5. AFINO.....	86
19.5.1. TRÓMEL DE 15MM DE LUZ DE MALLA.....	86
19.5.2. MESA DENSIMÉTRICA.....	87
19.5.3. CINTAS TRANSPORTADORAS.....	89
19.5.3.1. ALIMENTACIÓN DEL TRÓMEL DE 15MM.....	89
19.5.3.2. TRANSPORTE DE LA CRIBA GIRATORIA A LA MESA DENSIMÉTRICA.....	90
19.5.3.3. TRANSPORTE DE LA MESA DENSIMÉTRICA HASTA LA ETAPA DE MADURACIÓN.....	90
19.6. ENSACADORA.....	91
20. EQUIPOS AUXILIARES.....	92

20.1. PALAS	
CARGADORAS.....	92
20.2. CONTENEDORES.....	93
20.2.1. PRETRATAMIENTO.....	93
20.2.1.1. CONTENEDOR TRÓMEL DE 80MM.....	94
20.2.1.2. CONTENEDOR SEPARADOR MAGNÉTICO.....	94
20.2.1.3. CONTENEDOR SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT.....	95
20.2.2. AFINO.....	95
20.2.2.1. CONTENEDOR TRÓMEL 15MM.....	96
20.2.2.2. CONTENEDOR MESA DENSIMÉTRICA.....	96
20.3. CONTENEDOR METÁLICO PARA EL TOTAL DE IMPROPIOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA.....	97
20.4. RECOGIDA DE LIXIVIADOS Y ABASSTO DE AGUA AL PROCESO...98	
20.4.1. SISTEMA DE AGUA.....	98
20.4.2. CAPTACIÓN DEL AGUA DE LA RED.....	100
20.4.3. RECOGIDA, TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LIXIVIADOS.....	100
20.4.4. RED DE TUBERÍAS.....	101
20.5. NECESIDADES DE SERRÍN.....	102
20.6. DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.....	102
20.7. CAMIONES.....	104
20.8. SISTEMA CONTRAINCENDIOS, VENTILACIÓN, ILUMINACIÓN Y RED DE SANEAMIENTO.....	104
21. CONCLUSIÓN.....	105
22. BIBLIOGRAFÍA.....	106

1. RESUMEN.

La materia orgánica supone más del 40% de la bolsa de basura, por ello, es imprescindible poner en marcha una gestión adecuada de estos residuos a través de la recogida selectiva, que, la isla de Tenerife no cuenta en la actualidad con ninguna planta de este tipo, pues en el PIRS sólo se lleva a cabo un triaje de la materia orgánica mezclada con distintos tipos de residuos, y a partir de la ley de residuos de 2011, el material que no se recoge selectivamente en origen no se puede llamar compost, sino material bioestabilizado. Además, se trata de un sistema de reducción real de la cantidad de basura que se genera día a día que en gran parte acaba en vertederos e incineradoras, provocando contaminación ambiental y visual.

En este trabajo se comienza estudiando la composición de los residuos urbanos y de la materia orgánica en concreto, que está compuesta por restos de alimentos, restos vegetales e impropios, y la cantidad de ésta que se genera en la zona norte de Tenerife donde va a estar instalada la planta de compostaje, zona II, concretamente en el municipio de La Orotava como centro de gravedad de la vertiente norte de la isla.

Además, en cuanto a los procesos que se llevan a cabo en las fases de compostaje que se realizan en la planta (recepción, clasificación y homogeneización, fermentación, afino y maduración), se elige como método de la primera etapa de fermentación el de un compostador cerrado en lugar de las pilas volteadas, entre otras razones porque tiene menor superficie, no depende del clima, se pueden controlar los olores, la duración del procedimiento es menor y la calidad del producto es mayor.

Por otra parte, para cuantificar la materia que pasa por cada parte del proceso de compostaje y el producto final, se realiza un balance de materia detallado. En cuanto a la distribución de la planta, se especifica cada una de las zonas y edificaciones, que se pueden observar de manera detallada en los planos que se adjuntan. Para todo ello se realizan cálculos de las dimensiones de las pilas, número de contenedores por municipio, volumen de los contenedores de impropios en el interior de la planta y diseño y cálculo del sistema de control de agua para recoger y abastecer el sistema.

SUMMARY.

Organic matter accounts for more than 40% of the waste bag, therefore, it is essential to put in place a proper management of this waste through selective collection, which, the island of Tenerife does not currently have any plant of this type, because in the PIRS only a triage of the organic matter mixed with different types of waste is carried out, and from the waste law of 2011, material that is not selectively collected at source can not be called compost, but biostabilized material. In addition, it is a system of real reduction of the amount of garbage that is generated every day that largely ends up in landfills and incinerators, causing environmental and visual pollution.

This work begins by studying the composition of urban waste and organic matter in particular, which is composed of food remains, vegetable remains and improper, and the amount of wasted generated in the north of Tenerife where the composting plant will be installed, zone II, specifically in the municipality of La Orotava as the center of the northern slope of the island.

In addition, as regards the processes that are carried out in the composting phases taking place in the plant (reception, sorting and homogenization, fermentation, refining and maturation), a closed composter is chosen as the method of the first stage of fermentation instead of overturned piles, among other reasons because it has a smaller surface, does not depend on the weather, the odors can be controlled, the duration of the procedure is shorter and the quality of the product is greater.

On the other hand, to quantify the matter that passes through each part of the composting process to the final product, a detailed material balance is made. As for the distribution of the plant, each of the zones and buildings are specified, which can be observed in detail in the attached plans. For all this, calculations of the dimensions of the piles, number of containers per municipality, volume of improper containers inside the plant and design and calculation of the water control system to collect and supply the system are carried out.

2. TÍTULO.

Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente.

3. PETICIONARIO.

La entidad peticionaria de este proyecto es el Departamento de Ingeniería Química y Tecnológica Farmacéutica de la Facultad de Química de la Universidad de La Laguna.

4. AUTOR.

La autora de este Proyecto es Aida Contreras Estévez, alumna del Grado de Ingeniería Química Industrial de la Universidad de La Laguna.

5. OBJETIVO DEL PROYECTO.

El objetivo de este proyecto es el diseño de una planta de compostaje comarcal de residuos orgánicos separados y recogidos de forma selectiva. Para ello se tratará de compostar este tipo de residuos para una zona norte de la isla de Tenerife.

Además, se determinará qué método de compostaje es mejor para este caso concreto entre un compostador cerrado o de pilas volteadas.

6. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

La situación de la planta de compostaje se situará en la zona norte de la isla de Tenerife, en el término municipal de Valle de La Orotava, en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España.

Estará localizada en el ámbito destinado a la implantación de infraestructuras de gestión de residuos que localice el PTPO de la comarca, según lo dispuesto en la ficha del ámbito 18 del Valle de La Orotava, por lo tanto, en la zona de Las Arenas, en un ámbito situado próximo al centro comercial La Villa y la autopista TF-5, en el ámbito 18, formado por un conjunto de fincas sin cultivo localizadas en un área de pendiente suave al oeste del sector industrial. Con una superficie de suelo de 41.824 m². La clase de suelo es Rústico de Protección Agraria (SRPA) de uso agrícola en la que no se establecen prohibiciones específicas para la implantación de infraestructuras en esta categoría.

Cumple con el planeamiento urbanístico vigente, el PIOT (Plan Insular de Ordenación de Tenerife) y el PGO de La Orotava (aprobado definitivamente, B.O.P. N°89, de 29 de junio de 2004).

Para situarlo de manera más clara obsérvese el Plano 1.

7. INTRODUCCIÓN.

La protección del medio ambiente es una de las tareas principales en que está empeñada la sociedad contemporánea. El objetivo de la misma se centra en detener el progresivo deterioro del entorno en el que vivimos, fruto de un desarrollo egoísta y de una explotación totalmente incontrolada de los recursos naturales, la mayoría de ellos no renovables, así como de un gran desarrollo urbanístico.

Una consecuencia ingrata de este desarrollo urbanístico comentado es la generación de residuos. Los residuos han existido desde que nuestro planeta ha tenido seres vivos, hace unos 4.000 millones de años. Los desechos de animales y plantas siempre han servido para formar parte de los sistemas ecológicos cerrando los ciclos de la materia y energía existentes en la naturaleza, por lo que podemos considerar que estos residuos constituyen un elemento imprescindible para el desarrollo de la vida permitiendo que se mantengan los ciclos biológicos.

Con la aparición de los antecesores de la especie humana no se produjeron problemas importantes en los ciclos biológicos, ya sus residuos no generaban ningún problema en la naturaleza porque eran perfectamente asumibles por el medio, eran residuos biodegradables.

Desde las sociedades primitivas, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de La Tierra para su supervivencia, utilizando ésta para la evacuación de sus residuos, que pasaban a formar parte de los ciclos biológicos.

El problema de los residuos comienza con el desarrollo de la población y de la sociedad moderna, no sólo en el aspecto que se refiere a la cantidad de residuos que ésta genera (difícilmente asimilable por la naturaleza), sino, y de manera importantísima, a la calidad de los residuos producidos.

La aparición de la sociedad urbana e industrial que utiliza materias primas muy elaboradas y transformadas genera residuos de difícil reciclaje por parte de los ecosistemas.

Las distintas agrupaciones humanas a los largo del tiempo han llevado consigo la generación de residuos que o bien eran quemados o se hacía compost. De forma tradicional, los agricultores reunían los desperdicios orgánicos imitando el proceso de fermentación que ocurre normalmente en la naturaleza para transformarlos en abono para las tierras.

Los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada porque cada vez son más, asunto asociado al incremento de la población, a los procesos de transformación industrial y a los hábitos de consumo de los individuos. Como solución se han buscado usos alternativos benéficos para el entorno como es el proceso de reciclaje para la transformación nuevamente en materia prima, este es el caso del proceso de compostaje.

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala tiene origen a principios del siglo XX combinando los conocimientos científicos con los tradicionales de los agricultores basado en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales y humedecerla periódicamente. El abono resultante contiene materia orgánica y nutrientes, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro necesarios para la vida de las plantas.

En el año 1925 se comenzó a estudiar en Europa la posibilidad de descomponer las basuras de las ciudades. La primera planta de compost se instaló en Holanda en 1932. En la década de los 60 había en Europa 37 plantas y fue aumentando considerablemente y a principios de los 70 se llegó a 230 plantas destacando los países de Francia y España (sobre todo en el Levante y

Andalucía). Sin embargo, la evolución se estancó y se cerraron numerosas plantas debido a la deficiente calidad del compost producido (no se hacía separación previa de la materia orgánica de los residuos sólidos) y el poco interés en utilizarlo.

En la actualidad, según el Ministerio de Medio Ambiente, las plantas de compost existentes en España son 24, que tratan 1.770.061 toneladas y producen 365.239 toneladas/año, con lo que el rendimiento es de un 21,98%. La calidad el producto es variable, pero puede afirmarse que su tendencia es a mejorar por la implantación de nuevas instalaciones, tecnologías y mejora de las condiciones de fermentación.

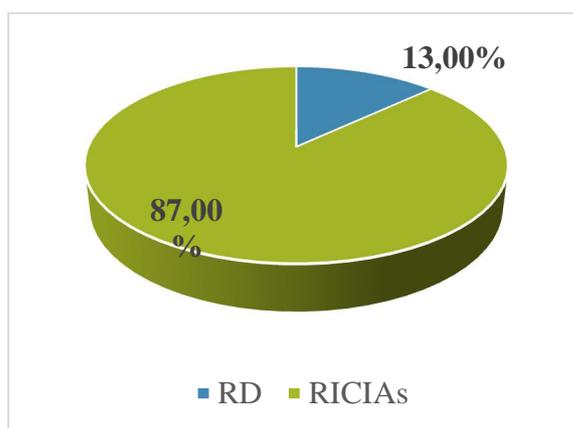
Con el uso de compost se enriquece la tierra y se defiende el medio ambiente al aprovechar aproximadamente el 30% de las materias orgánicas que contienen los residuos sólidos urbanos o basuras domésticas transformándose en minerales.

Según la Ley 22/2011, del 28 de Julio, de residuos y suelos contaminados, la gestión de residuos se define como: “la recogida, el transporte y tratamiento de cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseché o tenga la intención o la obligación de desechar, incluida la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente”.

Según el artículo 4 de la Ley de Residuos de Canarias 1/99 define los residuos urbanos o municipales como: “los residuos domésticos, los de comercios y de oficinas y servicios, así como otros residuos que, por su naturaleza o composición, pueden asimilarse a los residuos domésticos”.

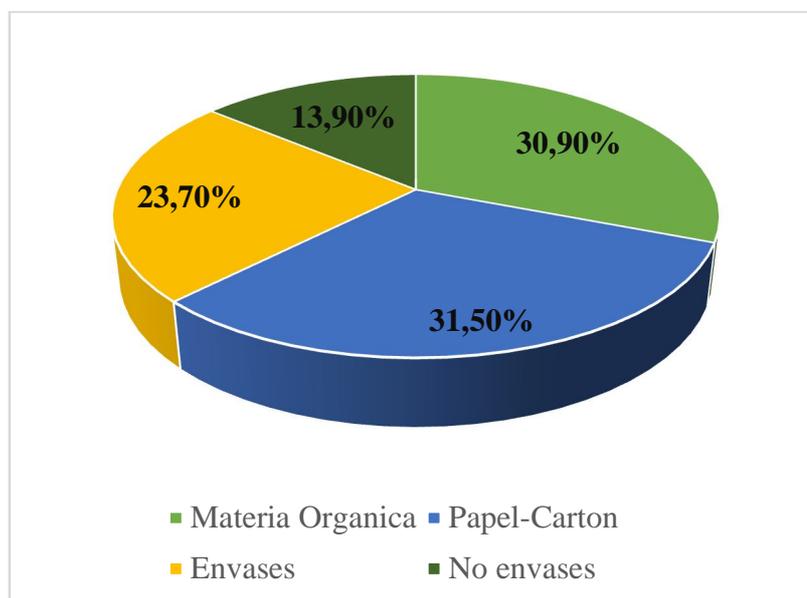
Los residuos urbanos engloban dos tipos: los residuos domiciliarios generados en el ámbito del hogar, los residuos generados por la actividad comercial, institucional e industrial asimilables a urbanos (RICIA) y los provenientes de pequeñas obras domésticas de reparación (RCD). Aunque también se incluyen otras corrientes de residuos que son abordadas separadamente en el Plan Territorial, tales como neumáticos, residuos voluminosos y lodos EDAR. La fracción de cada tipo de residuo urbano en el año 2004 obtenido por el PTEOR se muestra en la Gráfica D6.1.

Gráfica D6.1. Porcentaje de cada fracción de los residuos urbanos (2004).



Los residuos domiciliarios son la fracción de residuos correspondiente a los residuos generados en las ciudades que tradicionalmente han tenido la denominación de domiciliarios. Está constituida por una fracción de residuos recogidos “en masa”, con código CER 200301 y materiales recogidos selectivamente (envases, papel-cartón y vidrio). Para su caracterización, según el Plan Territorial de Ordenación de Residuos (PTEOR), se ha empleado información dada por el Gobierno de Canarias en el año 2001 con los resultados que se observan en la Gráfica D6.2.

Gráfica D6.1. Caracterización de Residuos Urbanos de Tenerife, según el Gobierno de Canarias en el año 2001.



A partir del gráfico anterior se puede observar que los residuos sólidos que más se generaron son papel-cartón (31,5%) seguido de la materia orgánica (30,9%) que constituyen más de la mitad de material recogido (63%).

Y con los datos obtenidos, según el PTEOR, por VERTRESA, concesionaria de la gestión tanto de las Plantas de Transferencia, en el año 2001, la generación de residuos sólidos urbanos fue de 510.195 ton/año. Aplicando la caracterización reseñada a esta cantidad resulta la composición de los residuos domiciliarios en masa como se muestra en la Tabla D6.1, de forma más detallada.

Tabla D6.1. Cantidad contenida en los RU (Residuos Urbanos) de las diferentes fracciones en el año 2001.

RD(Residuos Domiciliarios)	% por fracción	%total	Ton/año
Fracciones			510.195
Materia orgánica	30,9	30,9	157.650
<25 mm	25,9	8,0	40.831
25mm-80mm	46,7	14,4	73.623
>80mm	15,9	4,9	25.066
Restos vegetales	11,5	3,6	18.130
Papel-Cartón	31,5	31,5	160.711
Papel	55,9	17,6	89.794
Cartón	44,1	13,9	70.917
Envases	23,7	23,7	120.916
PEBD (Polietileno de baja densidad)	57,2	13,6	69.164
Bricks	3,6	0,9	4.353
Férricos	7,5	1,8	9.069
No férricos	1,9	0,5	2.297
PET (Tereftalato de polietileno)	4,4	1,0	5.320
PEAD blanco (Polietileno de alta densidad)	3,8	0,9	4.595
PEAD color	1,2	0,3	1.451
PVC (Cloruro de polivinilo)	0,1	0,0	121
Otros plásticos	2,0	0,5	2.418
Vidrio	12,1	2,9	14.631
Maderas	6,2	1,5	7.497
No envases	13,9	13,9	70.917
Plásticos	4,8	0,7	3.404
Férricos	6,8	0,9	4.822
No férricos	1,6	0,2	1.135
Vidrio	0,5	0,1	355
Otros	0,0	0,0	0,0
Textiles	24,5	3,4	17.375
Gomas y cueros	1,8	0,3	1.277
Maderas	4,9	0,7	3.475
Higiénico-Sanitarios	17,6	2,4	12.481
Inertes	37,5	5,2	26.594

Aunque todos estos datos acreditados por el Cabildo de Tenerife y a través del Servicio Técnico de Sostenibilidad de Recursos y Energía son del año 2001, la situación actual en cuanto a la generación y caracterización de residuos no es muy diferente, es decir, no ha habido un

cambio drástico en la proporción de cada fracción generada, y por ello se pueden tomar como referencia.

El lugar de destino de este diseño se encuentra en las Islas Canarias, concretamente en el norte de la Isla de Tenerife, donde de las cinco zonas de gestión de residuos que hay, las dos primeras se encuentran en esta comarca: La Guancha (Zona I), La Orotava (Zona II), Arona (Zona III), El Rosario (Zona IV) y Arico (Zona V).

Las cantidades de residuos domiciliarios, en masa y recogida selectiva, recogidas en cada una de las zonas de gestión existentes en la isla se pueden ver en la Tabla D6.2.

Tabla D6.2. Recogida de residuos domiciliarios en masa por zona de gestión en el año 2004.

Zona I (La Guancha)	Zona II (La Orotava)	Zona III (Arona)	Zona IV (El Rosario)	Zona V (Arico)
22.493 ton/año	98.691 ton/año	120.524 ton/año	227.940 ton/año	40.546 ton/año

Si se integran ambas corrientes de residuos y se dividen por la población de hecho¹ de cada una de las zonas de gestión se obtiene la generación per capita de residuos domiciliarios en la siguiente Tabla D6.3.

Tabla D6.3. Generación per capita por zonas de gestión.

	Zona I (La Guancha)	Zona II (La Orotava)	Zona III (Arona)	Zona IV (El Rosario)	Zona V (Arico)
Habitantes de hecho	53.710	185.822	181.371	404.037	77.152
kg/(hab.día)	1,15	1,46	1,82	1,54	1,44

Se puede observar en la tabla que existe variabilidad entre la tasa de generación de las diferentes zonas de la isla. La Zona III que es la que mayor tasa tiene, es debido a que se trata de la zona turística por excelencia y, por lo tanto, presenta un elevado desarrollo del sector servicios. Las zonas con menor índice, es debido a su baja densidad de población, son áreas de descanso.

Cada zona de gestión cuenta con su propia Planta de Transferencia donde los residuos urbanos (RU) son compactados e introducidos en contenedores especiales, de 20 m³, donde

¹ Población de hecho se entiende como toda persona que tiene su residencia en el mismo municipio en el que se censa y al que se encuentra de paso en el mismo. De este modo, la población de hecho es la suma de los residentes y de los transeúntes.

luego son trasladados al Complejo Ambiental de Tenerife, también conocido como PIRS (Planta Insular de Residuos Sólidos), para sus tratamientos.

Las plantas de compostaje de residuos urbanos, visto en el PTEOR, son infraestructuras destinadas a la gestión de la fracción de materia orgánica compostable, recogida selectivamente de estos residuos, transformándolos, mediante un proceso aeróbico, en compost. Este compuesto se emplea en agricultura y jardinería como abono y para recuperación de suelos.

Otro término importante a definir es el de recogida selectiva, según la Ley 10/1998 de Residuos: sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos. Las fracciones más extendidas actualmente en España son vidrio, papel/cartón, envases ligeros y fracción orgánica.

A medida que se pide a los ciudadanos que aborden la recogida selectiva de las fracciones menos conocidas como son la materia orgánica compostable (MOC) y los envases ligeros, el proceso se hace más complejo, porque es más difícil interpretar qué es lo que se demanda y porque las nuevas fracciones son más “sucias”, o porque están en mayor contacto con los alimentos, o porque son alimentos. En estos casos, la participación ciudadana desciende y la calidad con la que se participa, medida por el porcentaje de impropios en estos contenedores, también baja.

En este documento se apuesta por el reciclaje con calidad. Se compostará el máximo de la materia orgánica compostable que se pueda recoger procedente de las dos corrientes de residuos urbanos, RD (Residuos Domiciliarios) y RICIA (Residuos Industriales, Comerciales e Institucionales Asimilables a domiciliarios).

El compost que se produzca a partir de la MOC (Materia Orgánica Compostable) recogida de forma selectiva será un producto de niveles de calidad homologables a los exigidos por la normativa nacional y la nueva normativa europea, lo que permitirá su utilización en agricultura y floricultura. Las fracciones de materia orgánica con las que se realizará el compostaje serán: residuos de poda y jardinería, fracción orgánica de los RICIA recogidos de forma selectiva, puerta a puerta, en los grandes generadores o generadores singulares y la fracción orgánica de los RD recogidos de forma selectiva a través del “sistema 5 personalizado” de contenedor de acera y/o en recogida a puerta utilizando vehículos especialmente diseñados.

Los rechazos de la planta de compostaje de las distintas fracciones de residuos recogidas de forma selectiva, denominados residuos secundarios², generados como consecuencia de las operaciones de valorización de los residuos urbanos primarios³, serán sometidos a nuevas operaciones de valorización o de disminución de su peligrosidad, antes de proceder a su vertido, hasta que se hayan convertido en residuos últimos⁴, análogos a los así definidos en la legislación francesa y alemana.

Conforme con los últimos datos disponibles elaborados por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM), actual Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), en el año 2006 el 14% del total de los residuos urbanos recogidos (RU) procede de los depositados en contenedores específicos para ellos y en los puntos limpios, y el 86% restante es recogido de forma mezclada⁵. Esta información se detalla en la siguiente Tabla D6.4.

Tabla D6.4. Recogida de residuos sólidos urbanos según la modalidad en el año 2006 (MAPAMA).

Modalidad de recogida		Toneladas	Porcentaje
Residuos recogidos selectivamente	Separados en domicilio:	2.519.340	11%
	Papel/cartón	934.062	4%
	Vidrio	562.000	2%
	Envases ligeros	606.200	3%
	Fracción orgánica	417.078	2%
	Depositados en puntos limpios	697.432	3%
Residuos mezclados		20.431.260	86%

A continuación, en la Tabla D6.5, se presenta la evolución de la tasa de reciclado y valorización globales desde la entrada en vigor de la Ley en el año 1997 hasta el año 2006, según datos realizados por el MAPAMA.

² Residuos secundarios: los generados como rechazos en las plantas de tratamiento de los residuos primarios, como por ejemplo, en las plantas de tratamiento y reciclaje de RCD.

³ Residuos urbanos primarios: los recogidos de forma directa de los generadores sin que hayan sufrido ningún proceso posterior de clasificación, separación o tratamiento de reciclaje, compostaje o de otras operaciones de valorización.

⁴ Residuos últimos son aquellos que, de acuerdo a las condiciones económicas y técnicas de cada momento, no son susceptibles de ser tratados ni mediante la extracción de la parte valorizable ni por la reducción de su carácter contaminante o peligroso.

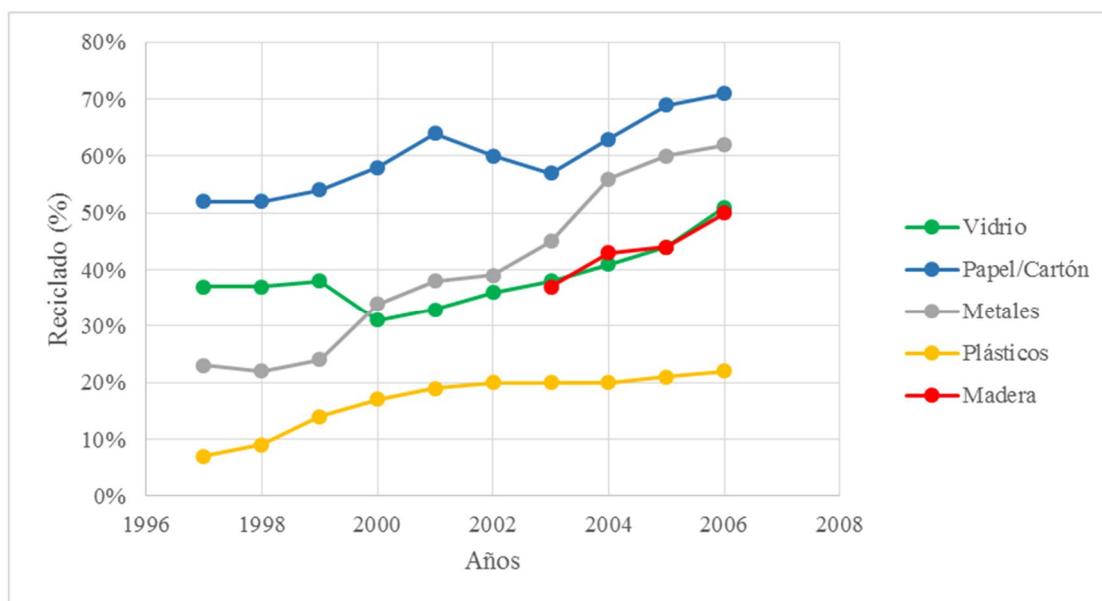
⁵ Los residuos mezclados deben entenderse como aquellos residuos que se recogen en la fracción resto (aquella cuya composición es variable y dependiente de cómo y qué se haya separado previamente (vidrio, papel/cartón, envases ligeros, fracción orgánica).

Tabla D6.5. Evolución de la tasa de reciclado, valorización global y reciclado (MAPAMA).

Año		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Valorización global⁶		37%	37%	42%	44%	50%	50%	48%	53%	56%	61%
Reciclado global		34%	34%	38%	40%	44%	44%	43%	47%	50%	54%
RECICLADO	Vidrio	37%	37%	38%	31%	33%	36%	38%	41%	44%	51%
	Papel/Cartón	52%	52%	54%	58%	64%	60%	57%	63%	69%	71%
	Metales	23%	22%	24%	34%	38%	39%	45%	56%	60%	62%
	Plásticos	7%	9%	14%	17%	19%	20%	20%	20%	21%	22%
	Madera	--	--	--	--	--	--	37%	43%	44%	50%

De manera gráfica se representan los datos en la Gráfica D6.3:

Gráfica D6.3. Evolución de la tasa de reciclado, valorización global y reciclado (MAPAMA).



Ahora se puede observar, de manera más clara, que todas las fracciones de reciclado presentan un crecimiento notable excepto los metales cuyo crecimiento se ha disparado en los últimos años.

Lo destacable es que se ha incrementado el porcentaje de reciclado y valorización global de los residuos sólidos a medida que ha pasado el tiempo, y que debe seguir así para poder cumplir los límites legales y para intentar salvaguardar el medio ambiente.

⁶ Según la Ley 10/1998 sobre residuos define la valorización como “todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente”.

Según el artículo 5.2. del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, para reducir los residuos biodegradables destinados a vertedero y alcanzar los objetivos específicos que para residuos biodegradables, en particular mediante reciclaje, compostaje y otras formas de valorización como producción de biogás mediante digestión anaerobia. Este documento constituye la Estrategia Española de Reducción de la Cantidad de Residuos Biodegradables Destinados a los Vertederos, entendiéndose por residuo biodegradable (RB) todo aquel que, en condiciones de vertido, puede descomponerse de forma aerobia o anaerobia, tales como residuos de alimentos y de jardín, papel y cartón. Los objetivos que se establecen son:

-A más tardar el 16 de julio de 2006, la cantidad total (en peso) de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 75% de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1955.

-A más tardar el 16 de julio de 2009, la cantidad total (en peso) de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 50% de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1955.

- A más tardar el 16 de julio de 2016, la cantidad total (en peso) de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 35% de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1955.

Sabiendo que en el año 1955 se generó en España 11.934.142 toneladas de RB (BOE, Jueves 26 de febrero de 2009) y reduciendo en los porcentajes especificados para los años propuestos, obtenemos la siguiente Tabla D6.6 con la cantidad de residuos biodegradables que pueden depositarse en vertederos en el período 2006-2016.

Tabla D6.6. Reducción del vertido de RB.

	2006	2009	2016
RB vertidos (t)	8.950.607	5.967.071	4.176.950
Porcentaje vertido (%)	35	50	35

En la Tabla D6.7 se refleja la información suministrada por las comunidades autónomas relativa a las cantidades de RB vertidas durante los años 2004-2006. También se indican las diferencias entre las cantidades vertidas y las legalmente admisibles.

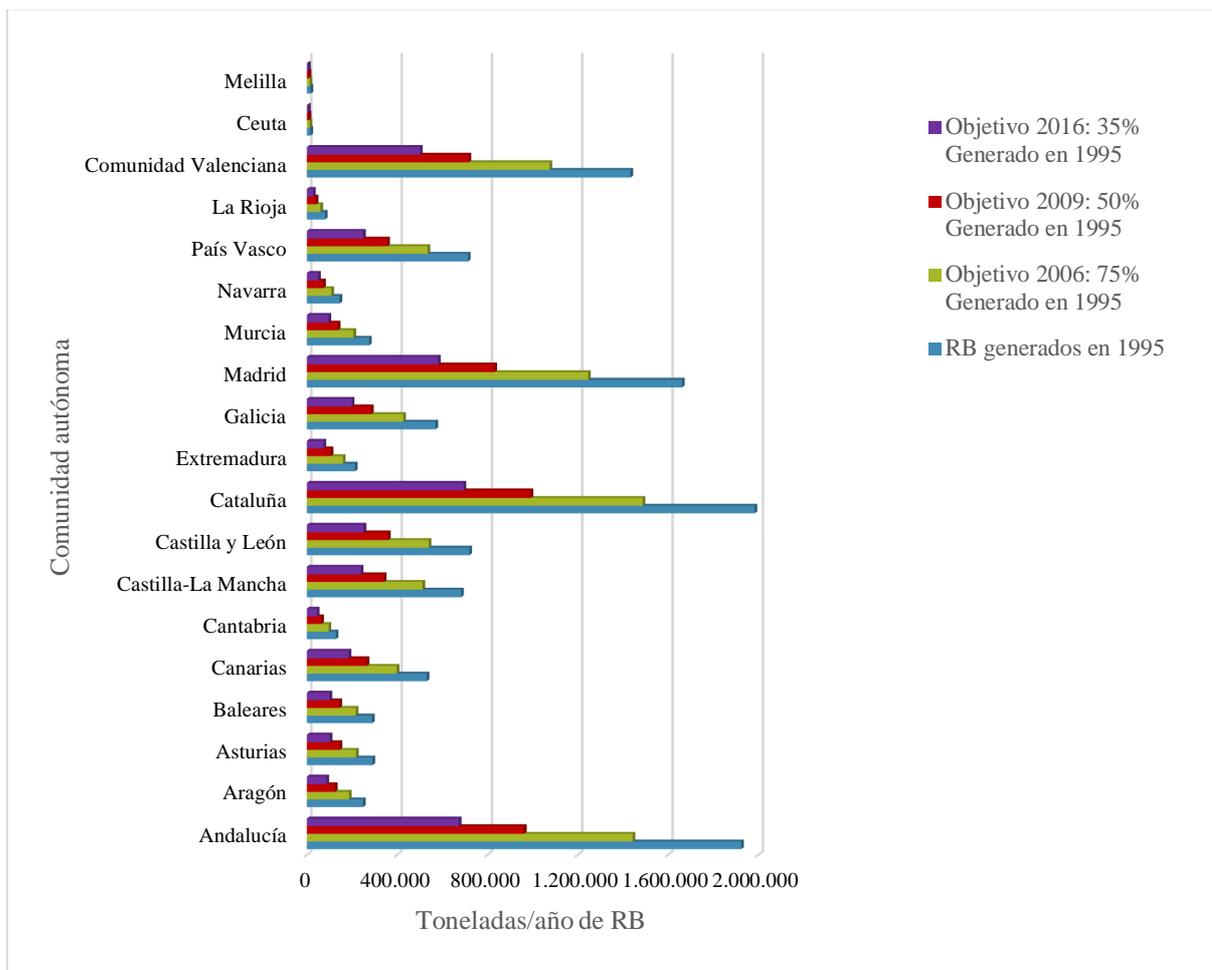
Tabla D6.7. Cantidades de RB depositadas en vertedero 2004-2006

Comunidad Autónoma	RB generados 1995	RB a vertedero 2004	RB a vertedero 2005	RB a vertedero 2006	Objetivo 2006: 75% Gen.1995	Diferencia: Vertido 2006-Objetivo 2006	%Desvío sobre el objetivo	Objetivo 2009: 50% Gen.1995	Objetivo 2016: 35% Gen.1995
Andalucía	1.924.578	1.489.029	1.586.607	1.670.888	1.443.434	227.455	16	962.289	673.602
Aragón	249.684	326.070	313.147	348.575	187.263	161.312	86	124.842	87.389
Asturias	291.343	262.610	260.285	258.985	218.507	40.477	19	145.672	101.970
Baleares	289.765	143.953	169.124	149.716	217.324	-67.608	-31	144.883	101.418
Canarias	531.390	479.632	501.922	506.156	398.543	107.614	27	265.695	185.987
Cantabria	128.713	102.794	104.237	122.519	96.535	25.984	27	64.357	45.050
Castilla-La Mancha	683.890	86.468	91.799	100.554	512.918	-412.364	-80	341.945	239.362
Castilla y León	720.325	n.d.	231.695	268.991	540.244	-271.253	-50	360.163	252.114
Cataluña	1.983.762	1.166.375	1.126.785	1.134.325	1.487.822	-353.497	-24	991.881	694.317
Extremadura	213.603	249.843	235.293	205.879	160.202	45.677	29	106.802	74.761
Galicia	569.960	278.478	339.069	399.486	427.470	-27.984	-7	284.980	199.486
Madrid	1.662.035	1.219.554	1.223.556	1.286.948	1.246.526	40.422	3	831.018	581.712
Murcia	276.146	n.d.	n.d.	247.800	207.110	40.691	20	138.073	96.651
Navarra	145.718	n.d.	n.d.	144.650	109.289	35.362	32	72.859	51.001
País Vasco	714.000	553.488	486.000	453.365	535.500	-82.135	-15	357.000	249.900
La Rioja	80.940	78.137	68.096	58.970	60.705	-1.735	-3	40.470	28.329
Comunidad Valenciana	1.433.864	270.867	412.546	410.423	1.075.398	-664.975	-62	716.932	501.852
Ceuta	16.890	0	0	0	12.668	-12.668	-100	8.445	5.912
Melilla	17.536	0	0	0	13.152	-13.152	-100	8.768	6.138
España	11.934.142	6.707.298	7.150.161	7.768.229	8.950.607	-1.182.377	-13	5.967.071	4.176.950

N.D: Dato no recibido

Y bien, para un mejor estudio de estos datos, en la Gráfica D6.4 se representa lo que se debe cumplir por comunidad autónoma en cuanto a la reducción en el vertido de residuos biodegradables, es decir, a partir del año 2016 minimizar hasta el 50% los residuos biodegradables generados en 1995.

Gráfica D6.4. Objetivos de residuos biodegradables vertidos a cumplir por comunidad autónoma



Se puede observar en la gráfica anterior que las comunidades que más residuos biodegradables generan son Cataluña, Andalucía, Madrid y la Comunidad Valenciana pues también son las comunidades mayor pobladas. A partir del año 2016 se deberían haber reducido los residuos hasta 4.176.950 toneladas en todo el país.

El depósito de los residuos biodegradables en los vertederos trae varios problemas y es por ello por lo que se pretenden evitar, con la dificultad que ello conlleva. Las razones para el desvío de éstos hacia la valorización son:

-Evitar el impacto ambiental de su vertido, que se concreta en:

- ✓ Emisión de lixiviados.
- ✓ Emisión de gases (biogás).
- ✓ Inestabilidades y asentamientos de la masa de residuos.
- ✓ Olores, suciedad, atracción de animales e insectos.

- ✓ Ocupación de un espacio que, con frecuencia, no admitirá otros usos posteriores.
- ✓ Impacto paisajístico.

-Valorizar unos residuos convirtiéndolos en enmiendas orgánicas para la mejora de los suelos.

Existen varios tratamientos para la reducción de vertido de los residuos biodegradables, que tiene como objetivo principal buscar la valorización de dichos residuos, tratamientos biológicos y mecánico-biológico de la fracción resto que se somete a una separación mecánica para obtener materia orgánica. Actualmente en España los tratamientos biológicos (compostaje o digestión anaerobia) de los RUB son la opción más utilizada para desviar los materiales biodegradables de los vertederos cuya finalidad es producir enmiendas orgánicas o biogás.

El compostaje es un proceso biológico y aerobio mediante el cual los microorganismos son capaces de descomponer la materia biodegradable permitiendo obtener compost. Este proceso natural surge como una solución viable para el reciclado de la fracción orgánica de los residuos urbanos biodegradables (RUB), ya que supone en la actualidad alrededor del 40% del total de la cantidad de residuos generados. Para obtener un compost de calidad, es necesario que la alimentación a la planta proceda de la recogida selectiva de RB con la suficiente limpieza y ausencia de contaminantes, además, se deben añadir residuos que den estructura a la masa a compostar (por ejemplo, astillas). Esto significa invertir recursos en la recogida selectiva con este objetivo y en información y sensibilización ciudadana.

La biometanización, también denominada digestión anaerobia, trata de la descomposición mediante microorganismos de los RUB en ausencia de oxígeno obteniéndose biogás (principalmente dióxido de carbono y metano) que puede aprovecharse para generar energía mediante su combustión y una fase semisólida denominada digestato, que sometido a tratamiento adicional (habitualmente compostaje), puede ser usado a continuación en agricultura. La biometanización, al contrario que el compostaje, está indicada para residuos con un contenido alto en humedad (60-99% de humedad).

Para este diseño se ha escogido el compostaje como tratamiento biológico, por las siguientes razones frente a la biometanización:

- Tecnología relativamente sencilla.
- Costes de inversión y operación más bajos.

- Proceso más usado y conocido desde hace mucho tiempo.
- Compost de mayor calidad que se adapta a la legislación y cumple los parámetros exigidos en el RD 824/2005 de productos fertilizantes.
- Mayor implantación en España (capacidad anual de las plantas de compostaje de 6,84 millones de toneladas frente a 0,87 millones de toneladas referidas a la biometanización, según el MARM para el año 2008).

Si se define el término compostaje como la obtención de compost, según la Ley 22/2011, de 28 de Julio, de residuos y suelos contaminados, establece que este producto es “enmienda orgánica obtenida a partir de tratamiento biológico aerobio y termófilo de residuos biodegradables recogidos separadamente” y que “no se considerará compost al material orgánico obtenido de las plantas de tratamiento mecánico-biológico de residuos mezclados, que se denominará material bioestabilizado”.

Es por todo esto por lo que la recogida selectiva y el compostaje deben desarrollarse paralelamente, para cumplir con la ley vigente y además para conseguir un sistema que garantice la calidad del compost, ya que la composición del material de partida juega un papel importante en el proceso e influye en todas las etapas de su tratamiento.

8. NORMATIVA DE APLICACIÓN.

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas directivas, entre la que se destaca la Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 5 de abril de 2006, relativa a los residuos.
- Directiva 1999/31/CE del Consejo, del 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos.
- Ley 22/2011, del 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, aprobado en Consejo de Ministros el 26 de diciembre de 2008, incluye planificación de, entre otros, los residuos domésticos y similares.

- Real Decreto 824/2005, del 8 de julio, sobre Productos Fertilizantes, donde se establece el nuevo marco de referencia para el compostaje.
- Ley 1/1999, del 29 de enero, de residuos de Canarias.
- Plan Integrado de Residuos de Canarias (2000-2006) que incluye un plan de residuos urbanos.
- Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 31/1995, del 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, del 14 de abril, sobre Disposiciones Mínimas en Materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, del 18 de julio, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los Trabajadores de los Equipos de Trabajo.
- Ley 21/1992, del 16 de julio, de Industria.
- Real Decreto 154/2001, del 23 de julio, por el que se establece el procedimiento para la puesta en funcionamiento de industrias e instalaciones industriales.
- Real Decreto 1801/2003, sobre seguridad general de los productos.
- Real Decreto 112/2004, del 29 de julio, por el que se regula el procedimiento y requisitos para el otorgamiento de las autorizaciones de gestión de residuos, y se crea el Registro de Gestores de Residuos de Canarias.
- Real Decreto 9/2005, del 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes de suelos y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Código técnico de la edificación.
- Real Decreto 1523/1999, del 1 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por Real Decreto 2085/1994, del 20 de octubre, y las instrucciones técnicas complementarias MI-IP03, aprobada por el Real Decreto 1427/1997, del 15 de septiembre, y MI-IP04, aprobada por el Real Decreto 2201/1995, del 28 de diciembre.

9. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA ISLA DE TENERIFE.

Como se pudo ver anteriormente en la Tabla A6.1 y la Gráfica A6.2, en la isla de Tenerife en el año 2001 se obtuvo un 30,90% de materia orgánica del total de residuos urbanos generados, es decir, 157.650 toneladas de fracción orgánica.

Para la obtención de datos relativos al año 2017 de la isla se tomaron las últimas cifras del año 2016, pues no hay datos oficiales referidos a este año y se supondrá la variación prácticamente nula, de población de derecho del año 2016 proporcionadas por el Gobierno de Canarias y el ISTAC (Instituto Canario de Estadística). Para calcular la población de hecho, se suma la población de derecho y la turística, tomándose estas últimas cifras del Plan Especial Territorial de Ordenación de Residuos de la Isla de Tenerife. Además, se tiene la tasa de generación (PTEOR) de residuos por habitante y día por zonas de gestión visto anteriormente en la Tabla A6.3. Los cálculos se presentan en el Anexo 1.

En la siguiente Tabla D8.1 se muestra de manera general los valores obtenidos por municipios para la isla.

Tabla D8.1. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos totales y orgánicos a tratar en el año 2017 para la isla de Tenerife.

Municipio	Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (tn/año)	RSOrg. generados (tn/año)	RSOrg. a tratar (tn/año)
Adeje	47.316	32.959	80.275	53.327	16.478	4.614
Arafo	5.458	10	5.468	2.874	888	249
Arico	7.423	61	7.484	3.934	1.215	340
Arona	79.172	29.440	108.612	72.151	22.295	6.243
Buenavista	4.832	3	4.835	2.029	627	176
Candelaria	26.746	768	27.514	15.466	4.779	1.338
El Rosario	17.191	30	17.221	9.680	2.991	838
El Sauzal	8.873	13	8.886	4.735	1.463	410
El Tanque	2.658	0	2.658	1.116	345	97
Fasnia	2.783	1	2.784	1.463	452	127
Garachico	4.916	118	5.034	2.113	653	183
Granadilla	45.332	1.209	46.541	24.462	7.559	2.116
Guía de Isora	20.460	106	20.566	13.662	4.222	1.182
Güimar	19.000	38	19.038	10.006	3.092	866
Icod de los Vinos	22.606	30	22.636	9.501	2.936	822
La Guancha	5.423	3	5.426	2.278	704	197
La Laguna	153.111	920	154.031	86.581	26.753	7.491
La Matanza	8.772	15	8.787	4.683	1.447	405
La Orotava	41.294	90	41.384	22.054	6.815	1.908
La Victoria	8.969	9	8.978	4.784	1.478	414
Los Realejos	36.149	1.351	37.500	19.984	6.175	1.729
Los Silos	4.786	7	4.793	2.012	622	174
Pto. de la Cruz	29.497	17.511	47.008	25.051	7.741	2.167
San Juan de la Rambla	4.910	12	4.922	2.066	638	179
San Miguel de Abona	17.870	2.249	20.119	10.575	3.268	915
Santiago del Teide	11.338	4.641	15.979	10.615	3.280	918
Sta. Cruz de Tenerife	203.585	1.965	205.550	115.540	35.702	9.996
Sta. Úrsula	14.125	604	14.729	7.849	2.425	679
Tacoronte	23.772	219	23.991	12.785	3.951	1.106
Tegueste	11.114	7	11.121	6.251	1.932	541
Vilaflor	1.630	60	1.690	888	274	77
TOTAL Tenerife	891.111	94.449	985.560	560.513	173.198	48.496

Esta estimación realizada para el año 2017 certifica que la generación de residuos sólidos orgánicos es de aproximadamente 173.198 toneladas, de las cuales no todas serán objeto de

reciclado, ya que sólo cierta parte de la población participará en esta iniciativa, según se explica en el Anexo I.

Es por esta razón por lo que en Tenerife sólo se tratarían 48.496 toneladas anuales de residuos sólidos orgánicos.

El diseño de esta planta de compostaje a partir de la recogida selectiva de los residuos sólidos orgánicos municipales se realizará en la zona norte de Tenerife, en la zona de gestión II. En la Tabla D8.2 se resumen los municipios pertenecientes a dicha zona, número de habitantes y residuos orgánicos a tratar por la planta por municipio.

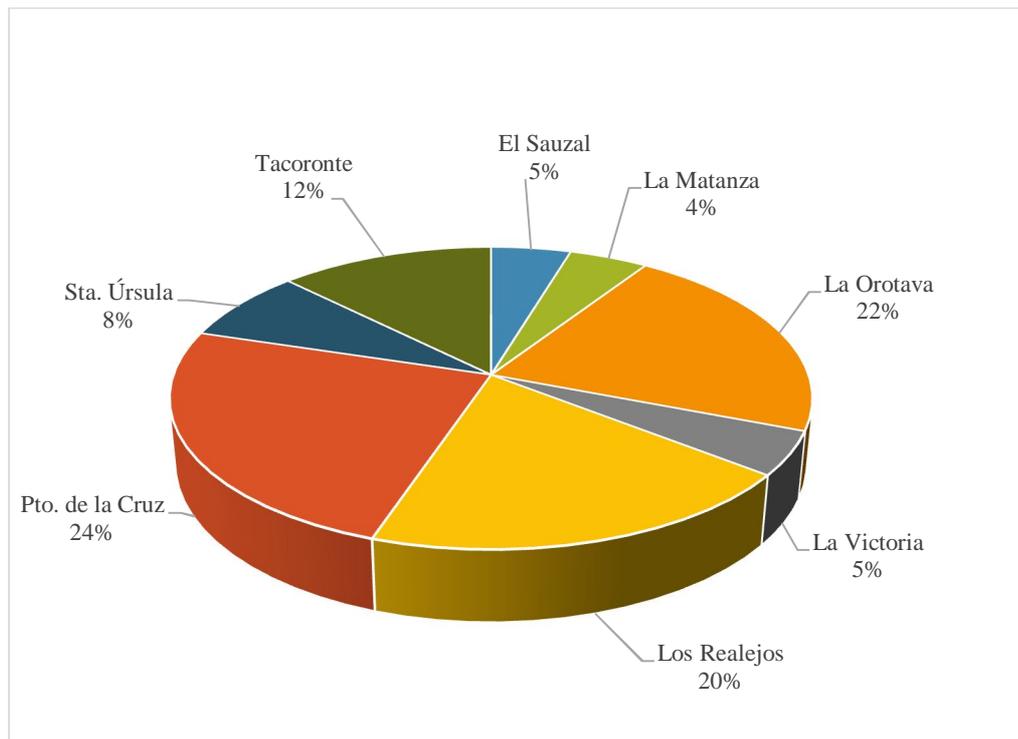
Tabla D8.2. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos totales y orgánicos a tratar en el año 2017 para la zona II de la isla de Tenerife.

Municipio		Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (tn/año)	RSOrg. totales (tn/año)	RSOrg. a tratar (tn/año)
ZONA II	El Sauzal	8.873	13	8.886	4.735	1.463	410
	La Matanza	8.772	15	8.787	4.683	1.447	405
	La Orotava	41.294	90	41.384	22.054	6.815	1.908
	La Victoria	8.969	9	8.978	4.784	1.478	414
	Los Realejos	36.149	1.351	37.500	19.984	6.175	1.729
	Pto. de la Cruz	29.497	17.511	47.008	25.051	7.741	2.167
	Sta. Úrsula	14.125	604	14.729	7.849	2.425	679
Tacoronte	23.772	219	23.991	12.785	3.951	1.106	
TOTAL		171.451	19.812	191.263	101.924	31.495	8.818

Como se observa en la tabla anterior, en la zona II de la isla se producen unas 100.000 toneladas de residuos sólidos urbanos al año, de esta cantidad, el 30,90% son residuos sólidos orgánicos, que serían aproximadamente unas 31.500 toneladas, y los que trata la planta de compostaje (alrededor del 28% de los residuos orgánicos generados), son cerca de 9.000 toneladas al año. Los cálculos se presentan en el Anexo I.

A continuación, se muestra de manera gráfica los municipios de la zona II en función de la cantidad de residuos sólidos urbanos orgánicos que producen.

Gráfica D8.1. RSU orgánicos que se producen en cada municipio de las zonas I y II de Tenerife (2017).



Se puede ver que el municipio que más residuos sólidos genera es El Puerto de la Cruz con un 24%, seguido de Los Realejos con un 20%. Los municipios que menos sólidos orgánicos producen son La Matanza (4%), seguido de El Sauzal y La Victoria (5%). Si bien, esto tiene que ver con la proporción de población que hay en cada uno de ellos, pues aquellos que tienen mayor cantidad de habitantes y turistas son los que más residuos generan.

10. JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

Para determinar la localización de la planta hay que hacer un análisis exhaustivo de varios factores:

- a) Distancia promedio que recorren las materias primas.

Esta distancia debe ser lo más corta posible, ya que los costes relacionados con el transporte suelen ser elevados. La zona de gestión de residuos sólidos escogida donde se diseñará la planta de compostaje es la zona norte, donde se encuentra la zona II, formadas por los municipios de El Sauzal, La Matanza, La Orotava, La Victoria, Los Realejos, el Puerto de la Cruz, Santa Úrsula y Tacoronte.

En el Valle de La Orotava, como centro de gravedad de la vertiente norte de la isla.

b) Distancia al posible mercado de consumo.

Esta distancia es importante para promover el uso del compost y disminuir los costes de transporte en el caso de que el compost se vendiese. La planta se encuentra en una superficie al oeste del sector industrial de Las Arenas, en el término municipal de La Orotava. Esta ubicación está justo al lado del corredor insular (TF-5), la autopista del norte, una de las principales vías de comunicación que da servicio a las principales poblaciones del Norte de Tenerife, que parte desde la capital tinerfeña hasta la localidad de Icod de los Vinos.

c) Uso del suelo circundante.

Su ubicación será sobre suelo agrícola para evitar problemas con vecinos y comunidades.

d) Superficie de la finca.

Las plantas de compostaje requieren una superficie extensa, por lo que se debe tener un gran terreno, también con la capacidad de aumentar su capacidad en un futuro y, por lo tanto no tener problemas de espacio. Las limitaciones de superficie de la actual Planta de Transferencia de La Orotava, localizada en el polígono de San Jerónimo, y su ampliación prevista hacen imposible ubicar en dicho ámbito la totalidad de las infraestructuras de gestión de residuos, que conforme con el modelo previsto en el PTEOR deben localizarse en la comarca del Valle de La Orotava. El lugar donde se construirá la planta posee grandes espacios vacíos y sin habitar, teniendo una superficie de 41.824m².

e) Distancia a la fuente de agua.

Existe abastecimiento de líquido en este terreno, ya que en las temporadas secas es necesario adicionar agua al proceso de compostaje, y por tal motivo debe existir esta fuente.

11. ELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN LA PRIMERA ETAPA DE FERMENTACIÓN ENTRE UN COMPOSTADOR CERRADO O DE PILAS VOLTEADAS.

El proceso de fermentación se puede dividir en dos etapas, en la primera de ellas, donde hay un aumento de temperatura y en la segunda donde ocurre el enfriamiento y maduración. En la primera etapa, el sustrato a compostar puede hacerlo en sistemas cerrados (compostador cerrado durante 3 días) o abiertos (pilas volteadas durante mucho más tiempo). En la última etapa, el compost no está estabilizado por lo que quedará apilado en eras de volteo durante 7 días.

Un proceso industrial de compostaje, que pretende la obtención de un producto final (compost) que tenga aplicaciones útiles, como fertilizante o enmienda orgánica, no se puede dejar que transcurra de forma espontánea, sino que han de controlarse los parámetros necesarios para garantizar un bajo costo junto a la mayor brevedad posible del proceso. Esto puede lograrse influyendo directamente sobre el crecimiento y metabolismo de los microorganismos que intervienen en el compostaje.

Hay numerosas tecnologías disponibles para el compostaje con las que se pueden alcanzar las condiciones deseadas para el proceso en un grado variable. Entre ellas se encuentran:

- ❖ El proceso de fermentación mediante pilas volteadas.
- ❖ El proceso de fermentación mediante compostador cerrado.

11.1. PILAS VOLTEADAS.

Primero se analizará la sencillez de los sistemas abiertos. Son sistemas donde el material a compostar se sitúa al aire libre. Requieren menor inversión y la capacidad de ampliación de la planta es más fácil. Las plantas más antiguas poseen el suelo de tierra natural y en la actualidad se tiende a suelos de hormigón con pendiente, con redes de servicio de agua, aire y recogida de lixiviado. Tienen el inconveniente de estar a merced de clima en cada momento, por lo que el control del proceso es más complejo, así como la propagación de malos olores, invasión exterior de aves, insectos y roedores.

Los sistemas de compostaje abiertos se clasifican conforme a si el sustrato se mueve o no durante el compostaje.

En el sistema de apilamiento por volteo (windrow), se transporta el material a compostar y se conforman pilas de 2-3 metros de altura y 5-6 metros de ancho y de longitud variable. Las filas deberán regarse y voltearse según el contenido de humedad, temperatura y oxígeno en el interior de la masa. Después se pasará a la zona de maduración, donde se seguirá volteando durante un tiempo determinado hasta realizar el afinado del producto que continuará con el almacenamiento del producto, donde aún madura hasta su expedición.

La aireación de la masa se puede hacer con máquina volteadora o con pala. Si se hace con máquina volteadora la dimensión de las pilas viene fijada por el tamaño y capacidad de la máquina y el volteo se hace “insitu”. El tiempo de volteo es inferior. Como inconveniente, la máquina volteadora no es polivalente como la pala y tiene unos costes elevados de adquisición y mantenimiento. La pala requiere mayor tiempo de volteo y de superficie ya que se tiene que conformar la nueva pila en otro sitio distinto al original.

11.2. COMPOSTADOR CERRADO.

Los tipos de sistemas cerrados ilustran las diferentes aproximaciones que se han desarrollado para evitar alguno de los problemas que tienen lugar en los sistemas abiertos, tales como los requerimientos de espacio, las variaciones de temperatura durante el compostaje, ausencia de garantía de higienización o pasteurización y la producción y liberación de olores y bioaerosoles.

❖ Ventajas potenciales de los sistemas cerrados de compostaje.

Si el compostaje es llevado a cabo dentro de un recipiente o fermentador, en lugar de al aire libre, sería posible obtener múltiples ventajas como las que se enumera a continuación, aunque dependerán de la tecnología elegida:

- Control de los factores ambientales de los microorganismos responsables del compostaje, por lo que pueden operar de forma controlada en unas condiciones óptimas o cercanas a las mismas.
- Reducción significativa del tiempo necesario para pasar a una etapa específica del proceso.
- Programar una producción predecible y rentable.
- Etapa claramente definida y demostrable de pasteurización o higienización.

- Compost producido con propiedades predecibles, uniformes y controlables de calidad.
- Registros detallados del proceso de compostaje.
- Prevención de condiciones anaeróbicas con la consiguiente reducción o eliminación de olores precedentes de la degradación anaerobia.
- Control de olores y bioaerosoles que transporta el aire.

❖ Los principios de diseño de sistemas de compostaje cerrados.

Las diversas tecnologías de compostaje comparten propósitos comunes de diseño con objeto de garantizar las ventajas anteriormente indicadas.

- Independencia respecto de las condiciones ambientales. Los sistemas abiertos pueden estar influidos en gran medida por cambios en la temperatura, las precipitaciones, los fuertes vientos y los ambientes excesivamente secos. Estos efectos pueden abarcar desde la paralización o retraso del proceso de compostaje hasta la generación de problemas de olores, lixiviados o bioaerosoles. Con los sistemas cerrados se aísla el proceso de compostaje de los cambios climáticos locales.
- Aumento de la velocidad de operación. Con los sistemas de pilas volteadas se necesita un tiempo considerable para completar el compostaje. Son comunes períodos mayores de 8-20 semanas. Esta prolongación del tiempo de compostaje es debida mayormente porque los microorganismos operan por debajo de las condiciones óptimas de operación, lo que es originado por los gradientes de temperatura y aireación en el interior de las pilas de compostaje y a los efectos de las condiciones climáticas locales. Con el diseño de los sistemas cerrados se intenta eliminar que el compostaje no se produzca en las condiciones óptimas y por tanto acelera el proceso de compostaje considerablemente.
- Reducción del área de la instalación. Los sistemas abiertos ocupan grandes superficies. Estas áreas están normalmente cubiertas con hormigón por lo que puede implicar costes considerables. Un sistema cerrado debería ser capaz de procesar una cantidad equivalente de sustrato en un área mucho menor.
- Control de la producción de forma programada. Los costes de procesar una tonelada de sustrato varían no sólo con la tecnología de compostaje elegida, sino también con la eficiencia con que la operación de compostaje es llevada a cabo.

Un factor muy importante en el control de los costes es el uso eficaz de mano de obra y de equipos. Esto es posible sólo si puede operar un programa de producción eficaz desde el punto de vista económico utilizando todos los recursos de la manera más eficiente. Los sistemas de compostaje abiertos están sujetos a muchas variables por lo que las instalaciones con esta tecnología no operan con un programa o plan controlado y predecible. Un sistema cerrado debería ser más susceptible de ajustar el control del proceso.

- Condiciones aeróbicas garantizadas. Los problemas de olores son causados principalmente por la creación de condiciones anaeróbicas. Éstas son, a menudo, los problemas más importantes de las instalaciones de compostaje. Es muy difícil, pero no imposible, garantizar condiciones aeróbicas en todo el material que se composte a través de volteos mecánicos. El diseño de un sistema cerrado busca garantizar que todo el residuo que se composte está expuesto a un mínimo nivel de oxígeno durante todo el proceso de compostaje. El mecanismo por el cual esto se logra varía, pero normalmente conlleva suministro forzado de aire conectado a sondas de oxígeno y/o temperatura, repartidas por todo el material.
- Control eficaz y uniforme de la temperatura. El residuo naturalmente atraviesa un rango de temperaturas durante el compostaje antes de obtener el producto final. En sistemas abiertos, hay considerable gradiente de temperaturas en el interior de la pila. El control de estas temperaturas por el operador es esencial para llevar a cabo el compostaje de forma rápida y que dé lugar a la obtención de un producto uniforme y predecible. Los sistemas cerrados buscan garantizar que todo el material que se composte esté en la misma temperatura y que ésta esté controlada directamente por el operador o un sistema automatizado. El material puede ser llevado a un régimen de temperatura predeterminado con una exactitud considerable.
- Garantía de pasteurización o higienización. Muchos de los residuos orgánicos que son compostados contienen niveles significativos de patógenos humanos, animales y vegetales, así como esporas de los mismos. Es fundamental que los mismos mueran durante el proceso de compostaje, o que la cantidad de los mismos por gramo de compost disminuya hasta niveles aceptables. Los sistemas cerrados a través del control de la temperatura y un aislamiento térmico efectivo persigue garantizar que en una etapa del compostaje todo el material alcance un

régimen de temperatura, por ejemplo, 55 °C durante 3 días, que resulta en una pasteurización o higienización efectiva.

- Control eficaz de lixiviados. Los sistemas abiertos están expuestos a condiciones ambientales que pueden producir olores y problemas relacionados con los lixiviados. Los sistemas cerrados reducen la producción de lixiviados, e incluso, el lixiviado puede ser recirculado de forma controlada, lo que supone un ahorro en la cantidad de agua a adicionar.
- Control eficaz de los olores. Como consecuencia de que los sistemas cerrados se lleven a cabo en un recipiente, es posible asegurar que cualquier olor que sea transportado por el aire generado en el proceso es tratado para eliminar estos olores antes de ser liberado al medio ambiente. La forma en que este objetivo se logra varía de unas tecnologías a otras. El método óptimo es normalmente minimizar la cantidad de aire que requiere el tratamiento, para llevar este aire a un absorbedor húmedo (o Scrubber) para eliminar el amoníaco y enfriar el aire, y a continuación pasar el aire a través de un biofiltro para eliminar los olores producidos por otras sustancias químicas.
- Control eficaz de bioaerosoles. Muchos trabajos han sido llevados a cabo recientemente acerca de las implicaciones que tienen los bioaerosoles generados durante el compostaje sobre la salud. Según el estudio realizado por Miller (1995), se determinan las siguientes conclusiones:
 - La población general no está en riesgo de infecciones sistémicas o histológicas por las emisiones de bioaerosoles en las plantas de compostaje.
 - Los grupos de individuos más sensibles están en riesgo de sufrir infecciones por patógenos oportunistas, como el *Aspergillus fumigatus*, que aparece no sólo en compost sino también en muchos otros materiales orgánicos del medio ambiente.
 - Los individuos asmáticos y alérgicos están en riesgo de verse afectados por gran variedad de fuentes orgánicas, entre ellas el compost.
 - La exposición laboral a bioaerosoles en las plantas de compostaje pueden ser significativas dependiendo de la localización, las características de operación y el contacto de los trabajadores con los

bioaerosoles. Generalmente, no se observan efectos adversos para la salud.

En los sistemas abiertos, especialmente durante el volteo, en condiciones de sequedad o al final del proceso de compostaje, puede liberarse cantidades considerables de bioaerosoles. Así como los sistemas cerrados perseguían contener y tratar los gases de salida para prevenir olores, el aire puede ser también contenido y procesado para evitar que se escapen esporas al medio ambiente.

- Registro y análisis apropiado de los datos. Como ocurre con otros procesos industriales, es fundamental que los datos de producción sean registrados de forma adecuada. Esto permite que la calidad del proceso sea controlada, por ejemplo, para probar que un material ha sido higienizado correctamente. El seguimiento permite identificar tendencias y problemas. Es más fácil registrar datos en un sistema cerrado, donde el residuo que se composte y su medio ambiente inmediato debería estar bajo condiciones uniformes y controladas, que en sistemas abiertos donde las condiciones no son uniformes. Como la mayoría de los sistemas cerrados están controlados por ordenador, el mismo ordenador puede a menudo ser usado para registrar, analizar, exponer y almacenar los datos de forma útil.
- Control de calidad del compost. Si un sistema es capaz de controlar la aireación, la temperatura y la higienización adecuadamente, es posible producir un compost de confianza uniforme e inocuo. Esto es un requisito básico si el compost quiere tener posibilidades reales de venta conforme a las demandas del mercado.
- Ampliación y rentabilidad (coste-eficacia). Las instalaciones de compostaje a menudo se construyen inicialmente a pequeña escala o escala piloto y después se amplían cuando el compostaje es más aceptado en la zona, cambia la legislación o la experiencia mercantil de los productores incrementa. Cualquier tecnología de compostaje empleada, especialmente las más costosas, deben ser capaces de ser ampliadas de una forma rentable. Por esta razón, los sistemas cerrados constituidos por módulos presentan una ventaja sobre otros sistemas.
- Mano de obra. Los costes de operación contribuyen la mayor proporción de los costes del proceso de compostaje. Cualquier sistema que reduce los requisitos

de mano de obra, sin comprometer la seguridad ni la calidad, es positivo. Muchos de los sistemas de compostaje disponibles, mediante el empleo de automatización y el control a través de ordenadores, puede procesar elevadas cantidades de residuos orgánicos con requisitos muy bajos de mano de obra.

- Gestión eficiente y rentable. El compostaje puede ser rentable sólo si el proceso es gestionado eficientemente. A pesar de que normalmente la gestión es llevada a cabo por trabajadores que se encuentra en la instalación o cercanos a la misma, los sistemas cerrados, a veces, permiten también la gestión remota o a distancia. Mediante el uso de módems, que procesan la información, ésta puede ser transmitida a un punto central donde los datos pueden ser analizados y usados a distancia para seguir y controlar el proceso de compostaje o para generar datos de control de calidad. Esta gestión remota puede ser llevada por la administración central o servidor de una compañía que permite el seguimiento de más de una instalación. Esto puede ser útil también para comprobar y corregir las averías y desajustes en el proceso.

Tabla D10.1. Comparación entre reactores abiertos y cerrados.

Elemento de comparación	Sistemas Abiertos	Sistemas Cerrados
Superficie a ocupar	Grande	Reducida
Clima	Temperaturas no extremas	Variable y frío
Sustrato	Todos, pero con material de soporte	Principalmente aquellos con elevada humedad
Tecnología	Relativamente sencilla. Dos opciones de sistemas de aireación: forzada y volteos	Relativamente sofisticada. Múltiples opciones de sistema de aireación
Inversión	De baja a moderada	De elevada a muy elevada
Costos de explotación	Variable	Elevado
Consumo energético	Bajo a medio	Medio a elevado
Olores	Problemas si no hay suficiente aireación	Se pueden controlar
Duración	Compostaje: 21 a 28 días Maduración: mínimo 30 días	Compostaje: 3 a 15 días Maduración: mínimo de 30 días
Calidad final del producto	Buenas si el proceso es adecuado	Mejor Calidad

Por lo tanto, el método de compostaje elegido en la primera etapa de fermentación tal y como se ha justificado es el de un compostador cerrado. Entre todos los tipos de compostadores cerrados que hay (horizontales y verticales), se elige la forma de tambor rotatorio pues es el compostador cerrado más común, utilizado, sencillo y de los más económicos. Su funcionamiento se basa en la entrada de material por un extremo del tambor rotatorio inclinado y gradualmente se mueve a lo largo del tambor hasta salir por el extremo opuesto. Durante el tiempo en que el material atraviesa el tambor, la temperatura aumenta y la estructura del material cambia considerablemente. El aire puede ser extraído y tratado en un absorbedor y un biofiltro.

12. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO: EL COMPOST.

Técnicamente se puede definir el compostaje como un proceso de descomposición biológica, por vía aerobia y en condiciones controladas, de la materia orgánica contenida en los residuos, con la finalidad de obtener un producto inocuo y con buenas propiedades como fertilizante que recibe el nombre de compost. Las bacterias actuantes son termófilas⁷ desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre los 50°C y 70°C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto.

El compost es una sustancia similar al humus, que se obtiene en el proceso de compostaje, con unas características concretas como son: estabilidad, homogeneidad, sanitariamente neutro y con buen valor agronómico.

La composición del compost varía en función de los residuos y éstos a su vez dependen de la época del año, del nivel socioeconómico, de los sectores económicos productores, etc. Además sobre la calidad final del compost influye, como no, el proceso.

El compost es un producto orgánico estable, con una granulometría inferior a los 15 mm con bajo contenido en inertes y moderado valor fertilizante.

Se puede comparar su capacidad nutritiva con otros productos utilizados tradicionalmente como fertilizantes, en la siguiente Tabla D11.1.

⁷ El término termófilo se aplica a organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura relativamente altas, por encima de los 45°C.

Tabla D11.1. Contenido en macronutrientes de los principales fertilizantes naturales. (Manual para la Gestión de Residuos Urbanos, Garrigues, Ecoiuris, 2003)

Fertilizante	Humedad %	Macronutrientes		
		N ₂ %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Compost	30	0,4-3,5	0,3-3,5	0,5-1,8
Estiércol bovino	80	0,33	0,22	0,11
Estiércol caballar	75	0,5	0,28	0,31
Estiércol porcino	82	0,67	0,56	0,45

12.1. BENEFICIOS DEL COMPOST Y DEL COMPOSTAJE.

-Efectos en la estructura de la tierra.

Los millones de microorganismos que viven en el compost, contribuyen a formar y estabilizar la tierra aumentando la capacidad del suelo para retener agua, haciendo porosos los suelos difíciles, mejorando su ventilación y calentamiento, en definitiva, creando una estructura aterronada.

-Efecto sobre los nutrientes de las plantas.

La materia orgánica, al mineralizarse, libera una serie de elementos permitiendo a los microorganismos que fijen el nitrógeno del aire y descompongan los minerales liberando los nutrientes.

El compost contiene una gran reserva de nutrientes que poco a poco entrega a las plantas.

Al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, evita la erosión y la desertificación.

-Efectos sobre la salud.

El compost proporciona sustancias activas como hormonas vegetales y antibióticos y aumenta la actividad biótica, pues es rico en microbios y frena la acción y proliferación de microorganismos dañinos.

-Efectos sobre la calidad del suelo.

Únicamente proporciona elementos orgánicos, que son transformados y pasan al ciclo de la naturaleza. Evita el peligro que supone para el suelo y el agua subterránea el uso de fertilizantes químicos.

-Soluciona el problema de la generación de residuos.

La parte orgánica de los residuos son reciclados mediante compostaje, menor cantidad de residuos se destinan a vertederos e incineración, hay un ahorro de energía y la materia orgánica se recicla y vuelve a tener valor una vez consumida.

-Beneficios económicos.

Todos somos generadores diarios de materia orgánica. El compostaje es un proceso fácil de hacer y con un coste económico mínimo comparado con otros sistemas de tratamiento de los residuos.

Obtenemos un producto de calidad, barato, fácil de obtener y muy abundante.

12.2. FASES DEL COMPOSTAJE,

La obtención de un buen compost depende de la optimización de los siguientes procesos:

- Preparación de la materia orgánica a compostar.
- Proceso de fermentación.
- Proceso mecánico de depuración.

12.2.1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA A COMPOSTAR.

Es de gran importancia, en la planta de compostaje, preparar adecuadamente la masa que va a fermentar, pues será decisiva para obtener una buena calidad de producto final o compost, en condiciones óptimas de tiempo y del menor costo posible. Básicamente se tomará especial interés en los siguientes aspectos:

- Reducir el contenido en voluminosos e inertes que pueden perturbar el buen funcionamiento de la instalación.
- Obtener una adecuada humedad y una porosidad que garantice la aireación del proceso.
- Una relación C/N comprendida entre 25 y 35.

Una vez conseguidos los anteriores objetivos, se procede a la disgregación del producto mediante máquinas trituradoras, a fin de obtener un producto más homogéneo y con

una granulometría más fina para facilitar la acción de los microorganismos en el proceso de transformación de la materia orgánica, aunque, no es conveniente que la materia quede demasiado compactada, ya que dificultaría la entrada de oxígeno.

La calidad del compost está en función de la composición de los residuos urbanos y más concretamente de la riqueza en producto orgánicos. De forma negativa influye la presencia de plásticos, vidrios y en general productos no fermentables.

Dado que es posible que los ciudadanos no separen bien la materia orgánica y puede que los residuos contengan productos no fermentables, la primera operación previa al compostaje de los residuos es la eliminación de la mayor cantidad posible de voluminosos e inertes.

El paso siguiente será el de la disgregación mecánica de estos residuos hasta alcanzar proporciones óptimas.

12.2.2. PROCESO DE FERMENTACIÓN.

El compostaje es un proceso dinámico activado por la acción combinada de una población bacteriana que puede dividirse en cuatro períodos atendiendo a la evolución de la temperatura.

Estos cuatro períodos se dan en la realidad tal y como se describen en los procesos de fermentación no forzados. Cuando se varían los parámetros en silos de fermentación, mediante aireación y aplicación de humedad, estos periodos se pueden ver modificados.

-Período mesofílico: Los residuos sólidos urbanos o basuras frescas contienen millones de gérmenes. Comienza la fermentación aerobia y en su primera fase de baja temperatura o mesófila, dominan las bacterias y hongos mesófilos y producen gran cantidad de ácidos, bajando el pH. La actividad en este primer período es muy intensa, pues los microorganismos disponen de todas las sustancias directamente asimilables contenidas en estado natural en el medio orgánico.

-Período termofílico: Esta intensa actividad provoca la liberación de energía, lo que origina una elevación de la temperatura de la masa. Este fenómeno sirve para iniciar la actividad de proliferación de las primeras especies termofílicas, que se encontraban en estado latente en las basuras frescas. Especies de bacterias, pero sobre todo de hongos termófilos, que entran en actividad hasta temperaturas de 65°C, entonces aumenta la actividad

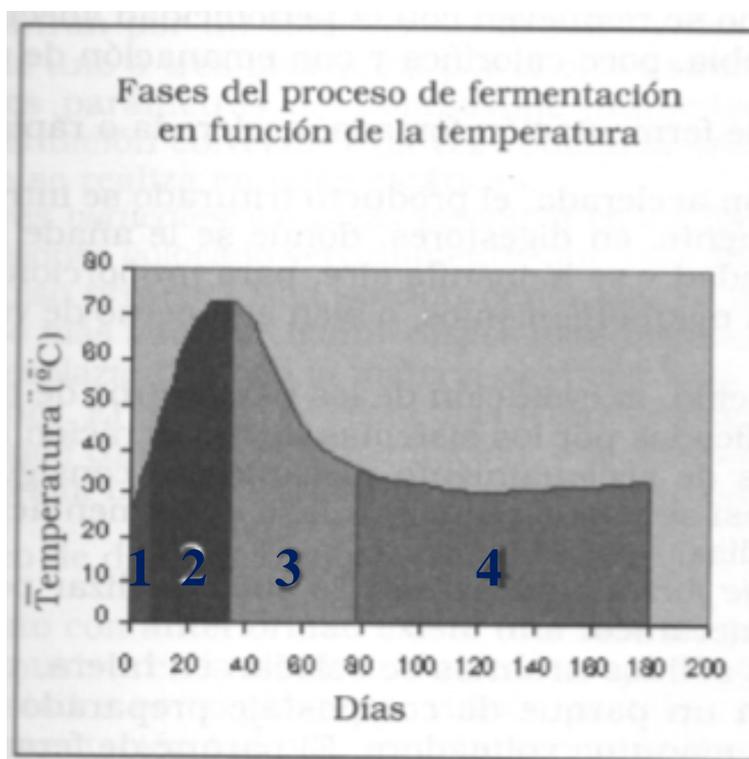
enzimática y se produce hidrólisis y transformación de sustancias como grasas y un ataque superficial de la celulosa y la lignina, formando sustancias orgánicas simples gracias a la acción de las enzimas extracelulares de otros organismos.

Sube la temperatura y sólo pueden sobrevivir las bacterias termófilas. Se alcanzan y superan los 70°C durante dos o tres semanas (en la fermentación no forzada). En esta época la actividad biológica de la fermentación es la más débil. Ésta es la fase en que se realiza la pasteurización y la estabilización del medio.

-Período de enfriamiento: Agotada la materia orgánica susceptible de liberar carbono por los medios disponibles por las bacterias termófilas, ocurre una reducción en la multiplicación y actividad, lo que se traduce en un descenso progresivo de la temperatura. Se ven entonces aparecer otra vez algunas especies de hongos y actinomicetos y desaparecer las bacterias termófilas con el descenso de la temperatura.

-Período de maduración: Es un período que requiere meses (en la fermentación natural) a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimeración de humus.

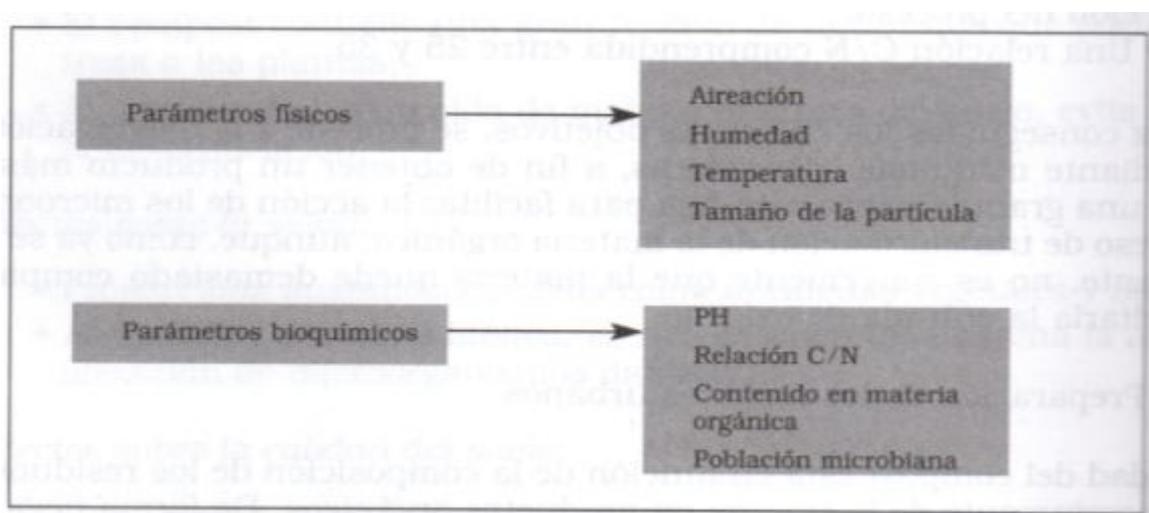
Gráfica D11.1. Distintos períodos del proceso de fermentación aerobia. (Alonso Alonso, C., Martínez Nieto, E., Morena Olías, J.)



12.2.2.1. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL COMPOSTAJE.

El proceso de fermentación es el compostaje propiamente dicho. Como ya se ha expuesto con anterioridad, el compostaje es una fermentación aerobia termófila de la materia orgánica contenida en los residuos como consecuencia por la acción combinada de varios microorganismos.

Es de gran interés el análisis de parámetros que intervienen en el compostaje o más concretamente en esta etapa de fermentación, con el fin de mantenerlos en circunstancias óptimas, para un buen compostaje, en el menos tiempo posible y con un menor coste. Estos factores se pueden dividir de la forma que se expone a continuación.



Parámetros físicos que influyen en el proceso de fermentación.

-Aireación: El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. La falta de ventilación del anhídrido carbónico origina el desarrollo de microorganismos anaeróbicos que cortarían el proceso de compostaje.

-Humedad: Los valores mínimos en los que tiene lugar la actividad biológica se sitúa entre el 12% y 14%. No obstante, en el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60%. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros, y por lo tanto, el proceso se volvería anaeróbico, es decir, se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja, se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas.

-Temperatura: Durante el compostaje, y siempre que la aireación y la humedad sean adecuadas, la temperatura sufre la siguiente evolución. Inicialmente, los residuos fermentables se encuentran a temperatura ambiente. Enseguida, los microorganismos, que disponen de abundantes nutrientes, proliferan y la temperatura va incrementándose considerablemente. A los pocos días, se alcanzan los 40°C, finalizando la llamada “fase mesofílica” y se alcanza la “fase termofílica”. La temperatura sigue subiendo y la mayor parte de los microorganismos iniciales mueren y son reemplazados por otros resistentes a estas temperaturas. Más tarde decrece gradualmente y se vuelve otra vez a temperaturas mesofílicas en un período denominado de “maduración” caracterizado por una reducción paulatina de la actividad biológica y por una estabilización de los productos orgánicos obtenidos.

La primera fase del compostaje con incrementos de temperaturas, hasta valores altos que pueden superar los 70°C, junto con elevados índices de humedad, tiene gran importancia sanitaria por cuanto supone la eliminación de gérmenes patógenos. Sin embargo, esta eliminación puede afectar a microorganismos y organismos que intervienen en el compostaje, con desfavorable repercusión en la prolongación excesiva del tiempo de fermentación. Cabe una solución de compromiso que fije la temperatura de compostaje en un valor, dentro del cual, se presenten garantías sanitarias y, a la vez, puede existir una población de microorganismos que asegure un compostaje adecuado. Esta temperatura de trabajo se ha fijado en torno a los 55°C.

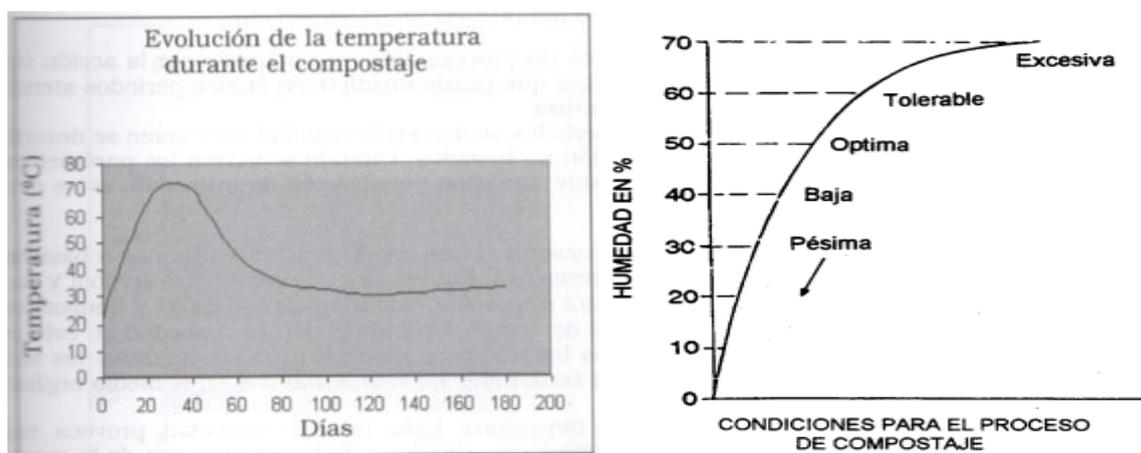
En la planta de compostaje, la regulación de la temperatura sólo puede ejercerse para reducir su valor, y se realiza mediante los volteos. También se hace mediante la regulación adecuada del caudal del aire de los ventiladores que ventilan las pilas de fermentación.

-Tamaño de partícula: La materia orgánica a tratar, con frecuencia se tritura para reducir el tamaño de las partículas, aumentando así la superficie específica expuesta a los microorganismos. Sin embargo, si se reduce demasiado la materia, se puede producir un exceso de compactación, dificultando el paso del aire a través de los poros, generando así una fermentación anaerobia, con las consecuencias que ello conlleva.

Por ello, el tamaño ideal para el compostaje es de partículas con una granulometría entre 1 y 5 centímetros.

Si en algún caso disponemos de materia orgánica de menor tamaño al óptimo, se puede añadir algunos agentes como son trozos de madera, no demasiado grandes.

Gráfica D11.2. Evolución de la temperatura durante el proceso de fermentación y condiciones de humedad para el proceso de compostaje. (Alonso Alonso, C., Martínez Nieto, E., Morena Olías, J.)



Parámetros bioquímicos que influyen en el proceso de fermentación.

-pH: Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general, los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH=6-7,5). No obstante, durante el compostaje hay una sucesión de diversos microorganismos y circunstancias variantes que hacen que el pH varíe considerablemente.

Inicialmente, los residuos urbanos presentan un valor de pH bajo, indicativo de acidez. Con el inicio de la fermentación los residuos adquieren un menor pH debido a la actividad de las bacterias y a la formación de ácidos débiles. Posteriormente, el material fermentable sufre una reacción alcalina como consecuencia de la formación de amonio al degradarse las proteínas y los aminoácidos. En la cumbre de la fase termófila, se pueden alcanzar valores de pH próximos a 8,5. En la fase final de la fermentación o "maduración", el pH desciende a valores próximo a la neutralidad o ligeramente básicos, debido al efecto tampón de la materia orgánica.

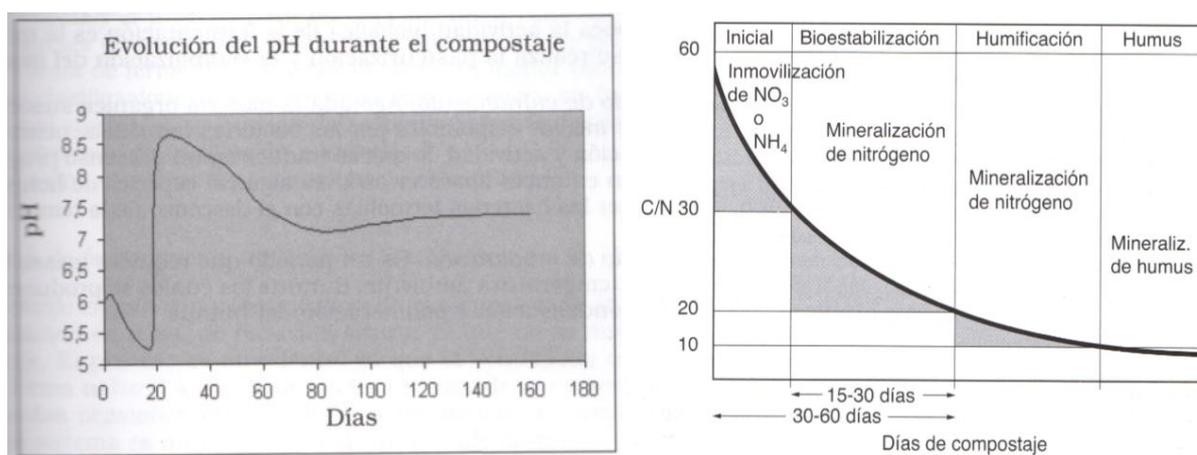
-Relación C/N equilibrada: El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello, para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente, una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero ésta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos

residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el serrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.

-Población microbiana: El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes⁸. Según el origen de la materia orgánica, y por lo tanto de su contenido en población microbiana, el compostaje se desarrollará de una forma u otra.

-Contenido en materia orgánica: Durante el proceso de compostaje, las pérdidas de materia orgánica pueden alcanzar el 30%, medido como materia total. La mayoría de estas pérdidas están referidas a una materia orgánica “volátil”, que puede corresponder con sustancias ricas en carbono.

Gráfica D11.3. Evolución del pH y la relación C/N durante el proceso de fermentación. (Alonso Alonso, C., Martínez Nieto, E., Morena Olías, J. y Casco Moreno, J., Moral Herrero, R.)



12.2.3. PROCESO MECÁNICO DE FERMENTACIÓN.

Como se ha visto con anterioridad, existe una fase de preparación de la materia a compostar, que consiste en la eliminación de los objetos voluminosos y otros que no pueden ser compostados. Sin embargo, al final del proceso de fermentación todavía permanecen numerosos inertes de pequeño o incluso medio tamaño. Éstos sólo se podrán separar después del proceso de fermentación, en el cual la materia orgánica se ha estabilizado y aparece

⁸ Los actinomicetos o actinobacterias son una clase de bacterias Gram positivas. La mayoría de ellas se encuentran en la tierra, e incluyen algunas de las más típicas formas de vida terrestre, jugando un importante rol en la descomposición de materia orgánica. Renuevan las reservas de nutrientes en la tierra.

desprendida de los inertes. El proceso mecánico de depuración es un conjunto de operaciones encaminadas a reducir el contenido de inertes del compost y a obtener una granulometría adecuada que facilite su uso para labores de abonado.

El compost obtenido por la fermentación de residuos urbanos posee una gran cantidad de inertes que es preciso eliminar.

12.3. PROPIEDADES DEL COMPOST.

El compost mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo dónde se aplica.

A) Propiedades físicas

La influencia de las aplicaciones del compost en las propiedades físicas del suelo está relacionada con la mejora de la estructura de este, lo que se puede traducir en:

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y cohesionando los suelos sueltos y arenosos.
- Confiere un color oscuro al suelo debido a la materia orgánica, ayudando a la retención de energía calorífica, lo que provoca un aumento moderado de la temperatura del suelo, que influye favorablemente en los procesos biológicos.
- Aumento de la porosidad, facilitando el drenaje y también la aireación y respiración de las raíces.
- Aumenta la capacidad de retención de nutrientes del suelo, por lo que se aumenta la fertilidad de éste.
- Aumenta la infiltración y permeabilidad. Aumenta la permeabilidad de los suelos de arcilla y aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos.
- Reduce la erosión del suelo, favoreciendo el crecimiento radicular y la capacidad de retención de la humedad, lo cual, junto a la formación de agregados con las arcillas, lo hace un buen agente preventivo de los problemas de desertización.
- Mejora el laboreo al dar más esponjosidad al terreno.

B) Propiedades químicas

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico “CIC” (mayor que las arcillas).
- Facilita el abonado químico y hace que los minerales se disuelvan mejor.
- Su riqueza en oligoelementos como hierro, manganeso, cinc, boro, molibdeno, cobre lo convierte en un fertilizante completo. Aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo.
- Regula el PH. Como su PH es cercano a 7; es decir, neutro, se puede utilizar sin contraindicaciones, ya que no quema las plantas, ni siquiera las más delicadas en suelos ácidos. En suelos ácidos, incrementa el PH, con lo que puede utilizarse como enmienda en estos suelos.

C) Propiedades biológicas

- El compost incentiva la coexistencia de diversas especies de microorganismos y se incrementa la microflora del suelo.
- Aumenta y mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que los retiene impidiendo que el agua que lo atraviesa se lleve los nutrientes solubles.
- Estimulación del crecimiento vegetal. Acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Al mejorar el estado general de las plantas aumenta su resistencia al ataque de plagas y patógenos y la resistencia a las heladas.
- Los ciclos de nutrientes esenciales y de otros macro y micronutrientes se ven favorecidos a través de una adecuada mineralización de la materia orgánica, que asegura un continuo y gradual suministro de nutrientes a la solución del suelo, para ponerlos a disposición de la planta.

- Transformación de nitrógeno soluble en nitrógeno orgánico (en el cuerpo de microorganismos) evitando su pérdida por lixiviación o como amoníaco en el aire.
- La acción microbiana del compost hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, potasio, magnesio, así como micro y oligoelementos.

En cuanto a los parámetros de calidad del compost se pueden observar en la Tabla D11.2 que se muestra a continuación.

Tabla D11.2. Parámetros de calidad del compost.

Propiedad	Parámetro	Influyen e informan sobre
PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente	Transporte, manejo y aplicación
	Color	Aceptación
	Olor	Aceptación, higiene e impacto ambiental
	Humedad	Transporte y manejo
	Granulometría	Manejo, aceptación y efectos sobre el suelo/sustrato
	Capacidad de retención de agua	Efectos sobre el suelo/sustrato y ahorro de agua
	Contaminantes inertes	Aceptación, impacto ambiental y seguridad
PROPIEDADES QUÍMICAS	Contenido y estabilidad de la materia orgánica	Efectos sobre el suelo/sustrato, los vegetales y aceptación
	Nutrientes minerales	Efectos sobre el suelo/sustrato y sobre los vegetales
	Contaminantes	Salud, efectos sobre el suelo/sustrato y sobre los vegetales e impacto ambiental
	Sales solubles	Efectos sobre el suelo/sustrato y sobre los vegetales e impacto ambiental
	pH	Disponibilidad de nutrientes
PROPIEDADES BIOLÓGICAS	Patógenos	Salud e impacto ambiental
	Semillas de malas hierbas	Efectos sobre el suelo/sustrato y sobre la producción

12.4. CLASIFICACIÓN DEL COMPOST.

El producto, el compost, no podrá superar el contenido en metales pesados (expresado en mg/kg de materia seca) indicado en la Tabla D11.3, dependiendo de la clase, si es de clase A, B ó C.

Tabla D11.3. Clasificación del compost según el contenido en metales pesados. (Real Decreto 824/2005, del 8 de julio, sobre productos fertilizantes)

Clasificación de compost	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn
Compost Clase A	70	0,7	70	25	45	200
Compost Clase B	300	2	250	90	150	500
Compost Clase C	400	3	300	100	200	1.000

Otra forma de clasificar el compost es en función del grado de desarrollo alcanzado durante el proceso de compostaje:

- Compost fresco: denominado compost rápido, es aquel que ha atravesado una fase termófila, experimentando por ello una descomposición parcial, pero que aún no ha alcanzado la estabilización. Al añadirse al suelo continúa su proceso de degradación, mejorando la estructura del suelo y la actividad microbiológica, pero puede provocar efectos desfavorables en los cultivos. Se utiliza normalmente para la recuperación de suelos o para la preparación de suelos entre periodos de cultivos.

- Compost maduro: Es el producto final de la fase de estabilización, que cumple las especificaciones sanitarias, por lo que puede ser aplicado al suelo cuando se inician los cultivos, aunque no es conveniente su contacto directo con el sistema radicular de la planta y por ello se aconseja que sea mezclado con la tierra.

- Compost curado: Ha sufrido un largo periodo de maduración y mineralización pudiendo ser empleado como sustrato en contacto directo con el sistema radicular.

A continuación, en la Tabla D11.4 se especifica el producto que se quiere obtener de la planta, un compost maduro.

Tabla D11.4. Caracterización del compost maduro obtenido como producto.

Compost Maduro	Completamente estabilizado
Compost Clase B (mg/kg de materia seca)	Cu
	Cd
	Cr
	Ni
	Pb
	Zn
% Nitrógeno orgánico	85
% Humedad	15
Granulometría (mm de malla)	15
Límite máx. de microorganismos	Salmonella y Escherichia coli totalmente ausentes

13. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

La recogida selectiva de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos es fundamental para la calidad final del producto, sin embargo, no toda la cantidad de residuos recogida será de materia orgánica, ya que siempre contendrá impropios que deberán ser eliminados inicialmente en el pretratamiento (primera etapa del proceso de compostaje) y, posteriormente, en la etapa de afino.

La composición de la alimentación a la planta estará constituida por restos de alimentos, restos de jardín e impropios. En la siguiente Tabla D12.1 se especifican los tipos de residuos que contiene la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Tabla D12.1. Especificación de cada tipo de residuo del que se compone la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que llega a la planta de compostaje. (Tchobanglous, 1994 y Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco)

Composición de la alimentación			
Tipo de residuo	Composición (% en peso)	Densidad (kg/m³)	Humedad (% en peso)
Restos de alimentos	80,3	291	70
Restos de jardín	3	101	60
Impropios	16,7	160	-

Como se puede observar en los datos de entrada, el porcentaje de humedad es alto y se tomará como valor 65% en peso. Pero lo más importante es conseguir un valor adecuado para la relación de C/N, índices de humedad, pH, tener un flujo constante de aire y temperatura de la mezcla. Con estos datos controlados se podrá obtener una calidad del producto final acorde a las necesidades requeridas.

Hay que tener en cuenta que la entrada a la planta, la alimentación, estará compuesta mayoritariamente por restos de alimentos mezclados, sin embargo, se tomarán los valores en proporción a su composición, estos datos se muestran en la Tabla D12.2.

Tabla D12.2. Especificaciones de la materia prima a la entrada de la planta. (Tchobanoglous, 1994)

Características de la materia prima	
Nitrógeno (% en peso)	2,4
Humedad (% en peso)	65
Rango C/N	15-28
Densidad (kg/m³)	263,4

Aunque se tomaron estos valores medios, la materia de entrada a la planta se caracteriza principalmente por no ser homogénea en su composición, predominando la variabilidad de residuos que serán recogidos. Cada día la composición de este tipo de recogida varía, unos días puede ser muy húmedo, otros bastante seco, poseer productos más nitrogenados, menos carbonatados, etc. Todo varía en función del cubo de basura de cada individuo.

Por un lado, si esta materia orgánica estuviese compuesta en su mayoría por frutas, verduras y hortalizas frescas, hay que tener en cuenta que tendrá una rápida fermentación, lo que hará que el pH disminuya dando lugar a un compost ácido, por lo que habría que añadir la dosis adecuada de cal. Si por otra parte, la materia prima estuviera demasiado húmeda (rondando un valor del 70%) habría que disminuirlo hasta que esté cercano al 60%, para ello se usaría un agente seco o secante como puede ser serrín, paja, virutas de madera, papel picado, etc.

Una vez conocida la cantidad de residuos que serán tratados en la planta (Anexo I) y la composición de los residuos en la corriente de entrada, se muestran en la Tabla D12.3 la cantidad de cada fracción de la que está compuesta los residuos orgánicos sólidos urbanos de la alimentación.

Tabla D12.3. Cantidad de alimentación a tratar en la planta por tipos de residuos de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos.

RS. Orgánicos a tratar (tn/año)	8.818
De los cuales:	
Restos de alimentos (tn/año)	7.081
Restos de jardín (tn/año)	265
Impropios (tn/año)	1.473

En cuanto a la composición de impropios que se encontrarán en la materia prima de entrada a la planta, ya que no existen datos de análisis y caracterización de este tipo de recogida en Canarias, se realizó una extrapolación de datos de la recogida selectiva de la fracción orgánica de residuos municipales del País Vasco, donde está muy extendida esta práctica. En la siguiente Tabla D12.4 se muestran los datos obtenidos para cada tipo de impropios.

Tabla D12.4. Composición de impropios en la fracción orgánica a la entrada de la planta. (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco)

Impropios	Composición (% en peso)
Vidrio	0,80
Papel y cartón	2,40
Plásticos	4,60
Bolsas de plástico	4,00
Metales férricos	0,80
Metales no férricos	0,60
Textil	3,00
Otros	0,50

Se entiende como otros a todos aquellos objetos que no pertenecen de manera obvia y directa, por su variada composición de materiales a cualquiera de las otras clasificaciones: como puede ser bolígrafos, lápices, trabas para el pelo, carteras de cuero, etc.

Al conocer la cantidad y composición de impropios presentes en la corriente de entrada a la planta, se pueden determinar las toneladas al año por tipo de impropio que se detallan en la Tabla D12.5.

Tabla D12.5. Cantidad de cada tipo de impropios que se encuentran en la alimentación a la planta.

Impropios	tn/año
Vidrio	70,54
Papel y cartón	211,63
Plásticos	405,63
Bolsas de plástico	352,72
Metales férricos	70,54
Metales no férricos	52,91
Textil	264,54
Otros	44,09

14. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

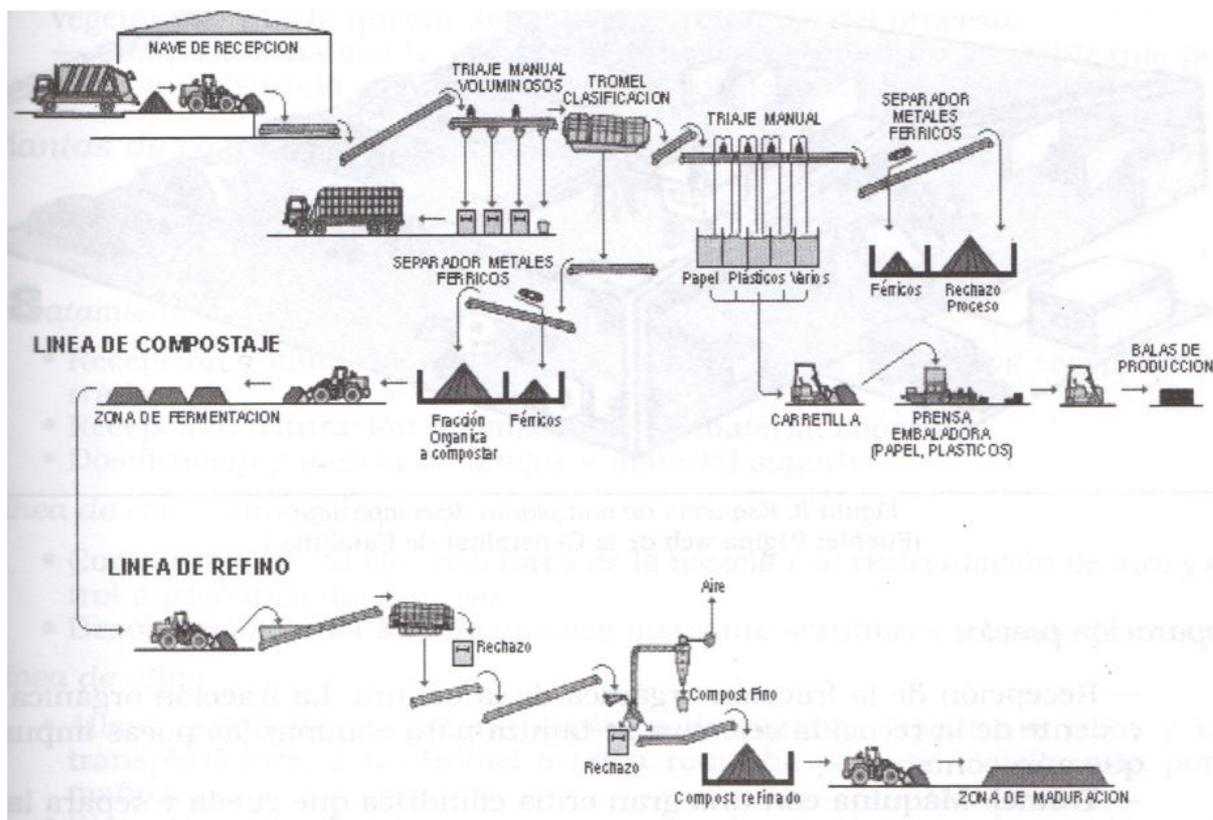
La finalidad de un proceso de compostaje es obtener un producto final estable a partir de materia orgánica. Se realiza mediante procesos de conversión biológica.

Los procesos para la elaboración de compost se diferencian fundamentalmente por el tipo de degradación de la materia orgánica que puede ser de dos formas, aerobia y anaerobia.

Proceso aerobio.

Es la degradación biológica de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos de los géneros *Streptomyces*, *Microsporium*, *Penecillium* y *Aspergillus*, presentes en los propios residuos.

Ilustración D13.1. Esquema de una planta de compostaje. (Fuente: Plantas de reciclaje de residuos, compostaje y valoración de los RSU. GESPEA)



Las etapas del proceso son las siguientes:

14.1. RECEPCIÓN.

En primer lugar, los residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO) que van a ser tratados llegarán en camiones desde sus distintos orígenes a la planta de compostaje. A la entrada de la planta existe un sistema de control y pesaje de materiales, tanto para los residuos de entrada como para los productos y subproductos de salida. De esta forma se tiene conocimiento del balance de residuos de la instalación.

Se dispondrán zonas de recepción para los materiales, playas de descarga, que deberán tener capacidad para albergar la producción de residuos correspondientes a 48 horas de recogida. El sistema de alimentación desde la zona de recepción a la etapa de pretratamiento se lleva a cabo normalmente mediante una pala cargadora a una cinta transportadora.

14.2. CLASIFICACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN.

La clasificación tiene la finalidad de:

- Separar los materiales susceptibles de reciclaje.
- Limpiar la materia orgánica fermentable de elementos no deseables para el compost.

Para conseguir estos objetivos se lleva a cabo la homogeneización que consiste en lograr la granulometría adecuada para favorecer el proceso de fermentación. Para ello, en primer lugar, mediante la cinta transportadora, se llevan a un trómel de cribado de 80mm de luz los residuos para separar todas aquellas fracciones distintas a la orgánica, o al menos la mayoría de ellas, que no contribuyen a la fracción de compost, son los denominados impropios y constituyen parte del rechazo de la planta. En la entrada del trómel se romperán las bolsas con cuchillas y quedarán retenidos aquellos residuos más voluminosos (rechazo), dejando pasar a los más pequeños, que seguirán el proceso de compostaje, lo que se denomina “hundido de trómel” que es fundamentalmente materia orgánica y va a fermentación.

Posteriormente, la cinta transportadora llevará los residuos a una operación de separación magnética donde se retirarán los metales férricos (rechazo) y a continuación pasarán por un separador que genera corrientes de Foucault, encargado de eliminar los metales no férricos (rechazo). Todo el residuo resultante seguirá por la cinta transportadora al proceso de fermentación.

El rechazo será trasladado hasta un vertedero controlado de apoyo, imprescindible para cualquier centro de tratamiento de residuos, cuya misión será absorber la fracción no aprovechable de los mismos.

14.3. FERMENTACIÓN.

En esta etapa se produce una degradación biológica de la materia orgánica por oxidación, gracias a la acción de bacterias termófilas. La masa de materia orgánica alcanza temperaturas altas, llegando hasta los 60°C. Temperaturas superiores a 50°C aseguran la destrucción de organismos patógenos y parásitos, aunque ciertas esporas y quistes resistan, por lo que finalmente el compost tendrá carácter inocuo que permitirá su utilización minimizados los riesgos sanitarios. Según como se lleve a cabo el proceso de fermentación se puede distinguir:

- Proceso de fermentación natural.

La oxidación se lleva a cabo al aire libre, en pilas que se voltean periódicamente para favorecer la fermentación aerobia y evitar olores y zonas de baja aireación en las que no se lleve a cabo el proceso de manera adecuada. Este sistema precisa de grandes superficies de terreno y la duración de al menos 6 semanas.

- Proceso de fermentación acelerado.

Se realiza en naves cerradas, asegurando la aireación suficiente para que el proceso de fermentación aerobio se lleve a cabo. Así se consigue controlar mejor el proceso ya que se lleva a cabo la fermentación controlada con medios mecánicos que provocan continuo trasiego de la masa. En estas condiciones el control sobre la humedad, temperatura y aireación de la masa es mayor, llegando a utilizar una aireación forzada que consigue mayor poder oxidante en el proceso. En este caso la fermentación transcurre en un plazo máximo de 3 semanas.

Como se ha expuesto, el compostaje es una fermentación aeróbica termofílica de un sustrato por la acción combinada de varios microorganismos. Es necesario, mantener los principales parámetros (temperatura, humedad, aireación, pH, C/N, nitrógeno y materia orgánica) que intervienen en la fermentación en circunstancias óptimas para obtener un buen compost en el menor tiempo y coste posible.

Para llevar a cabo la fermentación, los residuos siguen por la cinta a un tambor rotatorio, sistema cerrado y dinámico, donde se llevará a cabo la primera parte de la fermentación, durante tres días. Luego, una pala cargadora transportará esta mezcla hasta la segunda parte de la fermentación (enfriamiento y maduración) que se basa en las eras de volteo durante 7 días. Se puede ver en el Anexo 2 de este Proyecto, donde se explican las razones de por qué se ha seleccionado el sistema de compostador cerrado frente a las pilas de volteo.

14.4. AFINO.

Una vez llevado a cabo el proceso de fermentación y la mezcla se encuentre a temperatura ambiente, se procede a la fase de afino para alcanzar la granulometría adecuada, así como la eliminación de restos de materiales no deseables.

En primer lugar, mediante una pala, se lleva a la zona de afino, y a través de una cinta transportadora, la mezcla llegará a un trómel de cribado de 15mm de luz. El material de menor tamaño seguirá el proceso y el resto, nuevamente, será parte del rechazo. A continuación, tras este tamizado, el compost pasa mediante una cinta transportadora a una mesa densimétrica (overband), donde se separan los inertes presentes en la materia.

Los inertes obtenidos son destinados a vertedero controlado o bien a reciclaje. La materia orgánica obtenida ya se puede considerar compost.

14.5. MADURACIÓN.

Es una etapa complementaria a la fermentación. Suele realizarse al aire libre y se prolonga durante un mes antes de la venta del producto. Consiste en el depósito del compost en pilas que no deben superar los 2 ó 3 metros de altura y que periódicamente deben ser volteadas para favorecer la estabilización del producto y evitar los malos olores.

El parque de almacenamiento de compost estará equipado con palas cargadoras y deberá ser situados sobre terrenos hidrogeológicamente impermeables así como dotarlo de canalizaciones perimetrales para pluviales e interiores para captación de lixiviados con destino a recirculación o tratamiento específico.

Tras verificar la calidad del producto, se almacena en una nave con una pala cargadora. Allí será clasificada y empaquetada correctamente siguiendo la legislación vigente.

15. BALANCE DE MATERIA.

Para cuantificar la materia que pasa por cada línea del proceso, primero se realizará un balance de materia:

$$\text{ENTRADA} + \text{GENERACIÓN} = \text{SALIDA} + \text{ACUMULACIÓN} \quad [\text{D14.1}]$$

En la planta, en régimen continuo sólo trabajará el tambor rotatorio y el resto de equipos lo harán de manera discontinua. También se considera que no hay generación ni acumulación, por lo que la ecuación resulta más cómoda con la eliminación de estos dos términos quedando:

$$\text{ENTRADA} = \text{SALIDA} \quad [\text{D14.2}]$$

Hay que tener en cuenta que existen varios puntos de control a lo largo de la planta y que el balance se realiza para unas condiciones iniciales y óptimas. Además, la materia prima de entrada es muy variable en cuanto a composición y características que presentan los residuos sólidos urbanos aunque sean recogidos selectivamente. Es por ello que es conveniente realizar una experiencia piloto hasta conocer en detalle las características de la materia a tratar.

Se puede observar el Anexo 2, donde se plantea y realiza este balance.

16. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

La planta de compostaje se repartirá en varias zonas de trabajo para que los equipos e instalaciones puedan ser ubicados en el terreno.

- Zona de oficinas y personal.
- Zona de proceso.
- Zona de almacenaje.
- Zona de equipos auxiliares.

Además, estas zonas deben ser accesibles, por ello, deben construirse vías de acceso para los vehículos que transportan la materia prima y el producto acabado y dejar espacio para que éstos puedan circular sin ocasionar problemas.

➤ Zona de oficinas y personal. Consta de una única planta, con una superficie aproximada de 360m².

Este edificio estará previsto de un pasillo central de 26m de largo, en el lado derecho se encuentra, en primer lugar, un cuarto comedor y descanso de 48m², le sigue la sala de reuniones de 25m² y al final del pasillo, un laboratorio para los análisis de muestras de 21m². En el lado izquierdo del pasillo se encuentran, en orden, un área para el personal de administración de 21,5m², una habitación para los despachos destinados al director general y el director de producción de 50m², en mitad del pasillo hay dos baños para el uso de clientes y empleados, con los servicios necesarios, con un área de 7m² y al final del pasillo se encuentra el vestuario y baños de los trabajadores para ambos sexos, con un área de 47m² donde podrán provisionarse de la ropa adecuada para realizar su función y cambiarse.

Todas las oficinas y despachos contarán, además de con la iluminación necesaria, con conexión a internet, telefonía y el mobiliario adecuado.

Se pueden observar todos estos detalles en el Plano 4 del presente proyecto.

En el techo estarán los canelones y bajantes para la evacuación de aguas pluviales.

➤ Zona de proceso. Estará constituida por varias zonas.

- Pesa de control y pesaje de camiones. Para tener un control de los materiales que entran y abandonan la planta de compostaje se instala un sistema de control y pesaje de materiales, tanto para los residuos de entrada como para los productos y subproductos de salida. Constará de una báscula electrónica sobresuelo sin foso de 3m de ancho y 7m de largo con rampas a los lados de 2m.

- Playa de descarga. Es una zona donde se vierten las bolsas cargadas con la materia prima necesaria para el proceso y estará techada aunque abierta todas las fachadas. Tendrá una superficie de 450m² y una inclinación decreciente con un ángulo de 1° de este a oeste, para la posible recogida de lixiviados. En la fachada este se realizará una rampa de longitud recta de 2m hasta la altura máxima de la inclinación, que es un valor de 0,20m para facilitar la subida de camiones y palas.

Los camiones atravesarán el ancho de la superficie, dejando a su paso las bolsas de basura, para después ir a su zona de estacionamiento con una superficie de 600m². A continuación, una pala cargadora se encargará de llevar estas bolsas a una cinta transportadora que comienza en la misma playa de descarga hasta la zona de pretratamiento. Esta cinta tendrá un ancho de 2m y recorrerá 15m, con cierta inclinación, poseerá una guía lateral que evitará la caída de bolsas.

- Zona de pretratamiento. Con un área de 488m³, se trata de un recinto totalmente cerrado con puertas de acceso. Consta de una criba giratoria tipo trómel de 80mm de malla de 5m de largo y 2,1m de ancho, un separador magnético de 1m de ancho y 204mm de diámetro en forma de cilindro que irá bajo la cinta, y por último, un separador por corrientes de Foucault de 3,1m de largo y 1,5m de ancho. Toda la materia que logre pasar por la malla del trómel de cribado caerá en una cinta transportadora de 1m de ancho y 4m de largo hasta llegar al separador magnético, donde los metales férricos serán atraídos y quedarán atrapados por el cilindro, por lo tanto, serán eliminados de la corriente que sigue el proceso de compostaje. El resto continuará por una cinta de las mismas dimensiones hasta el siguiente separador que produce corrientes de

Foucault, donde serán eliminados los metales no férricos y sigue el proceso hasta el tambor rotatorio por una cinta transportadora que tras el recorrido de 4m, introduce su contenido en el tambor. En esta zona también se encuentra parte del tambor, 4,8m de la parte delantera, donde se encuentra la entrada al mismo para comenzar la fermentación. El espacio que queda disponible se utilizará para recopilar el rechazo de impropios presente en la materia de entrada y que se ha eliminado a lo largo de todo el proceso, y así, poder llevarlos al vertedero cuando sea necesario.

- Zona de fermentación. Esta zona tiene un área de 875m^2 , no será un recinto cerrado pero tendrá una estructura metálica, abierta por todas las caras para facilitar las corrientes de aire y evitar que las precipitaciones influyan en el proceso. Consta de dos partes, el tambor rotatorio y las eras de volteo. El tambor estará 4,8m dentro de la sala de pretratamiento y 28,2m al aire libre y se encuentra a una distancia de 2,5m de la zona de fermentación. El tambor tiene unas dimensiones de 27m de longitud y 3m de diámetro. Tras pasar la materia 3 días dentro del equipo, se recogen al final de éste, donde se colocarán en 5 pilas de dimensiones $1,5 \times 3 \times 16$ (AxWxL) calculado en el Anexo 3.

- Zona de afino. Con una superficie de 500m^2 y totalmente cerrada con puertas de acceso y con espacio para contenedores y depósitos de impropios que se puedan encontrar en la corriente todavía. Está compuesta por una criba rotatoria tipo trómel de 15mm de luz de malla, 4m de longitud y 1m de ancho, también se encuentra una mesa densimétrica de 1m de ancho y 1,5m de largo, que estarán comunicadas por una cinta transportadora de 1m de ancho.

- Zona de maduración. Tendrá una superficie de 3.600m^2 y techada donde se colocarán 18 pilas con dimensiones de $1,5 \times 3 \times 12\text{m}$ (AxWxL) separadas 6m horizontal y verticalmente, entre ellas y a 5,6m de los extremos laterales y 4,7m de los extremos norte y sur. Se colocarán las pilas sobre el suelo directo ya que no supone ningún riesgo de contaminación para el medio.

- Zona de almacenaje. Recinto cerrado, con un área de 800m^2 , estará compuesto de la ensacadora de compost, con dimensiones de 2m de ancho y 7m de largo y una zona para almacenar los sacos obtenidos y preparados para ser vendidos. La pala cargadora transportará el compost desde la zona de maduración hasta la ensacadora y ésta, empaquetará automáticamente el producto final con su etiqueta.

➤ Zona de equipos auxiliares. Estos equipos estarán colocados lo más cerca al sector al que suministran la materia necesaria. Éstos son:

- Depósito de lixiviados/agua de proceso. En este equipo se recogen los lixiviados procedentes de la playa de descarga, del tambor rotatorio y las eras de volteo. Se ubicará entre el tambor rotatorio, la zona de fermentación y la playa de descarga. Su capacidad total será de 2m^3 y será un tanque soterrado separado por una pared de 10cm de espesor. Los lixiviados se recogerán en una parte del tanque (A) y a medida que se llene por encima de su capacidad, pasará a otra parte (B) mediante un rebosadero. Cuando éste supere su volumen en un 75%, habrá que llamar a un gestor de lixiviados que los recoja para su tratamiento.

- Sala para almacenar serrín. Para controlar las variables de la materia prima en la etapa de fermentación se necesita la adición de serrín al tambor. Para ello habrá una sala de 277m^2 a la izquierda de la sala de afino, con su puerta de acceso correspondiente.

- Tanque de combustible. Es necesario para el funcionamiento de la volteadora y las palas cargadoras. El combustible que se almacenará es gasoil y estará ubicado cerca de la zona de maduración. Tendrá la capacidad de 3m^3 .

- Sistema de ventilación. Es un equipo indispensable para la planta de compostaje y así renovar el aire del interior de las salas cerradas.

- Contenedores de impropios. Situados en las salas de pretratamiento, afino y almacenamiento para la recogida de éstos. Cuando estén llenos se llamará a un gestor especializado en éstos y finalmente los camiones responsables de éstos los cargarán.

17. ESTUDIO DE CIRCULACIÓN.

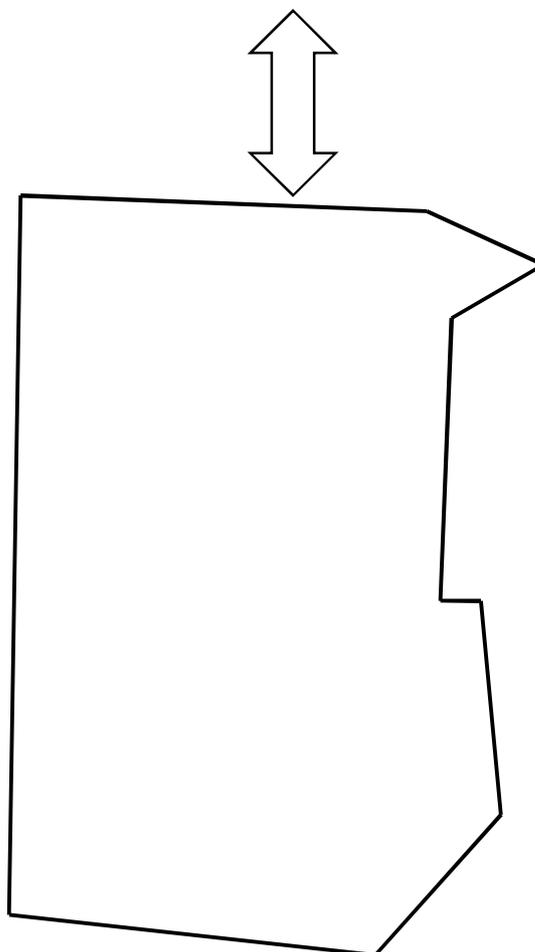
En este apartado se explica el tráfico y entrada de la materia prima, de los recursos humanos y del producto acabado.

➤ Entradas y salidas de la planta. Estudio de la circulación de materia prima y producto.

En primer lugar, hay que indicar que el terreno sólo posee un lado en contacto directo con la carretera, se trata de la zona norte, por lo tanto, hay que planificar perfectamente las entradas y salidas de la planta de compostaje. Sin embargo, este lado de la parcela posee una distancia de 137,78m aproximadamente, lo que significa que si se hace una buena distribución de la

planta, no tiene que haber ningún problema con el flujo de entradas y salidas. La planta estará debidamente aislada del exterior mediante el uso de muros, por lo que sólo habrá una vía de acceso, para entradas y salidas, como se muestra en la Ilustración D16.1.

Ilustración D16.1. Descripción del terreno con las entradas y salidas



Por la puerta entrarán con la materia prima y saldrán los camiones y los vehículos de los trabajadores de oficina, los impropios presentes en las corrientes del proceso, los que se recogen en la zona de pretratamiento y afino y la salida del producto final. En cuanto al tránsito de esta puerta, no es un problema, ya que estará organizado para no dar lugar a atascos, la materia prima llegará a la planta tres veces por semana: lunes, miércoles y viernes a una determinada hora. Por este acceso también entrará el gestor externo de lixiviados hasta el tanque correspondiente y se abastecerá la planta de los productos necesarios para el proceso o maquinaria, como puede ser el serrín o el gasoil.

El producto acabado se ensacará y colocará sobre palés en el almacén, y aunque no es objeto de estudio de este proyecto, se llevará al mercado cada cierto tiempo mediante un vehículo de carga para su distribución en el mercado por la puerta derecha.

- Flujo de materia principal durante la elaboración de compost.

Una vez conocidas las distintas etapas y zonas para la elaboración del compost, se debe conocer el recorrido físico o material que éste sigue dentro de la planta. Inicialmente, el camión que contiene la materia prima es pesado a los pocos metros de entrar en la planta y posteriormente se deposita su contenido en la playa de descarga. Este proceso de compostaje se ha realizado de manera que cada etapa quede perfectamente ubicada en naves independientes las unas de las otras y, de esta manera establecer una relación entre los equipos implicados en cada etapa y una estructura lógica de acuerdo al procedimiento.

- Circulación del personal de la planta.

Todo personal de la planta, tanto el de oficina como los encargados del mantenimiento, proceso o transportistas entrarán por la puerta situada en el norte del terreno, incluidos clientes y visitantes. Una vez dentro, tendrán una entrada al edificio o zona de oficinas que estará distribuida en una planta, se puede observar con más detalle en el Plano 4.

El personal de planta, en primer lugar debe acceder a los vestuarios, donde se aprovisionarán de su uniforme de trabajo. Estos vestuarios poseerán duchas, sanitarios y lavamanos para ambos sexos y los empleados también podrán guardar sus pertenencias en taquillas personalizadas.

18. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.

En este apartado se describirán todos los aspectos relacionados con la edificación civil de la industria. A continuación se describen los distintos elementos de la edificación.

18.1. RETRANQUEOS Y AISLAMIENTO EXTERIOR.

Como bien se ha mencionado en este proyecto con anterioridad, la planta de compostaje estará localizada en el municipio de La Orotava, en la zona de Las Arenas, en un ámbito situado próximo al centro comercial La Villa y la autopista TF-5, en el ámbito 18. Tiene una superficie de suelo de 41.824 m². En este municipio, según el Plan de Ordenación General, se establece una distancia mínima de 5m de retranqueos. El terreno entonces, estará separado de las zonas limítrofes 5m, por lo que la superficie edificable será de 37.519m².

Los muros exteriores de la planta servirán para aislarla físicamente del exterior y estarán formados por bloques huecos de hormigón de 20cm de espesor, unidos con mortero de cemento y arena en proporción 1:6 y, cuyo acabado exterior será un enfoscado con mortero de cemento y, el acabado interior irá guarnecido y enlucido con yeso. El ancho total será de 30cm y altura de 3m.

Como ya se comentó en el estudio de circulación, existirá un acceso a la planta, una puerta situada al norte del terreno que será de acero, robusta y corredera. Tendrá un acabado de chapa acanalado con una puerta peatonal incorporada, con unas dimensiones de 8m de largo, 3m de alto y un grosor de 20mm. Estará situada a 85m de la pared oeste y la puerta de acceso peatonal estará ubicada a la izquierda si se observa desde afuera, será de hoja simple con dimensiones de 1,2m de ancho y 2,2m de alto.

18.2. ZONA DE OFICINAS.

A continuación se describe la edificación de la zona de oficinas. Observar el Plano 4.

18.2.1. FACHADAS.

El cercamiento exterior de la fachada se compondrá de bloques huecos de hormigón, con mortero de cemento y arena en proporción 1:6. En el lado interior estará guarnecido y enlucido con yeso con un ancho total de 30cm e irán pintadas con dos manos de pintura desde el suelo al techo. El acabado final debe ser perfectamente liso para facilitar su limpieza.

18.2.1.1. FACHADA PRINCIPAL.

En la fachada principal de la zona de oficinas, es decir, la cara oeste, estará habilitada una puerta de aluminio de hoja simple de 1,50m de ancho y 2m de alto, que será la entrada principal a esta zona.

También se colocarán ventanas, correspondientes a la sala de administración, despacho y comedor para proporcionar iluminación y ventilación. Las ventanas instaladas serán de tipo corredera, de aluminio anodizado con unas dimensiones de 1,5mx1,5m (LxH) y se colocarán a 1,5m del suelo.

18.2.1.2. FACHADA NORTE.

En esta fachada sólo existirán distintas ventanas distribuidas para la iluminación natural de las distintas salas de la zona de oficinas. Se pondrán dos ventanas para los despachos, y dos para el vestuario, de las mismas características que se explicó anteriormente.

18.2.1.3. FACHADA SUR.

En esta fachada habrá 4 ventanas, una de ellas en el comedor, una en el pasillo, una en la sala de reuniones y otra en el laboratorio. Tendrán las mismas características que ya se han comentado anteriormente.

18.2.2. SUELOS Y TECHOS.

Los suelos de la oficina serán de baldosa de terrazo de 30x30cm y se dispondrán por toda la zona.

Los techos de la zona de oficina serán de hormigón y deben estar perfectamente acondicionados y preparados para controlar el drenaje de aguas pluviales.

18.3. PLAYA DE DESCARGA.

En este apartado se describe con detalle la zona de playa de descarga. Se observa el Plano 5 para mejor explicación.

18.3.1. CONSTRUCCIÓN.

La playa de descarga estará constituida por una estructura metálica sostenida sobre 15 pilares de sección cuadrada prefabricados de acero inoxidable de 5m de alto, con dimensiones de 40x40, 6 en el lado oeste separados 7,3m entre sí, 6 en el este con igual separación, 1 centrado en la fachada norte y 2 pilares en la fachada sur a los extremos de la salida de la cinta. Estos se introducen en la zapata para posteriormente ser hormigonada. De la base de estos pilares se construirá un muro de bloques huecos de hormigón de 1m en las caras norte, oeste y sur, y en la cara este de 20cm de alto para facilitar la entrada de los camiones, con mortero de cemento y arena en proporción 1:6 de 30cm de ancho. En este caso, cuando se hormigona la zapata, el muro se construye justo encima constituyendo un refuerzo para la estructura y evitando que los residuos se salgan de la playa de descarga.

La cubierta se realizará de fibrocemento plástico de 1cm de grosor como techo de la estructura y tendrá una pendiente de 11° para un buen drenaje de las aguas pluviales.

18.3.2. SUELOS.

El suelo de la playa de descarga deberá ser habilitado mediante movimientos de tierras para construir su superficie. Una vez nivelado el terreno, se realizará la compactación del mismo y se colocará la membrana a base de poliestireno de alto impacto para poder drenar los lixiviados procedentes de los residuos de un grosor de 10cm. Justo encima de esta membrana se añadirá una capa de hormigón de 30cm y, por último, una capa de aglomerado asfáltico de 10cm que dará lugar a la superficie de la playa.

Esta última capa superficial deberá realizarse con un ángulo de inclinación decreciente de 1° de este a oeste, habilitándose en este último punto dos tapas de alcantarillas rectangulares con unas dimensiones de 15cm de ancho y 3m de largo colocadas en su longitud en el tramo este-oeste. El desagüe tendrá una profundidad máxima de 0,5m en su punto central hasta su empalme con la tubería, considerando que sus laterales tendrán un ángulo decreciente de 5°. La tapa será de fundición dúctil GE 500-7 con revestimiento de pintura hidrosoluble negra, no tóxica, no inflamable y no contaminante.

18.4. SALA DE PRETRATAMIENTO.

A continuación se describen con detalle la sala de pretratamiento. Para aclarar y visualizar la sala se puede observar el Plano 6.

18.4.1. FACHADAS.

El cercamiento exterior de la fachada se compondrá de bloques huecos de hormigón, con mortero de cemento y arena en proporción 1:6. En su lado interior irá guarnecido y enlucido con yeso con un ancho total de 30cm e irán pintadas con dos manos de pintura desde el suelo al techo. El acabado final debe ser perfectamente liso para facilitar su limpieza, tanto en las paredes internas como externas.

18.4.1.1. FACHADA PRINCIPAL.

La fachada principal será considerada la cara este de la edificación, ya que la vía de acceso tanto de los trabajadores como de los impropios, materiales y equipos se

realizará por este frente. Se habilitarán dos puertas enrollables con unas dimensiones de 6m de largo y 4m de alto, colocadas a 4,30m y 2,30m de distancia de las paredes contiguas.

18.4.1.2. FACHADA SUR.

En esta fachada sólo habrá un hueco por el que el tambor rotatorio saldrá al exterior hasta comunicarse con la sala de fermentación. Se realizará un corte rectangular de dimensiones 4x4m (LXH), a 0,5m desde el suelo y a 4m de la fachada oeste.

18.4.1.3. FACHADA NORTE.

En la fachada norte deberá hacerse un corte cuadrado en el muro, por donde entren los residuos orgánicos a través de una cinta transportadora, situado a ras de suelo y a 12m de la pared oeste. Tendrá unas dimensiones de 3m de ancho y 4m de alto.

A su vez, se incorporarán dos ventanas para proporcionar iluminación a la sala y se colocarán a 1,5m del suelo de 1,5x1,5m, la ventana derecha se separará 4,65m del muro este y la ventana izquierda estará a una distancia de 5,10m del muro oeste.

18.4.2. SUELOS.

El suelo de la sala de pretratamiento estará formado por materiales impermeables y resistentes, fáciles de limpiar y desinfectar. Las capas que formarán el suelo de esta sala se describen a continuación desde la más profunda a la más externa.

- ◆ Grava. Esta capa está formada por una capa de grava de 15cm de espesor sobre el terreno compactado y limpio, que romperá los ascensos capilares de la humedad del terreno.
- ◆ Arena. Se trata de una pequeña capa de este material, que se coloca sobre la grava y que alcanza un espesor de 15cm.
- ◆ Losa de hormigón HM-25/P/20. Con un espesor de 10cm y malla electrosoldada.
- ◆ Pavimento. Deberá ser antideslizante, antidesgaste y anticorrosivo.

18.4.3. TECHOS.

El techo será de hormigón y se colocará la iluminación artificial necesaria para el perfecto y cómodo empleo, revisión y reparación de los equipos presentes en la sala. También

es necesario la incorporación de ventilación mecánica a razón de 15 renovaciones por hora. Esta sala tendrá una altura de 5m.

18.5. ZONA DE FERMENTACIÓN.

A continuación se describen los detalles de la construcción para la zona de fermentación. Véase el Plano 7 para una mayor aclaración.

18.5.1. CONSTRUCCIÓN.

La zona de fermentación estará constituida por una estructura metálica rectangular sostenida sobre pilares prefabricados de acero inoxidable de 40x40cm y una altura de 5m. Se colocarán uno en cada esquina y en la fachada este y oeste habrán 3 pilares en cada lado separados 8,65m entre ellos, en la cara norte y sur habrá un pilar central respectivamente y otro en el centro de la construcción. El techo será muy ligero con la única función de evitar que las precipitaciones influyan en el proceso. Las columnas se introducen en una zapata para posteriormente ser hormigonada.

La cubierta se realizará de fibrocemento plástico de 1cm de grosor como techo de la estructura y tendrá una pendiente de 7° para un buen drenaje de las aguas pluviales.

Todas las caras de la construcción estarán totalmente abiertas para que las pilas que estén en proceso de fermentación se encuentren bien aireadas, además para que las palas tengan la facilidad de transportar el material sin problemas de espacio.

18.5.2. SUELOS.

El suelo de la sala de fermentación deberá ser habilitado mediante movimientos de tierras para construir su superficie. Una vez nivelado el terreno, se realizará la compactación del mismo y se colocará una membrana a base de poliestireno de alto impacto para poder drenar los lixiviados procedentes de los residuos. Justo encima de la membrana, se añadirá una capa de hormigón de 40cm y finalmente, una capa de aglomerado asfáltico de 10cm.

Esta última capa superficial deberá realizarse con una inclinación decreciente de 1° de sur a norte, habilitándose varias tapas de alcantarillas rectangulares con unas dimensiones de 10cm de ancho y 3m de largo colocadas a una distancia de 1m de la base sur de las pilas, por lo que se colocarán siete de estas características. El desagüe tendrá una profundidad máxima de 0,5m en su punto central hasta su empalme con la tubería, considerando que sus laterales

tendrán un ángulo decreciente de 1°. La tapa será de fundición dúctil GE 500-7 con revestimiento de pintura hidrosoluble negra, no tóxica, no inflamable y no contaminante.

18.6. SALA DE AFINO.

En este apartado se describe con detalle la edificación de la sala de afino. Para esclarecer y visualizar mejor la descripción se puede ver el Plano 8.

18.6.1. FACHADAS.

El cercamiento exterior de la fachada se compondrá de bloques huecos de hormigón, con mortero de cemento y arena en proporción 1:6. En su lado interior irá guarnecido y enlucido con yeso con un ancho total de 30cm e irán pintadas con dos manos de pintura desde el suelo al techo. El acabado final debe ser perfectamente liso para facilitar su limpieza, tanto en las paredes internas como externas.

En las fachadas norte y sur se incorporará una puerta enrollable con muelles de tracción que facilitan la apertura y el cierre manual, con unas dimensiones de 4m de altura y 6m de ancho y centradas. En las fachadas este y oeste se colocarán 3 ventanas de dimensiones 1,5x1,5m respectivamente y a 3m de los muros laterales, para mejorar la iluminación y ventilación.

18.6.2. SUELOS.

El suelo de la sala de afino se realizará de igual manera que el suelo de la sala de pretratamiento, por lo que, estará formado por materiales impermeables y resistentes, fáciles de limpiar y desinfectar. Las capas que formarán el suelo de esta sala se describen a continuación desde la más profunda a la más externa.

- ◆ Grava. Esta capa está formada por una capa de grava de 15cm de espesor sobre el terreno compactado y limpio, que romperá los ascensos capilares de la humedad del terreno.
- ◆ Arena. Se trata de una pequeña capa de este material, que se coloca sobre la grava y que alcanza un espesor de 15cm.
- ◆ Losa de hormigón HM-25/P/20. Con un espesor de 10cm y malla electrosoldada.
- ◆ Pavimento. Deberá ser antideslizante, antidesgaste y anticorrosivo.

18.6.3. TECHOS.

El techo será de hormigón y se colocará la iluminación artificial necesaria para el perfecto y cómodo empleo, revisión y reparación de los equipos presentes en la sala. También es necesario la incorporación de ventilación mecánica a razón de 20 renovaciones por hora. Esta sala tendrá una altura de 5m.

18.7. ZONA DE MADURACIÓN.

A continuación se describe con detalle la zona de maduración. Para una mejor descripción de la edificación se recomienda acudir al Plano 9.

18.7.1. CONSTRUCCIÓN.

La zona de maduración estará basada en una estructura metálica sostenida sobre pilares prefabricados de acero inoxidable. En la cara norte y sur, serán colocados 7 pilares distanciados entre sí 10m. En las fachadas este y oeste se colocarán 5 pilares distanciados a 10m. Habrá 10 pilares más en el centro de la edificación, dispuestos en dos filas centrales a las mismas distancias anteriormente descritas. Tendrán unas dimensiones de 40x40cm y una altura de 5m. Estos se introducen en la zapata para posteriormente ser hormigonada.

La cubierta se realizará de fibrocemento plástico como techo de la estructura y tendrá una pendiente de 4° para un buen drenaje de las aguas pluviales.

Todas las caras estarán totalmente abiertas para que las pilas que estén en proceso de maduración se encuentren bien aireadas, además de que las palas tengan la facilidad de transportar el material a madurar sin problemas de espacio.

18.8. ALMACENES.

En este apartado se describe la zona de los almacenes que se ubicarán en la planta de compostaje.

Todos ellos tendrán una fachada compuesta de bloques huecos de hormigón, con mortero de cemento y arena en proporción 1:6. En su lado interior irá guarnecido y enlucido con yeso con un ancho total de 30cm e irán pintadas con dos manos de pintura desde el suelo

al techo. El acabado final debe ser perfectamente liso para facilitar su limpieza, tanto en las paredes internas como externas.

18.8.1. ZONA DE ENVASADO Y ALMACENAMIENTO DE COMPOST.

Estas dos zonas estarán ubicadas en un único edificio donde se almacenarán los sacos de compost hasta su salida al mercado una vez que han sido envasados y sellados por la ensacadora. Para completar esta descripción se puede observar el Plano 2 y 10.

La fachada sur, por donde entrará el producto directo para ser envasado en la ensacadora, tendrá una puerta enrollable con muelles de tracción que facilitan la apertura y el cierre manuales, con unas dimensiones de 4m de altura y 6m de ancho, además tendrá dos ventanas de dimensiones 1,5x1,5m dispuestas a los lados a 2,75m de distancia de los extremos de la fachada y a 1,5m del suelo.

En el frente oeste se colocarán tres ventanas para proporcionar iluminación natural a la sala. Sus dimensiones son 1,5x1,5m, colocadas a 1,5m del suelo, a 3m de la pared sur y 10,25m entre ellas. Además, habrá una puerta enrollable con muelles de tracción que facilitan la apertura y el cierre manuales, con unas dimensiones de 4m de altura y 6m de ancho por donde saldrá el producto acabado, ésta estará situada a 3m de la cara norte.

El techo será de hormigón y se colocará la iluminación artificial necesaria para el perfecto y cómodo empleo, revisión y reparación de los equipos presentes en la sala. También es necesario la incorporación de ventilación mecánica a razón de 15 renovaciones por hora. Esta sala tendrá una altura de 5m.

El suelo de esta edificación se realizará con materiales impermeables, resistentes, fáciles de limpiar y desinfectar. Las capas que formarán el suelo de esta sala se describen a continuación desde la más profunda a la más externa.

- ◆ Grava. Esta capa está formada por una capa de grava de 15cm de espesor sobre el terreno compactado y limpio, que romperá los ascensos capilares de la humedad del terreno.
- ◆ Arena. Se trata de una pequeña capa de este material, que se coloca sobre la grava y que alcanza un espesor de 15cm.
- ◆ Losa de hormigón HM-25/P/20. Con un espesor de 10cm y malla electrosoldada.
- ◆ Pavimento. Deberá ser antideslizante, antidesgaste y anticorrosivo.

18.8.2. GARAJE DE CAMIONES.

A continuación se describe el garaje de camiones que estará ubicado al sur de la playa de descarga, así, los camiones una vez depositen la materia prima en la playa, puedan estacionar directamente sin problemas. Se aconseja ver el Plano 2 y 10 para visualizar la descripción de esta zona.

La edificación estará compuesta de bloques huecos de hormigón, con mortero de cemento y arena en proporción 1:6. En su lado interior irá guarnecido y enlucido con yeso con un ancho total de 30cm e irán pintadas con dos manos de pintura desde el suelo al techo. El acabado final debe ser perfectamente liso para facilitar su limpieza, tanto en las paredes internas como externas.

En el frente sur se incorporarán cuatro puertas enrollables con muelles de tracción que facilitan la apertura y el cierre manuales, con unas dimensiones de 4m de altura y 6m de ancho, separadas 3,20m entre sí y de sus paredes laterales.

En la fachada norte se añadirán tres ventanas por frente para proporcionar iluminación natural al garaje, con dimensiones de 1,5x1,5m, colocadas a 1,5m del suelo, separadas 9,25m entre sí y 8,50m de las paredes laterales.

El suelo y el techo se realizarán de igual manera que se explicó en el apartado anterior. Este garaje dispondrá de ventilación forzada para la evacuación de gases y debe ser capaz de realizar 6 renovaciones por hora, siendo activada mediante detectores automáticos de CO, para cumplir la Norma Básica de Edificación.

18.8.3. GARAJE DE PALAS CARGADORAS Y TALLER.

En este apartado se describe el garaje de palas cargadoras y taller de herramientas que estará ubicado entre la sala de fermentación y la zona de maduración. Se aconseja ver el Plano 2 y 10 para visualizar esta zona.

La edificación estará compuesta de bloques huecos de hormigón, con mortero de cemento y arena en proporción 1:6. En su lado interior irá guarnecido y enlucido con yeso con un ancho total de 30cm e irán pintadas con dos manos de pintura desde el suelo al techo. El acabado final debe ser perfectamente liso para facilitar su limpieza, tanto en las paredes internas como externas.

La fachada norte tendrá dos puertas enrollables, con muelles de tracción que facilitan la apertura y el cierre manuales, con unas dimensiones de 4m de altura y 6m de ancho, separadas entre sí 9m y 4,50m de las paredes contiguas. Tendrá una puerta de acceso peatonal para que los trabajadores accedan a su interior en busca de herramientas y utensilios necesarios para desempeñar su función en planta, de medidas 1,5m de ancho y 2m de alto, ubicada a 1m de la fachada este.

La fachada sur tendrá simplemente tres ventanas para la iluminación natural, con dimensiones de 1,5x1,5m, ubicadas a 1,5m del suelo y a una distancia entre ellas de 6,75m y a 6m de los extremos.

El suelo y el techo serán de la misma manera que se explicó en el apartado de la zona de envasado y almacenamiento de compost. En el caso de este garaje dispondrá de ventilación forzada que realizará 6 renovaciones por hora.

En esta edificación no sólo se podrán guardar las palas cargadoras, también la pala volteadora junto con las herramientas necesarias para reparaciones o modificaciones que se consideren oportunas.

18.8.4. ALMACÉN DE SERRÍN.

Este almacén estará ubicado a la izquierda de la sala de afino, para observar mejor su localización véase el Plano 2 y 3.

La fachada principal será el frente norte, donde se colocará una puerta de acceso enrollable con muelles de tracción que facilitan la apertura y el cierre manuales, con unas dimensiones de 4x6m, separada de cada pared lateral 2,5m.

En la fachada sur se colocará simplemente una ventana para la iluminación natural, con dimensiones de 1,5x1,5m, ubicados a 1,5m del suelo y a 4,75m de las paredes contiguas.

El suelo y el techado se realizarán igual que el de la sala de pretratamiento, descrito anteriormente. Esta sala poseerá ventiladores mecánicos que realizan 15 renovaciones por hora.

Para observar mejor los detalles del almacén, ver el Plano 2 y 10.

18.9. CIRCULACIÓN INTERNA.

La circulación de vehículos de carga y turismos en el interior de la planta industrial, se llevará a cabo mediante carreteras con un ancho de carril de 4m. La construcción civil se hará de la siguiente manera:

- Tras realizar un estudio del terreno y de la ubicación de las distintas zonas del proceso y trabajo de la planta, se llega a un trazado de carretera idóneo que debe cumplir las normas de seguridad, salud y medioambiente que estipula la ley. Ver el Plano 2.
- Una vez hecho el trazado tal y como se muestra en el plano anterior, se debe realizar un movimiento de tierras para preparar el terreno, basado en elevar o rebajar el terreno, nivelarlo, y crear una superficie plana.
- Una vez nivelado, se procede a la compactación para aumentar la capacidad del terreno a soportar cargas aplicadas sobre él y se perfeccionará de nuevo el nivel para añadir una capa firme como superficie, de asfalto de un espesor de 10cm.

El tráfico de la planta no será muy acusado, ya que estarán planificadas las entradas y salidas de vehículos de carga para que no existan aglomeraciones ni atascos.

En la planta se habilitarán 12 plazas de aparcamientos para vehículos de particulares y trabajadores de la planta. Estarán situadas al este de la parcela a 7,4m de la fachada principal de la zona de oficinas y tendrán dimensiones de 2,77m de ancho y 5,14m de largo, por lo que ocuparán un espacio de 98m², tal y como se puede observar en el Plano 2.

19. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS.

En este apartado se describen los equipos necesarios desde el comienzo del proceso para la producción de compost.

19.1. CUANTIFICACIÓN DE LOS CONTENEDORES DE RECOGIDA SELECTIVA.

En primer lugar se debe calcular el número de contenedores necesarios por municipio y su correcta colocación a pie de calle, es decir, su adecuada distribución, que dependerá de la densidad poblacional.

Al ser residuos orgánicos, se ha optado por contenedores soterrados debido a que son más estéticos, higiénicos, accesibles y de fácil utilización, de la empresa CONTENUR. Estos equipos cumplen con la normativa medioambiental y está homologado con la directiva de máquinas 2006/42/CE y certificado con la ISO 9001 y la ISO 14001.

Ilustración D18.1. Contenedor soterrado con su buzón.

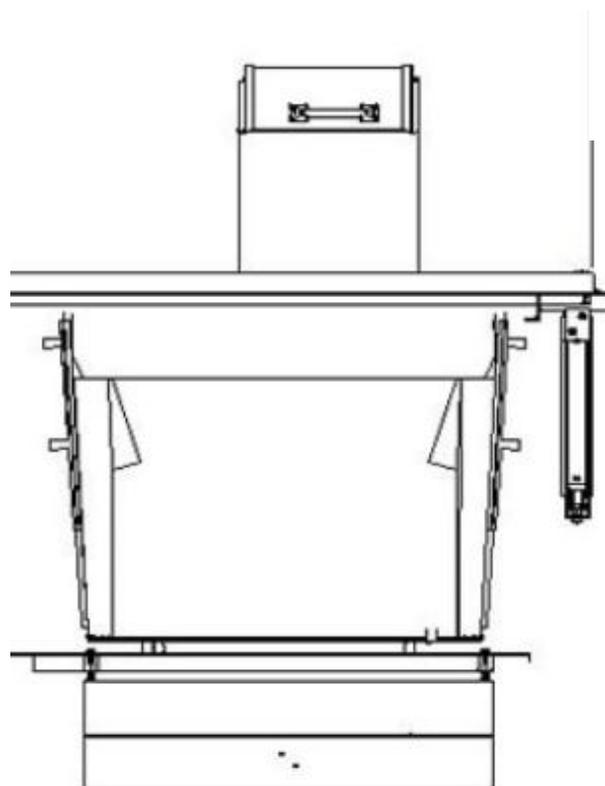
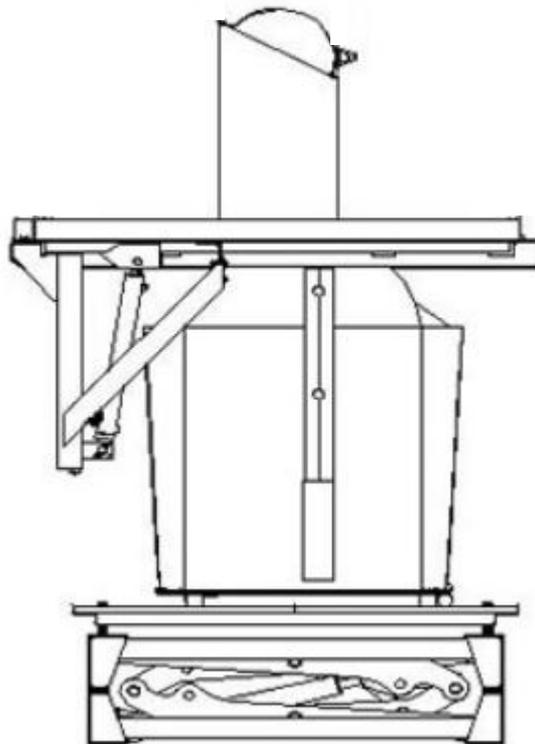


Ilustración D18.2. Perfil contenedor soterrado y buzón.



Este equipo consta de una plataforma elevadora que es accionada por dos cilindros de simple efecto. Al ascender la plataforma, eleva los contenedores a nivel de la acera donde serán volcados en los camiones de recogida. Sobre la tapa del sistema está situado el buzón, y habrá tantos buzones como contenedores haya.

En las siguientes tablas se indican las características de cada contenedor con un máximo de 5 contenedores, las dimensiones del buzón y del equipo dependiendo del número de contenedores a colocar y los contenedores que se colocarán en cada municipio de la zona II calculados en el Anexo 4.

Tabla D18.1. Características de los contenedores soterrados.

Características	
Capacidad (l)	1.300
Nº contenedores	1 a 5
Sistema de elevación	Hidráulico
Tiempo de elevación (seg)	10

Tabla D18.2. Dimensiones de cada buzón y del equipo según el nº de contenedores.

Nº contenedores	Dimensiones Buzón (AxLxH) (mm)	Dimensiones Equipo (AxLxH) (mm)
1	735x460x900	1570x1570x2000
2		2650x1570x2001
3		3890x1570x2002
4		5130x1570x2003
5		6370x1570x2004

Tabla D18.3. Nº de contenedores a instalar en cada municipio en la zona II.

Municipio		RSOrg. a tratar (tn/año)	Volumen a tratar (m ³)	Nº contenedores
ZONA II	El Sauzal	410	13,80	11
	La Matanza	405	13,65	11
	La Orotava	1.908	64,29	50
	La Victoria	414	13,95	11
	Los Realejos	1.729	58,26	45
	Pto. de la Cruz	2.167	73,05	57
	Sta. Úrsula	679	22,89	18
	Tacoronte	1.106	37,29	29
Total		8.818	297	232

19.2. PESAJE DE LA MATERIA PRIMA.

Después de que el camión recoja la materia prima de los contenedores soterrados ubicados en cada municipio, éste llega a la planta y debe ser pesado en una báscula para este tipo de vehículos.

La pesa es de tipo báscula puente electrónica sobreesuelo sin foso y tiene un visor alfanumérico indicador de peso con impresora, teclado y programa de gestión de camiones. La empresa que proporcionará esta báscula será DINAKSA. La instalación es fácil pues se realiza en un tiempo no mayor a 7 horas y necesita obra civil y su funcionamiento será con tecnología electrónica digital.

Ilustración D18.3. Báscula sobresuelo sin foso para pesar camiones.



En la siguiente Tabla D18.4 se muestran las características de la pesa.

Tabla D18.4. Características báscula de pesaje de camiones.

Características báscula	
Dimensiones (LxA) (m)	7x3
Capacidad máx. (tn)	30
Precisión	± 0,01
Tipo de plataforma	Metálica
Altura báscula (cm)	35
Altura rampas (cm)	35

19.3. PRETRATAMIENTO.

En esta etapa se eliminan todos aquellos impropios presentes en la corriente principal de la materia prima de la entrada a la planta de compostaje. Los equipos que se necesitan en el pretratamiento, teniendo en cuenta la composición de los residuos encontrada, se describen a continuación.

19.3.1. TRÓMEL DE 80MM DE LUZ DE MALLA.

En este equipo, como ya se ha comentado en este proyecto, serán eliminados todos aquellos residuos mayores de 80mm de tamaño, que es el tamaño de la malla del trómel de cribado. La materia orgánica que quedará retenida será el 15,9% del total de la entrada.

Esta criba consta de: motor eléctrico, un reductor de velocidad, tambor rotatorio, un marco de la máquina, una cubierta de sello y orificios de alimentación y descarga de materiales. Se comprará a la empresa MASIAS y su instalación se hará con cierto ángulo de inclinación, para que, junto con la rotación, los materiales de la superficie vuelquen y se mueva,

de manera que aquellos que no consigan pasar a través de la malla serán descargados por el extremo final del tambor, mientras que los que sí lo hagan serán recolectados y seguirán su camino por la cinta transportadora.

Ilustración D18.4. Funcionamiento del trómel de cribado.



Ilustración D18.5. Criba giratoria, carcasa y parte interna.



Las características de este equipo se muestran en la siguiente Tabla D18.5.

Tabla D18.5. Características trómel de cribado.

Características trómel de 80mm	
Modelo	TR2,1/5/7
Dimensiones (ØxL) (m)	2,1x5
Luz de malla (mm)	80
Capacidad (tn/día)	100
Velocidad rotación (rpm)	13-16
Potencia (kW)	11
Tipo de alimentación	Cuchillas rompe-bolsas

19.3.2. SEPARADOR MAGNÉTICO.

El separador magnético se encarga de eliminar los materiales férricos que contenga la corriente de entrada. En el pretratamiento se usará un cilindro magnético autodepurativo de la empresa MAGSY que irá colocado como cilindro retornable en la cinta transportadora donde irá la materia de la corriente principal.

Ilustración D18.6. Funcionamiento del cilindro magnético.

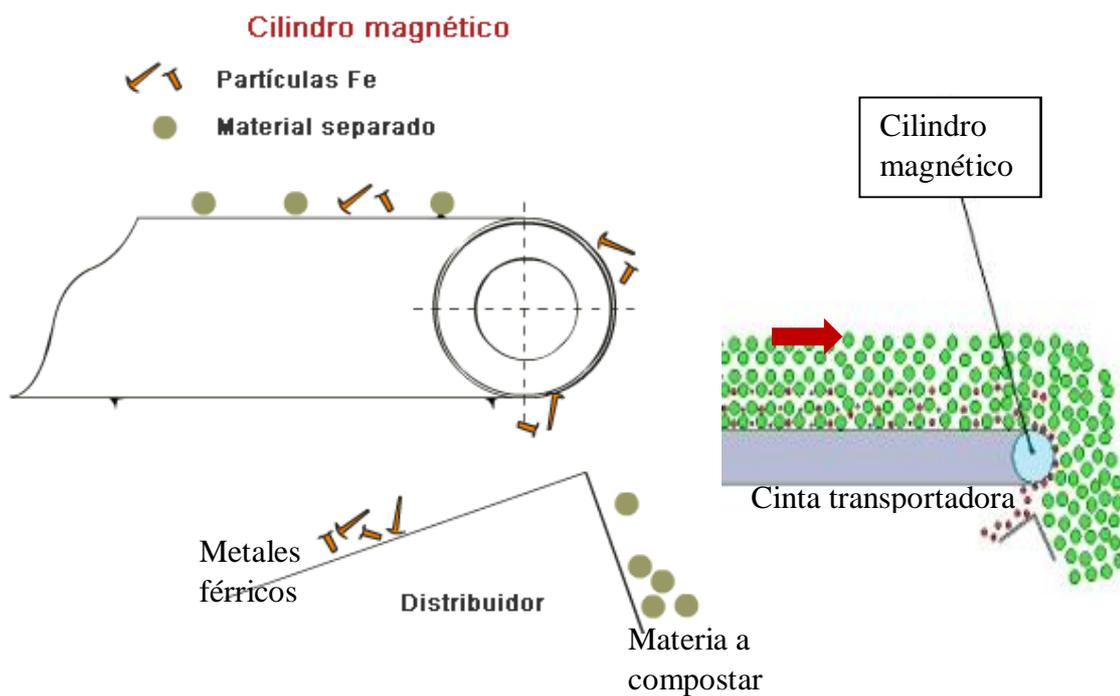


Ilustración D18.7. Cilindro magnético.



Las características del cilindro se muestran en la siguiente Tabla D18.6.

Ilustración D18.6. Características del cilindro magnético.

Características cilindro magnético	
Modelo	MV 204x1000F
Dimensiones (ØxL) (m)	0,204x1
Tipo de imán	Ferrita con inducción magnética
Potencia (kW)	2,1

19.3.3. SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT DE METALES NO FÉRRICOS.

La función de este equipo es la de eliminar los metales no férricos en la corriente principal del proceso. Este separador está constituido por un cilindro magnético equipado con fuertes imanes de neodimio, creando un campo magnético alternativo y a su vez unas corrientes internas llamadas Corrientes de Foucault que generan un campo opuesto al campo magnético generado por el imán, la oposición entre las dos fuerzas provoca una repulsión haciendo que el metal no férrico sea despedido de su trayectoria natural, separándose del resto de materia. La casa comercial que dispondrá de este equipo es la misma que la del separador magnético, MAGSY.

Ilustración D18.8. Funcionamiento separador por corrientes de Foucault.

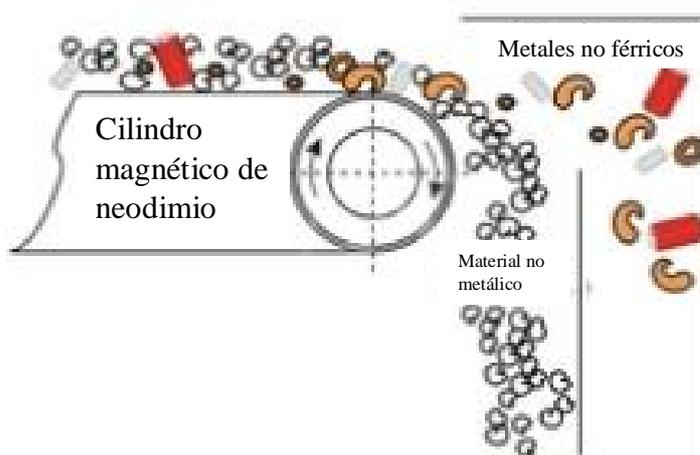


Ilustración D18.9. Separador por corrientes de Foucault.



En la siguiente Tabla D18.7 se muestran las características.

Tabla D18.7. Características del separador por corrientes de Foucault.

Características separador por corrientes de Foucault	
Modelo	MR-SPM0600
Dimensiones (LxAxH) (m)	3,1x1,5x1
Formato rodillos	De arrastre e inductor
Velocidad de giro del tambor inductor (rpm)	3.000
Otros	Dispone de transportador de banda

19.3.4. CINTAS TRANSPORTADORAS

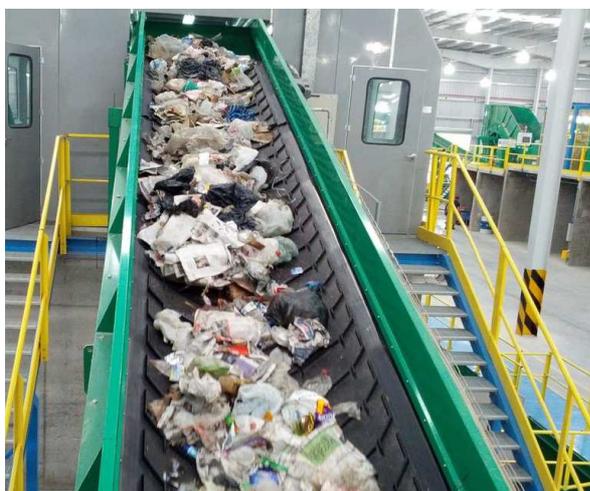
Este equipo es fundamental para transportar la materia en distintas partes de la planta de compostaje y es el más usado como medio de transporte entre distintos equipos en procesos industriales. En la zona de pretratamiento se instalarán distintas bandas transportadoras según su función y por lo tanto, de distintos tamaños. Las cintas que se instalarán son modulares para así poder, en cualquier momento, aumentar su capacidad e incrementar distancias según el volumen de trabajo. Las cintas serán de la casa comercial SINERGES modelo STB.

19.3.4.1. ELEVACIÓN DE LA MATERIA PRIMA DE LA PLAYA DE DESCARGA AL TRÓMEL.

Esta cinta irá desde la playa de descarga hasta la alimentación del trómel de 80mm de luz de malla por lo que estará inclinada y recorrerá 15,4m con un ángulo de 7° y estará a 0,8m del suelo, entonces medirá en total 19,15m aproximadamente.

Se trata de una cinta de alta capacidad de carga con antideslizamiento para asegurar el transporte de los residuos, tiene una estructura simple para que sea fácil de utilizar y de mantener. Tendrá una guía lateral de 50cm para evitar que las bolsas de basura caigan por los lados y, además, para evitar el deslizamiento de éstas no tendrá una superficie lisa, sino corrugada.

Ilustración D18.10. Cinta transportadora con guía y superficie corrugada.



Las características de la banda son las que se adjuntan en la siguiente tabla.

Tabla D18.8. Características de la cinta transportadora que va de la playa de descarga al trómel.

Características cinta transportadora 1	
Tipo	Corrugada con guía lateral de 50cm
Ancho de banda (m)	2
Longitud banda (m)	19
Potencia (kW)	6
Velocidad banda (m/s)	1-2
Capacidad (tn/h)	80

19.3.4.2. TRANSPORTE DE LA CRIBA HASTA EL SEPARADOR MAGNÉTICO.

Después de la criba rotatoria, los residuos que consiguieron atravesar la malla de 80mm del trómel, siguen el proceso y llegan al separador magnético mediante una cinta transportadora de 4m con guía lateral de 20cm para evitar que parte del material caiga fuera. Las características de ésta se muestran en la siguiente Tabla D18.8.

Tabla D18.8. Características de la cinta transportadora que va del trómel al separador magnético.

Características cinta transportadora 2	
Tipo	lisa con guía lateral de 20cm
Ancho de banda (m)	1
Longitud banda (m)	<10
Potencia (kW)	4
Velocidad banda (m/s)	1,25-2
Capacidad (tn/h)	40-80

19.3.4.3. TRANSPORTE DESDE EL SEPARADOR MAGNÉTICO HASTA EL SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT.

Esta cinta transportadora irá desde el separador magnético, colocada debajo de la anterior banda, bajo el cilindro magnético, a una altura del suelo de 1m y la materia que supere el separador seguirá por ésta hasta el separador por corrientes de Foucault. Su longitud será de unos 2,40m y sus características se muestran en la siguiente Tabla D18.9.

Tabla D18.9. Características de la cinta transportadora que va entre los dos separadores del pretratamiento.

Características cinta transportadora 3	
Tipo	corrugada con guía lateral de 20cm
Ancho de banda (m)	1
Longitud banda (m)	<10
Potencia (kW)	4
Velocidad banda (m/s)	1,25-2
Capacidad (tn/h)	40-80

19.3.4.4. TRANSPORTE DESDE EL SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT HASTA EL TAMBOR ROTATORIO.

La corriente principal tras superar el último separador, cae sobre la cinta que la llevará hasta el tambor rotatorio. Tendrá una distancia de 0,30m respecto del suelo y una longitud sin inclinación de 3,30m para luego ascender a una altura de 2,10m recorriendo 3,75m hasta llegar a la entrada del tambor rotatorio. Las características se muestran en la siguiente Tabla D18.10.

Tabla D18.10. Características de la última cinta transportadora del pretratamiento.

Características cinta transportadora 4	
Tipo	corrugada con guía lateral de 15cm
Ancho de banda (m)	1
Longitud banda (m)	<10
Potencia (kW)	4
Velocidad banda (m/s)	1,25-2
Capacidad (tn/h)	40-80

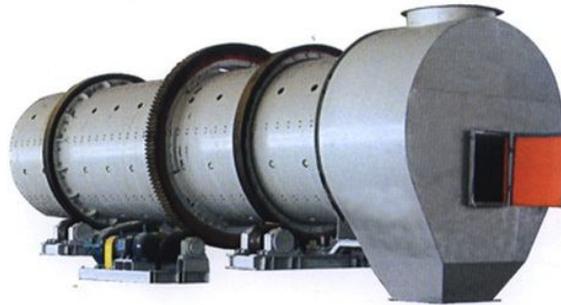
Además, se deberá colocar una cinta transportadora de una longitud de 1,5m perpendicular al separador por corrientes de Foucault y a una distancia de éste de 0,35m para que puedan caer ahí todos los metales no férricos y ser transportados a un contenedor. Ésta banda tendrá una guía lateral en un solo lado, en el lado sur, de 15cm de alto para impedir la caída de los metales no férrico al suelo cuando sean despedidos por el imán. Tendrá las mismas características de la Tabla D18.10.

19.4. FERMENTACIÓN.

Esta etapa es la más importante del proceso de compostaje y se desarrolla principalmente en un equipo, el tambor rotatorio, que consta de un vaso de compostaje de acero que mezcla y homogeniza todos los materiales y controla las variables que afectan a su descomposición (temperatura, porosidad, humedad, cantidad de oxígeno).

El equipo lo suministra la casa SOLARSOM y está constituido por un cuadro eléctrico, un mezclador, alimentador y descarga sinfín, también tiene compresores de entrada y salida de aire incorporados, además incluye los anclajes.

Ilustración D18.11. Tambor rotatorio.



Las características del tambor se muestran en la Tabla D18.11.

Tabla D18.11. Características del tambor rotatorio.

Tambor rotatorio	
Modelo	30033
Tamaño (ØxL) (m)	3x33
Volumen (m³)	311
Potencia (W)	3750 con motor eléctrico

Se añadirá una cinta transportadora de 6,70m que transportará al material a compostar hasta la zona de fermentación, con superficie corrugada para facilitar el transporte de la mezcla. En la Tabla D18.12 se muestran las características de la cinta.

Tabla D18.12. Características de la cinta que va al tambor rotatorio.

Características cinta	
Tipo	corrugada con guía lateral de 20cm
Ancho de banda (m)	1
Longitud banda (m)	<10
Potencia (kW)	4
Velocidad banda (m/s)	1,25-2
Capacidad (tn/h)	40-80

Después de que la materia pase 3 días en el interior del tambor, y como todavía no está totalmente fermentado, deberá pasar un tiempo en las eras de volteo en las que el material se mantendrá aireado para evitar zonas anaerobias y para ello se usará una pala volteadora de compost hidráulica con las características que se indican en la Tabla D18.13 distribuida por la

empresa SANDBERGER. La pala es de fácil manejo y se puede trabajar en espacios reducidos con pilas separadas 0,5m. Gracias al diseño de las palas del rodillo volteador, se consigue una mezcla homogénea que permite una fermentación óptima y también posee un sistema extra de humectación que esparce el agua de forma uniforme sobre el material mientras éste se voltea si fuera necesario.

Ilustración D18.12. Pala volteadora de compost.



Tabla D18.13. Características de la pala volteadora.

Pala volteadora	
Modelo	SF 200
Dimensiones (LxAxH) (m)	2,6x3,45x2,3
Motor (CV)	Diésel 51
Velocidad de avance (km/h)	hasta 2,4
Velocidad rotor (rpm)	hasta 300
Capacidad de volteo (m3/h)	700

19.5. AFINO.

La función principal en esta etapa es eliminar todo aquello que no haya sido retirado en las otras etapas y mejorar y homogeneizar el material después de su fermentación. Los equipos de este proceso se describen a continuación.

19.5.1. TRÓMEL DE 15MM DE LUZ DE MALLA.

Igual que el trómel del pretratamiento, éste pretende eliminar todos los impropios y materiales de la corriente principal que tengan un tamaño mayor a 15mm. Las características de esta criba rotatoria, también de la casa comercial TUSA, se describen a continuación en la Tabla D18.14.

Tabla D18.14. Características trómel de 15mm de luz de malla.

Características trómel 15mm	
Modelo	TR2,1/7/9 R
Dimensiones (ØxL) (m)	1x4
Luz de malla (mm)	15
Capacidad (tn/día)	20
Velocidad rotación (rpm)	15-19
Potencia (kW)	4

19.5.2. MESA DENSIMÉTRICA.

Este equipo se encarga de separar las distintas partículas que componen el material según la densidad, los materiales más ligeros (compost) y los más pesados (vidrio, metales, piedras). Su funcionamiento trata de hacer pasar una corriente de aire por una superficie inclinada vibrante donde se encuentra la alimentación que se incorpora por la parte superior del equipo, y así, se consigue la separación de los materiales por densidad y se obtienen diferentes partes:

- El producto de menor densidad es fluidificado y flota sin tener contacto con el fondo de tratamiento, deslizándose por la pendiente hacia la parte inferior y conducido por el flujo de aire.
- El producto de mayor densidad se deposita sobre el fondo de tratamiento y es transportado por el movimiento vibrante hacia la parte superior.

Ilustración D18.13. Funcionamiento de la mesa densimétrica.

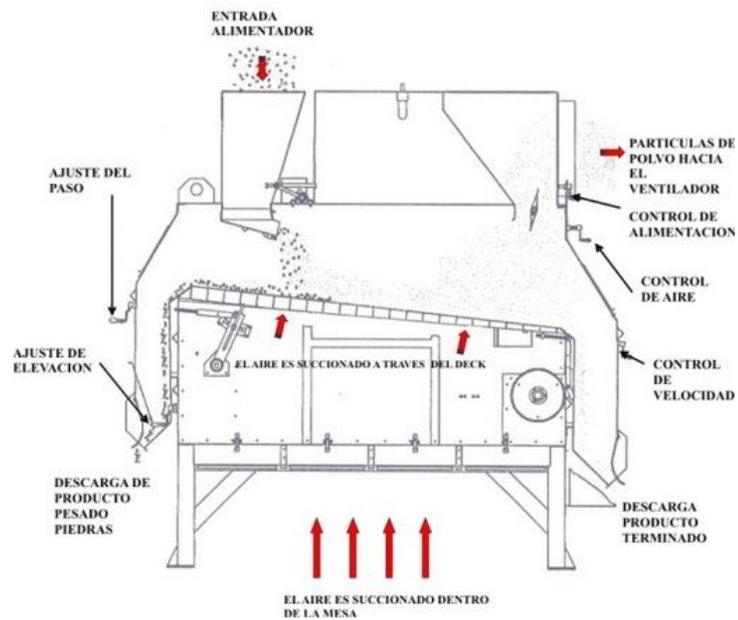


Ilustración D18.14. Mesa densimétrica.



La mesa densimétrica de este proceso la distribuye la empresa ALMO, incluye regulación de la distribución de aire, tolva de fluidificación, campana de aspiración, puerta de inspección, válvula de mariposa y las estructuras, sus características se encuentran en la siguiente Tabla D18.15.

Tabla D18.15. Características mesa densimétrica.

Características mesa densimétrica	
Modelo	FM150
Dimensiones (AxL) (m)	1x1,5
Inclinación	4°
Tipo de malla	Acero inox. 210 micras
Diámetro de ciclón (mm)	800
Válvula del ventilador (kW/rpm)	1,1/35
Accionamiento ventilador (kW/rpm)	7.5/1500
Potencia total (kW)	1,3

19.5.3. CINTAS TRANSPORTADORAS.

En esta parte del proceso habrá tres tramos de cintas que se describen a continuación.

19.5.3.1. ALIMENTACIÓN DEL TRÓMEL DE 15MM.

Esta banda de la misma empresa que las anteriores, de 3,10m irá desde una altura de 0,75m hasta la entrada a la alimentación del trómel, de 15mm de luz de malla, a una altura de 1,60m, con guías laterales. La pala cargadora vierte en la banda el material fermentado, que ascenderá hasta la entrada a una distancia de 2,98m aproximadamente, pero se necesitarán 3,10m para que la cinta funcione correctamente. Las características se muestran a continuación, en la Tabla D18.16.

Tabla D18.16. Características de la cinta transportadora de alimentación al trómel de 15mm de luz de malla.

Características cinta	
Tipo	corrugada con guía lateral de 20cm
Ancho de banda (m)	0,75
Longitud banda (m)	<10
Potencia (kW)	4
Velocidad banda (m/s)	1,25-2
Capacidad (tn/h)	40-80

19.5.3.2. TRANSPORTE DE LA CRIBA GIRATORIA A LA MESA DENSIMÉTRICA.

Es la cinta que comunica los dos equipos ya mencionados y deberá ascender desde 0,7m de altura hasta 1,5m para poder alimentar la entrada de la mesa densimétrica. Se instalará 8,11m de banda con guía lateral, de los que 5m se necesitarán para el primer tramo y 3,11m para el segundo que tiene una inclinación de 15°. La banda será suministrada por la misma empresa que las anteriores y tiene las siguientes especificaciones dadas en la Tabla D18.17.

Tabla D18.17. Características de la cinta que va desde la criba hasta la mesa densimétrica.

Características cinta	
Tipo	corrugada con guía lateral de 20cm
Ancho de banda (m)	1
Longitud banda (m)	<10
Potencia (kW)	4
Velocidad banda (m/s)	1,25-2
Capacidad (tn/h)	30-60

19.5.3.3. TRANSPORTE DE LA MESA DENSIMÉTRICA HASTA LA ETAPA DE MADURACIÓN.

Este tramo transporta el material menos denso (compost) que sale de la mesa, a una altura de 0,70m y recorre 1,85m con guía lateral. Al final de la cinta se amontona en el suelo la materia hasta su posterior recogida mediante la pala cargadora y será de la misma marca comercial que todas las cintas anteriores. Las características se muestran en la siguiente Tabla D18.18.

Tabla D18.18. Características de la cinta que va de la mesa densimétrica hasta la zona de maduración.

Características cinta	
Tipo	corrugada con guía lateral de 20cm
Ancho de banda (m)	1
Longitud banda (m)	<10
Potencia (kW)	4
Velocidad banda (m/s)	1,25-2
Capacidad (tn/h)	30-60

19.6. ENSACADORA.

Este equipo se encarga de preparar el producto para su venta realizando una formación, llenado y sellado con un sistema automático que crea sus propias bolsas a partir de rollos de película de polietileno preimpresa y doblada en el centro. La empresa distribuidora es PREMIERTECH. Las características se muestran en la siguiente Tabla D18.19.

Ilustración D18.15. Ensacadora de compost.

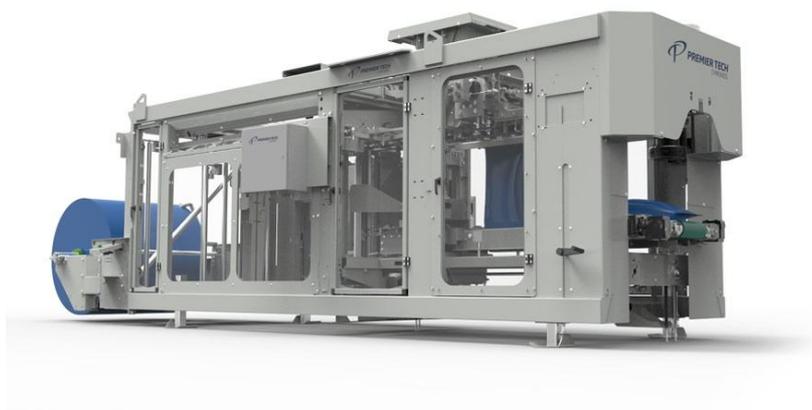


Tabla D18.19. Características de la ensacadora.

Características ensacadora	
Modelo	Automática FFS-200
Dimensiones (LxAxH) (m)	6,5x1,3x2,77
Potencia (kW)	12
Producción (sacos/min)	8
Capacidad máx. del saco (kg)	50
Tensión de trabajo (V/Hz)	230-400//50-60
Material	Acero inox. AISI 304
Tipo de alimentación	Por medio de sinfín o cinta transportadora

20. EQUIPOS AUXILIARES.

A continuación se especifican los equipos auxiliares según la zona de la planta de compostaje.

20.1. PALAS CARGADORAS.

Su función es la de transportar el material de un lugar a otro de la planta y serán necesarias dos palas de la empresa BIURRARENA, en la siguiente imagen se muestra un ejemplo.

Ilustración D19.1. Pala cargadora.



Estas palas tiene una generación de ruido baja y servirán no sólo para transportar directamente la materia prima o el producto de un punto a otro de la planta, sino que, si se cambia la pala principal adaptable, puede cargar pesos elevados como los contenedores de impropios que se producen en la planta. A continuación se muestra en la Tabla D19.2 las características.

Tabla D19.2. Características pala cargadora.

Pala cargadora	
Modelo	HL730-9A
Dimensiones (LxAxH) (m)	6,95x2,45x3,15
Potencia motor (kW/Hp)	96/130 (2.200rpm)
Velocidad de avance (km/h)	hasta 40
Capacidad de la pala (m³)	0,75, 1 y 1,5
Capacidad tanque combustible (l)	150
Llantas	17,5-25-12 PR.

20.2. CONTENEDORES.

Repartidos en distintas partes de la planta se colocarán varios contenedores para recoger los impropios que son rechazados por los equipos durante el pretratamiento y el afino. Todos los contenedores los facilitará la empresa DISTOC y están fabricados con un sistema que cumple la normativa DIN 30740/EN 840, la superficie interior y exterior del cuerpo del contenedor es lisa para garantizar un vaciado completo, sin residuos y una limpieza más fácil. Su colocación y características se describen a continuación.

Ilustración D19.3. Contenedor recolector de residuos.



20.2.1. PRETRATAMIENTO.

En esta zona se necesitarán distintos contenedores para los diferentes equipos de separación que hay en la sala, cada uno con distinta capacidad dependiendo del flujo diario de impropios que se elimina en cada uno de ellos. Estos cálculos se pueden observar en el Anexo 5, donde se estima la cantidad desechada y los impropios eliminados en cada punto.

Primero se estudiará el caso del contenedor de los impropios del trómel de 80mm de luz de malla, luego el contenedor que recolecta en el separador magnético y por último en el separador por corrientes de Foucault.

20.2.1.1. CONTENEDOR TRÓMEL 80MM.

Irá colocado al final de la trómel y todos los residuos que no consigan atravesar la malla de este equipo, los de tamaño mayor a 80mm, serán eliminados. Este contenedor debe estar bajo la supervisión de los trabajadores de planta durante el tiempo en el que el trómel esté funcionando para que, una vez se estén llenos, se cambie por otro contenedor vacío. Los contenedores llenos se irán vertiendo con ayuda de las palas cargadoras en unos recipientes metálicos de gran capacidad para su posterior transporte a una planta de residuos sólidos, como es el PIRS.

Como ya se calculó en el Anexo 5, el volumen diario de impropios en este equipo será de 57,62m³/día, y tendrá las características que se describen en la Tabla D19.3. Aunque el volumen que se produce es mucho mayor que el del contenedor propuesto, no se colocará uno mayor pues su transporte sería complicado, entonces, será necesario vaciarlo varias veces en un día.

Tabla D19.3. Características contenedor de residuos de trómel de 80mm.

Contenedor de residuos	
Modelo	KA-1100
Tipo de tapa	Basculante
Capacidad (l)	1.140
Unidades	2
Dimensiones (LxAxH) (mm)	1064x1360x990
Otros	4 ruedas giratorias, dos con freno

20.2.1.2. CONTENEDOR SEPARADOR MAGNÉTICO.

Irá colocado debajo del cilindro magnético, y así cuando el imán de ferrita atraiga los metales férricos, girarán a su alrededor hasta dejar de recibir un magnetismo tan fuerte y caigan sobre el depósito. Como se vio en el Anexo 5, el volumen diario de metales férricos desechados en el separador magnético es de 0,36m³, y las características de este contenedor se muestran en la Tabla D19.4.

Tabla D19.4. Características del contenedor del separador magnético.

Contenedor de residuos	
Modelo	KA-360
Capacidad (l)	360
Unidades	1
Dimensiones (LxAxH) (mm)	865x620x700
Otros	2 ruedas para facilitar el transporte

Como el volumen del contenedor en este caso es mucho mayor al volumen estimado, se dejará en el mismo lugar hasta el final del día, donde se amontonará con el resto de impropios y se trasladará en un camión al PIRS.

20.2.1.3. CONTENEDOR SEPARADOR POR CORRIENTES DE FOUCAULT.

Este último contenedor de la zona de pretratamiento irá colocado al final de una cinta transportadora, donde llegan los metales no férricos que, se desvían de su trayectoria original y salen despedidos cayendo sobre ésta cuando las corrientes de Foucault ejercen su fuerza. El volumen diario calculado en el Anexo 5 de los metales no férricos es de 0,55m³ y las características de este contenedor se muestran en la Tabla D19.5.

Tabla D19.5. Características del contenedor de residuos que se encuentra en el separador por corrientes de Foucault.

Contenedor de residuos	
Modelo	CR-360
Capacidad (l)	360
Unidades	1
Dimensiones (LxAxH)(mm)	865x620x700
Otros	2 ruedas para facilitar el transporte

Como el volumen del contenedor en este caso es mucho mayor al volumen estimado, se dejará en el mismo lugar hasta el final del día, donde se amontonará con el resto de impropios y se trasladará en un camión al PIRS.

20.2.2. AFINO.

En esta zona se necesitarán distintos contenedores para los diferentes equipos de separación que hay en la sala, cada uno con distinta capacidad dependiendo del flujo diario de

impropios que se elimina en cada uno de ellos. Estos cálculos se pueden observar en el Anexo 5, donde se estima la cantidad desechada y los impropios eliminados en cada punto.

A continuación se estudiará primero el caso del contenedor de los impropios del trómel de 15mm de luz de malla y luego el contenedor que recolecta en la mesa densimétrica.

20.2.2.1. CONTENEDOR TRÓMEL 15MM.

Irá colocado al final de la trómel y todos los residuos que no consigan atravesar la malla de este equipo, los de tamaño mayor a 15mm, serán eliminados. Este contenedor debe estar bajo la supervisión de los trabajadores de planta durante el tiempo en el que el trómel esté funcionando para que, una vez se estén llenos, se cambie por otro contenedor vacío. Los contenedores llenos se irán vertiendo con ayuda de las palas cargadoras en unos recipientes metálicos de gran capacidad para su posterior transporte a una planta de residuos sólidos, como es el PIRS.

Como ya se calculó en el Anexo 5, el volumen diario de impropios en este equipo será de 17,45m³/día, y tendrá las características que se describen en la Tabla D19.6. Aunque el volumen que se produce es mucho mayor que el del contenedor propuesto, no se colocará uno mayor pues su transporte sería complicado, entonces, será necesario vaciarlo varias veces en un día.

Tabla D19.6. Características contenedor de residuos de trómel de 15mm.

Contenedor de residuos	
Modelo	KA-1100
Tipo de tapa	Basculante
Capacidad (l)	1.140
Unidades	2
Dimensiones (LxAxH) (mm)	1064x1360x990
Otros	4 ruedas giratorias, dos con freno

20.2.2.2. CONTENEDOR MESA DENSIMÉTRICA.

En este equipo quedarán retenidas todas aquellas partículas con mayor densidad que el compost cayendo por una pendiente hacia el contenedor que las recolectará. Como bien se calculó en el Anexo 5, el volumen diario de esta corriente es de 8,49m³. Este contenedor debe estar bajo la supervisión de los trabajadores de planta durante el tiempo en el que el trómel esté funcionando para que, una vez se estén llenos, se cambie por otro contenedor vacío. Los contenedores llenos se irán vertiendo con ayuda de las palas cargadoras en unos

recipientes metálicos de gran capacidad para su posterior transporte a una planta de residuos sólidos, como es el PIRS.

Las características de este equipo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla D19.7. Características contenedor de residuos de la mesa densimétrica.

Contenedor de residuos	
Modelo	KA-1100
Tipo de tapa	Basculante
Capacidad (l)	1.140
Unidades	2
Dimensiones (LxAxH) (mm)	1064x1360x990
Otros	4 ruedas giratorias, dos con freno

20.3. CONTENEDOR METÁLICO PARA EL TOTAL DE IMPROPIOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA.

Este contenedor servirá para recoger el acumulado de todos los impropios recogidos en los contenedores descritos anteriormente de las zonas de pretratamiento y afino, se dispondrá de varios y estarán ubicados en estas zonas y en el almacén de compost. La empresa suministradora de estos equipos es GRUCOMCV, tendrán una capacidad de 36,75m³ e incluye los anclajes para cada uno. Cuando estos contenedores se llenen, un vehículo especializado lo transportará al PIRS.

Ilustración D19.4. Contenedor metálico.



Las características se muestran en la siguiente Tabla D19.8.

Tabla D17.8. Características contenedor metálico.

Contenedor de residuos	
Modelo	F1-Abierto Alto
Capacidad (m³)	36,75
Unidades	3
Dimensiones (LxAxH) (m)	7x2,5x2,1

20.4. RECOGIDA DE LIXIVIADOS Y ABASTO DE AGUA AL PROCESO.

Se construirá un tanque cuadrado cuya función será la de servir de sistema de control para el proceso, el tambor rotatorio que funciona como reactor, recogiendo los lixiviados y abasteciendo de agua cuando sea necesario. Este tanque será de hormigón armado soterrado a una profundidad de 2,5m

En el caso de la recogida de lixiviados y uso de agua de proceso para abastecer al sistema, se construirá un tanque de hormigón armado cuadrado, bajo el suelo a una profundidad de 1,5m hasta el comienzo del tanque, que irá situado a la izquierda de la zona de fermentación. Tendrá una capacidad de 2m³ y dimensiones de 2x1x1 (LxAxH), además, se realizará un espacio de 2m alrededor del tanque por si fuese necesario solucionar averías y para la ejecución del mantenimiento del tanque.

El uso de agua potable para las oficinas, baños, laboratorio y resto de instalaciones, que no sea para usar directamente en el proceso de compost, no se describirá debido a que no es objeto de este proyecto.

20.4.1. SISTEMA DE AGUA.

El tanque de hormigón estará dividido en dos partes mediante una pared del mismo material, cada una de ellas con una capacidad de 0,75m³.

El primer tanque, llamado A, tendrá un flotador que controlará que el nivel de éste no baje de 0,5m³, y si, por el contrario, esto pasara, abriría la válvula de entrada de agua de red, llenándose hasta el volumen deseado. Este sistema asegura que siempre haya un mínimo de volumen de agua para el proceso y poder usarlo si fuese necesario.

A este tanque también llegarán los lixiviados recogidos durante todo el proceso, desde la playa de descarga, el tambor rotatorio y la zona de fermentación, esta agua se denomina agua de proceso y se aprovecha recirculándola al sistema para proporcionar la humedad correcta al material a compostar. La cantidad de lixiviados totales que se generan en la planta y llegan al tanque es de 0,75m³/día y una necesidad de agua de proceso aproximadamente de 0,15m³/día,

por lo que, en principio, no hará falta usar el agua de red, sino que se podrán cubrir los requisitos mínimos con la producción de lixiviados.

En cuanto al segundo tanque, denominado B, también usará el mismo sistema que el anterior, un flotador que controlará el volumen de éste, haciendo que su capacidad máxima no supere el 75% de su volumen total, es decir, $0,56\text{m}^3$, así, cuando se llegue a este volumen, se pondrán en contacto con un gestor externo especializado en recogida de lixiviados para que lo recoja y dejar este tanque vacío nuevamente.

Se instalarán dos electroválvulas con dos sensores de nivel de la empresa GENEBRE con las características que se describen en las siguientes Tabla D19.9 y D19.10. Una se usará para la entrada de agua de la red de abastecimiento municipal al tanque A, y la otra para indicar en el panel de control cuando el tanque B se llene al 75% de su volumen total.

Ilustración D19.5. Electroválvula y sensor de nivel.



Tabla D19.9. Características de la electroválvula.

Electroválvula	
Modelo	GE-4020
Presión de trabajo mín. (atm)	0
Tipo de unión	roscada
Temperatura de trabajo (°C)	de -10 a 60
Consumo (W)	8

Tabla D19.10. Características del sensor de nivel.

Sensor de nivel	
Modelo	GE-3883
Potencia máx. (W)	1.500
Temperatura máx. (°C)	55
Índice de protección	IP68
Tensión (V)	110-220

20.4.2. CAPTACIÓN DEL AGUA DE LA RED.

La acometida tendrá un diámetro de 51mm y se conectará a la red de abastecimiento municipal por la toma dispuesta en la calle, donde se encuentra situada la fachada principal de la planta industrial. Es decir, en la cara norte del terreno.

Esta conexión corre a cargo de la empresa suministradora. Las llaves de registro y de paso también tendrán un diámetro de 51mm como establece la norma.

El tubo de alimentación que conecta la válvula de paso de la acometida con el contador, será de 51mm y con una longitud inferior de 20m.

El contador y su llave de salida, ambos de 51mm irán instalados en la cara exterior del muro norte, todo ello instalado en una cámara impermeabilizada de dimensiones 2,2x0,8x0,8m (LxAxH). Dotado de un desagüe calculado para que en caso de avería, el agua pueda ser evacuada y de iluminación eléctrica y toma de corriente según la instrucción ITC-BT-030 del REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

20.4.3. RECOGIDA, TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LIXIVIADOS.

Se deberán tomar una serie de medidas que garanticen la protección y conservación del suelo y de las aguas subterráneas o superficiales con una recogida eficaz de los lixiviados.

Las zonas que tienen un lazo directo con los lixiviados son la playa de descarga, y la zona de fermentación compuesta por el tambor rotatorio y las eras de volteo. En el caso del tambor rotatorio, los lixiviados están directamente conectados con el tanque, así que no supone ningún problema de contaminación. En cambio, en la playa de descarga y las eras de volteo existe cierto riesgo por lo que el suelo estará diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias, teniendo el suelo un coeficiente de permeabilidad inferior a $1 \times 10^{-9} \text{m/s}$, como bien aparece en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre.

Por otro lado, aunque no existe riesgo de contaminación en la zona de maduración, pues no se considera que haya segregación de lixiviados, se tomarán las mismas medidas.

En cuanto al tratamiento de los lixiviados, no se realizarán en la planta, sino que será un gestor externo el encargado de vaciar el tanque soterrado de lixiviados cuando llegue al

75% de su capacidad, como bien se explica en otro apartado de este documento, y se trasladará en un vehículo adecuado para su transporte.

20.4.4. RED DE TUBERÍAS.

A continuación se describirán toda la red de tuberías de proceso.

Las tuberías serán suministradas por la empresa SDP TERRAIN, especiales para aguas residuales y con certificado europeo. El material será PVC de 16mm de diámetro exterior y 1,2mm de espesor, excepto para el tramo de tuberías 6 que será de 32mm de diámetro y 2,40mm de espesor, según los cálculos realizados que se pueden observar detalladamente en el Anexo 7.

El tramo de tubería 1 es el encargado de transportar el agua de la red como ya se explicó anteriormente.

Los tramos de tuberías que transportarán los lixiviados hasta el tanque soterrado serán los tramos 2, 3 y 4, desde la playa de descarga, el tambor rotatorio y las eras de volteo. Su descarga será por gravedad, por lo que no hará falta el uso de bombas y se ahorrará en el ámbito energético y económico.

Los tramos 5 y 6 serán los que transporte el agua de proceso al tambor y a las eras de volteo para otorgar la humedad idónea como ya se comentó en otros apartados. Estos tramos si necesitarán el uso de una bomba cada uno para elevar el agua de proceso hasta la superficie.

Tabla D19.11. Características de las tuberías.

Tuberías		
Línea	Q(l/min)	L(m)
2	0,23	59,02
3	0,17	23,05
4	0,12	24,05
5	0,17	23,05
6	10,00	75,02

Como bien se explicó en el Anexo 7 tras los cálculos, los tamaños de tuberías son mucho más pequeños que los que distribuyen oficialmente, así que se seleccionó el diámetro de menor tamaño que ofrece el mercado, excepto para el caso del tramo 6. Además, como estas tuberías llevan lixiviados, que contienen restos orgánicos y microorganismos, no

está de más sobredimensionar los diámetros para evitar atascos. Lo mismo ocurre con las bombas, se instalarán dos de 0,5CV con las características que se muestran en la siguiente tabla de la empresa SALVADOR ESCODA.

Tabla D19.12. Características de la bomba.

Bomba	
Modelo	CEA-70/3
Potencia (CV)	0,5
Tensión (V)	230
Presión máx (atm)	8
Tipo unión	roscada

20.5. NECESIDAD DE SERRÍN.

En el Anexo 3 se determinó la cantidad de serrín necesaria para obtener una relación C/N óptima, tras realizar un balance de materia el resultado fue de 214,9kg/día, y sabiendo que la densidad de éste es 291kg/m³ se puede saber el caudal volumétrico, que sería de 0,738m³/día. El serrín se obtiene de la empresa COSTIÑA en sacos de 35kg, utilizando al día poco más de 6 sacos.

Una vez al mes un camión cargado de palés con sacos de serrín llegará a la planta con la mercancía para un mes, unos 180 sacos totales. Se descargarán en la zona de almacenamiento de serrín y las palas cargadoras lo llevarán al interior. Cuando se vaya a utilizar, la pala transportará la cantidad necesaria a la sala de pretratamiento y se verterá su contenido en la cinta transportadora indicada de entrada al tambor.

20.6. DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.

Para el uso de las distintas palas de la planta, será necesario un depósito de gasoil propio, se trata de una instalación petrolífera compacta construida y montada siguiendo los criterios generales del Reglamento de Instalaciones Petrolíferas y la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP03/IP04. La empresa que proporcionará el equipo será SALVADOR ESCODA S.A.

Se colocará en la zona de la planta lo más alejada del personal, detrás de la zona de maduración, y al tratarse de un combustible de tipo C, tendrá que estar a una distancia mínima con respecto a los límites de la propiedad de 2m, 10m con respecto a las demás edificaciones del proceso y más de 60m de los edificios administrativos, sociales, talleres y almacenes, todo esto tal y como se indica en el Real Decreto 1523/1999, de 1 de octubre.

Las características del depósito se muestran en la siguiente tabla.

Tabla D19.13. Características depósito de combustible.

Depósito de combustible	
Modelo	GA 01 106
Capacidad (l)	3.000
Estanqueidad (kg/cm²)	1 (con detector de fugas)
Dimensiones (LxØ)(m)	2,35x1,5
Acabado	Chapa de acero laminado según normativa europea EN 10025 y UNE 62351-2/62350-2 y pintura de poliuretano de 80micras de grueso.

Ilustración D19.6. Depósito de combustible.



Este depósito consta de un armazón de protección anti-impactos de doble pared con escalera de acceso a la boca de hombre, instalación eléctrica completa, bomba autoaspirante con filtro y medidor de volumen mecánico.

Además, tendrá un extintor de polvo ABC, colocado en el muro, detrás del depósito para cumplir con el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

La empresa que proporciona el equipo entregará un informe justificando las distintas características del tanque, debiendo cumplir toda la normativa que se encuentra en el Real Decreto 1523/1999, del 1 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por el Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, y las instrucciones técnicas complementarias MI-IP03, aprobada por el Real Decreto 1427/1997, de 15 de

septiembre, y MI-IP04, aprobada por el Real Decreto 2201/1995, del 28 de diciembre. También se tienen que llevar a cabo las distintas revisiones, pruebas e inspecciones periódicas.

20.7. CAMIONES.

Para el desplazamiento de la materia prima desde su localización en cada municipio hasta la planta son necesarios vehículos especiales, para ello se hará uso de camiones recolectores de residuos. Serán de la empresa EQUIURBE y se dispondrá de 6 camiones para, pues según los cálculos realizados que se pueden ver en el Anexo 4, dependiendo de la cantidad de residuos sólidos orgánicos a tratar en cada zona, se usará un determinado número de camiones, recogiendo cada uno de ellos unos 20m³ de residuos y pudiendo hacer, en todo caso, más de una descarga en la noche.

Ilustración D19.7. Camión recolector.



Este camión posee las características descritas en la siguiente Tabla D19.14.

Tabla D19.14. Características camión recolector.

Camión recolector	
Modelo	EASY J2-S
Volumen de carga (m³)	20
Unidades	6
Dimensiones (LxAxH) (m)	5,8x1,98x2,685
Otros	Motor Diésel

20.8. SISTEMA CONTRAINCENDIOS, VENTILACIÓN, ILUMINACIÓN Y RED DE SANEAMIENTO.

Estos sistemas se deberán de tener en cuenta cuando se lleve a cabo la construcción de la planta de compostaje, pues no constituyen objeto de estudio en este proyecto.

21. CONCLUSIONES.

Como resultado de este trabajo se puede concluir que, es necesaria la instalación de una planta de compostaje industrial de recogida selectiva en la isla de Tenerife para reducir el porcentaje de residuos que se eliminan en vertederos y/o son incinerados, además de reducir la contaminación e intentar cumplir con el objetivo de reducir la cantidad de residuos biodegradables destinados a vertederos.

En cuanto al desarrollo de la instalación, la decisión más acertada es que se encuentre en el municipio de La Orotava por ser el centro de gravedad de la vertiente norte de la isla. Además, en el proceso de fermentación, el método seleccionado para llevar a cabo la primera etapa es un sistema cerrado, un tambor rotatorio por ser el más económico, comúnmente utilizado y sencillo.

Por otra parte, para realizar el diseño de la forma más real posible se han recogido datos bibliográficos además de los de otras experiencias en diferentes comunidades autónomas para el desarrollo de distintos cálculos necesarios.

CONCLUSIONS.

As a result of this work we can conclude that it is necessary to install an industrial composting plant for selective collection on the island of Tenerife to reduce the percentage of waste that is disposed of in landfill and / or incinerated, in addition to reducing pollution and attempt to meet the objective of reducing the amount of biodegradable waste destined for landfills.

As for the development of the facility, the most accurate decision is to be in the municipality of La Orotava as the center of the northern slope of the island. In addition, in the fermentation process, the method selected to carry out the first stage is a closed system, a rotary drum because it is the most economical, commonly used and simple.

On the other hand, to make the design as real as possible, bibliographical data have been collected in addition to those of other experiences in different autonomous communities for the development of the different calculations required.

22. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Ayuntamiento de La Orotava. Plan General de Ordenación. Disponible en la URL: <http://www.laorotava.es/plan-general-de-ordenacion>
- [2] Alonso Alonso, Carlos, Martínez Nieto, Elena, de la Morena Olías, Jesús. Manual para la gestión de los residuos urbanos. Madrid: La Ley-Actualidad, S.A., 2003.
- [3] Arcos Mora, M^a de los Ángeles, Dios Pérez, Manuel, Rosal Raya, Antonio. Estudio del compostaje de residuos sólidos urbanos en sistemas de alta eficiencia. Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía, 2008.
- [4] Cabildo de Tenerife. Plan Territorial de Ordenación de Residuos de Tenerife. Santa Cruz de Tenerife, 2009.
- [5] Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de evolución de Residuos Urbanos de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Disponible en la URL: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/inventarios_estadisticas/es_def/adjuntos/2003-2007.pdf
- [6] Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda de Euskadi. Disponible en la URL: <http://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/departamento-medio-ambiente-politica-territorial/inicio/>
- [7] Hontoria García, Ernesto, Zamorano Toro, Montserrat. Fundamentos del manejo de los residuos urbanos. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000.
- [8] Instituto Vasco de Estadística, Disponible en la URL: http://www.eustat.eus/estadisticas/tema_454/opt_0/ti_Residuos/temas.html
- [9] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gestión de Biorresiduos de Competencia Municipal. Disponible en la URL: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/guia_mo_def_tcm7-285227.pdf
- [10] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Programa Estatal de Prevención de Residuos, 2014-2020. Disponible en la URL: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/planes-y-programas.aspx#para0>

- [11] Ministerio de Medio Ambiente. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR), 2007/2015. Madrid, 2007.
- [12] Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. B.O.E. Plan Nacional Integrado de Residuos para el periodo 2008/2015. Disponible en la URL: <https://www.boe.es/boe/dias/2009/02/26/pdfs/BOE-A-2009-3243.pdf>
- [12] Moreno Casco, J., Moral Herrero, Raúl. Compostaje. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2008.
- [14] Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR), 2016/2022. Disponible en la URL: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/20150601pemarconsultapublica_tcm7-383820.pdf
- [15] Plan Territorial Especial de Ordenación del Sistema Viario del Área Metropolitana de Tenerife. Disponible en la URL: <http://www.tenerife.es/planes/PTEOSistemaViarioAMetro/adjuntos/ANEXOIIIb.pdf>
- [16] Subsecretaría de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Gestión de residuos sólidos. Madrid: Servicio de Publicaciones. Ministerio de Obras Públicas, 1981.
- [17] Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, Samuel A. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A., 1994.

Fdo. Tutor:

Fdo. Autor:



2. Anexo de cálculos



CONTENIDO

ANEXO 1. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS QUE SE GENERARÁN Y TRATARÁN Y NÚMERO DE HABITANTES POR MUNICIPIO EN LA ISLA DE TENERIFE.....	2
ANEXO 2. BALANCE DE MATERIA.....	5
A.2.1. ZONA DE PRETRATAMIENTO.....	5
A.2.2. TAMBOR ROTATORIO.....	9
A.2.3. ERAS DE VOLTEO.....	16
A.2.4. ZONA DE AFINO.....	17
A.2.5. ZONA DE MADURACIÓN.....	19
ANEXO 3. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LAS PILAS.....	21
ANEXO 4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CONTENEDORES POR MUNICIPIO.....	23
ANEXO 5. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LOS CONTENEDORES EN EL INTERIOR DE LA PLANTA.....	24
ANEXO 6. DISEÑO DEL TAMBOR ROTATORIO.....	28
ANEXO 7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE CONTROL DE AGUA PARA RECOGER Y ABASTECER EL SISTEMA.....	29

ANEXO 1. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS QUE SE GENERARÁN Y TRATARÁN Y NÚMERO DE HABITANTES POR MUNICIPIO EN LA ISLA DE TENERIFE.

En primer lugar, para realizar todas las estimaciones, se accede al Plan Especial Territorial de Ordenación de Residuos de la Isla de Tenerife (PETEOR-2001) para obtener los datos de la población turista y se accede al Gobierno de Canarias y el ISTAC (Instituto Canario de Estadística) del que se obtienen los datos referidos a las proyecciones de habitantes de derecho y sumando estos dos datos obtener la población de hecho, para obtener unos resultados lo más reales posibles. También se adquieren los datos de la cantidad de residuos generados por habitante y día en cada zona de la isla. A partir de éstos se calcula la cantidad total de residuos sólidos urbanos (RSU) que se generan al día en cada zona, y su total en toda la isla. La cantidad de residuo de cada zona será:

$$RSU_{Zona} \left(\frac{kg}{día} \right) = N^{\circ} \text{ habitantes hecho (hab.)} \times \text{Basura generada por habitante} \left(\frac{kg}{\text{hab} \cdot \text{día}} \right) \quad [A1.1]$$

En el PTEOR también se encuentra información de la composición de los RSU en el año 2001, de un 30,90% de materia orgánica en peso que se genera, suponiendo que en la actualidad no ha variado, se puede conocer la cantidad de RSU orgánicos producidos en cada zona al día y el total, en la isla:

$$RSU_{Org.Zona} \left(\frac{kg \text{ de materia orgánica}}{día} \right) = RSU \left(\frac{kg}{día} \right) \times 0,309 \left(\frac{kg \text{ de materia orgánica}}{kg \text{ RSU}} \right) \quad [A1.2]$$

Por otro lado, hay un problema a tratar, pues no toda la materia orgánica generada se tratará en la planta, sólo lo hará aquella materia orgánica recogida de forma selectiva de las personas que colaboren en su reciclaje. Para la obtención de la proporción de colaboración ciudadana, se accede a los datos dados en el PETEOR, que analiza la gran experiencia que se obtiene en otra comunidad autónoma, en el País Vasco, donde se lleva a cabo la recogida selectiva de materia orgánica, y se tiene que la participación ciudadana al comienzo es de un 28%.

Suponiendo este valor, se calcula la cantidad de residuos sólidos urbanos orgánicos que tratará la planta de compostaje:

$$\text{RSUOrg.Tratados} \left(\frac{\text{kg de materia orgánica tratada}}{\text{día}} \right) = \text{RSUO} \left(\frac{\text{kg de materia orgánica}}{\text{día}} \right) \times 0,28 \quad [\text{A1.3}]$$

Para expresar los datos en toneladas de residuos sólidos orgánicos tratados por la planta al año:

$$\text{RSUOrg.Trat.} \left(\frac{\text{t materia orgánica tratada}}{\text{año}} \right) = \text{RSUO Trat.} \left(\frac{\text{kg M.O.Trat}}{\text{día}} \right) \times \frac{1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \quad [\text{A1.4}]$$

En las siguientes tablas se encuentran los datos referidos a cada zona de gestión de la isla de Tenerife donde se incluyen el número de habitantes de derecho, turista y de hecho, los residuos sólidos orgánicos generados y los que se van a tratar.

Tabla A1.1. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos generados y orgánicos a tratar en el año 2017 para la Zona I.

ZONA I						
Municipio	Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (t/año)	RSOrg. generados (t/año)	RSOrg. a tratar (t/año)
Buenavista	4.832	3	4.835	2.029	627	176
El Tanque	2.658	0	2.658	1.116	345	97
Garachico	4.916	118	5.034	2.113	653	183
Icod de los Vinos	22.606	30	22.636	9.501	2.936	822
La Guancha	5.423	3	5.426	2.278	704	197
Los Silos	4.786	7	4.793	2.012	622	174
San Juan de la Rambla	4.910	12	4.922	2.066	638	179
Total Zona I	50.131	173	50.304	21.115	6.525	1.827

Tabla A1.2. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos generados y orgánicos a tratar en el año 2017 para la Zona II.

ZONA II						
Municipio	Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (t/año)	RSOrg. generados (t/año)	RSOrg. a tratar (t/año)
El Sauzal	8.873	13	8.886	4.735	1.463	410
La Matanza	8.772	15	8.787	4.683	1.447	405
La Orotava	41.294	90	41.384	22.054	6.815	1.908
La Victoria	8.969	9	8.978	4.784	1.478	414
Los Realejos	36.149	1.351	37.500	19.984	6.175	1.729
Pto. de la Cruz	29.497	17.511	47.008	25.051	7.741	2.167
Sta. Úrsula	14.125	604	14.729	7.849	2.425	679
Tacoronte	23.772	219	23.991	12.785	3.951	1.106
Total Zona II	171.451	19.812	191.263	101.924	31.495	8.818

Tabla A1.3. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos generados y orgánicos a tratar en el año 2017 para la Zona III.

ZONA III						
Municipio	Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (t/año)	RSOrg. generados (t/año)	RSOrg. a tratar (t/año)
Adeje	47.316	32.959	80.275	53.327	16.478	4.614
Arona	79.172	29.440	108.612	72.151	22.295	6.243
Guía de Isora	20.460	106	20.566	13.662	4.222	1.182
Santiago del Teide	11.338	4.641	15.979	10.615	3.280	918
Total Zona III	158.286	67.146	225.432	149.754	46.274	12.957

Tabla A1.4. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos generados y orgánicos a tratar en el año 2017 para la Zona IV.

ZONA IV						
Municipio	Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (t/año)	RSOrg. generados (t/año)	RSOrg. a tratar (t/año)
Candelaria	26.746	768	27.514	15.466	4.779	1.338
El Rosario	17.191	30	17.221	9.680	2.991	838
La Laguna	153.111	920	154.031	86.581	26.753	7.491
Sta. Cruz de Tenerife	203.585	1.965	205.550	115.540	35.702	9.996
Tegueste	11.114	7	11.121	6.251	1.932	541
Total Zona IV	411.747	3.690	415.437	233.517	72.157	20.204

Tabla A1.5. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos generados y orgánicos a tratar en el año 2017 para la Zona V.

ZONA V						
Municipio	Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (t/año)	RSOrg. generados (t/año)	RSOrg. a tratar (t/año)
Arafo	5.458	10	5.468	2.874	888	249
Arico	7.423	61	7.484	3.934	1.215	340
Fasnia	2.783	1	2.784	1.463	452	127
Granadilla	45.332	1.209	46.541	24.462	7.559	2.116
Güímar	19.000	38	19.038	10.006	3.092	866
San Miguel de Abona	17.870	2.249	20.119	10.575	3.268	915
Vilaflor	1.630	60	1.690	888	274	77
Total Zona V	99.496	3.628	103.124	54.202	16.748	4.690

Finalmente, en la Tabla A1.6 se muestran los resultados totales para la isla de Tenerife, sumando los datos de cada zona.

Tabla A1.6. Población, residuos sólidos urbanos, orgánicos generados y orgánicos a tratar en el año 2017 para la isla de Tenerife y para la zona II.

	Población de derecho	Población turística	Población de hecho	RSU (t/año)	RSOrg. generados (t/año)	RSOrg. a tratar (t/año)
Total isla Tenerife	891.111	94.449	985.560	560.513	173.198	48.496
Total zona II	171.451	19.812	191.263	101.924	31.495	8.818

ANEXO 2. BALANCE DE MATERIA.

Se calculará, mediante un balance de materia, la cantidad de materia que pasa por cada línea del proceso, y para ello se dividirá el proceso de compostaje en cinco partes ya expuestas en la descripción del proceso:

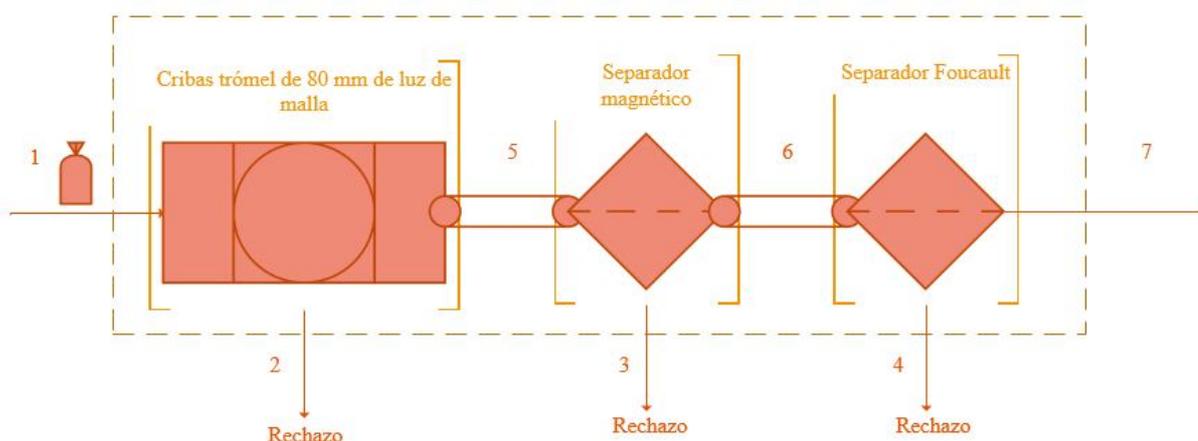
- ❖ Zona de pretratamiento.
- ❖ Tambor rotatorio.
- ❖ Eras de volteo.
- ❖ Zona de afino.
- ❖ Zona de maduración.

En cuanto a los lixiviados generados en la playa de descarga, no se tendrá en cuenta esta pérdida de masa en el balance de materia con el fin de sobredimensionar los equipos, pero si se tomará en cuenta en cuanto a la instalación para su recogida y evitar la percolación de este líquido a través del suelo y su contaminación.

A.2.1. ZONA DE PRETRATAMIENTO.

Esta zona está compuesta principalmente por un trómel de cribado de 80mm de luz de malla, un separador magnético cilíndrico y otro separador que genera corrientes de Foucault. Durante esta parte del proceso, la materia que no atraviese los equipos anteriormente citados será eliminada.

Ilustración A2.1. Balance en la zona de pretratamiento.



Para plantear el balance de materia hay que tener en cuenta algunos datos y suposiciones que se plantearán debido a la gran diversidad de composición y características de residuos de entrada a la planta. En primer lugar, se ha visto en la Tabla D6.1 que el 15,9% de la materia orgánica tiene un tamaño mayor a 80mm, y por lo tanto, quedará retenida en el trómel de cribado como parte del rechazo.

- Los residuos que entren a la planta de compostaje y lleguen al trómel de cribado, lo harán en bolsas de basura, que se romperán a la entrada de éste mediante unas cuchillas liberando toda la materia prima. Se considera que las bolsas de plástico tienen un tamaño mayor que el tamaño de luz de malla del trómel que es de 80mm.
- Los restos vegetales que lleguen a la planta de la recogida selectiva tienen características muy diversas, constituidos por hojas, hierba y ramas. Se considerará que 1/3 parte de este material quedará retenido en el trómel formando parte del rechazo por su tamaño.
- El resto de residuos que forman la materia prima, es decir, como bien se indica en la Tabla D12.1 y D12.5, impropios, que entran a la planta, se supondrá que sólo la mitad de ellos (50%) pasará la zona del trómel debido al tamaño.
- Los metales férricos y no férricos contenidos en la materia prima y que pasen el trómel de cribado (50%), quedarán retenidos en el separador magnético y en el separador por corrientes de Foucault.

Una vez planteados estas ideas, se comienza a realizar el balance de materia observando la Ilustración A2.1, donde se representan las corrientes de entrada y salida globales de la zona de pretratamiento (zona que abarca la línea discontinua) y las de cada equipo.

Balance global:

$$\cancel{\text{ENTRADA}} + \cancel{\text{GENERACIÓN}} = \cancel{\text{SALIDA}} + \cancel{\text{ACUMULACIÓN}} \quad [A2.1]$$

Como no existe ni generación ni acumulación de materia, el balance se simplifica de la siguiente manera:

$$\text{ENTRADA} = \text{SALIDA} \quad [A2.2]$$

Esta ecuación expresada en masa de materia (línea discontinua de la ilustración anterior) puede verse de la siguiente manera, siendo \dot{m} la cantidad de materia que entra o sale de cada zona del sistema (ver Ilustración A2.1):

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 + \dot{m}_4 + \dot{m}_7 \quad [A2.3]$$

A continuación se calcularán las corrientes de salida de los rechazos (\dot{m}_2 , \dot{m}_3 y \dot{m}_4) para poder determinar la de salida total del sistema de pretratamiento, \dot{m}_7 , con la última ecuación expuesta y teniendo el dato de la cantidad de materia prima que entra al sistema \dot{m}_1 , y seguir así con la continuación del sistema de compostaje.

En la Tabla D8.2, se muestra la cantidad de residuos sólidos urbanos orgánicos totales a tratar en la planta que se aproximan a una cantidad de 8.818 t/año.

El cálculo de las corrientes de rechazo de los equipos de la zona de pretratamiento se resuelve a continuación, haciendo uso de la Tabla D11.5:

$$\dot{m}_2 = A+B+C+D = 1.125,88 + 352,72 + 88,33 + 559,64 = 2.126,71 \frac{\text{t}}{\text{año}} = 5,83 \frac{\text{t}}{\text{día}} \quad [A2.4]$$

A= cantidad de residuos de alimentos mayores de 80 mm (15,9%) retenidos en el trómel.

$$A = 7.081 \frac{\text{t}}{\text{año}} \times 0,159 = 1.125,88 \frac{\text{t}}{\text{año}}$$

B= cantidad de bolsas retenidas en el trómel.

$$B = 352,72 \frac{\text{t}}{\text{año}}$$

C= cantidad de residuos vegetales retenidos en la criba.

$$C = 265 \frac{t}{año} \times \frac{1}{3} = 88,33 \frac{t}{año}$$

D= cantidad de restos de residuos impropios, exceptuando las bolsas, eliminados en el equipo.

$$D = (8.818 - 7.081 - 265 - 352,72) \times 0,5 = 559,64 \frac{t}{año}$$

En la corriente de salida, la mitad de la cantidad total de metales férricos, que separa el separador magnético es:

$$\dot{m}_3 = 71 \frac{t}{año} \times 0,5 = 35,5 \frac{t}{año} = 0,097 \frac{t}{día} \quad [A2.5]$$

En la corriente de salida, la mitad de la cantidad total de metales no férricos, que separa el separador con corrientes de Foucault es:

$$\dot{m}_4 = 53 \frac{t}{año} \times 0,5 = 26,5 \frac{t}{año} = 0,073 \frac{t}{día} \quad [A2.6]$$

Ahora ya se puede calcular la corriente de salida global necesaria para la siguiente etapa (tambor rotatorio) haciendo uso de la ecuación A2.3 y teniendo el valor de $\dot{m}_1 = 8.818 \frac{t}{año}$:

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_1 - \dot{m}_2 - \dot{m}_3 - \dot{m}_4 = 6.629,29 \frac{t}{año} = 18,17 \frac{t}{día} \quad [A2.7]$$

Las corrientes de salida interiores, de cada equipo, \dot{m}_6 y \dot{m}_5 , se calculan:

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_1 - \dot{m}_2 = 6.691,29 \frac{t}{año} = 18,33 \frac{t}{día} \quad [A2.8]$$

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_5 - \dot{m}_3 = 6.655,79 \frac{t}{año} = 18,23 \frac{t}{día} \quad [A2.9]$$

A continuación se detalla en la Tabla A2.1 los resultados de los cálculos de las distintas corrientes en el balance del pretratamiento.

Tabla A2.1. Caudales máxicos de las distintas corrientes del balance del pretratamiento.

Corrientes	t/día
\dot{m}_1	24,16
\dot{m}_2	5,83
\dot{m}_3	0,097
\dot{m}_4	0,073
\dot{m}_5	18,33
\dot{m}_6	18,23
\dot{m}_7	18,17

A.2.2. TAMBOR ROTATORIO.

El proceso de fermentación comienza en el tambor rotatorio, un dispositivo horizontal y cerrado que acelera el proceso de compostaje pudiendo controlar todas las variables que afectan al proceso, tales como la temperatura, humedad, oxígeno, pH y relación C/N. El material entra por un extremo del reactor el cual va girando sobre su eje y va mezclando el material hasta salir por su otro extremo, la aireación se hace a contracorriente mediante ventilador.

Para obtener una buena calidad de producto es necesario tener unas condiciones óptimas en el interior del tambor para que el proceso de compostaje se desarrolle lo más satisfactoriamente posible. Como ya se explicó en el Apartado 10 de la Memoria Descriptiva la definición cada una de las variables anteriormente nombradas, se resume en la siguiente Tabla A2.2 los intervalos óptimos recomendados para la mezcla a compostar.

Tabla A2.2. Valores óptimos de las variables para la primera etapa de fermentación

Variable	Intervalo óptimo
Temperatura	35-55 °C
Humedad	50-70%
Oxígeno	0,5 m ³ /min.tn RSU a tratar
pH	6,5-7,5
Relación C/N	25-35

Ahora, para realizar el balance de materia, además de conocer las condiciones óptimas de cómo se debe desarrollar la primera etapa de fermentación, también hay que conocer las condiciones de entrada de los residuos al tambor, que se centrará en los valores de humedad y en la relación de C/N.

❖ Cálculo de la humedad a la entrada del tambor rotatorio.

Para calcular la cantidad de humedad que tiene la mezcla a la entrada al tambor, que es la misma de la salida del pretratamiento, m_7 , se hace uso de la cantidad de materia de ésta calculada anteriormente, también se necesita la distribución de esta corriente por tipo de residuo y la humedad de cada uno de ellos.

La cantidad de residuos por fracción se calculará mediante el balance de materia en la zona de pretratamiento, siendo la diferencia entre lo que entra y el rechazo.

La fracción de restos de alimentos de la corriente 7 será la diferencia de los restos de alimentos que entran entre los que se rechazan (15,9%):

$$\dot{m}_{7,R.A.} = \dot{m}_{1,R.A.} - \dot{m}_{2,R.A.} = 19,40 - (19,40 \times 0,159) = 16,31 \frac{t}{día} \quad [A2.10]$$

La fracción de restos vegetales de la corriente 7 será:

$$\dot{m}_{7,R.V.} = \dot{m}_{1,R.V.} - \dot{m}_{2,R.V.} = 0,73 - \frac{0,73}{3} = 0,49 \frac{t}{día} \quad [A2.11]$$

En la siguiente Tabla A2.3 se detallan los resultados del resto de fracciones, calculadas en ton/día y determinando el 50% de la fracción que pasa el pretratamiento, y la humedad de cada una de ellas. Se hace referencia a los datos aportados en la Tabla D12.5 de la Memoria Descriptiva.

Tabla A2.3. Caudal másico y humedades de cada una de las fracciones de los residuos orgánicos de la corriente de entrada al tambor. (Tchobanoglous, 1994)

Tipo de residuo	Cantidad en \dot{m}_7 (t/día)	Humedad (%)
Alimentos	16,31	70,0
Vegetales	0,49	60,0
Vidrio	0,10	2,0
Papel y cartón	0,29	5,5
Plástico	0,56	2,0
Textil	0,36	10,0
Otros	0,06	7,0
Total	18,17	-

A continuación se calcula la cantidad de agua que tiene cada fracción para luego determinar la cantidad de agua del conjunto, de la corriente global \dot{m}_7 que entra al tambor, dividiendo la cantidad de agua que contiene ésta entre la masa total.

Para los restos de alimentos, se calcula primero la cantidad de agua que tienen (70%) y luego en seco (30%):

$$\text{Agua en Restos de Alimentos} = 16,31 \times 0,70 = 11,42 \frac{t}{día} \quad [A2.12]$$

$$\text{Restos de Alimentos Seco (Sin agua)} = 16,31 - 11,42 = 4,89 \frac{t}{día} \quad [A2.13]$$

Estos cálculos se hacen con el resto de tipos de residuos quedando los datos que se muestran en la Tabla A2.4.

Tabla A2.4. Caudales máxicos de cada fracción, humedades y cantidad de agua y materia seca.

Tipo de residuo	Cantidad en \dot{m}_7 (t/día)	Humedad (%)	Cantidad de agua (t/día)	Cantidad seca (t/día)
Alimentos	16,310	70,0	11,417	4,893
Vegetales	0,490	60,0	0,294	0,196
Vidrio	0,097	2,0	0,002	0,095
Papel y cartón	0,290	5,5	0,016	0,274
Plástico	0,556	2,0	0,011	0,545
Textil	0,363	10,0	0,036	0,327
Otros	0,060	7,0	0,004	0,056
Total	18,167	-	11,781	6,387

Teniendo la cantidad total y la de agua de la mezcla que entra al tambor, se puede hallar la humedad como sigue:

$$\text{Humedad } \dot{m}_7 = \frac{11,781}{18,167} \times 100 = 64,85\% \quad [A2.14]$$

Se puede observar tras este resultado, que se encuentra dentro de los niveles óptimos a los que se debe llevar a cabo la fermentación.

❖ Determinación de la relación de C/N de la materia a la entrada del equipo.

Este factor es uno de los más importantes en el proceso de fermentación pues el carbono y el nitrógeno forman parte del alimento de cualquier microorganismo y por ello debe estar entre los niveles óptimos.

Para calcular la relación C/N de la mezcla de entrada al tambor, sólo se tendrá en cuenta la composición de carbono y nitrógeno de los restos de alimentos y los restos vegetales porque están en mayor proporción en la mezcla total y además, constituyen la materia orgánica capaz de fermentar más rápidamente que el resto de materia biodegradable.

A continuación, en la Tabla A2.5 se muestran los datos de las composiciones de carbono y nitrógeno de los restos de alimentos y vegetales obtenidos en la bibliografía.

Tabla A2.5. Composición de carbono y nitrógeno en los restos de alimentos y restos vegetales. (Tchobanoglous, 1994)

Tipo de residuo	C (% en peso)	N (% en peso)
Restos de alimentos	49,00	1,70
Restos vegetales	46,00	1,60

En el cálculo de la relación C/N de la corriente \dot{m}_7 , se usará la Tabla A2.4 en la que se indica la cantidad de materia seca de los restos de alimentos y los restos de vegetales y la Tabla A2.5 con la proporción de carbono y nitrógeno para cada corriente de residuos. El cálculo será:

$$(C/N)_7 = \frac{C(\text{alimento seco}) + C(\text{vegetal seco})}{N(\text{alimento seco}) + N(\text{vegetal seco})} = \frac{(4,84 \times 0,49) + (0,20 \times 0,46)}{(4,84 \times 0,017) + (0,20 \times 0,016)} = 28,82 \quad [A2.15]$$

Se puede ver que la relación C/N calculada está dentro del rango óptimo (25-35), pero aun así, se añadirá una cantidad de base carbonosa (serrín que posee una relación C/N entre 200-500) para que este valor ascienda a 30, un valor medio, y conseguir una mejor fermentación. Esta adición también facilitará la aireación de la masa, absorbiendo parte de la humedad y neutraliza la acidez al tiempo que suministra carbono a la mezcla y ayuda a la fijación del nitrógeno, por lo que será un material acondicionador.

En la siguiente Tabla A2.6 se muestra la proporción de carbono y nitrógeno del serrín y su humedad, dado por la bibliografía.

Tabla A2.6. Características del serrín. (Tchobanoglous, 1994)

Propiedades del serrín	
C/N	500,00
C (%)	50,00
N (%)	0,10
Humedad (%)	39,00

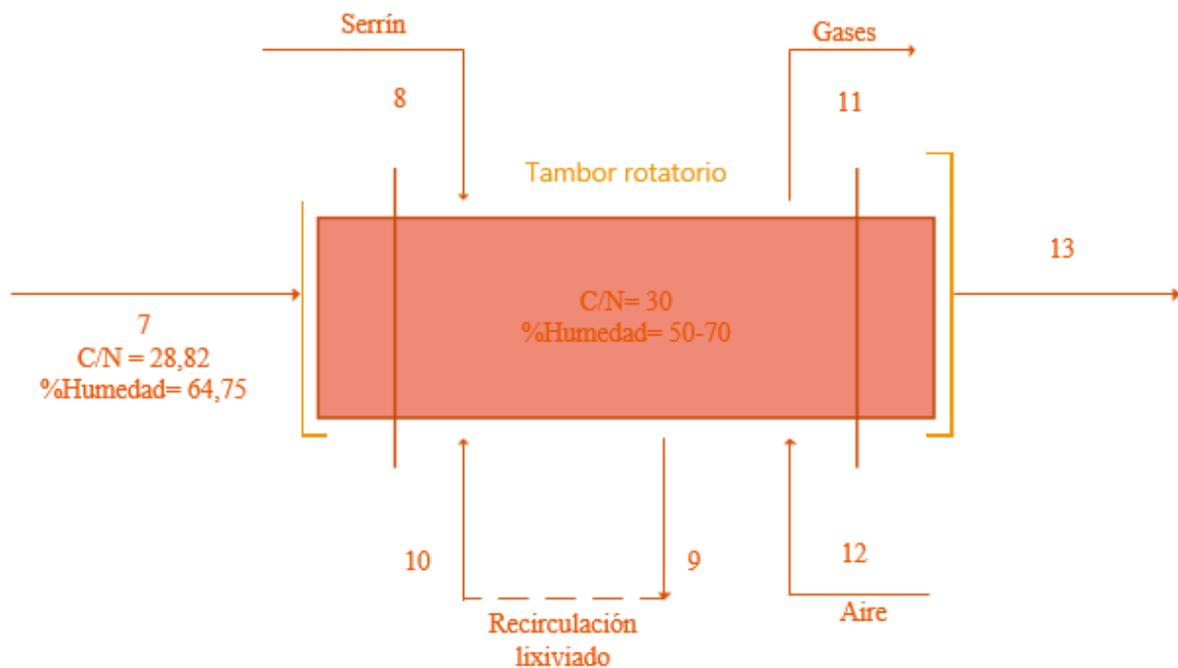
Ahora, una vez determinadas las características de la mezcla a la entrada del tambor (corriente \dot{m}_7) y las propiedades en el interior, se exponen las ideas y suposiciones de manera esquemática antes de realizar el balance de materia.

- Según la bibliografía, se ha comprobado experimentalmente que en el proceso de fermentación hay aproximadamente un 45% de pérdida de masa, si está dividido en dos etapas, se pierde un 30% en la primera y un 15% en la segunda.
- La cantidad de lixiviados generados se fija en 13,5 l/t de RSU a tratar según los datos experimentales llevados a cabo en el País Vasco.
- Los lixiviados se recirculan de nuevo al tambor rotatorio para que la humedad se mantenga.
- La cantidad de oxígeno que se necesita en actividad de máxima degradación aerobia es de 0,5 Nm³/min/t de residuo.

- Los días que debe permanecer la mezcla en el interior del tambor rotatorio establecidos por el distribuidor son de 3 días. Hay que tenerlo en cuenta para una aireación adecuada y para el diseño del equipo.

A continuación, una vez explicados todos los términos, se comienza con el balance de materia, determinando cada corriente. En primer lugar se muestra un esquema del tambor rotatorio y las corrientes que intervienen en éste, Ilustración A2.2.

Ilustración A2.2. Esquema de distintas corrientes en tambor rotatorio.



❖ Corriente 8, entrada de serrín. Esta corriente dependerá de la relación C/N que se quiera en el interior del tambor, añadiendo el serrín que sea necesario para que el valor de éste aumente desde el calculado con anterioridad (28,82) hasta 30, que es el óptimo. Para determinar la cantidad de serrín necesario se requiere la cantidad seca de restos de alimentos y restos vegetales, sus composiciones de carbono y nitrógeno y las propiedades del serrín de la Tabla A2.5. y se despejaría nuestra incógnita.

$$\begin{aligned}
 (C/N)_{\text{óptimo}} = 30 &= \frac{(C \text{ restos alimento seco}) + (C \text{ restos vegetales seco}) + (C \text{ serrín})}{(N \text{ restos alimento seco}) + (N \text{ restos vegetales secos}) + (N \text{ serrín})} = \\
 &= \frac{(4,84 \times 0,49) + (0,20 \times 0,46) + (\dot{m}_8 \times 0,5)}{(4,84 \times 0,017) + (0,20 \times 0,016) + (\dot{m}_8 \times 0,001)} = \frac{(2,3731) + (0,0902) + (\dot{m}_8 \times 0,5)}{(0,0823) + (0,0031) + (\dot{m}_8 \times 0,001)} \quad [A2.16]
 \end{aligned}$$

Despejando se obtiene:

$$\dot{m}_8 = 0,21 \frac{\text{t}}{\text{día}} = 210 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Añadiendo esta cantidad de 210 kg/día de serrín para mantener la relación C/N dentro del tambor con un valor de 30, la humedad de la mezcla en el interior del tambor prácticamente no varía pues la cantidad de serrín que se introduce al reactor respecto a la cantidad de materia a compostar que entra es relativamente pequeña. Entrando la mezcla con una humedad del 64,85%, se calcula la humedad que habrá dentro del tambor al añadir el serrín:

$$H_{\text{tambor}} = \frac{\text{agua materia} + \text{agua serrin (39\%)}}{\text{masa total}} \times 100 = \frac{11,78 + (0,39 \times 0,21)}{18,17 + 0,21} \times 100 = 64,54\% \quad [\text{A2.17}]$$

Este valor de humedad obtenido dentro del tambor se encuentra dentro del rango óptimo (50-70%) para una buena fermentación de la materia.

❖ Corrientes 9 y 10. Recirculación de lixiviados. Anteriormente se determinó que la generación de lixiviados era de 13,5 l/t de residuo a tratar según las experiencias llevadas a cabo en la Comunidad Autónoma del País Vasco y éstos se recirculan para mantener la humedad en el interior del tambor, por lo que no se considera como corrientes de salida y entrada.

Se considera que los lixiviados tienen la misma densidad del agua, 1kg/l, por lo tanto, para una corriente $\dot{m}_7 = 18,17$ t/día, se generará un caudal másico de lixiviados de 0,24 t/día.

❖ Corriente 13. Corriente de salida del tambor. Como bien se explicó antes, en esta primera etapa de fermentación se pierde un 30% de la masa que entra al tambor. Por tanto, el caudal de esta corriente será el 70% de la corriente de entrada.

$$\begin{aligned} \dot{m}_{13} &= 0,7 \times (\dot{m}_7 + \dot{m}_8) = \\ &= 0,7 \times (18,17 + 0,21) = 12,87 \frac{\text{t}}{\text{día}} \end{aligned} \quad [\text{A2.18}]$$

❖ Corriente 12. Corriente de aire. Ya se comentó antes que las necesidades de oxígeno en actividad de máxima degradación son de 0,5Nm³/min/t de residuo. Se calculará entonces el caudal de aire para las condiciones de temperatura a 20°C y presión 1 atm.

$$Q_0 = \frac{0,5 \times (m_7 + m_8) \times t \times T_t \times 24 \times 60}{T_0} = \frac{0,5 \times (18,17 + 0,21) \text{ t/día} \times 3 \text{ días} \times 293 \text{ K} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h}}{273 \text{ K}} =$$

$$= 42.609,28 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \quad [\text{A2.19}]$$

$$\dot{m}_{\text{aire}} = \dot{m}_{12} = \frac{Q_O \times P_{M,\text{aire}}}{21\% \text{ O}_2 \times R \times T_t} = \frac{42.609,28 \times 28,84}{0,21 \times 0,082 \times 293} = 243.555,94 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 243,56 \frac{\text{tn}}{\text{día}} \quad [\text{A2.20}]$$

Donde:

Q_O = caudal volumétrico de oxígeno.

\dot{m}_{aire} = caudal másico del aire.

t = tiempo de residencia en el tambor.

T_t = temperatura en condiciones de trabajo, 293 K.

T_0 = temperatura en condiciones normales, 273 K.

P_M = peso molecular del aire.

❖ Corriente 11. Salida de los gases. Se calcula esta corriente con un balance de materia alrededor del tambor.

Entra = Sale

$$\dot{m}_7 + \dot{m}_{12} + \dot{m}_8 = \dot{m}_{13} + \dot{m}_{11}$$

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_7 + \dot{m}_{12} + \dot{m}_8 - \dot{m}_{13} = 18,17 + 243,56 + 0,21 - 12,87 = 249,07 \frac{\text{t}}{\text{día}} \quad [\text{A2.21}]$$

Finalmente se presentan los resultados de los cálculos de todas las corrientes en la fase del tambor rotatorio en la siguiente Tabla A2.7.

Tabla A2.7. Caudal másico de las distintas corrientes del balance en el tambor rotatorio.

Corrientes	t/día
\dot{m}_7	18,17
\dot{m}_8	0,21
\dot{m}_9	0,24
\dot{m}_{10}	0,24
\dot{m}_{11}	249,07
\dot{m}_{12}	243,56
\dot{m}_{13}	12,87

A.2.3. ERAS DE VOLTEO.

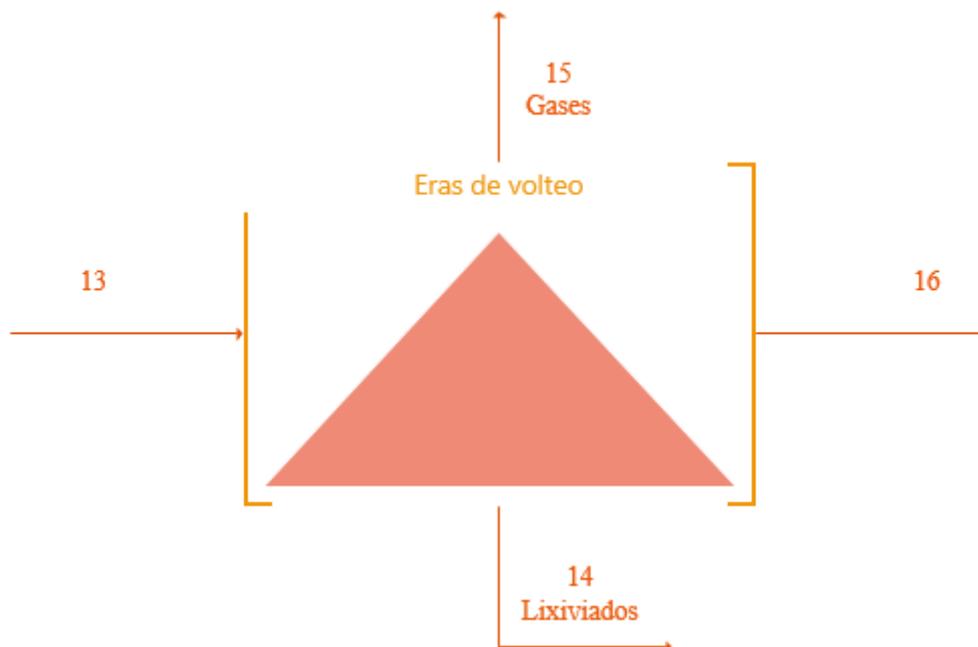
En esta parte se lleva a cabo la segunda etapa de la fermentación. La masa que sale del tambor m_{13} se colocará en pilas con unas dimensiones determinadas en el Anexo 3, durante un periodo de 7 días.

Antes de comenzar con el balance se aclaran y realizan ciertas suposiciones y datos.

- Como ya se explicó con anterioridad, en la etapa de fermentación se pierde un 45% de la masa, suponiendo un 30% en la primera fase en el tambor rotatorio y el otro 15% en la segunda fase de ésta, en las eras de volteo (Díaz Zala, 2005).
- Como también se expuso ya, la tasa de generación de lixiviados será de 13,5 l/t de residuo a tratar.
- Los lixiviados recogidos de las eras se almacenarán en un tanque para recircularlos en el tambor o en las mismas eras de volteo en caso de necesidad de agua. Estos son considerados prácticamente como agua, así que tendrán su misma densidad.
- La humedad de la mezcla en las eras es, como ya se ha calculado, de un 64,5% pues es la misma que la del interior del tambor rotatorio.

Ahora, una vez vistas estas consideraciones, se planteará el balance de materia en las eras, mostrando en la Ilustración A2.3 un esquema de éste.

Ilustración A2.3. Esquema del balance en las eras de volteo.



A continuación se determinan los caudales máxicos de cada una de las corrientes de este balance.

❖ Corriente 14. Lixiviados. Como se dijo antes, esta corriente de lixiviados será recogida y se supone que se generan 13,5 l/t de residuos a tratar, de la corriente \dot{m}_{15} la cual contiene serrín que estará siendo asimilado por los microorganismos presentes en la mezcla y que, se considera que toda la masa genera lixiviados.

$$\dot{m}_{14} = 13,5 \frac{\text{l}}{\text{t}} \times \dot{m}_{13} \frac{\text{t}}{\text{día}} \times \rho_{\text{agua}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}}\right) = 13,5 \times 12,87 \times 1 = 173,75 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 0,174 \frac{\text{t}}{\text{día}} \quad [\text{A2.22}]$$

❖ Corriente 16. Salida de las eras. Esta corriente es la mezcla de compost que irá al proceso de afino. Para este cálculo se tiene en cuenta el 15% de materia que se pierde en esta segunda etapa de fermentación, es decir, la materia que saldrá de las eras será el 85% de la materia que entra.

$$\dot{m}_{16} = \dot{m}_{13} \times 0,85 = 12,87 \times 0,85 = 10,94 \frac{\text{t}}{\text{día}} \quad [\text{A2.23}]$$

❖ Corriente 15. Salida de gases. Los gases que intervienen en esta corriente son básicamente CO_2 y H_2O producidos de la reacción aerobia que tiene lugar en la fermentación para dar compost. Con un simple balance global de entradas y salidas se puede calcular la cantidad de gases que se producen en la mezcla.

$$\text{Entra} = \text{Sale}$$

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14} + \dot{m}_{15} + \dot{m}_{16} \quad [\text{A2.24}]$$

$$\dot{m}_{15} = \dot{m}_{\text{gases}} = \dot{m}_{13} - \dot{m}_{14} - \dot{m}_{16} = 12,87 - 0,17 - 10,94 = 1,76 \frac{\text{t}}{\text{día}} \quad [\text{A2.25}]$$

En la Tabla A2.8 se muestra esquemáticamente los valores de las corrientes que intervienen en este balance de las eras de volteo.

Tabla A2.8. Caudales máxicos de las corrientes que intervienen en el proceso de las eras de volteo.

Corrientes	t/día
\dot{m}_{13}	12,87
\dot{m}_{14}	0,17
\dot{m}_{15}	1,76
\dot{m}_{16}	10,94

A.2.4. ZONA DE AFINO.

Los equipos que intervienen son un trómel de cribado de 15 mm de luz de malla y una mesa densimétrica. Este proceso se realiza básicamente para obtener una granulometría del

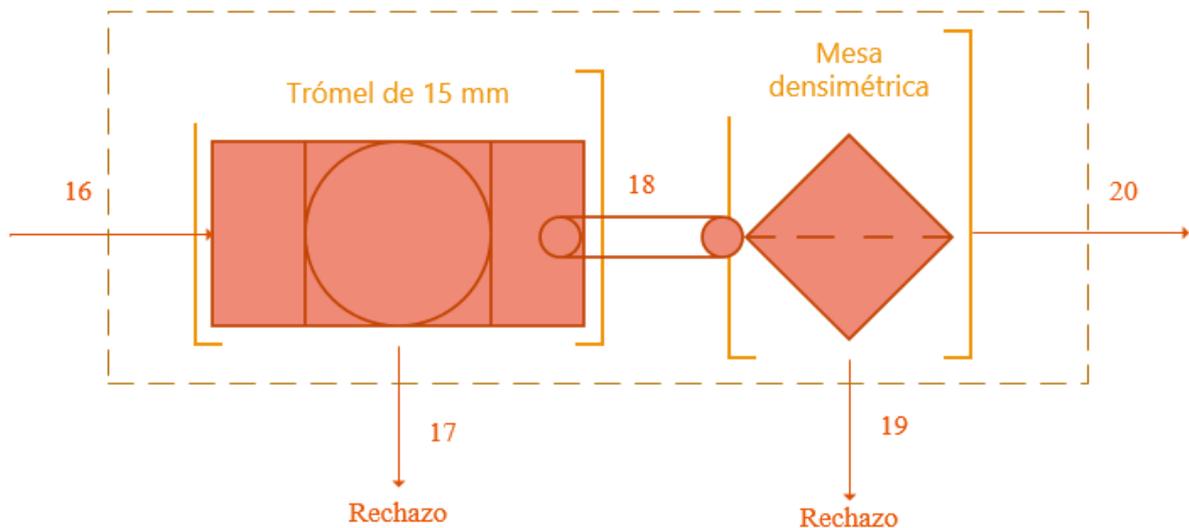
producto adecuada, en la que será eliminada toda aquella materia que no sea capaz de atravesar la malla del trómel, es decir, aquellas mayores a 15mm.

En primer lugar se realizará una serie de conclusiones y suposiciones para luego poder realizar el balance de este proceso.

- El textil, plástico y demás impropios se considerarán mayores de 15mm y quedarán retenidos en el trómel.
- El vidrio, papel y cartón y 1/3 de la fracción vegetal de entrada quedarán eliminadas en la mesa densimétrica.

En la Ilustración A2.4 se muestra de forma esquemática este proceso de afino para poder llevar a cabo el balance de materia.

Ilustración A2.4. Esquema gráfico del proceso de afino.



❖ Corriente 17. Rechazo de trómel. Para realizar el cálculo de esta corriente se necesitan los datos de la Tabla A2.4 donde se indican las cantidades de impropios de forma desglosada.

$$\dot{m}_{17} = \text{cantidad de textil eliminada} + \text{cantidad eliminada de plásticos} + \text{otros} \quad [A2.26]$$

$$\dot{m}_{17} = 0,36 + 0,56 + 0,06 = 0,98 \frac{t}{\text{día}}$$

❖ Corriente 19. Rechazo de la mesa densimétrica. En el cálculo de esta corriente, igual que en el caso de la corriente anterior, se hace uso de la misma tabla para poder determinar el caudal másico de ésta.

$$\dot{m}_{19} = \text{vidrio eliminado} + \text{papel y cartón eliminado} + \text{restos vegetales eliminados}$$

$$\dot{m}_{19} = 0,10 + 0,29 + \frac{0,49}{2} = 0,64 \frac{t}{día} \quad [A2.27]$$

❖ Corriente 18. Entre el trómel y la mesa densimétrica. Este cálculo se realiza haciendo un balance en el trómel de cribado, la corriente 18 será la diferencia de la corriente que entra y la que sale.

$$\dot{m}_{18} = \dot{m}_{16} - \dot{m}_{17} = 10,94 - 0,98 = 9,96 \frac{t}{día} \quad [A2.28]$$

❖ Corriente 20. Salida del proceso de afino. Esta corriente se puede determinar realizando un balance de materia global.

$$\text{Entra} = \text{Sale}$$

$$\dot{m}_{16} = \dot{m}_{19} + \dot{m}_{17} + \dot{m}_{20} \quad [A2.29]$$

Despejando queda:

$$\dot{m}_{20} = \dot{m}_{16} - \dot{m}_{19} - \dot{m}_{17} = 10,94 - 0,64 - 0,98 = 9,32 \frac{t}{día}$$

Por último, en la siguiente Tabla A2.9 se muestran los resultados de los caudales máxicos del balance de materia en este proceso de afino.

Tabla A2.9. Resultados de las distintas corrientes del balance en el proceso de afino.

Corrientes	t/día
\dot{m}_{16}	10,94
\dot{m}_{17}	0,98
\dot{m}_{18}	9,96
\dot{m}_{19}	0,64
\dot{m}_{20}	9,32

A.2.5. ZONA DE MADURACIÓN.

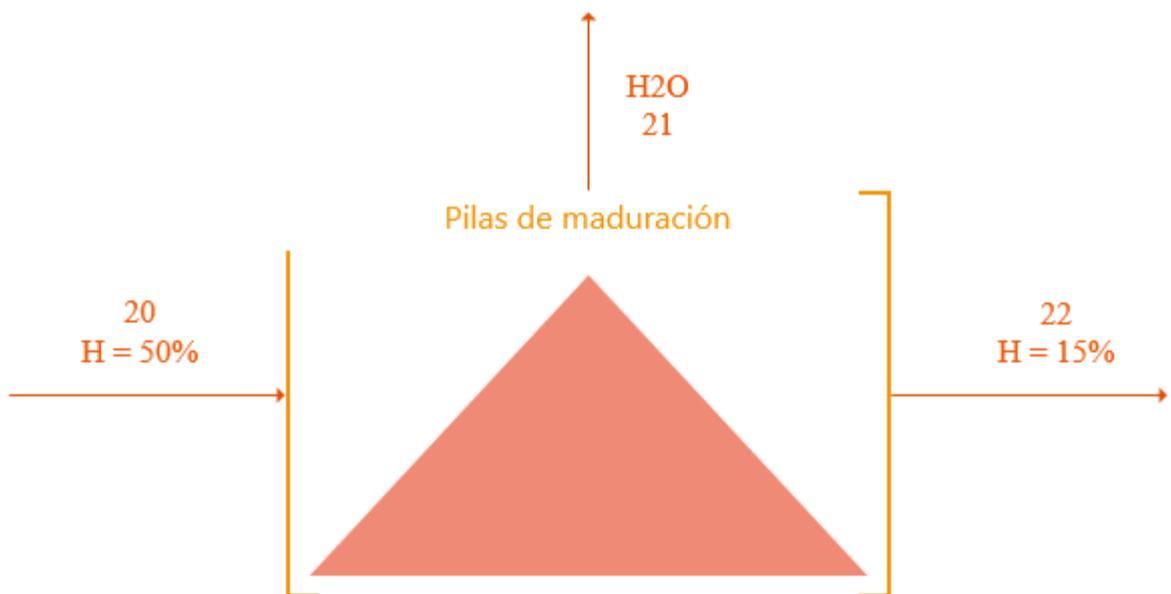
En esta parte del proceso se pretende que el producto obtenga unas propiedades y características y sea óptimo para el mercado. Su mecánica se describe en la Memoria Descriptiva y consiste en pilas al aire libre.

Según la bibliografía, después de estar la mezcla en las eras de volteo, ésta obtiene una humedad del 50% por lo que la mitad de su composición es agua y la otra mitad materia seca.

Para un producto final es necesaria una humedad del 15%, es decir hay que disminuirla un 35% en esta etapa de maduración, para ello, se deja secar al aire libre durante 30 días y finalmente se podrá obtener un producto de calidad y estabilizado.

Ahora, sabiendo estos datos, se puede calcular la cantidad de compost que se producirá al día. En la Ilustración A2.5 se muestra de manera esquemática la etapa de maduración para su posible balance.

Ilustración A2.5. Esquema del proceso de maduración en pilas.



En primer lugar se calcula el caudal másico de la corriente de entrada 20 en base seca (que tenía 50% de humedad), sin humedad:

$$\dot{m}_{20,seca} = 9,32 \times 0,5 = 4,66 \frac{t}{día} \quad [A2.30]$$

Para el caudal másico de la corriente de salida en base húmeda, la corriente 22, se tiene en cuenta que ésta sólo tendrá un 15% de humedad, es decir, un 85% de materia seca, por lo que se obtiene:

$$\dot{m}_{22} = 4,66 \frac{t \text{ seco}}{día} \times \frac{100 \text{ t total}}{85 \text{ t seco}} = 5,48 \frac{t}{día} \quad [A2.31]$$

La corriente de agua que se pierde, el 35%, que es la corriente 21, se calcula de la siguiente manera:

$$\dot{m}_{21} = \dot{m}_{agua} = \dot{m}_{agua,20} - \dot{m}_{agua,22} = 4,66 - 5,48 \times 0,15 = 3,84 \frac{t}{día} \quad [A2.32]$$

Finalmente se muestran los resultados del balance del proceso de maduración en la siguiente Tabla A2.10, teniendo la cantidad de compost diario que se obtendrá de la planta.

Tabla A2.10. Corrientes que intervienen en el proceso de maduración.

Corrientes	t/día
\dot{m}_{20}	9,32
\dot{m}_{21}	3,84
\dot{m}_{22}	5,48

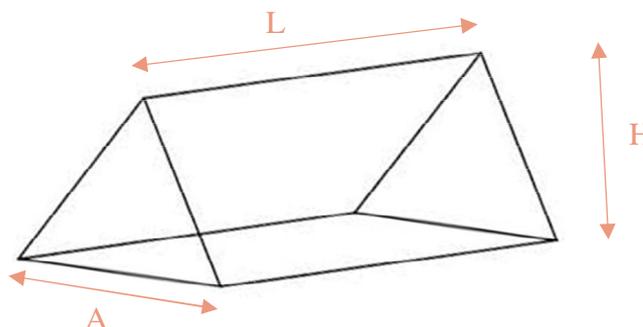
ANEXO 3. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LAS PILAS.

Para realizar este cálculo hay que tener en cuenta una serie de recomendaciones que se hacen en la bibliografía, donde se recomienda una altura no mayor a 1,5m ya que daría lugar a condiciones anaerobias en el interior de éstas. En cuanto al largo, se ajustarán a la superficie de terreno disponible para este fin. También hay otro factor a tener en cuenta y es la reducción de volumen que experimenta la materia orgánica a medida que se somete al proceso de fermentación, y que conlleva a una reducción de entre un 15-25%, por lo que la densidad aumentará hasta 363,75kg/m³. Para las pilas, como bien se comentó, se fijará una altura de 1,5m y un ancho de 3m.

La forma en la que se amontonarán las pilas es, aproximadamente, de prisma triangular, de manera que cada pila de compostaje corresponda a la materia orgánica que se tratará en la planta en un día. Hay dos zonas en la planta donde las pilas se colocarán, cada una con fines diferentes, la primera es donde las pilas terminan el proceso de fermentación para comenzar el afino y la segunda es donde completan la maduración para obtener un compost de calidad. El cálculo para estas dos zonas de la planta donde hay pilas es igual para los dos casos, con la diferencia de la cantidad de residuos orgánicos que se amontonan en dichas pilas.

En la Ilustración A3.1 se muestra la forma que obtendrían las pilas y su caracterización.

Ilustración A3.1. Caracterización de la pila de volteo.



Primer, sabiendo la altura (H) y el ancho (A) de la pila y su densidad (ρ) y cantidad de materia compostable (m) junto con la expresión que caracteriza el volumen de un prisma triangular, se puede determinar de manera aproximada la longitud.

$$V = \frac{H \times A \times L}{2} = \frac{m}{\rho} = \frac{1,5 \times 3 \times L}{2} \quad [A3.1]$$

$$L = \frac{m}{2,25 \times \rho} \quad [A3.2]$$

Después de haber realizado el balance de materia en el Anexo 2, se obtuvo, que la cantidad de materia diaria a colocar en una pila, en la segunda etapa del proceso de fermentación, será de 15.500kg y en el caso de la etapa de maduración es de 11.235kg. En la siguiente Tabla A3.1 se muestran los datos y valores para cada zona de pilas de la planta.

Tabla A3.1. Datos y valores de las pilas de la zona de fermentación y maduración

ZONA	Masa a compostar (kg/día)	Densidad (kg/m ³)	H x A (m ²)	L (m)
Fermentación	12.870	363,75	1,5 x 3	15,72
Maduración	9.320	363,75	1,5 x 3	11,39

Entonces, se optará por formar pilas de dimensiones (HxAxL) de 1,5x3x16 para la etapa de fermentación y de 1,5x3x12 para la etapa de maduración. Siempre teniendo en cuenta en dejar un espacio alrededor de las pilas de 4m por cada lado para que el trabajo con la maquinaria pesada sea óptimo.

ANEXO 4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CONTENEDORES POR MUNICIPIO.

Para poder realizar estos cálculos hay que tener en cuenta:

- Los datos referidos a los residuos sólidos orgánicos para la planta para los distintos municipios de la zona II, dados en la Tabla A1.2.
- Datos de la densidad y porcentaje en peso de cada tipo de residuo que compone la materia prima mostrados en la Tabla D12.1.
- Datos de la frecuencia de recogida de dichos residuos. Los residuos se recogerán tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) aunque se calculará para una frecuencia de recogida de 3 días (desde el viernes hasta el lunes), ya que supondrá una mayor cantidad de residuos que para una frecuencia de dos días.
- Datos de la capacidad de los contenedores. Se trata de contenedores estándar de un volumen de 1,3m³.

Para determinar el volumen que ocupan los residuos sólidos a tratar por la planta hay que tener en cuenta que estarán formados por tres tipos de residuos con una densidad como ya se ha mostrado en la Tabla D12.1 de la memoria descriptiva de este proyecto.

En el Anexo 1 se determinó la cantidad de residuos orgánicos a tratar por la planta y la proporción en peso de cada tipo de residuos en la zona II, que se pueden observar en la Tabla A1.2. Teniendo estos datos, se puede conocer la cantidad de cada uno de los tipos de residuos que serán tratados. Dividiendo este valor y la densidad típica se tendrá el caudal volumétrico, que al multiplicarlo por la frecuencia de recogida, se obtiene el valor del volumen que ocuparán los residuos.

A continuación se mostrarán los resultados de los cálculos para los municipios de la zona II, pero primero se realizará con detalle para el municipio de El Sauzal y así aclarar los pasos a seguir.

En la Tabla A1.2 se muestra que la cantidad de residuos generados a tratar por este municipio es de 410tn/año, o lo que es lo mismo, 1.123,29kg/día. Ahora se calcula el caudal másico del tipo de residuo de restos de alimentos, que corresponde a un 80,3% en peso del total (Tabla D12.1).

$$\dot{m}_{RA} = 1.123,29 \frac{\text{kg totales}}{\text{día}} \times 0,803 \frac{\text{kg de RA}}{\text{kg totales}} = 902 \frac{\text{kg RA}}{\text{día}} \quad [A4.1]$$

El caudal volumétrico de los restos de alimentos será el cociente entre el caudal másico y la densidad (Tabla D12.1):

$$Q_{RA} = 902 \frac{\text{kg RA}}{\text{día}} \times \frac{1}{291 \frac{\text{m}^3}{\text{kg RA}}} = 3,10 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \quad [\text{A4.2}]$$

En la siguiente Tabla A4.1 se detallan los resultados para cada tipo de residuo del municipio de El Sauzal.

Tabla A4.1. Resultados de caudal másico y volumétrico de cada tipo de residuo para el municipio de Buenavista.

Tipo de residuo	% en peso	Densidad (kg/m ³)	m (kg/día)	Q (m ³ /día)
Restos de alimentos (RA)	80,3%	291	902	3,10
Restos vegetales (RV)	3,0%	101	33,67	0,33
Impropios (I)	16,7%	160	187,45	1,17
Total	100%	-	1122,47	4,60

Una vez obtenido el caudal volumétrico diario para el municipio de El Sauzal, sumando los caudales volumétricos de cada tipo de residuo se tiene el total, y establecida la frecuencia de recogida cada 3 días, se calcula el volumen total que recogerán los camiones una vez transcurrido este tiempo.

$$V_T = 4,60 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 3 \text{ días} = 13,80 \text{m}^3 \quad [\text{A4.3}]$$

Finalmente, como se fijó el volumen de los contenedores en 1,3m³, se calcula el número de contenedores por municipio.

$$N^{\circ} \text{ contenedores} = \frac{13,80 \text{ m}^3}{1,3 \text{ m}^3} = 10,61 \approx 11 \quad [\text{A4.4}]$$

El n° de contenedores que se calcula por municipio se redondeará al alza un número entero para poder obtener un número exacto de contenedores.

En la Tabla A4.2 se observan los resultados obtenidos de los cálculos realizados anteriormente para cada municipio de la zona II.

Tabla A4.2. Resultados obtenidos del volumen y nº de contenedores de la zona II.

Municipio		RSOrg. a tratar (t/año)	Volumen a tratar (m ³)	Nº contenedores
ZONA II	El Sauzal	410	13,80	11
	La Matanza	405	13,65	11
	La Orotava	1.908	64,29	50
	La Victoria	414	13,95	11
	Los Realejos	1.729	58,26	45
	Pto. de la Cruz	2.167	73,05	57
	Sta. Úrsula	679	22,89	18
	Tacoronte	1.106	37,29	29
Total		8.818	297	232

ANEXO 5. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LOS CONTENEDORES EN EL INTERIOR DE LA PLANTA.

En este apartado se calculará la capacidad de los contenedores de la planta de compostaje que se utilizarán en la recogida de impropios. Hay que tener en cuenta los materiales rechazados, la cantidad (Tabla D12.3 y Tabla D12.5) y sus densidades. Tras haber realizado el balance de materia en el Anexo 2, se tiene el caudal másico de impropios que son eliminados de la corriente principal a compostar al día, y teniendo la densidad típica de cada material (Tchobanoglous, 1994), se puede obtener el caudal eliminado realizando una división de los dos datos anteriores.

En las siguientes tablas se muestran los valores calculados para cada equipo en el que se eliminan los impropios.

- ❖ Trómel de 80mm de luz de malla en la zona de pretratamiento.

El cálculo de los valores de cada tipo de impropios se hace, teniendo las t/año de la corriente de entrada a la planta (Tabla D12.5) se pasan las unidades a kg/día y se multiplica por el 50% que es la cantidad de impropios que quedan retenidos en el trómel

Los restos de alimentos y vegetales se multiplicarán por 15,9% para el primer caso y se dividirán por 3 en el segundo caso. La explicación de esto ya se realizó en las suposiciones del balance de materia.

Los resultados serían los de la Tabla A5.1.

Tabla A5.1. Caudal volumétrico eliminado en el trómel del pretratamiento.

Tipo de residuo	Densidad (kg/m ³)	Cantidad eliminada (kg/día)	Caudal eliminado (m ³ /día)
Vidrio	196,00	96,63	0,50
Papel y cartón	69,50	289,90	4,17
Plástico	65,00	555,66	8,55
Bolsas de plástico	65,00	964,38	14,84
Metales Férricos	320,00	96,63	0,30
Metales No F.	160,00	72,48	0,45
Textil	65,00	362,38	5,58
Otros	181,00	60,40	0,33
Restos de alimentos	291,00	3.084,60	10,60
Restos vegetales	101,00	242,01	2,40
Total eliminado	-	5.826,06	47,71

❖ Separador magnético en la zona de pretratamiento.

En el separador magnético sólo se eliminan el 50% de los metales férreos.

Tabla A5.2. Caudal volumétrico eliminado en separador magnético del pretratamiento.

Tipo de residuo	Densidad (kg/m ³)	Cantidad eliminada (kg/día)	Caudal eliminado (m ³ /día)
Vidrio	196,00	0,00	0,00
Papel y cartón	69,50	0,00	0,00
Plástico	65,00	0,00	0,00
Bolsas de plástico	65,00	0,00	0,00
Metales Férricos	320,00	96,63	0,30
Metales No F.	160,00	0,00	0,00
Textil	65,00	0,00	0,00
Otros	181,00	0,00	0,00
Restos de alimentos	291,00	0,00	0,00
Restos vegetales	101,00	0,00	0,00
Total eliminado	-	96,63	0,30

- ❖ Separador por corrientes de Foucault de la zona de pretratamiento.

En el separador por corrientes de Foucault sólo se eliminan el 50% de los metales férricos.

Tabla A5.3. Caudal volumétrico eliminado en separador por corrientes de Foucault del pretratamiento.

Tipo de residuo	Densidad (kg/m ³)	Cantidad eliminada (kg/día)	Caudal eliminado (m ³ /día)
Vidrio	196,00	0,00	0,00
Papel y cartón	69,50	0,00	0,00
Plástico	65,00	0,00	0,00
Bolsas de plástico	65,00	0,00	0,00
Metales Férricos	320,00	0,00	0,00
Metales No F.	160,00	72,48	0,45
Textil	65,00	0,00	0,00
Otros	181,00	0,00	0,00
Restos de alimentos	291,00	0,00	0,00
Restos vegetales	101,00	0,00	0,00
Total eliminado	-	72,48	0,45

- ❖ Trómel de 15mm de luz de malla en la zona de afino.

En esta parte sólo se eliminan restos de plásticos, textiles y otros.

Tabla A5.4. Caudal volumétrico eliminado en trómel de la zona de afino.

Tipo de residuo	Densidad (kg/m ³)	Cantidad eliminada (kg/día)	Caudal eliminado (m ³ /día)
Vidrio	196,00	0,00	0,00
Papel y cartón	69,50	0,00	0,00
Plástico	65,00	555,66	8,55
Bolsas de plástico	65,00	0,00	0,00
Metales Férricos	320,00	0,00	0,00
Metales No F.	160,00	0,00	0,00
Textil	65,00	362,38	5,58
Otros	181,00	60,40	0,33
Restos de alimentos	291,00	0,00	0,00
Restos vegetales	101,00	0,00	0,00
Total eliminado	-	978,44	14,46

❖ Mesa densimétrica en la zona de afino.

En esta parte sólo le eliminan restos de vidrio, papel y cartón y restos vegetales.

Tabla A5.5. Caudal volumétrico eliminado en la mesa densimétrica de la zona de afino.

Tipo de residuo	Densidad (kg/m ³)	Cantidad eliminada (kg/día)	Caudal eliminado (m ³ /día)
Vidrio	196,00	97,63	0,50
Papel y cartón	69,50	289,90	4,17
Plástico	65,00	0,00	0,00
Bolsas de plástico	65,00	0,00	0,00
Metales Férricos	320,00	0,00	0,00
Metales No F.	160,00	0,00	0,00
Textil	65,00	0,00	0,00
Otros	181,00	0,00	0,00
Restos de alimentos	291,00	0,00	0,00
Restos vegetales	101,00	245,00	2,43
Total eliminado	-	632,53	7,10

ANEXO 6. DISEÑO DEL TAMBOR ROTATORIO.

En este apartado se diseñará el equipo de la primera etapa de fermentación, el tambor rotatorio que es, simplemente, un reactor donde se lleva a cabo un proceso. Se supondrá que actúa como un reactor continuo mezcla perfecta (RCMP), lo que hace que el flujo de alimentación y salida sean uniformes, y por lo tanto, en todos los puntos en el interior del reactor, la composición y propiedades físicas del material son iguales.

Además, al ser un material que no sufre variación en el volumen, no sufre expansión ni compresión, entonces $\varepsilon = 0$, y la ecuación que queda es la que se muestra a continuación:

$$\tau = \frac{m}{\dot{m}} \quad [A6.1]$$

Siendo:

τ = tiempo espacial o tiempo de residencia real, que serán los 3 días que pasa la materia en el interior del reactor mezclándose.

m = masa total que hay dentro del reactor.

\dot{m} = flujo másico a la entrada, que tras realizar el balance de materia (Anexo 2) está determinado. Viendo la Tabla A2.7, el flujo másico total a la entrada es la suma de la entrada de residuos m_7 y la entrada de serrín m_8 , que es de $18,17+0,21 = 18,38\text{t/día}$

Teniendo el valor del tiempo de residencia y el flujo másico se puede determinar la cantidad total de material que hay en el tambor.

$$m = \tau \times \dot{m} = 3 \times 18,38 = 55,14 \text{ t} \quad [\text{A6.2}]$$

Sabiendo que la densidad del serrín es de 291kg/m^3 y que coincide con la de los restos de alimentos (Tchobanoglous, 1994), que está en mayor proporción con respecto al resto de residuos, se tomará como correcta esta densidad para calcular el volumen del reactor.

$$V_R = \frac{m}{\rho} = \frac{55,140}{291} = 189,48 \text{ m}^3 \quad [\text{A6.3}]$$

Podemos decir que, el volumen del tambor rotatorio debe tener como mínimo un volumen de $189,48\text{m}^3$, aun así, este equipo se sobredimensionará un 35%, es decir, se instalará un reactor con 256m^3 , con unas dimensiones de $27 \times 3\text{m}$ ($L \times \emptyset$).

ANEXO 7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE CONTROL DE AGUA PARA RECOGER Y ABASTECER EL SISTEMA.

En este anexo se realizan los cálculos para el dimensionamiento de las tuberías. En primer lugar se explicará de manera general los cálculos que se van a llevar a cabo y luego se mostrarán los resultados de cada línea del proceso.

- Diámetro de tubería.

Para la determinación del diámetro de la tubería hacen falta saber valores como el caudal volumétrico y la velocidad recomendada. El primero se obtiene al realizar el cociente entre el caudal másico y la densidad de la corriente y el segundo parámetro se saca de la bibliografía, siendo ésta para agua o lixiviados se tiene un valor de una velocidad recomendada de $0,3\text{m/s}$.

El diámetro de la tubería se determinaría entonces aplicando la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \quad [A7.1]$$

Después de tener el valor del diámetro de la tubería y sabiendo el material de ésta, que es PVC, se busca en las tablas características de tuberías de ese material y se escoge el diámetro nominal, el espesor y el diámetro externo.

- Pérdida de carga.

Para la determinación de la pérdida de carga que se produce en la tubería (h_f) se hace uso de la siguiente ecuación:

$$h_f = f \times \frac{L \times v^2}{D \times 2g} \quad [A7.2]$$

Donde:

- v : velocidad del fluido.
- D : diámetro interior de la tubería.
- L : longitud de la tubería. Incluyendo, además del tramo de la tubería, los accesorios suponiéndose así un 30% más de longitud sobre tubo recto.
- f : coeficiente de fricción. Se determinará según las siguientes ecuaciones A7.4 y A7.5 y se tendrá en cuenta el número de Reynolds.

$$Re = \frac{v \times D \times \rho}{\mu} \quad [A7.3]$$

Siendo:

v = Velocidad característica del fluido.

D = Diámetro de la tubería.

μ = Viscosidad del fluido, en este caso, agua, que en condiciones normales de T y P tiene un valor de 0,000893 kg/(m*s).

ρ = Densidad del fluido, en este caso también el agua, cuyo valor es de 1000kg/m³.

- Si $Re > 2.100$. Régimen turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4 \log \left[\frac{0,27 \varepsilon}{D} + \left(\frac{7}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad [A7.4]$$

Donde:

ε = Rugosidad absoluta de la tubería, con unidades de longitud, siendo su valor para tuberías de PVC de 0,0015mm.

- Si $Re \leq 2.100$. Régimen laminar:

$$f = \frac{16}{Re} \quad [A7.5]$$

Una vez obtenido el coeficiente de fricción ya se puede calcular la pérdida de carga para la tubería, y además, se puede obtener la potencia de la bomba que se debe instalar si se aplica la ecuación de Bernoulli que se muestra a continuación:

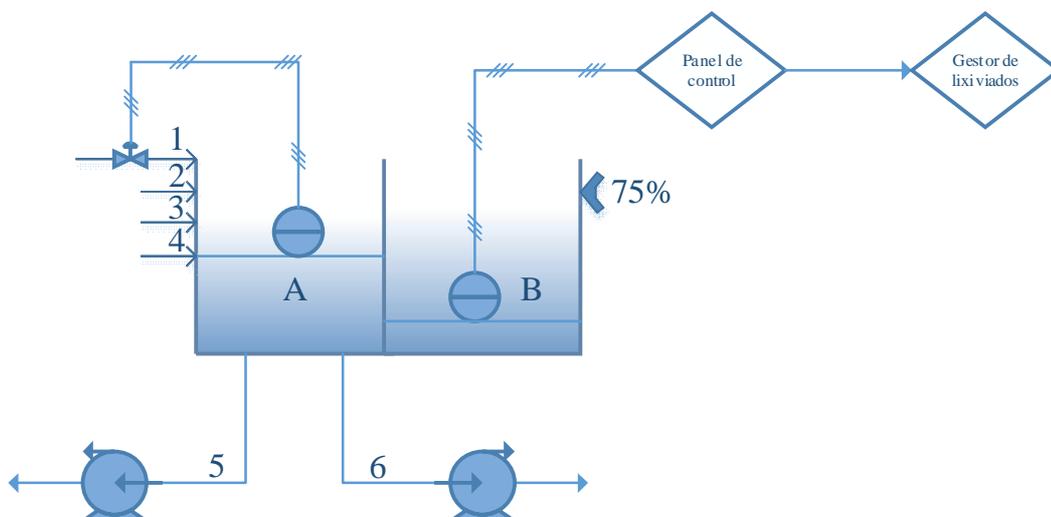
$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + W = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + hf \quad [A7.6]$$

Normalmente los términos de energía cinética se anulan, así como la presión en ambos puntos porque tienen el mismo valor, quedando la ecuación anterior simplificada de la siguiente forma:

$$z_1 + W = z_2 + hf \quad [A7.7]$$

El rendimiento mecánico de todas las bombas se supone del 70%.

Ilustración A7.1. Esquema del sistema de control de agua del proceso. Tanque y diferentes líneas.



- Línea 1: red de abastecimiento de agua potable.
- Línea 2: lixiviados de la playa de descarga.
- Línea 3: lixiviados del tambor rotatorio.
- Línea 4: lixiviados de las eras de volteo.
- Línea 5: recirculación de lixiviados al tambor rotatorio.
- Línea 6: agua de proceso para humedecer.

Varios tramos de tuberías entrarán al tanque principal A, que como bien se comentó en otros apartados se encuentra a 1,5m por debajo de la superficie, tal y como se muestra en la Ilustración A7.1, donde se vierten los lixiviados recogidos del proceso, de la zona de la playa de descarga (línea 2), del tambor rotatorio (línea 4) y de las eras de volteo (línea 3), también hay que tener en cuenta que la red de abastecimiento de agua potable (línea 1) se verterá al mismo tanque, cuyo caudal estará regulado mediante un sistema de control que mantendrá el nivel mínimo de $0,5\text{m}^3$, siendo éste un nivel fijo. Además, del tanque A saldrán dos tramos de tubería, una hacia el tambor que proporciona la cantidad de lixiviados que se recircula (línea 5), y una conexión en superficie (línea 6) para los posibles requerimientos de agua de proceso en la mezcla de las eras de volteo para proporcionar humedad si fuese necesario.

Si en el tanque A se supera $0,75\text{m}^3$ de capacidad, el agua pasará mediante un rebosadero al tanque B. Cuando éste último esté al 75% de su capacidad (supere $0,56\text{m}^3$), se pondrán en contacto con un gestor de lixiviados para vaciar el tanque y que así pueda estar disponible para su uso.

En cuanto a la colocación de tuberías, para un ahorro de energía y económico, evitando la colocación de bombas, las corrientes 3,3 y 4 estarán con una inclinación de 3cm por cada metro recorrido. En cambio, las corrientes 5 y 6, necesitarán uso de bombas al estar el tanque soterrado y los puntos a los que se quiere abastecer se encuentran encima de la superficie.

Finalmente, en las siguientes tablas se muestran los resultados de los cálculos explicados anteriormente para cada tramo de tubería.

Tabla A7.1. Características tramo de tuberías 2 desde la playa de descarga al tanque soterrado.

Línea 2. Playa de descarga	
Q (l/min)	0,23
L (m)	59,02
A (cm²)	0,13
D (mm)	4,01
D_{nominal} (mm)	16,00
D_{interno} (mm)	13,60
Espesor (mm)	1,20
Re	1346,17
f	0,01
h_f (m)	0,24
z₂-z₁ (m)	-1,00
W (m)	-0,76
Bomba	No

Tabla A7.2. Características tramo de tuberías 3 desde el tambor rotatorio al tanque soterrado.

Línea 3. Tambor	
Q (l/min)	0,17
L (m)	23,05
A (cm²)	0,09
D (mm)	3,44
D_{nominal} (mm)	16,00
D_{interno}(mm)	13,60
Espesor (mm)	1,20
Re	1154,64
f	0,01
h_f(m)	0,43
z₂-z₁ (m)	-2,70
W (m)	-2,27
Bomba	No

Tabla A7.3. Características tramo de tuberías 4 desde las eras de volteo hasta el tanque soterrado.

Línea 4. Eras de volteo	
Q (l/min)	0,12
L (m)	24,05
A (cm²)	0,07
D (mm)	2,93
D_{nominal} (mm)	16,00
D_{interno} (mm)	13,60
Espesor (mm)	1,20
Re	982,84
f	0,02
h_f (m)	0,61
z₂-z₁ (m)	-1,10
W (m)	-0,49
Bomba	No

Tabla A7.4. Características tramo de tuberías 5 desde el tanque soterrado hasta el tambor rotatorio.

Línea 5. Al tambor	
Q (l/min)	0,17
L (m)	23,05
A (cm²)	0,09
D (mm)	3,44
D_{nominal} (mm)	16,00
D_{interno} (mm)	13,60
Espesor (mm)	1,20
Re	1154,64
f	0,01
h_f (m)	0,43
z₂-z₁ (m)	8,00
W (m ó J/kg)	8,43
Bomba	Sí
W(CV)	1,84E-05
W_{real} (CV)	2,65E-05
W_{instalada} (CV)	0,50

Tabla A7.5. Características tramo de tuberías 6 desde el tanque soterrado para humectar.

Línea 6. A las eras	
Q (l/min)	10,00
L (m)	75,02
A (cm²)	5,56
D (mm)	26,60
D_{nominal} (mm)	32,00
D_{interno} (mm)	27,20
Espesor (mm)	2,40
Re	8934,87
f	0,01
h_f (m)	0,10
z₂-z₁ (m)	3,50
W (m ó J/kg)	3,60
Bomba	Sí
W(CV)	7,89E-06
W_{real} (CV)	1,13E-05
W_{instalada} (CV)	0,50

En cuanto a los diámetros de las tuberías, están recalculados pues al ser el valor de la velocidad nominal, de flujo continuo 0,3m/s como se comentó anteriormente, y esto no ocurre en el caso de los lixiviados, que son un flujo discontinuo. Además, el resultado de los diámetros de las tuberías es muy pequeño y el distribuidor de tuberías de PVC ofrece como mínimo un diámetro nominal de 16mm, por lo que el valor para todos los tramos, excepto el último, es este. Lo mismo ocurre con las bombas instaladas.

Fdo. Tutor:

Fdo. Autor:



3. Presupuesto



CONTENIDO

CAPÍTULO 1. OBRA CIVIL.....	3
CAPÍTULO 2. EQUIPOS DE PROCESO.....	4
CAPÍTULO 3. EQUIPOS AUXILIARES.....	7
CAPÍTULO 4. MOBILIARIO.....	9
CAPÍTULO 5. TUBERÍAS Y ACCESORIOS.....	10
RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	11

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL.

CAPÍTULO 1. OBRA CIVIL.				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€Und.)	IMPORTE (€)
1.1	Movimientos de tierra, muros, encofrados, hormigonado de zanjas y zapatas. Edificios del proceso de compostaje (sala de pretratamiento, afino, garajes, taller, sala de ensacado y almacén, sala de serrín y tanque de lixiviados. Todo tal y como se ha especificado en la memoria descriptiva.	1	500.000,00	500.000,00
1.2	Estructuras metálicas, incluidos los pilares, prefabricadas, de acero inoxidable de 40x40cm, techos de fibrocemento plástico de 1cm de grosor, que se encuentran en la zona de la playa de descarga, de fermentación y maduración.	1	350.000,00	350.000,00
TOTAL CAPÍTULO 1. OBRA CIVIL.				850.000,00

CAPÍTULO 2: EQUIPOS DE PROCESO.

CAPÍTULO 2. EQUIPOS PRINCIPALES.				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	Criba giratoria tipo trómel de 100tn/día de capacidad. Malla de clasificación de 80mm. Empresa MASIAS. Modelo TR2,1/5/7. Inclinación 4°. Potencia: 11kW. Velocidad de rotación: 13-16rpm. Incluye anclajes e instalación.	1	32.003,00	32.003,00
2.2	Separador magnético cilíndrico. Empresa MAGSY. Modelo: MV 204x1000F. Dimensiones (ØxL): 0,204x1m. Imán de ferrita. Potencia: 2,1kW.	1	6.000,00	6.000,00
2.3	Separador por corrientes de Foucault. Empresa MAGSY. Modelo: MR-SPM0600. Dimensiones (LxAxH):3,1x1,5x1m. Velocidad de giro: 3.000rpm. Con rodillo inductor y de arrastre. Incluye instalación y anclajes.	1	34.580,35	34.580,35
2.4	Tambor rotatorio. Empresa SOLARSOM. Modelo 30033. Dimensiones (ØxL): 3x33m. Volumen: 311m ³ . Potencia: 3750W. Con motor eléctrico, cuadro eléctrico, mezclador, alimentador, descarga sinfín, válvula de expulsión de gases. Se incluye instalación, montaje y anclajes.	1	221.857,22	221.857,22
2.5	Criba giratoria tipo trómel de 20tn/día de capacidad. Malla de clasificación de 15mm. Empresa MASIAS. Modelo TR2,1/7/9 R. Inclinación 4°. Potencia: 4kW. Velocidad de rotación: 15-19rpm. Incluye anclajes e instalación.	1	30.245,00	30.245,00
2.6	Mesa densimétrica. Empresa ALMO. Modelo: FM150. Dimensiones (AxL): 1X1,5m. Malla de acero inox. De 210micras. Diámetro de ciclón: 800mm. Acondicionamiento del ventilador: 1,5/1500 (kW/rpm). Potencia total: 1,3kW. Inclinación de 4°. Se incluye montaje, instalación y anclajes.	1	39.000,00	39.000,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.7	Ensacadora automática de producto granulado en saco de plástico de 450mm de ancho de capacidad máxima de 50kg. Empresa PREMIERTECH. Modelo: FFS-200. Dimensiones (LxAxH): 6,5x1,3x2,77m. Potencia: 12kW. Producción: 8sacos/min. Incluye instalación, anclajes y montaje.	1	27.985,43	27.985,43
2.8	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 19x2m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 50cm. Potencia de motor: 6kW. Velocidad de banda: 1-2m/s. Capacidad: 80tn/h. Incluye instalación.	1	6.600,00	6.600,00
2.9	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 4x1m. Superficie tipo lisa con guía lateral de 20cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 80tn/h. Incluye instalación.	1	6.015,35	6.015,35
2.10	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 2,5x1m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 20cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 80tn/h. Incluye instalación.	1	3.110,21	3.110,21
2.11	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 4x1m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 15cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 80tn/h. Incluye instalación.	1	4.265,20	4.265,20

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.12	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 7x1m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 15cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 80tn/h. Incluye instalación.	1	650,80	650,80
2.13	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 3x1m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 20cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 80tn/h. Incluye instalación.	1	3.546,10	3.546,10
2.14	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 8x0,75m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 20cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 80tn/h. Incluye instalación.	1	4.015,00	4.015,00
2.15	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 2x1m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 20cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 60tn/h. Incluye instalación.	1	2.356,06	2.356,06
2.16	Báscula de pesaje de camiones. Empresa DINAKSA. Dimensiones (LxA): 7X3m. Capacidad: 30tn. Tipo de plataforma: metálica. Altura: 35cm. Precisión: ±0,01. Sin necesidad de obra. Instalación completa.	1	6.545,00	6.545,00
2.17	Cinta transportadora. Empresa SINERGES. Modelo STB. Dimensiones (LxA): 4,5x1m. Superficie tipo corrugada con guía lateral de 20cm. Potencia de motor: 4kW. Velocidad de banda: 1,25-2m/s. Capacidad: 60tn/h. Incluye instalación.	1	5.002,00	5.002,00

TOTAL CAPÍTULO 2. EQUIPOS.

433.776,72

CAPÍTULO 3: EQUIPOS AUXILIARES.

CAPÍTULO 3. EQUIPOS AUXILIARES.				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€Und.)	IMPORTE (€)
3.1	Pala cargadora. Empresa BIURRARENA. Modelo HL 730-9A. Dimensiones (LxAxH): 6,95x2,45x3,15m. Tanque de combustible: 150l. Velocidad máx: 40km/h.	5	41.850,00	209.250,00
3.2	Contenedor de plástico con fondo reforzado de paredes lisas y 4 ruedas giratorias. Empresa DISTOC. Modelo KA-1100. Capacidad: 1140l. Dimensiones (LxAxH): 1064x1360x990mm. Con normativa DIN 30740/EN840.	6	198,98	1.193,88
3.3	Contenedor de plástico con fondo reforzado de paredes lisas y 2 ruedas giratorias. Empresa DISTOC. Modelo KA-360. Capacidad: 360l. Dimensiones (LxAxH): 865x620x700mm. Con normativa DIN 30740/EN840.	2	89,89	179,78
3.4	Contenedor metálico. Empresa GRUCOMCV. Modelo F1-Abierto Alto. Capacidad: 36,75m ³ . Dimensiones (LxAxH): 7x2,5x2,1m. Anclajes incluidos.	3	5.450,00	16.350,00
3.5	Tanque construido en hormigón armado e impermeabilizado en su interior con un espesor de pared de 10cm. Separado por un muro de hormigón de espesor de 10cm dividiendo el tanque en dos partes.	2	420,50	841,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€Und.)	IMPORTE (€)
3.6	Camión recolector de residuos. Empresa EQUIURBE. Modelo EASY J2-S. Volumen de carga: 20m ³ . Dimensiones (LxAxH): 5,8x1,98x2,685m. Con motor diésel.	6	40.163,52	240.981,12
3.7	Depósito de combustible. Empresa SALVADOR ESCODA S.A. Dimensiones (LxØ): 2,35x1,5m. Capacidad: 3.000l. De chapa de acero laminado según normativa europea y pintura de poliuretano de 80micras de grueso. Prueba de estanqueidad 1kg/cm ² de presión. Equipado con detector de fugas, patas soldadas y escalera desmontable.	1	3.842,00	3.842,00
TOTAL CAPÍTULO 3. EQUIPOS AUXILIARES.				472.637,78

CAPÍTULO 4: MOBILIARIO.

CAPÍTULO 4. MOBILIARIO.				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€Und.)	IMPORTE (€)
4.1	Lavabo doble con pedestal de porcelana, Roca Meridian o similar. Color: blanco. Incluye todos los accesorios, piezas y completamente instalado.	5	210,20	1.051,00
4.2	Plato de ducha de porcelana, Roca Meridian o similar. Color: blanco. Incluye todos los accesorios, piezas y completamente instalado.	3	120,30	360,90
4.3	Inodoro de porcelana, Roca Meridian o similar. Color: blanco. Incluye todos los accesorios, piezas y completamente instalado.	5	135,80	679,00
4.5	Taquilla de dos puertas por cuerpo. Con colgador de perchas. Fabricadas en acero y con cierre de seguridad personal. Se incluyen accesorios estándar.	8	40,00	320,00
4.6	Mobiliario de oficina, incluye mesas, escritorios, sillas, sillones, estanterías, armarios, ordenadores, teléfonos-fax y material de laboratorio. Montado y colocado.	1	25.000,00	25.000,00
4.8	Luminarias. Con dos lámparas LED. Instaladas y colocadas.	85	140,00	11.900,00
TOTAL CAPÍTULO 4. MOBILIARIO.				39.310,90

CAPÍTULO 5: TUBERÍAS Y ACCESORIOS.

CAPÍTULO 5. TUBERÍAS Y ACCESORIOS.				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€Und.)	IMPORTE (€)
5.1	Metro de tubería de PVC. Diámetro: 16mm. Espesor: 1,2mm. Incluye accesorios y piezas especiales.	130	0,87	113,10
5.2	Metro de tubería de PVC. Diámetro: 32mm. Espesor: 2,4mm. Incluye accesorios y piezas especiales.	75	3,55	266,25
5.3	Bomba centrífuga. Empresa SALVADOR ESCODA. Modelo: CEA-70/3. Potencia: 0,5CV. Tensión: 230V. Presión máx: 8 atm. Unión roscada. Incluye las sujeciones necesarias y completamente colocada.	2	360,00	720,00
TOTAL CAPÍTULO 4. MOBILIARIO.				1.099,35

RESUMEN DE PRESUPUESTO.

PRESUPUESTO.		
CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
1	OBRA CIVIL	850.000,00
2	EQUIPOS DE PROCESO	433.776,72
3	EQUIPOS AUXILIARES	472.637,78
4	MOBILIARIO	39.310,90
5	TUBERÍAS Y ACCESORIOS	1.099,35
IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL		1.796.824,75
GASTOS GENERALES (15%)		269.523,71
GASTOS IMPREVISTOS (3%)		53.904,74
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)		107.809,49
SUBTOTAL		2.228.062,69
IGIC (7%)		155.964,39
IMPORTE DE EJECUCIÓN POR CONTRATA		2.384.027,08

El importe de ejecución por contrata del diseño de esta planta de compostaje a partir de la recogida selectiva de materia orgánica en el norte de la Isla de Tenerife asciende a **dos millones trescientos ochenta y cuatro mil veintisiete euros y ocho céntimos de euro (2.384.027,08 €)**.

Fdo. Tutor:

Fdo. Autor:



4. Planos



CONTENIDO

PLANO 1. UBICACIÓN DE LA PLANTA.

PLANO 2. PLANO DE SITUACIÓN Y DETALLE DE APARCAMIENTOS.

PLANO 3. ACOTACIÓN PLANO DE SITUACIÓN Y DEPÓSITO DE LIXIVIADOS.

PLANO 4. DETALLE Y ACOTACIÓN DE ZONA DE OFICINAS.

PLANO 5. DETALLE PLAYA DESCARGA Y PESA DE CAMIONES.

PLANO 6. DETALLE Y ACOTACIÓN DEL PRETRATAMIENTO.

PLANO 7. DETALLE ZONA DE FERMENTACIÓN.

PLANO 8. DETALLE Y ACOTACIÓN SALA DE AFINO.

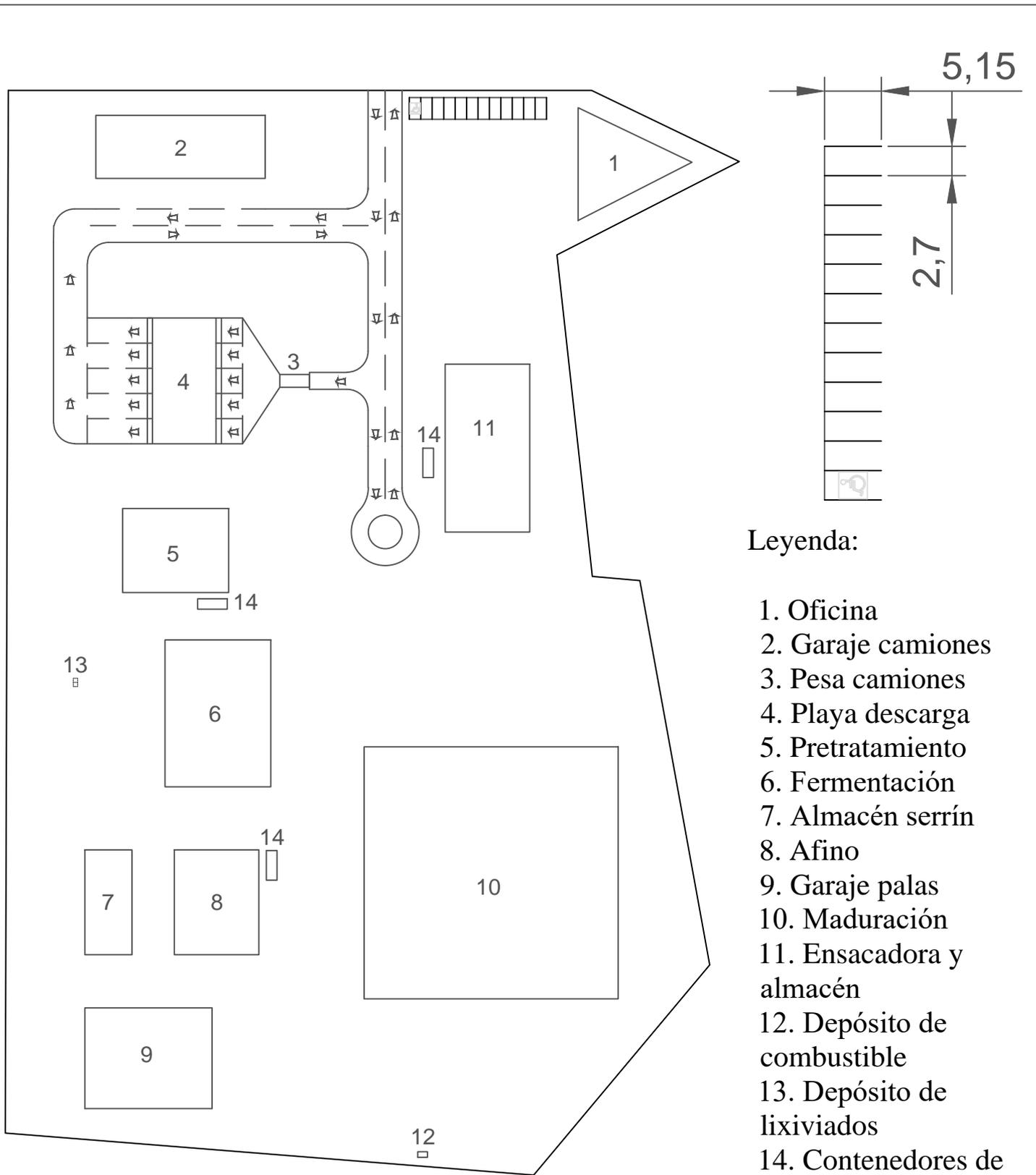
PLANO 9. DETALLE ZONA DE MADURACIÓN.

PLANO 10. ACOTACIÓN DE FACHADAS.



Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente

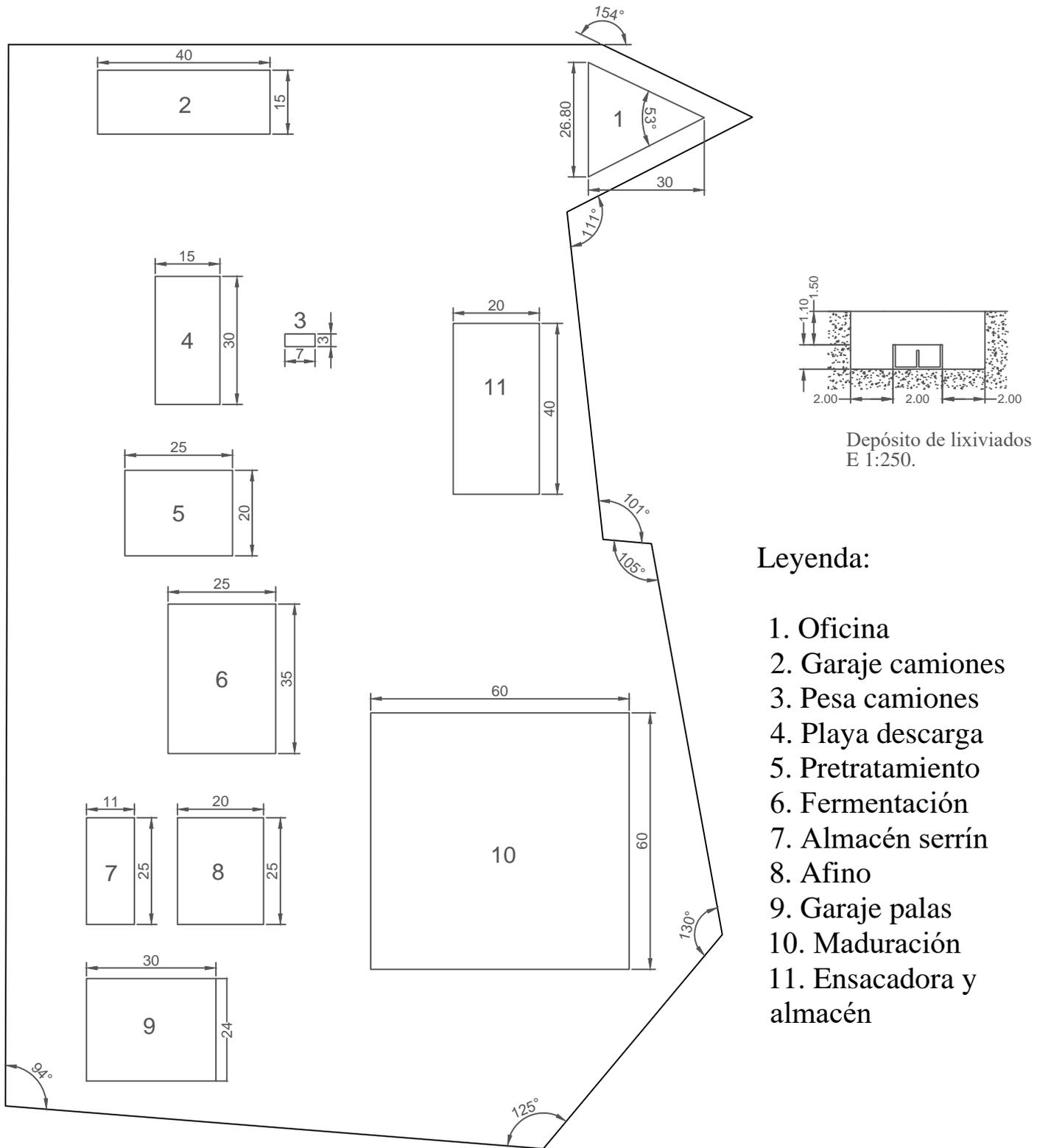
	Autor		 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estevez			
Fecha	07-2017			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	Ubicación de la planta.			Nº P. : 1
S.E				Firma: 



Leyenda:

1. Oficina
2. Garaje camiones
3. Pesa camiones
4. Playa descarga
5. Pretratamiento
6. Fermentación
7. Almacén serrín
8. Afino
9. Garaje palas
10. Maduración
11. Ensacadora y almacén
12. Depósito de combustible
13. Depósito de lixiviados
14. Contenedores de impropios

Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente			
	Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estévez		
Fecha	07-2017		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	Plano de situación y detalle aparcamientos		Nº P. : 2
S.E.			Firma: 

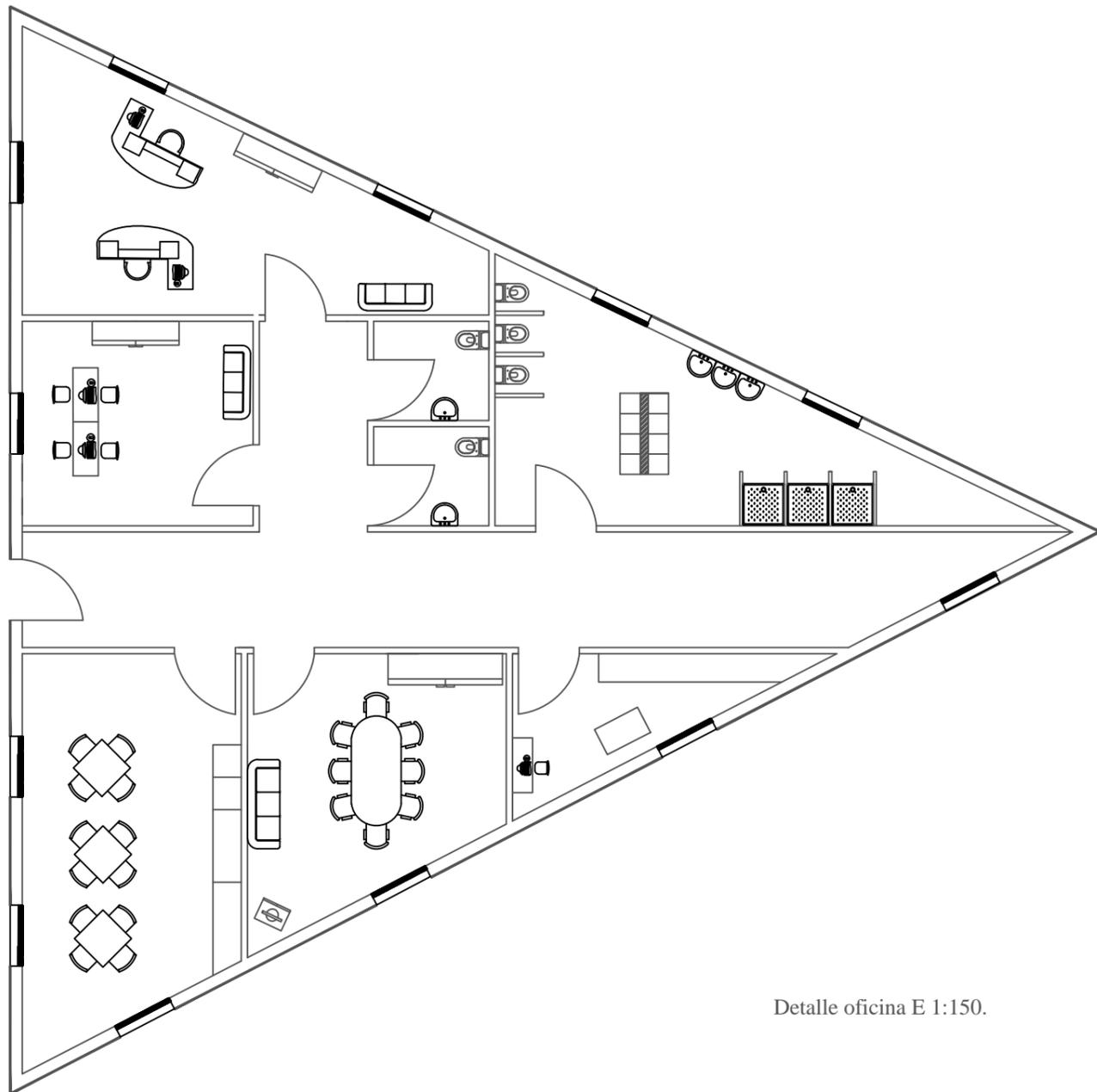


Depósito de lixiviados
E 1:250.

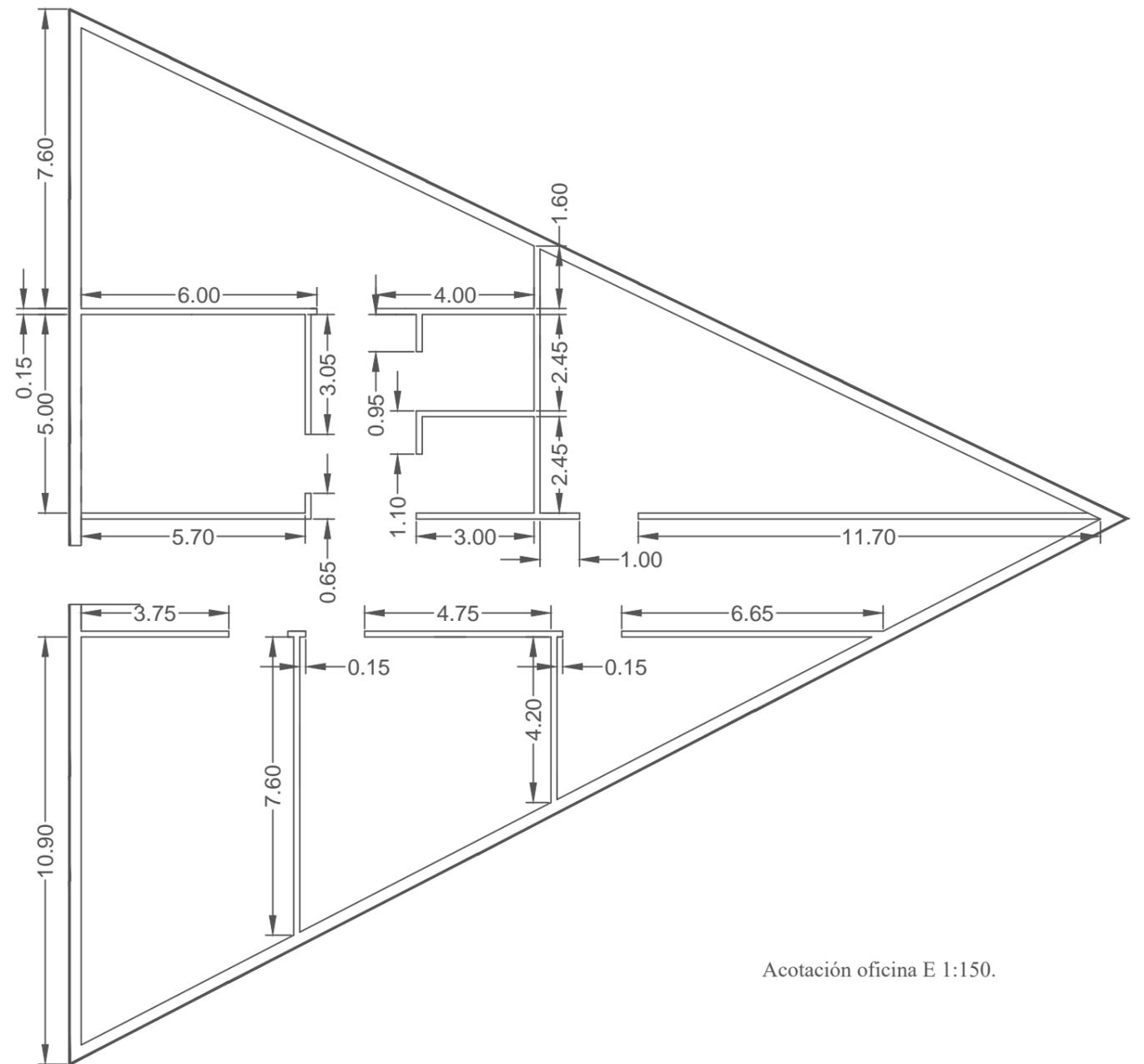
Leyenda:

- 1. Oficina
- 2. Garaje camiones
- 3. Pesa camiones
- 4. Playa descarga
- 5. Pretratamiento
- 6. Fermentación
- 7. Almacén serrín
- 8. Afino
- 9. Garaje palas
- 10. Maduración
- 11. Ensacadora y almacén

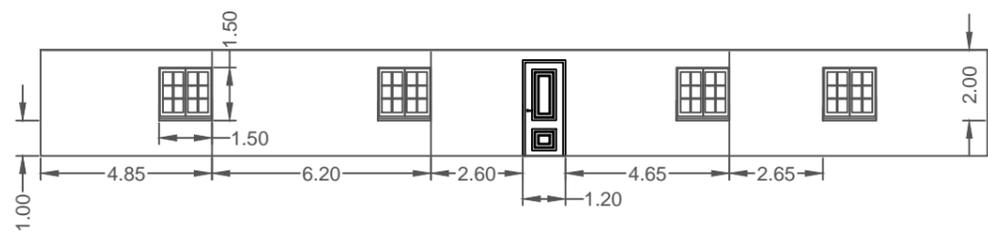
Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente			
	Autor		 <p>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna</p>
Dibujado	Aida Contreras Estévez		
Fecha	07-2017		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:1.300	Acotación plano de situación y depósito de lixiviados.		Nº P. : 3 Firma: 



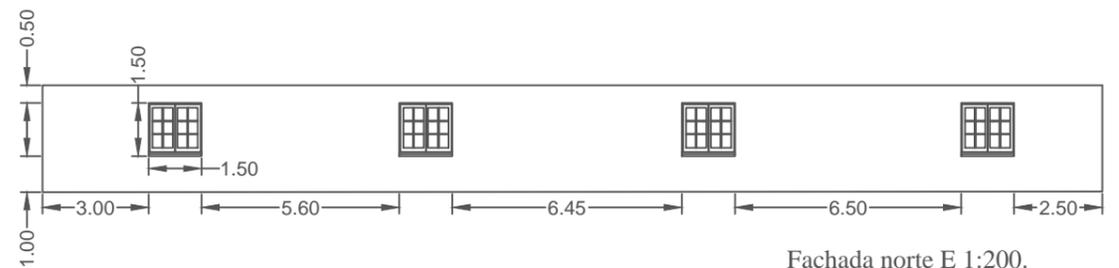
Detalle oficina E 1:150.



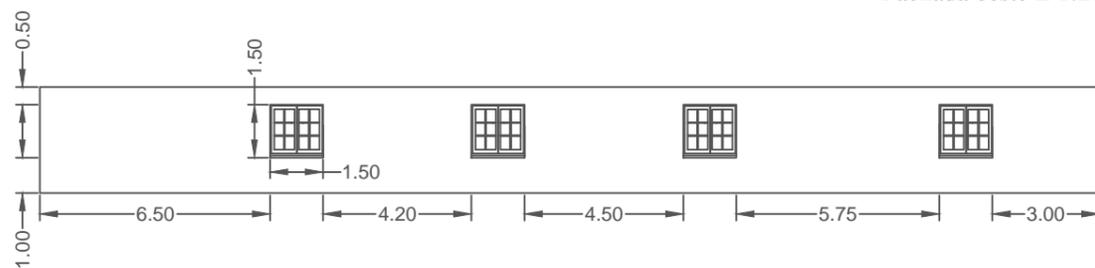
Acotación oficina E 1:150.



Fachada oeste E 1:200.

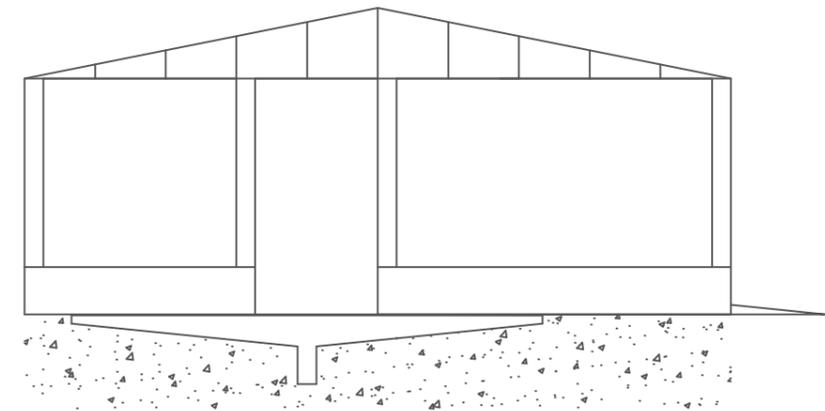
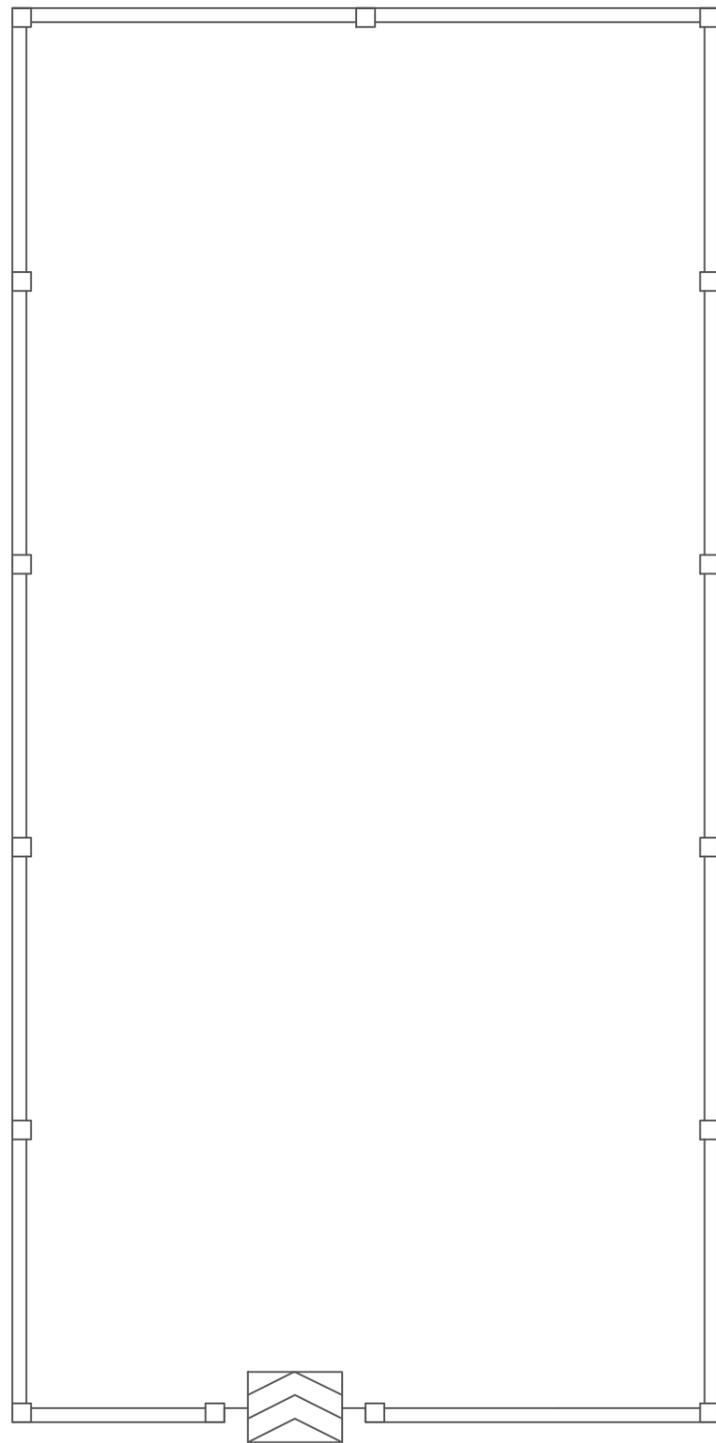


Fachada norte E 1:200.

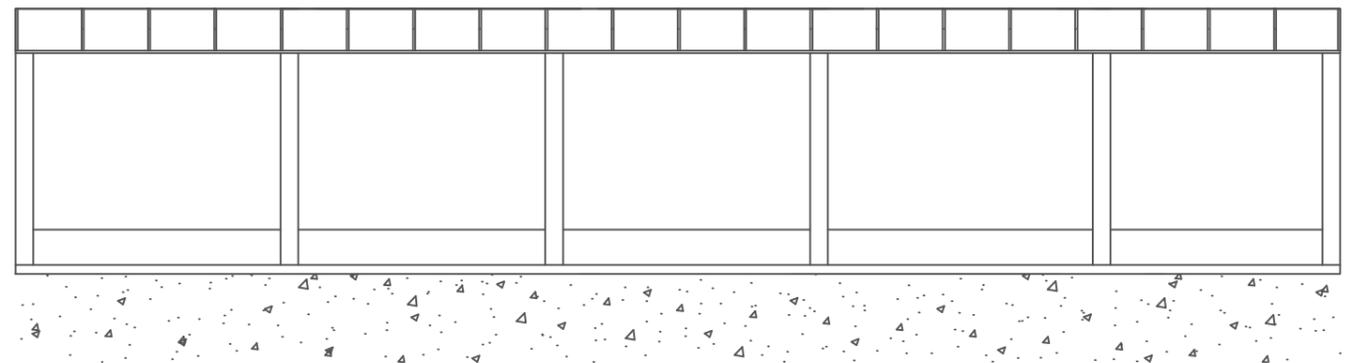


Fachada sur E 1:200.

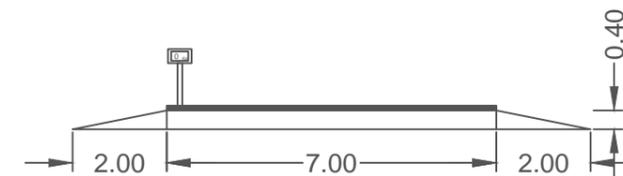
Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente			
	Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estevez		
Fecha	07-2017		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	Detalle y acotación de zona de oficinas		Nº P. : 4
S.E.			Firma: 



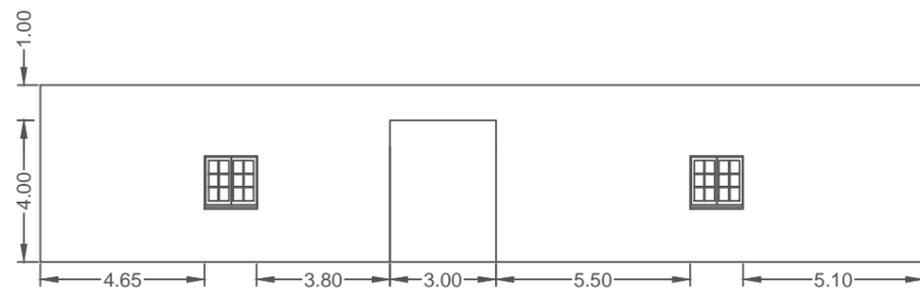
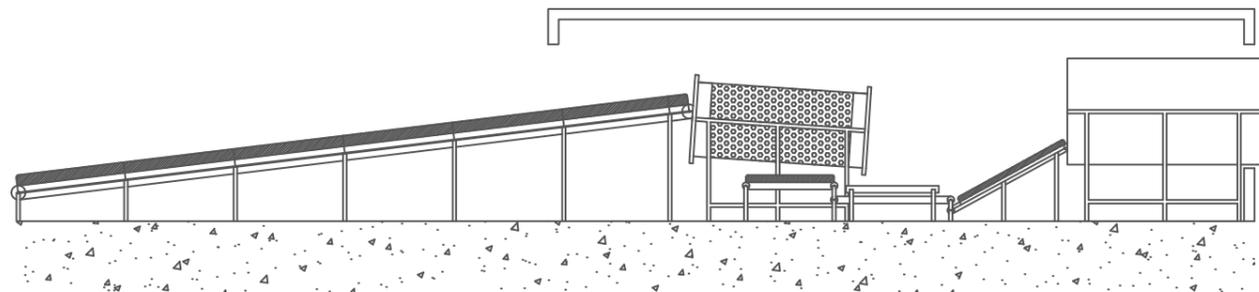
Fachada sur.



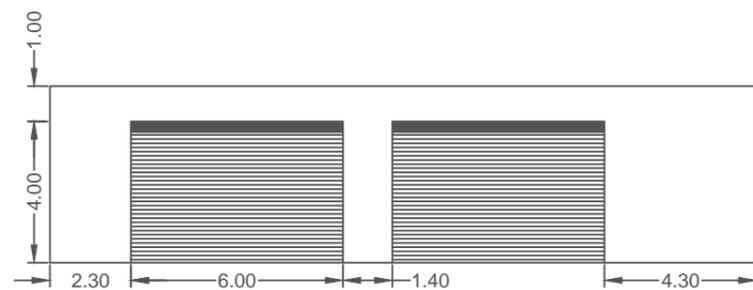
Fachada oeste



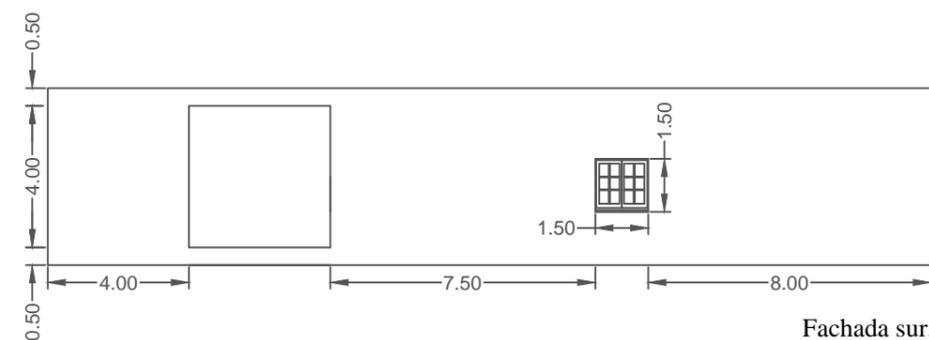
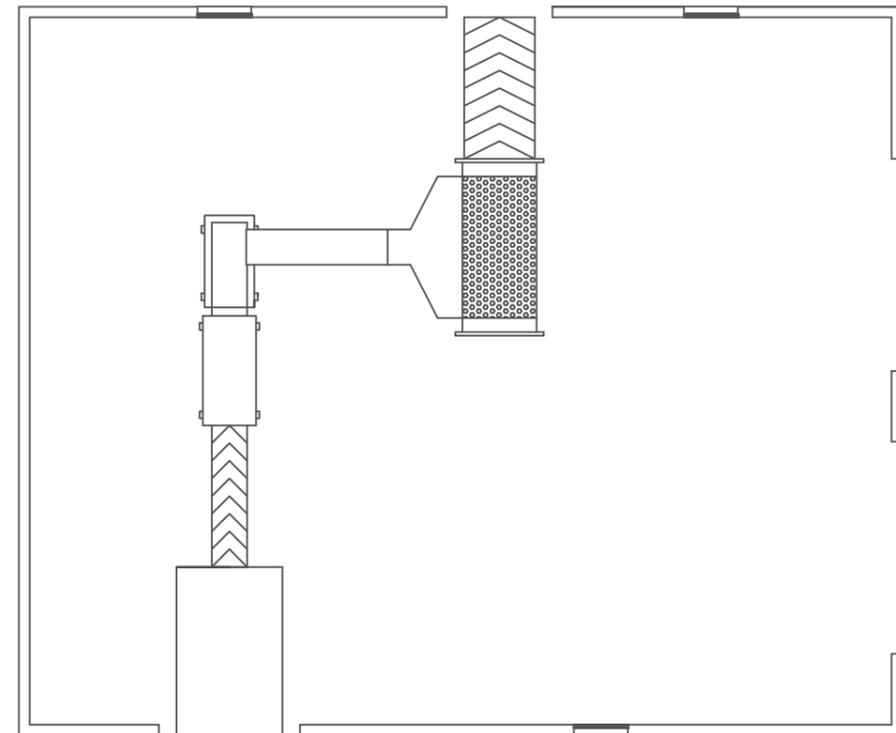
Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente			
	Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estevez		
Fecha	07-2017		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	Detalle playa de descarga y pesa de camiones.		Nº P. : 5
E 1:150			Firma: 



Fachada norte.



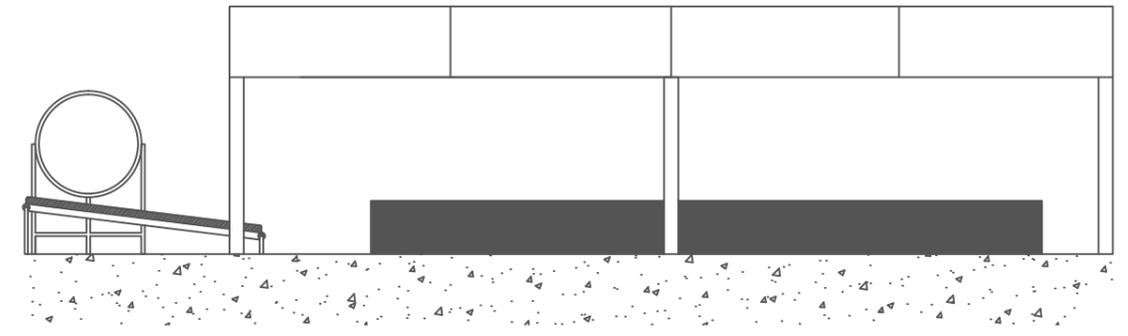
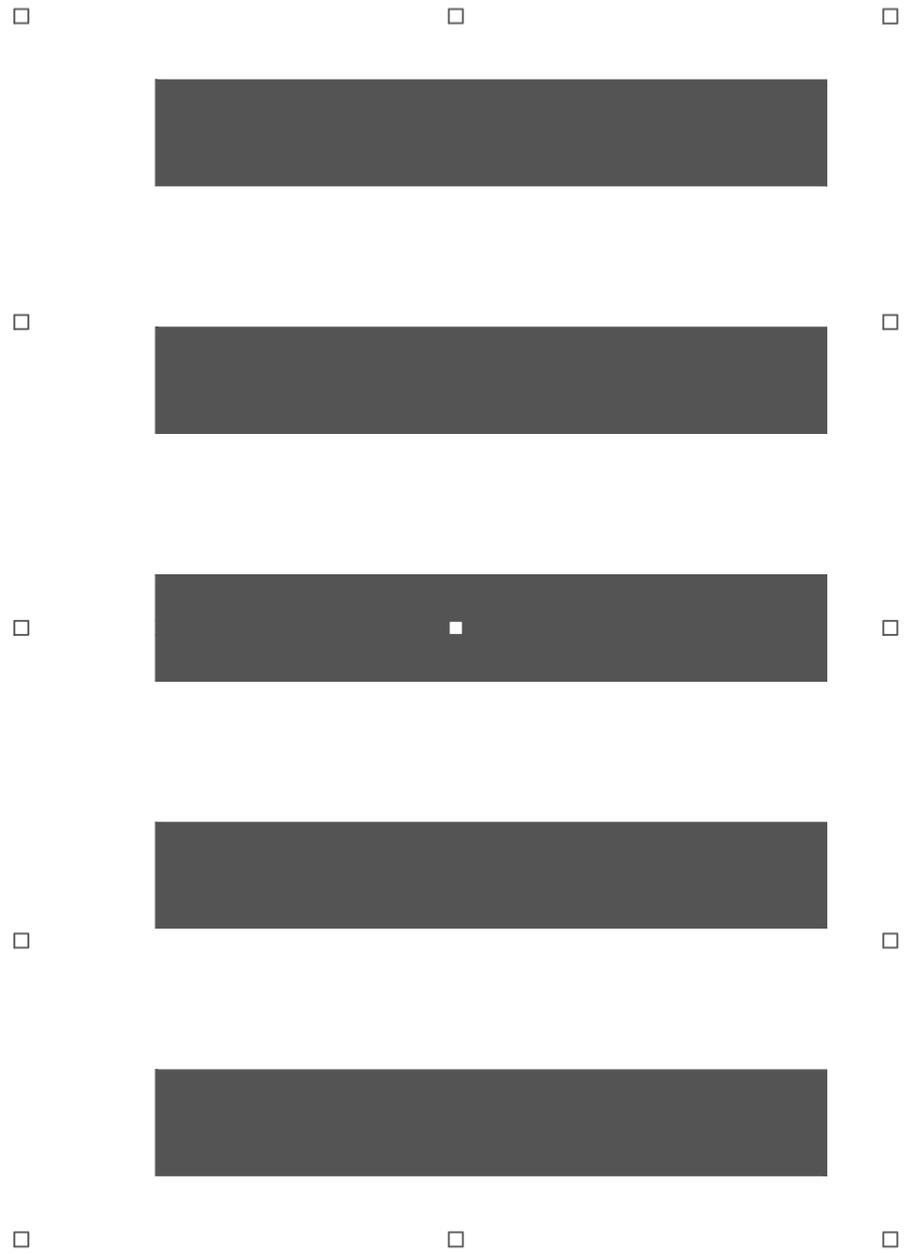
Fachada este.



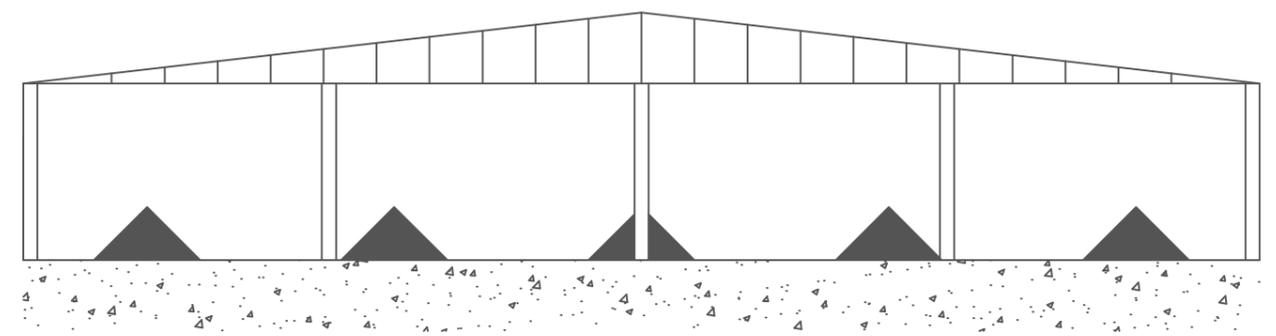
Fachada sur.

Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente

	Autor	 ULL Universidad de La Laguna	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Dibujado	Aida Contreras Estevez		Grado en Ingeniería Química Industrial
Fecha	07-2017		Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:200	Detalle y acotación del pretratamiento.		Nº P. : 6
			Firma: 

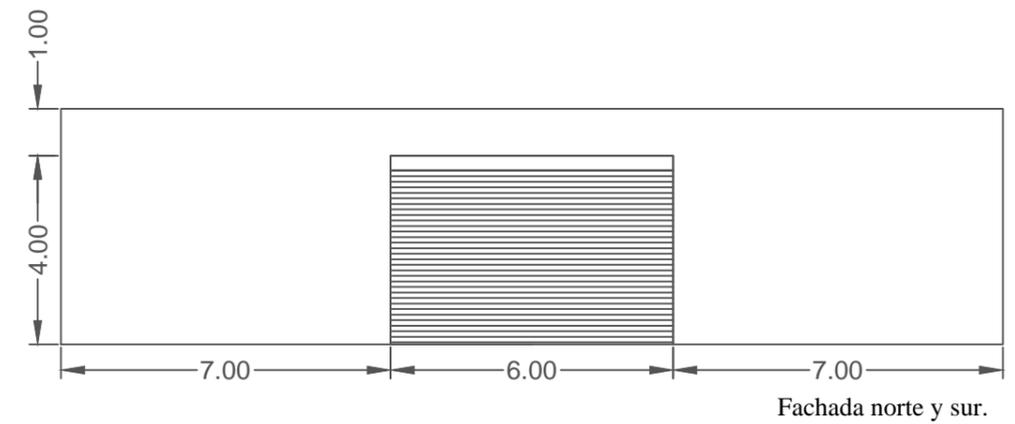
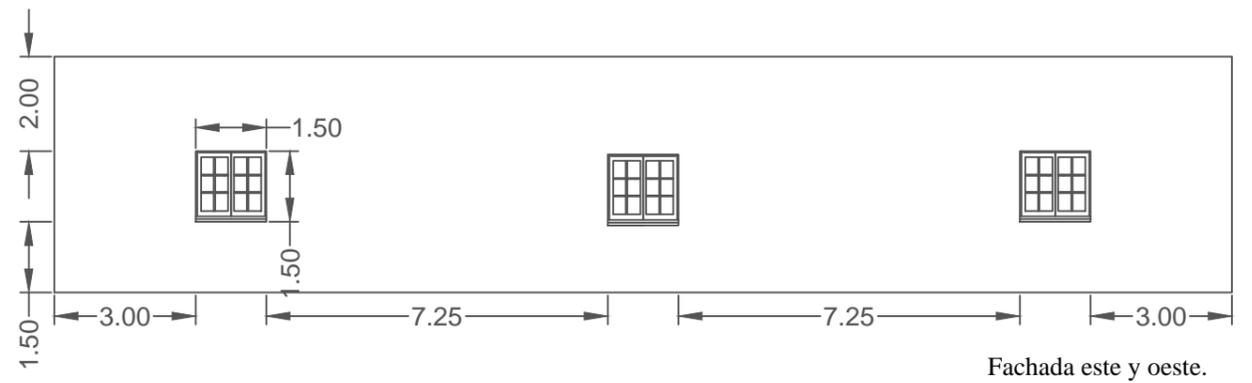
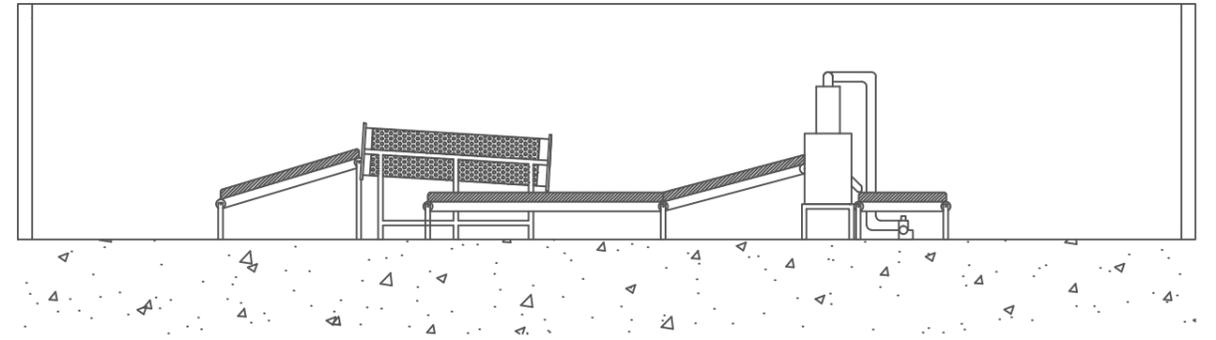
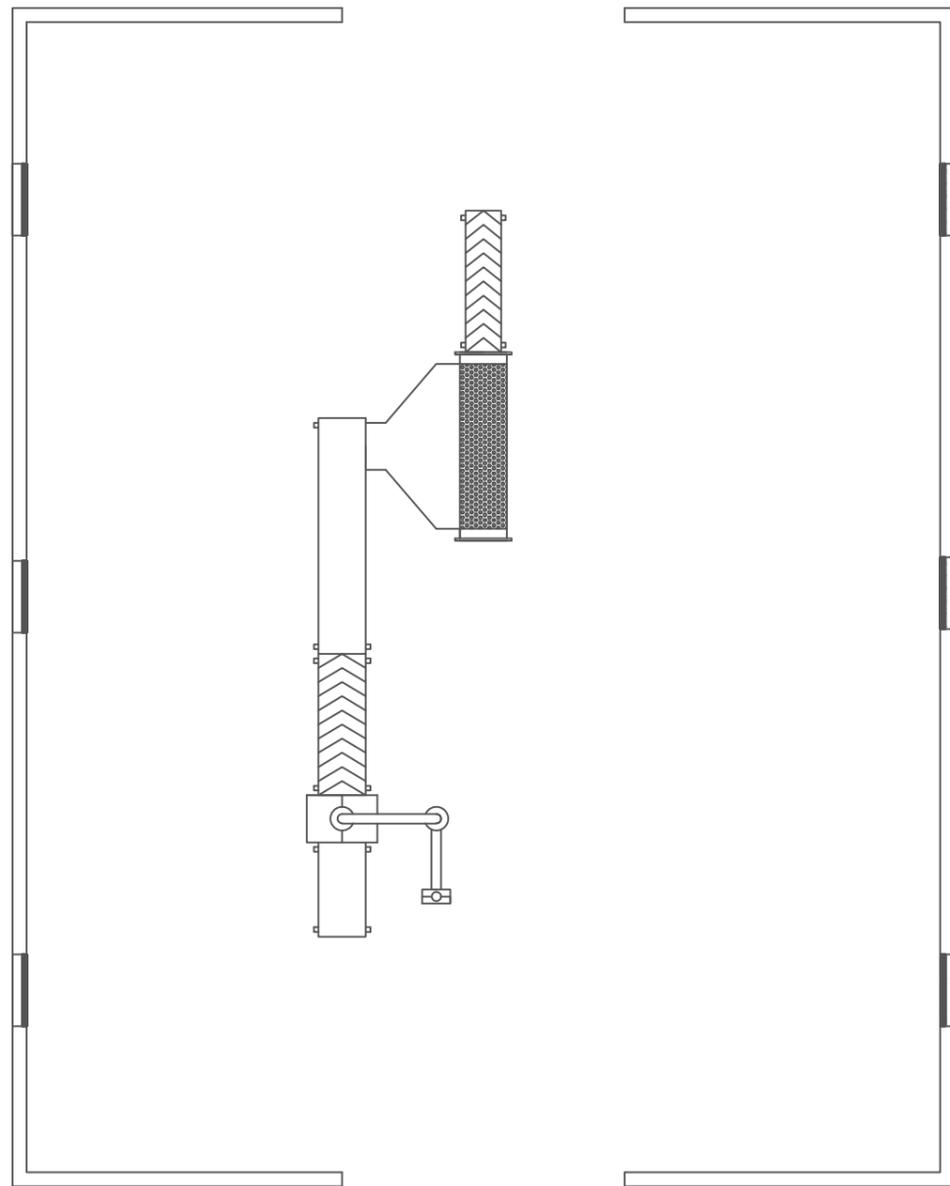


Fachada sur.



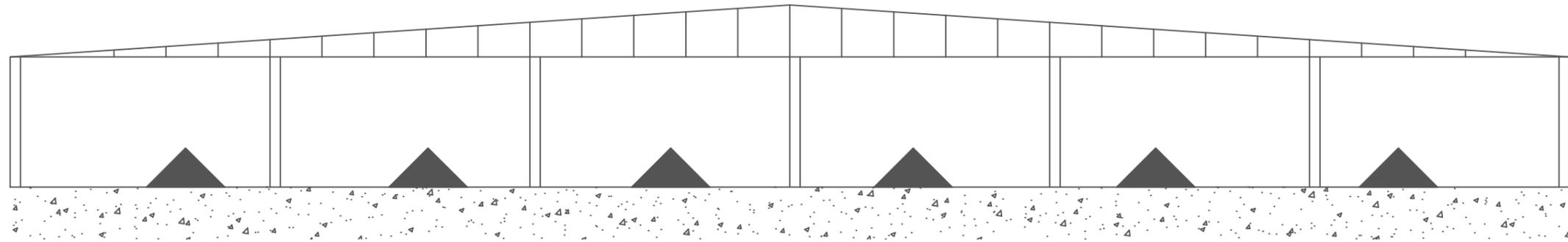
Fachada oeste.

Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente			
	Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estevez		
Fecha	07-2017		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA: E 1:200	Detalle zona de fermentación.		Nº P. : 7 Firma: 

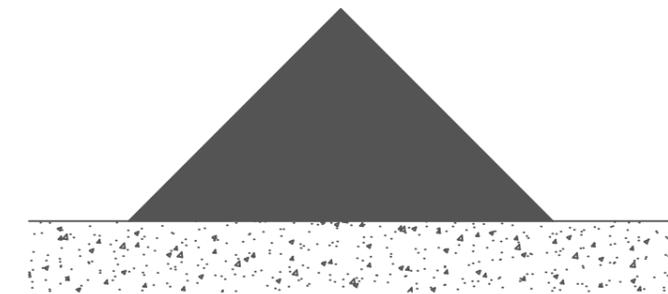
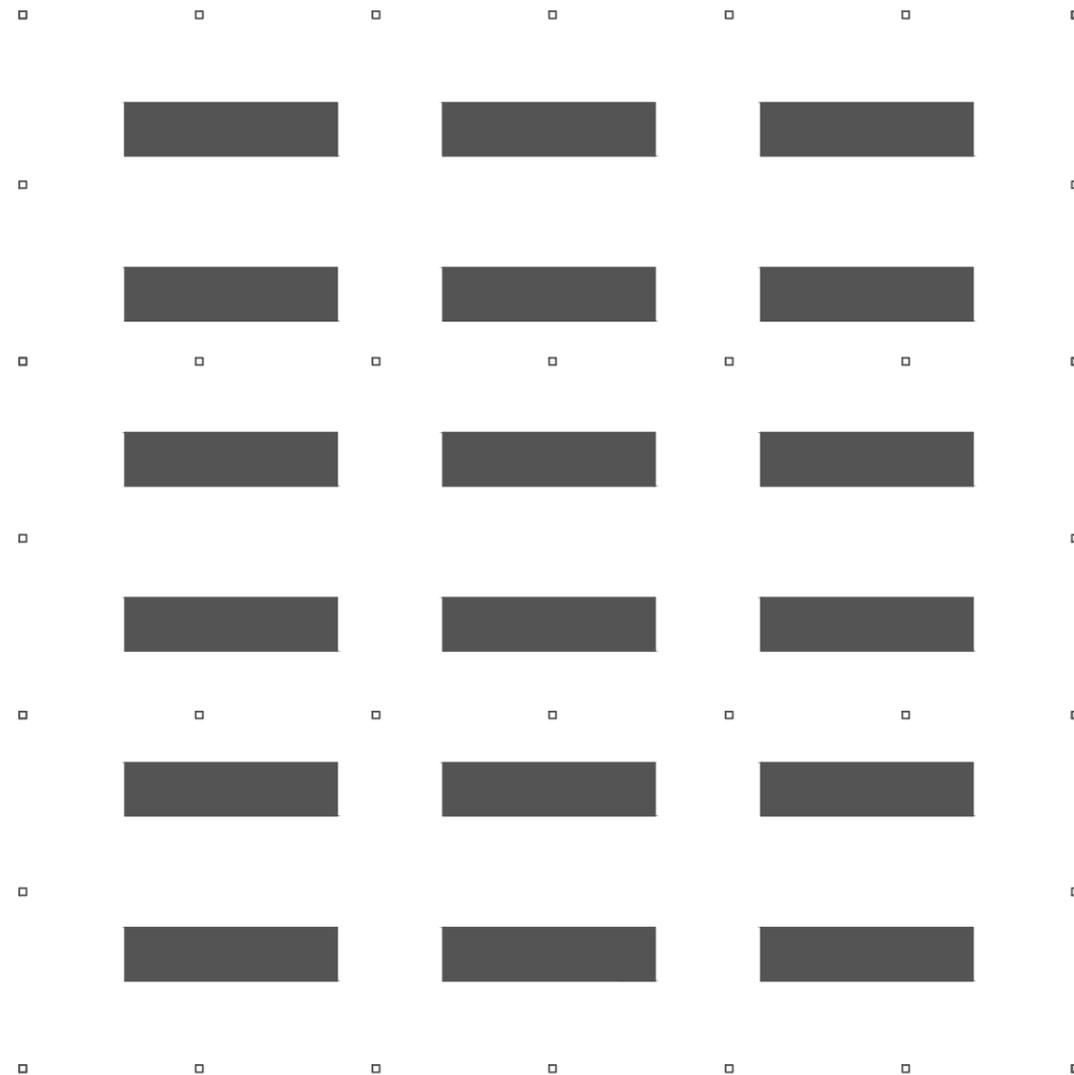


Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente

Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estevez	
Fecha	07-2017	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	
ESCALA:	Detalle y acotación sala de afino.	Nº P. : 8
E 1:150		Firma: 

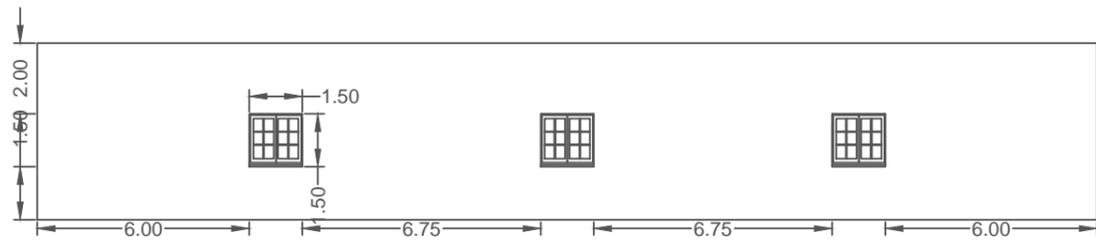


Detalle vista lateral zona de maduración.

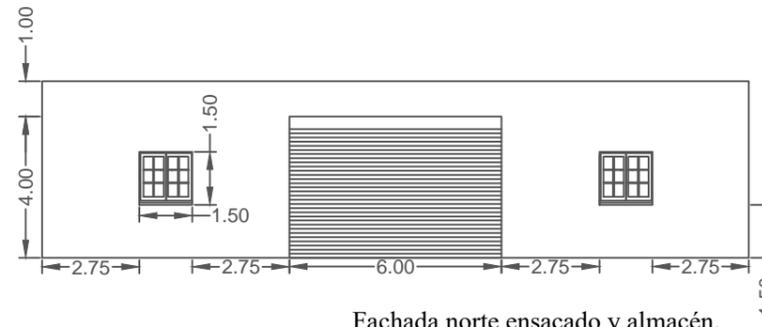


Detalle de la pila.

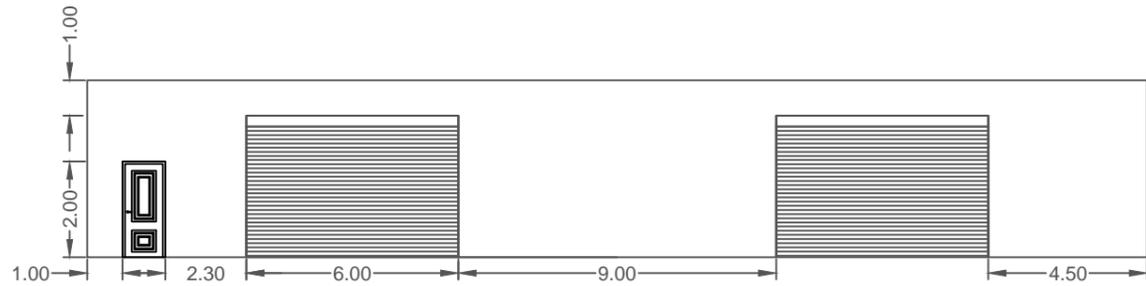
Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente			
	Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estevez		
Fecha	07-2017		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		Universidad de La Laguna
ESCALA:	Detalle zona de maduración.		Nº P. : 9
S.E.			Firma: 



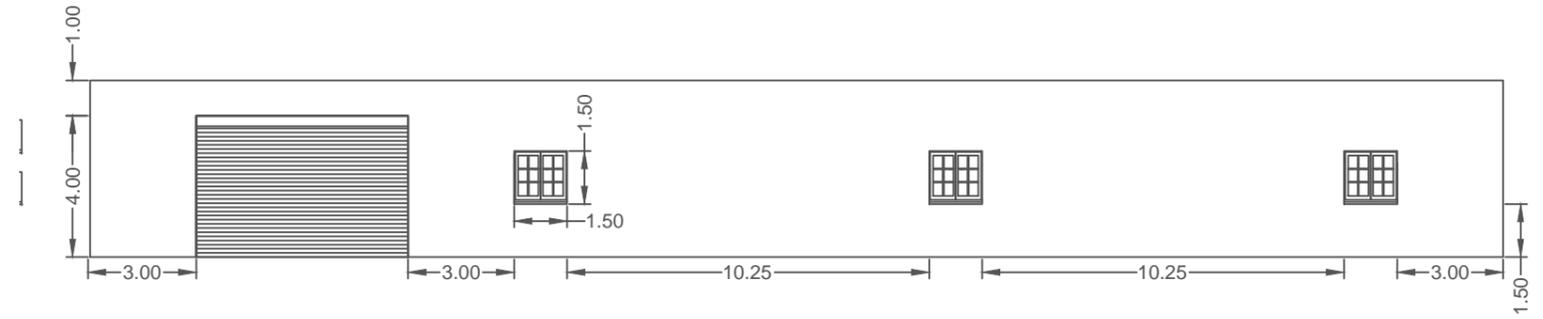
Fachada sur garaje palas.



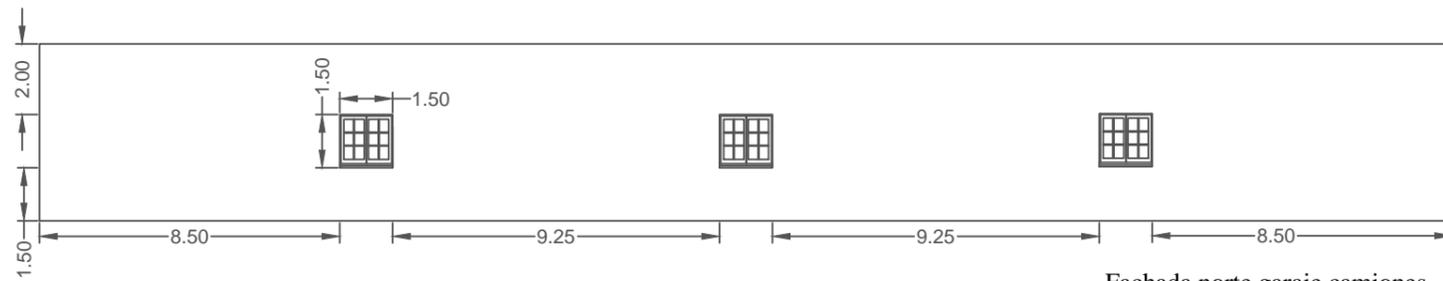
Fachada norte ensacado y almacén.



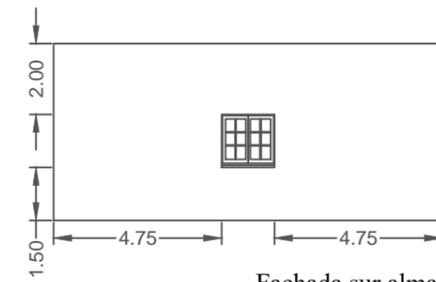
Fachada norte garaje palas.



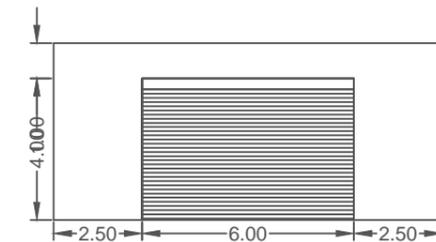
Fachada oeste ensacado y almacén.



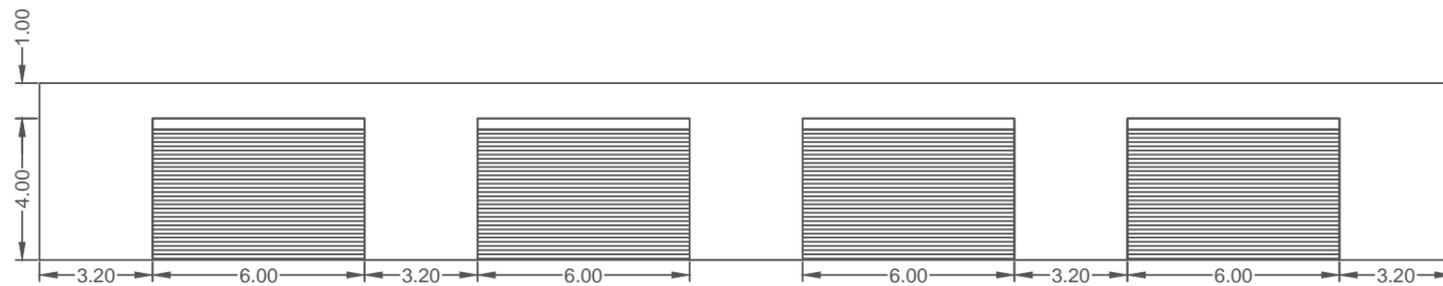
Fachada norte garaje camiones.



Fachada sur almacén de serrín.



Fachada norte almacén de serrín.



Fachada sur garaje camiones.

Diseño y selección de una planta de compostaje comarcal para residuos orgánicos recogidos selectivamente			
	Autor		 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	Aida Contreras Estevez		
Fecha	07-2017		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	Acotación de fachadas.		Nº P. : 10
E 1:200			Firma: 