



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UN PROCESO DE
COMPOSTAJE PARA EL
TRATAMIENTO DE LODOS DE UNA
DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES EN OVIEDO, ASTURIAS
CON UNA CAPACIDAD DE
PRODUCCIÓN DE 25000 T/AÑO**

Alumno: Bernardo Gutiérrez, Ana

Tutor: Martínez Cartas, Lourdes

Depto.: Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales

JULIO 2018

1. ANTECEDENTES	8
2. INTRODUCCIÓN	9
3. OBJETIVOS	11
4. UBICACIÓN.....	12
5. LEGISLACIÓN.....	13
5.1. Normativa Europea	13
5.2. Normativa Española	13
5.3. Gestión de lodos en las EDAR.....	18
5.3.1. Planes Nacionales de lodos en las EDAR	19
5.3.2. Normativa para la producción de fertilizantes a partir de residuos	21
5.3.3. Gestión actual de lodos en Asturias	23
6. LODOS EN LA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES	26
6.1. Definición de lodos.....	27
6.1.1. Composición de los lodos.....	28
6.1.2. Propiedades físicas de los lodos	29
6.2. Biometanización	29
7. PROCESO DE COMPOSTAJE	31
7.1. Fases del proceso de compostaje.....	32
7.1.1. Factores que condicionan el proceso de compostaje	34
7.1.2. Diseño y control del proceso.....	36
7.1.3. Determinación del grado de madurez del compost.....	42
7.1.4. Técnicas del compostaje	43
8. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	50
8.1. Descripción del proceso	50
8.1.1. Proceso adoptado	50
8.1.2. Diagrama del proceso.....	51
8.2. Datos de partida	52

8.3. Cálculo de la mezcla a compostar	54
8.4. Dimensionado de equipos.....	55
8.4.1. Almacenamiento de residuos.....	55
8.4.2. Pretratamiento	57
8.4.3. Tratamiento.....	58
8.5. Balance de materiales	62
8.5.1. Afino del compost producido.....	63
8.5.2. Almacenamiento y ensacado	64
8.5.3. Gestión de gases y olores	64
8.5.4. Sistema de ventilación.....	65
8.5.5. Tratamiento de olores y gases	66
8.5.6. Gestión de agua y lixiviados	68
8.5.7. Riego en la maduración dinámica	69
9. PLANIFICACIÓN	70
9.1. Diagrama de Gantt	70
10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	72
10.1. Objeto.....	72
10.1.1. Alcance	72
10.2. Valoración y descripción fundamental en PRL.....	72
10.3. Identificación de Riesgos.....	75
10.4. Medidas preventivas	75
10.4.1. Caída de personas al mismo nivel	75
10.4.2. Caída de personas a distinto nivel.....	76
10.4.3. Caídas de objetos por desplome	77
10.4.4. Caída de objetos en manipulación	77
10.4.5. Caída de objetos desprendidos	78
10.4.6. Pisadas sobre objetos	79

10.4.7. Choques contra objetos móviles	79
10.4.8. Choques contra objetos inmóviles	80
10.4.9. Golpes contra objetos o herramientas.....	81
10.4.10. Atrapamiento por objetos.....	82
10.4.11. Proyecciones de fragmentos o partículas	83
10.4.12. Almacenamiento de materiales	83
10.4.13. Trasiego de materiales	84
10.4.14. Atropellos o golpes.....	84
10.4.15. Contactos eléctricos	85
10.4.16. Elevación manual de cargas	86
10.4.17. Elevación y descenso de materiales con medios mecánicos	86
10.4.18. Escaleras y plataformas de trabajo	87
10.4.19. Manejo de herramientas manuales, eléctricas y mecánicas	88
10.4.20. Máquinas y equipos	88
10.4.21. Protección contra incendios.....	89
10.4.22. Agentes físicos.....	92
10.5. Servicio Médico: reconocimiento y botiquín	93
10.6. Servicios Técnicos de Seguridad e Higiene.....	94
10.7. Locales de Higiene y Bienestar	95
10.8. Plan de seguridad y salud	96
11. DISPOSICIONES GENERALES	98
11.1. Organización y planificación de la seguridad	98
11.1.2. Organigrama funcional de la empresa	100
11.1.3. Normas generales de control y seguimiento	102
11.1.4. Reuniones de seguimiento y control.....	106
11.2. Formación.....	107
11.2.1. Acciones formativas	107

11.2.2. Instrucciones	109
11.2.3. Información para los trabajadores	110
11.3. Asistencia médico sanitaria	112
11.3.1. Servicios asistenciales	112
11.3.2. Medicina preventiva.....	113
11.3.3. Botiquín	114
11.3.4. Normas para primeros auxilios y socorrismo.....	115
11.4. Medidas de emergencia	116
11.4.1. Medidas generales	116
11.4.2. Salidas de emergencia	117
11.4.3. Prevención y extinción de incendios	117
12. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	119
12.1. Naturaleza del pliego.....	119
12.2. Disposiciones generales	120
12.2.1. Obligaciones y responsabilidades del contratista	120
12.2.2. Dirección e inspección de las obras	122
12.2.3. Desarrollo de las obras	123
12.3. Características técnicas de la maquinaria	124
12.3.1. Silo	124
12.3.2. Grúa	124
12.3.3. Cinta transportadora	125
12.3.4. Trituradora	126
12.3.5. Mezcladora	127
12.3.6. Especificaciones técnicas de la instalación.....	127
12.3.7. Nave de maduración	130
12.3.8. Volteadora	130
12.3.9. Nave de afino y almacén	132

12.3.10. Trómel	132
12.3.11. Ensacadora	132
12.3.12. Instalación eléctrica.....	134
13. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	135
13.1. Objetivos y condiciones generales	135
13.2. Contratista.....	135
13.3. Precios	135
13.4. Finanzas	136
13.5. Formalización de la contrata	136
13.6. Ejecución de las obras	136
13.7. Recepción de las obras	137
13.8. Rescisión o modificación de la contrata.....	137
13.9. Clausulas adicionales.....	138
14. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE	140
14.1. Abastecimiento de agua.....	140
14.2. Edificación	140
14.3. Aislamiento.....	141
14.4. Barreras arquitectónicas	141
14.5. Agua caliente sanitaria, calefacción y climatización	142
14.6. Carpintería.....	143
14.7. Cementación	143
14.8. Cubiertas	143
14.9. Combustible	143
14.10. Electricidad	144
14.11. Forjados	145
14.12. Estructura de Hormigón	146
14.13. Fontanería	146

14.14. Ladrillo	146
14.15. Manejo de equipos.....	147
14.16. Medioambiente e impacto ambiental.....	147
14.16.1. Normas Generales	147
14.16.2. Aguas	147
14.16.3. Atmósfera	147
14.16.4. Residuos	148
14.17. Protección contra incendios.....	148
14.18. Seguridad e higiene en el trabajo.....	149
14.19. Suelo	150
14.20. Vidriería	151
14.21. Escayolas y yesos.....	151
15. PRESUPUESTO	152
15.1. Aspectos generales.....	152
15.2. Costes de suelo y edificación.....	153
15.2.1. Coste del suelo	153
15.2.2. Coste edificación	153
15.3. Mobiliario	154
15.4. Elementos de Seguridad.....	155
15.5. Coste de equipos	155
15.6. Presupuesto final de la ejecución.....	157
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
16.1. Normativa.....	162
17. PLANOS	167

1. ANTECEDENTES

El presente trabajo fin de grado se hace con la idea de ampliar la capacidad de gestionar los residuos procedentes de las EDAR con una capacidad de 25000 t/año, y generar nuevos puestos de trabajo.

Según datos del Plan Estratégico de residuos del Principado de Asturias (PREPA) (2017-2024), hasta el año 2010 en el Principado de Asturias los lodos generados iban directamente al vertedero en las instalaciones de COGERSA. A partir de 2010, se iniciaron las obras para hacer una planta de compostaje en COGERSA, con una capacidad anual de 20000 t/año, con una capacidad de ampliación de 80000 t/año. [1]

En la siguiente tabla se muestran datos sobre los lodos recogidos en el Principado:

Tabla 1. Lodos tratados en la planta de COGERSA. (Fuente: PREPA)

Año	Lodos compostados		Eliminación en vertedero		Biometanización		Total
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	
2010	12650	16.9	62175	83.1	0	0	74825
2011	15831	23.1	52563	76.9	0	0	68394
2012	17011	25.6	49483	74.4	0	0	66494
2013	17137	28	44082	72	0	0	61219
2014	13711	22.6	32739	53.8	14349	23.6	60799
2015	11779	17.7	38299	57.6	16372	24.6	66450

Con los datos obtenidos se prevé una mayor generación de residuos y teniendo en cuenta que la capacidad de ampliación de la plana de COGERSA, es como máximo de 80000 t/año, y como dentro de poco tiempo se superará esa cantidad, se propondrá al Principado la realización de una planta de compostaje para el tratamiento de los lodos generados de las EDAR, que se ubicará en el centro de Asturias.

En la futura planta se intentará eliminar el olor, reducir de su volumen y peso, anular los organismos patógenos, en definitiva, reducir la cantidad de residuos así como transformar la materia orgánica biodegradable en un producto estable y útil.

La planta tendrá su ubicación cerca de una de las mayores depuradoras de aguas del Principado de Asturias, lo que implica una reducción considerable de los costes logísticos.

2. INTRODUCCIÓN

De manera global, un crecimiento poblacional implica una mayor generación de residuos, lo que genera un reto medioambiental complejo al que se enfrenta la sociedad hoy en día.

La correcta gestión y prevención de residuos son esenciales para evitar impactos medioambientales que puedan ser difíciles de subsanar. A lo largo de las últimas décadas se ha conseguido una mayor conciencia ecológica, ligada a al uso de infraestructuras para el tratamiento de residuos, aunque se espera que en los próximos años se obtenga un mayor rendimiento.

Todavía en nuestro país un elevado porcentaje de los residuos que son generados van directamente al vertedero, o a veces ni eso, cabe recordar que hasta hace bien poco los electrodomésticos y a veces residuos domésticos se tiraban en laderas, montes y cualquier lugar alejado, pero en plena naturaleza, lo que genera un impacto visual y ambiental.

Para ello tenemos los sistemas de recogida selectiva de flujos diferenciados, éstos tienen un rol importante a la hora de incrementar la tasa de reciclado lo que conlleva a la disminución de residuos vertidos. Una buena gestión de residuos contribuirá al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales y en definitiva a conseguir un desarrollo sostenible.

Los residuos se pueden clasificar en inertes, urbanos, no peligrosos y peligrosos. A la hora de tratar estos residuos hay que seguir unas pautas donde se tienen que poner en práctica los criterios de jerarquía para la gestión de los mismos, promover la reducción, reutilización, reciclado, valorización y finalmente su correcta eliminación. A todo ello hay que añadir que las instalaciones adecuadas para su tratamiento cumplan con la normativa y la legislación vigente.

El proceso en el que se centra este trabajo el de compostaje para el tratamiento de lodos generados en una depuradora de aguas residuales urbanas. En un proceso de compostaje, la materia orgánica residual “residuos urbanos o lodos de la depuradora” es uno de los métodos más eficaces para la obtención de un producto orgánico estable. Logrando así una reducción del volumen del residuo, una reducción de la materia orgánica libre de patógenos y sustancias xenobióticas, pudiendo ser utilizada en la agricultura el compost final.

Uno de los principales problemas en el uso del compost son los metales pesados y los compuestos orgánicos tóxicos, por lo que hay restricciones legales en su utilización con el fin de prevenir la posible contaminación de suelos y aguas subterráneas.

Las depuradoras de aguas residuales (EDAR) deben asegurar su correcta gestión conforme a la Ley 22/2011 del 28 de julio de residuos y suelos contaminados. La gestión deberá de realizarse respetando los principios de la política de residuos relativos a la protección del medio ambiente y salud humana. Aplicando de forma correcta y jerárquicamente las opciones de gestión establecidas por dicha ley.

3. OBJETIVOS

El principal objetivo del trabajo es diseñar un proceso de compostaje para el tratamiento de lodos de una depuradora de aguas residuales urbanas, con una capacidad de 25000 t/año y que permita:

- Eliminar la cantidad de residuos
- Reducir los olores
- Reducir el peso y volumen de los lodos
- Eliminar los organismos patógenos
- Transformar la materia orgánica en un producto estable y útil

El presente proyecto, se realizan varios planos:

- Plano de situación
- Plano general de la zona
- Plano de las instalaciones de la planta de compostaje
- Plano detalle del edificio auxiliar
- Plano del túnel de compostaje

En el diagrama de Gantt se estiman los periodos de inicio de obra y fin de la misma, también se especifican las tareas y el plazo de cada una.

En el presupuesto se muestran los siguientes costes:

- Costes de suelo
- Costes de permisos de obras
- Costes de edificación
- Costes de mobiliario
- Costes de elementos de seguridad
- Coste de equipos

4. UBICACIÓN

La planta de compostaje se ubicará en Villapérez, en el concejo de Oviedo (Asturias).

La elección de la ubicación se ha hecho en base a los siguientes puntos:

- Lugar cercano a Gijón, Lugones y Siero
- Buenas comunicaciones con el resto de la región
- Disponibilidad de los servicios adecuados para la planta, además de estar al lado de la estación de aguas residuales de Villapérez, lo que reduce los costes de transporte de los lodos

En la Figura 1 se muestra la localización de la parcela (identificada con la etiqueta 371 y señalada, con un círculo en color rojo). La parcela tiene una superficie de 3.816 m^2 .
[2]

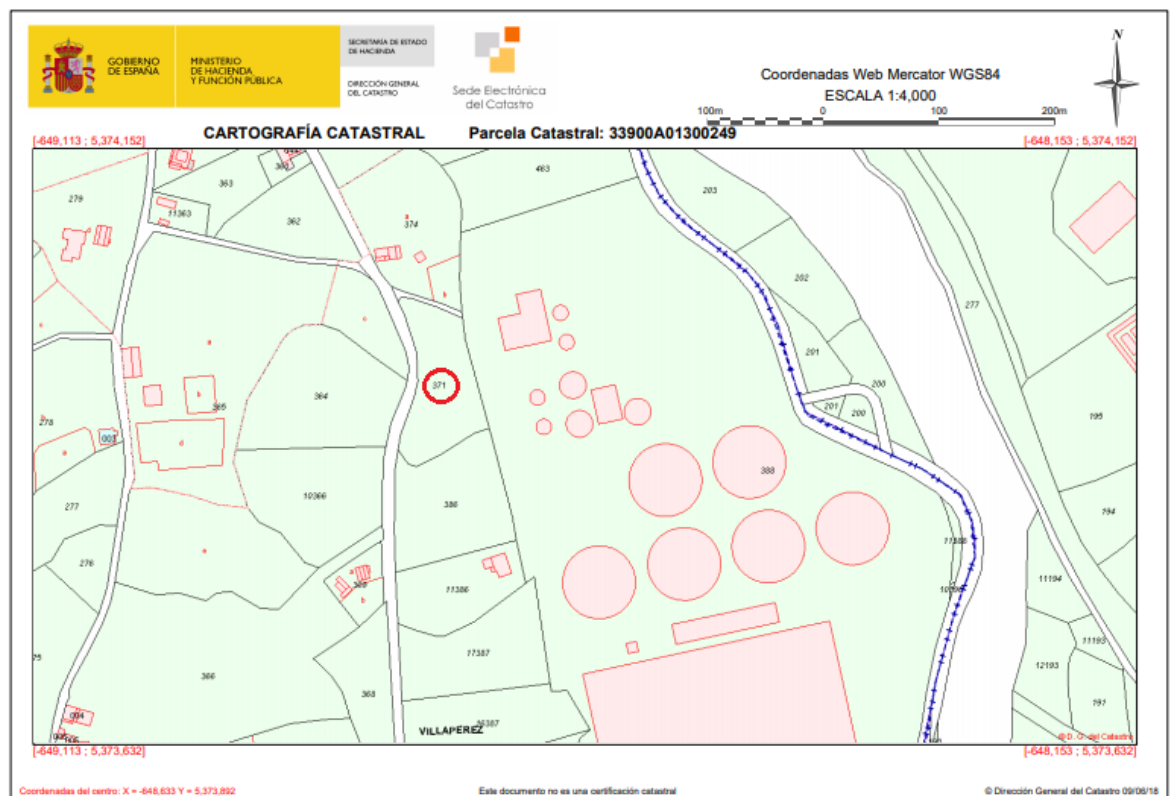


Figura 1. Referencia catastral de ubicación de la planta. (Fuente: Catastro).

5. LEGISLACIÓN

La producción de los lodos de las depuradas de aguas residuales, son utilizados en gran parte por el sector agrario.

Se ha constatado el carácter perjudicial que pueden presentar estos lodos cuando se encuentran concentraciones de metales pesados que superen el umbral establecido, por lo que resulta necesario establecer un marco normativo donde se tenga en cuenta todo el proceso de producción y su posterior utilización en el sector agrario.

5.1. Normativa Europea

Directiva Europea de lodos: Directiva 86/278/CEE del consejo de 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medioambiente y en particular, a los suelos en la utilización de los lodos de una depuradora de aguas residuales urbanas.

Directiva del consejo 91/271/CEE del 21 de mayo de 1991 relativa al tratamiento de aguas residuales urbanas.

Directiva del consejo 98/83/CEE del 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad del agua.

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

5.2. Normativa Española

Real Decreto 1310/1990 de 29, de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

A estos efectos el Real decreto entenderá:

«Lodos de depuración»: Los lodos residuales salidos de todo tipo de estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas, urbanas o de aguas residuales de composición similar a las anteriormente citadas, así como los procedentes de fosas sépticas y de otras instalaciones de depuración similares utilizadas para el tratamiento de aguas residuales.

«Lodos tratados»: Son los lodos de depuración tratados por una vía biológica, química o térmica, mediante almacenamiento a largo plazo o por cualquier otro procedimiento apropiado, de manera que se reduzca de forma significativa su poder de fermentación y los inconvenientes sanitarios de su utilización.

«Actividad agraria»: La encaminada a la producción de especies vegetales con finalidad alimentaria, para el consumo humano o ganadero, o con otras finalidades no alimentarias.

«Utilización»: Cualquier sistema de aplicación de los lodos al suelo, tanto en superficie como en su interior realizada con fines agrarios.

Se establecen las siguientes restricciones:

a) Aplicar lodos tratados en praderas, pastizales y demás aprovechamientos a utilizar en pastoreo directo por el ganado, con una antelación menor de tres semanas respecto a la fecha de comienzo del citado aprovechamiento directo.

b) Aplicar lodos tratados en cultivos hortícolas y frutícolas durante su ciclo vegetativo, con la excepción de los cultivos de árboles frutales, o en un plazo menor de diez meses antes de la recolección y durante la recolección misma, cuando se trate de cultivos hortícolas o frutícolas cuyos órganos o partes vegetativas a comercializar y consumir en fresco estén normalmente en contacto directo con el suelo.

En las siguientes Tablas 1,2 y 3 se muestran los valores máximos permitidos de las siguientes sustancias:

- Valor límite de concentración de metales pesados en suelos

Tabla 1. Metales pesados (mg/kg) de materia seca de una muestra representativa de los suelos.

Parámetro	Suelos con pH<7	Suelos con pH>7
Cadmio	1	3
Cobre	50	210
Níquel	30	112
Plomo	50	300
Zinc	150	450
Mercurio	1	1.5
Cromo	100	150

- Valor límite de concentración de metales pesados en los lodos destinados a su utilización agraria

Tabla 2. Metales pesados (mg/kg) de materia seca de una muestra destinada a la utilización agraria.

Parámetro	Suelos con pH<7	Suelos con pH>7
Cadmio	20	40
Cobre	1000	1750
Níquel	300	400
Plomo	750	1200
Zinc	2500	4000
Mercurio	16	25
Cromo	1000	1500

- Valores límites para las cantidades anuales de metales pesados que se podrán introducir en los suelos basándose en una media de diez años

Tabla 3. Metales pesados (kg/Ha/año).

Parámetro	Valor límite
Cadmio	0.15
Cobre	12
Níquel	3.00
Plomo	15.00
Zinc	30.00
Mercurio	0.10
Cromo	3.00

1. Análisis de los lodos

Los lodos de depuración deberán analizarse, al menos, cada seis meses en la fase de producción.

Si surgen cambios en la calidad de las aguas tratadas, la frecuencia de tales análisis deberá de aumentarse.

En el caso de depuradoras con capacidad de tratamiento inferior a 300 kg DBO_5 por día, el análisis de los lodos se limitará a una vez al año.

Los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros deberán de especificarse los nombres y ubicación de las depuradoras en su caso, y el de las entidades locales u otros titulares, constituirá la documentación que obligatoriamente acompañará a las partidas comercializadas para su control en destino.

Los parámetros que, como mínimo, deben ser analizados son los siguientes:

- Materia seca
- Materia orgánica
- pH
- Nitrógeno
- Fósforo
- Cadmio
- Cobre
- Níquel
- Plomo
- Zinc
- Mercurio
- Cromo

Orden de 26 de octubre de 1933 sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

Real Decreto 2116/1998 de 2 octubre quedando modificado el Real decreto 509/1996, de 15 marzo de desarrollo del Real Decreto 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Orden AAA/1072/2013 de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario

Artículo 1. Objeto.

Esta orden tiene por objeto actualizar el contenido del Registro Nacional de Lodos y la información que deben proporcionar las instalaciones depuradoras de aguas residuales, las instalaciones de tratamiento de los lodos de depuración y los gestores que realizan la aplicación en las explotaciones agrícolas de los lodos de depuración tratados, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

Artículo 2. Información sobre las estaciones depuradoras de aguas residuales.

Todo titular de una estación depuradora de aguas residuales remitirá al órgano competente de la comunidad autónoma donde esté ubicada, la información contenida en el anexo I.

Esta información se referirá a cada año natural, y se remitirá antes del 1 de marzo del año siguiente.

Artículo 3. Documento de identificación.

Los lodos de depuración tratados deberán ir acompañados de un documento de identificación durante su transporte desde la instalación de tratamiento hasta las explotaciones agrarias en las que serán aplicados.

Este documento contendrá la información referida en el anexo II; será emitido y firmado por la instalación de tratamiento de los lodos de depuración y firmado por los gestores que realizan la aplicación agrícola.

Artículo 4. Información sobre la aplicación de los lodos de depuración en el suelo con fines agrarios.

Cumplimentar la información contenida en el anexo III, para cada una de las aplicaciones de lodos que efectúen, entendiendo como aplicación la utilización de una partida de lodos de depuración de la misma procedencia sobre una determinada parcela, y entregar una copia de dicho anexo al usuario, que la deberá conservar durante, al menos, tres años, de conformidad con lo establecido en el artículo 5 del Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre.

Remitir anualmente al órgano competente de la Comunidad Autónoma donde lleve a cabo la actividad de aplicación de los lodos de depuración tratados, la información contenida en el anexo IV de las aplicaciones efectuadas en el año en esa Comunidad Autónoma, para cada partida de lodos

Artículo 5. Obligaciones de información.

Las comunidades autónomas remitirán al Registro Nacional de Lodos, adscrito a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, anualmente y antes del 1 de abril del año siguiente, la información contenida en el anexo I sobre las estaciones depuradoras de aguas residuales ubicadas en su comunidad autónoma y la información contenida en el anexo IV.

Artículo 6. Remisión de la información por vía electrónica.

En esta Orden para su incorporación al Registro Nacional de Lodos se efectuará por medios electrónicos.

Plan Nacional de Lodos de las Depuradoras de Aguas Residuales

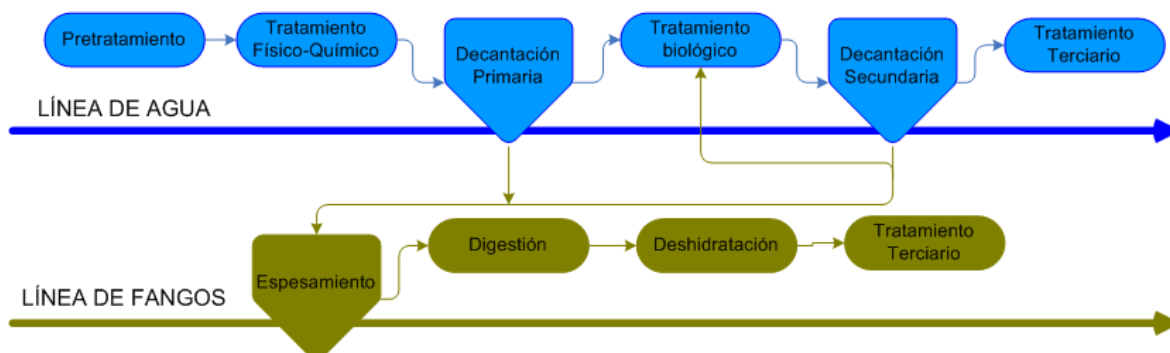


Figura 2. Línea de agua y de lodos en una EDAR.

5.3. Gestión de lodos en las EDAR

En las EDAR la gestión de lodos debe de respetar la jerarquía para la gestión de residuos actualmente se muestra a continuación en forma de pirámide y los objetivos para el año 2020 es conseguir invertir la pirámide con el fin de minimizar el impacto ambiental.

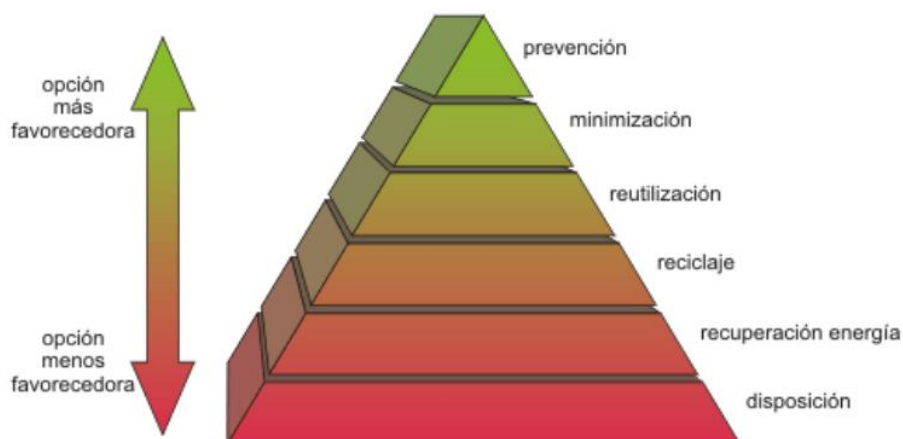


Figura 3. Jerarquía en la gestión de residuos. (Fuente: Recytrans)

Según la orden 26 de octubre de 1993, del ministerio de agricultura y pesca, relativa al control sobre la gestión de lodos por parte de las responsables estaciones depuradoras.

En dicha orden se solicita en los anexos a las depuradoras:

- Información en los periodos establecidos por dicha orden
- Análisis de parámetros químicos
- Trazabilidad de los lodos, de tal manera que se vean reflejadas en cada caso las cantidades de lodos producidas y sus destinos finales.
- Destino de los lodos
- Una correcta aplicación en suelos agrícolas, aplicando correctamente la cantidad necesaria

Para garantizar al máximo los puntos anteriores será necesario una buena coordinación y cumplimiento de las normas entre los departamentos competentes entre medio ambiente, agricultura y calidad de las aguas de las diferentes administraciones

En el marco del Plan Nacional de Lodos (PNLD) se ha elaborado una guía para prevenir la contaminación de éstos originada por las actividades industriales en ella se identifican las sustancias contaminantes que pueden proceder de los vertidos industriales y también medidas para su prevención.

En las comunidades autónomas cabe destacar el esfuerzo llevado a cabo en materia de prevención y reducción de la contaminación de los lodos, así como en la regularización y control de los vertidos, tratando de evitar la entrada de residuos industriales a las EDAR.

En lo referente a la valorización de lodos de EDAR en suelos agrícolas destaca una iniciativa llevada a cabo entre Ministerio de medioambiente (MMA) y el Ministerio de Agricultura , Pesca y Medioambiente (MAPAMA) y el Instituto de Investigaciones Agrarias (INIA) han elaborado el mapa de materia orgánica y metales pesados en suelos agrícolas y pastizales. En él se delimitan las áreas en función de su mayor o menor contenido en materia orgánica y metales pesados.

A partir de la información obtenida en cuanto a concentraciones de dichas sustancias se tomará la decisión de aplicar o no lodos en los suelos.

5.3.1. Planes Nacionales de lodos en las EDAR

El Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020, desarrolla la política de prevención de residuos, conforme a la normativa vigente para avanzar en el cumplimiento del objetivo de reducción de los residuos generados en 2020 en un 10 % respecto del peso de los residuos generados en 2010. Este programa describe la situación actual de la prevención en España, realiza un análisis de las medidas de prevención

existentes y valora la eficacia de las mismas. A continuación se muestran las líneas estratégicas para la prevención:

- Reducción de la cantidad de residuos
- Reutilización y alargamiento de la vida útil de los productos
- Reducción del contenido de sustancias nocivas en materiales y productos
- Minimizar los impactos adversos sobre la salud humana y medioambiente

Actualmente la concentración de metales pesados encontrados en los lodos de las depuradoras en los últimos años ha disminuido considerablemente, esto es debido a un buen control del vertido de las aguas a la red de saneamiento. También se han implementado tratamientos que disminuyen la cantidad de lodos resultantes de la depuración, así como tratamientos que mejoran la estabilización de éstos y su higienización, consiguiendo así un menor impacto ambiental. [3]

Los objetivos en el plan integral de residuos para los lodos son los siguientes:

- Mejorar el sistema de información sobre la gestión de lodos
- Mayor control de las aplicaciones agrícolas evitando la contaminación por un mal uso
- Asegurar infraestructuras para el almacenamiento, tratamiento y eliminación
- Seleccionar los tratamientos adecuados en concordancia con su destino final
- Aplicar la política de gestión de residuos a la gestión de lodos
- Impulsar una buena cooperación entre los responsables del saneamiento y los de gestión de residuos
- Clarificar las competencias para autorizar y controlar las operaciones de gestión de lodos
- Conseguir minimizar el consumo energético procedente de una fuente no renovable en los tratamientos aplicados a lodos
- Minimizar la cantidad de lodos destinados a vertederos

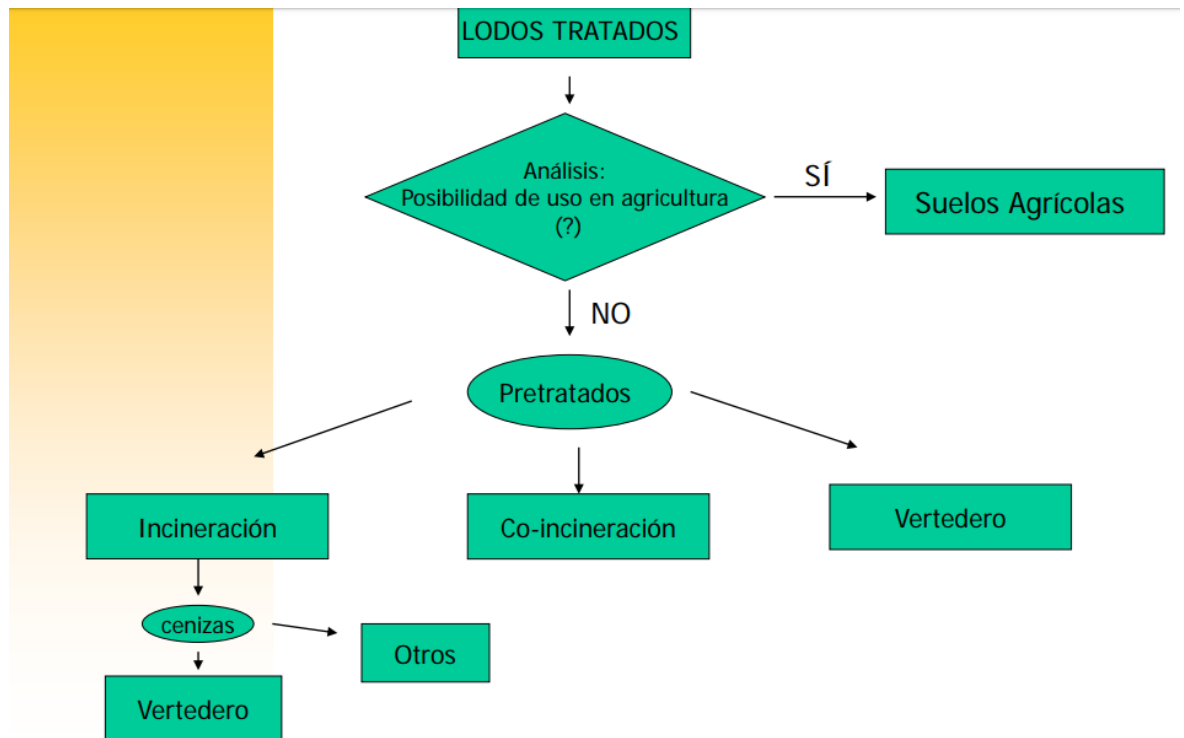


Figura 4. Diagrama de tratamiento de lodos. (Fuente: MAPAMA).

5.3.2. Normativa para la producción de fertilizantes a partir de residuos

Real Decreto 535/2017, de 26 de mayo 2017 por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

En el anexo V se especifican los criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos

- Porcentaje de nitrógeno orgánico, deberá ser al menos un 85 por ciento del nitrógeno total, salvo que en los requisitos específicos del tipo se dispongan otros valores
- Humedad, en los abonos granulados o peletizados, el contenido máximo en humedad permitido, expresado en porcentaje en masa, será del 14%, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente
- Granulometría, en los abonos orgánicos y las enmiendas orgánicas, el 90% del producto fertilizante, deberá pasar por una malla de 10 mm, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente. Este requisito no obliga a los productos que están industrialmente granulados o peletizados
- Límites máximos de microorganismos

La materia prima transformada, lista para ser usada como ingrediente de abonos orgánicos de origen animal, debe ser sometida a un proceso de higienización que garantice

que su carga microbiana no supera los valores máximos establecidos en el Reglamento (CE) N.º 1069/2009.

En los fertilizantes de origen orgánico, se acreditará que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos: Salmonella: Ausente en 25 g de producto elaborado Escherichia coli < 1000 número más probable (NMP) por gramo de producto elaborado.

- Límite máximo de metales pesados

Los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de metales pesados indicado en la siguiente tabla, según sea su clase A, B o C:

Tabla 4. Límites de concentración de metales pesados

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca		
	Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0.7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0.4	1.5	2.5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI)	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial

Clase A: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna A.

Clase B: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna B.

Clase C: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna C.

- Limitaciones de uso

Los productos fertilizantes elaborados con componentes de origen orgánico se aplicarán al suelo siguiendo los códigos de buenas prácticas agrarias. En las zonas designadas como vulnerables la aplicación de estos productos se ajustará al programa de actuación establecido en cada caso.

Los productos de la clase C no podrán aplicarse sobre suelos agrícolas en dosis superiores a 5 toneladas de materia seca por ha y año. En zonas de especial protección, las Comunidades Autónomas modificaran, en su caso, la cantidad anterior.

- Límite máximo de furfural

En los productos que contengan como materia prima lignosulfonatos, lodos procedentes de la industria del papel o de la elaboración de azúcar, se acreditará que no supera el 0,05% p/p como límite máximo de contenido de furfural (2 furaldehído)

- Límite máximo de polifenoles

En los productos que contengan como materia prima subproductos o residuos procedentes de almazaras, se acreditará que no superan el 0,8% p/p como límite máximo de contenido de polifenoles.

5.3.3. *Gestión actual de lodos en Asturias*

Según la Directiva 91/271/CEE la aplicación de la misma conlleva a un incremento de la producción en las depuradoras.

Hoy en día en Asturias se producen unas 66.000 t/año de lodos generadas en las EDAR, se gestionan en COGERSA. Estos lodos al tener constituyentes ricos en nitrógeno, fósforo y materia orgánica son destinados a la utilización en el sector agrario, la Directiva 86/278/CEE fomenta y regula su utilización en dicho sector.

Las cantidades de lodos generados en las depuradoras públicas urbanas del Principado de Asturias, llegan en su totalidad a COGERSA situada en Serín mediante acuerdo con el Consorcio de Aguas de Asturias, entidad que tiene encomendada la explotación de todo el sistema público de saneamiento de Asturias. Tal como se muestra a continuación en las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5. Residuos generados en las EDAR por el Consorcio de aguas (t/año), Principado de Asturias.

TIPO DE RESIDUO	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Residuos asimilables a urbanos	3.586	4.013	3.092	3.777	3.353	3.416
Lodos de depuradora	59.349	52.939	54.433	55.728	50.728	50.835
Total	62.935	56.952	57.525	59.505	54.081	54.251

Los lodos son recogidos en cada depuradora y fosas sépticas, por medio de transportistas autorizados, mediante recogidas periódicas.

Tabla 6. Relación de lodos compostados y eliminación de éstos en vertederos, Principado de Asturias.

Año	Lodos compostados		Eliminación en vertedero		Total
	Toneladas	%	Toneladas	%	
2010	12.650	16.9	62.175	83.1	74.825
2011	15.831	23.1	52.563	76.9	68.394

Tabla 7. Relación de lodos compostados y porcentaje respecto al lodo tratado, Principado de Asturias.

Año	Lodo compostado (t/año)	% respecto al lodo tratado	Compost comercializado (t/año)
2010	12.650	17%	2.016
2011	15.831	23%	3.901

No fue hasta el año 2010 cuando se inició el compostaje de lodos, anteriormente los lodos destinados iban directamente al vertedero.

En el año 2011 se valorizaron 15.831 t de lodos, lo que conlleva la reducción de materia orgánica en el vertedero logrando así un buen rendimiento del nivel de aprovechamiento de los residuos. De los lodos que se compostaron fueron comercializados un total de 3.901, fuera del Principado de Asturias, principalmente en la comunidad de Castilla y León. [4]

En base a planes o iniciativas como el Plan Estratégico para el Fomento de la Agricultura Ecológica de la Consejería se espera que cambie esta tendencia hacia una mayor utilización de abonos y enmiendas naturales que incrementen la actual y futura demanda del mismo.

La gestión de lodos en una depurada se basa en los siguientes puntos:

Prevención del residuo, tanto en cantidad como en cuanto a su composición, es decir minimizar la posibilidad de que se generen lodos que no sean aptos para su valorización por alguno de los procesos que se indicarán a continuación y que, por tanto, deban eliminarse en vertedero.

Los lodos de EDAR urbanas no valorizados in situ o por aplicación adecuada al terreno para uso agrícola siguiendo los correspondientes requisitos legales, se tratarán en las instalaciones por dos vías:

1. Compostaje, con una capacidad de 25000 t/año.
2. Mediante el secado térmico hasta preparar un material susceptible de valorización energética.

6. LODOS EN LA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES

En el tratamiento de las aguas residuales son sometidas a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen por objeto reducir la concentración de los contaminantes y permitir el vertido de los efluentes depurados, minimizando los riesgos tanto para el medio ambiente, como para las poblaciones. Las depuradoras de aguas residuales también conocidas como (EDAR) originan unos subproductos conocidos como fangos o lodos. La procedencia de los sólidos producidos en las plantas de tratamiento depende del tipo de planta y del modo de explotación de ésta.

Las principales fuentes de sólidos y lodos en una EDAR son debidos a:

- Desbaste: Sólidos y gruesos
- Desarenado: Espumas y arenas
- Decantación primaria: Espumas y fango primario
- Tanques de aireación: Sólidos en suspensión
- Sedimentación secundaria: Fango secundario y espumas
- Instalaciones de tratamiento de fangos: Fango, compostaje y cenizas.

También se deben de tener en cuenta los siguientes procesos generados en los tanques de sedimentación primarios y secundarios:

- Espesamiento, incrementa la concentración de lodos
- Estabilización, reduce la fracción biodegradable de lodos
- Acondicionamiento, mejora las características del lodo facilitando su deshidratación
- Deshidratación, reducción del contenido en agua

En la Figura 5 se muestra un diagrama de flujo de los procesos que tienen lugar en una EDAR. [5]

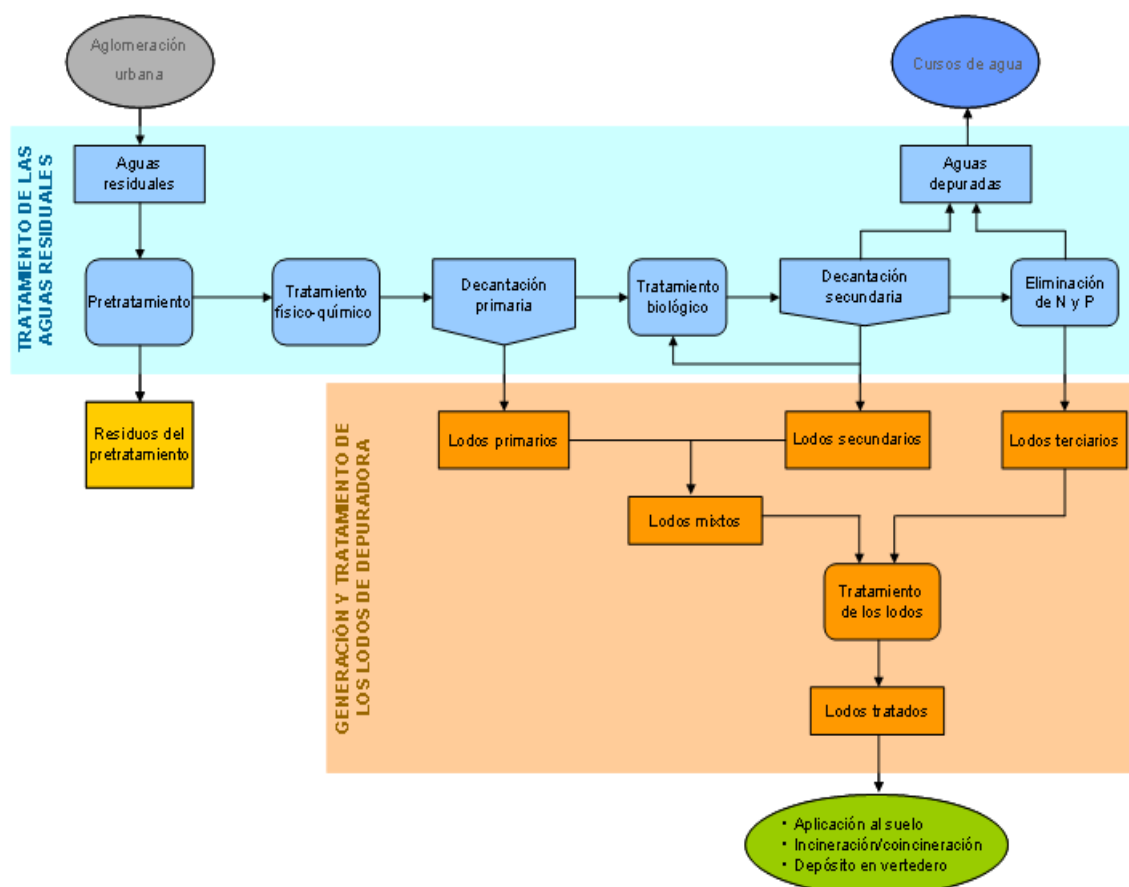


Figura 5. Diagrama de flujo de los procesos en una EDAR. (Fuente:MAPAMA).

6.1. Definición de lodos

Los lodos de una depuradora de aguas residuales son originados por una mezcla de agua proveniente de nuestro consumo diario (baños, cocinas, etc) como resultado de aplicar varios tratamientos a las aguas.

Según el Real Decreto 1310/1990 del 29 de octubre, por el cual se regula la utilización de lodos de depuración en el sector agrario, se definen como los lodos que se generan en estaciones de depuración que tratan aguas residuales domésticas, urbanas o de otros orígenes, así como lodos residuales de fosas sépticas y de otras instalaciones similares para el tratamiento de aguas residuales.

6.1.1. Composición de los lodos

La composición de los mismos dependerá de cual sea su origen. Se caracterizan por ser un residuo extremadamente líquido con más de un 95% de agua, su composición es variable y dependerá de la carga de contaminación del agua residual de origen y de las características técnicas de los tratamientos llevados a cabo. Los tratamientos del agua concentran la contaminación presente en el agua, por lo que los lodos van a contener una gran diversidad de materias suspendidas o disueltas. Muchas de ellas con materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en menor proporción calcio (Ca), magnesio (Mg) y otros micronutrientes esenciales para las plantas. Otras en cambio tienen un alto potencial contaminante como son los metales pesados, como el cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) asimismo patógenos y contaminantes de origen orgánico.

Según la orden AAA/1072/2013 del 7 de junio, sobre la utilización de lodos en el sector agrario, los lodos que vayan a ser utilizados en este sector va a ir acompañados de un documento de identificación en el que se especifiquen los siguientes parámetros, a partir de los cuales va determinar la calidad del lodo:

- Parámetros microbiológicos: Salmonella, Escherichia coli, Coliformes totales, Coliformes fecales
- Parámetros agronómicos: Materia seca, Materia Orgánica total, pH, C/N, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total, Fósforo total, Potasio total, Calcio total, Magnesio total y hierro
- Metales pesados: cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn)

También se pueden encontrar microcontaminantes orgánicos.

- (LAS) Sulfonatos de Alquibenceno
- (AOX) Compuestos orgánicos halogenados
- (DEHP) Di-(2-Ethilhexil)-Ftalato
- (NPE) Nonifenol y Nonifenoletoxilados
- (PAH) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- (PCB) Bifenilos Policlorados
- (PCDD/F) Dioxinas y Furanos
- (PBDE) Difenil Eteres Bromados

6.1.2. Propiedades físicas de los lodos

La densidad de un lodo seco es de 0,5-0,6 t/m³ y presenta un tamaño de granulometría de tipo fino. En la siguiente tabla se muestran las distintas propiedades físicas de los lodos secos. [6]

Tabla 8. Propiedades físicas de los lodos. (Fuente: cedexmateriales)

Densidad (t/m ³)	0.5-0.6
Peso específico	1.64-1.72
Humedad	50-70
Pérdida al fuego	57.2-60.8%
Valor de pH	8.10-5.50
Residuo del tamiz 180 µm (%)	4-5
Residuo del tamiz 90 µm (%)	80-99.6

6.2. Biometanización

El proceso de digestión anaerobia o biometanización consiste en la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno obteniendo, un producto gaseoso conocido como biogás y un producto digerido conocido como digestato.

El gas obtenido contiene una alta proporción en metano (CH₄ concentración superior al 60% en el gas), lo que le permite ser utilizado como fuente de energía. En el digestato permanecen componentes como el nitrógeno y el fósforo, lo que le confiere propiedades como fertilizante.

Fases de la digestión anaerobia

Esta fase está caracterizada por la existencia de cinco grandes poblaciones bacterianas, las cuales actúan catalizando tres procesos consecutivos: hidrólisis, acidogénesis (formación de ácidos) y metanogénesis (formación de metano), las cuales:

- Etapa hidrolítica, los compuestos orgánicos complejos, como lípidos, proteínas e hidratos de carbono, son hidrolizados, por acción de enzimas hidrolíticas, en moléculas solubles y fácilmente degradables, como azúcares, ácidos grasos de cadena larga, aminoácidos, alcoholes, etc.

- Etapa acidogénica, los compuestos solubles obtenidos de la etapa anterior se transforman en ácidos grasos de cadena corta (ácidos grasos volátiles), esto es, ácidos acético, propiónico, butírico y valérico, principalmente.
- Etapa acetogénica, los compuestos intermedios son transformados por las bacterias acetogénicas, como principales productos se obtiene ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. El metabolismo acetogénico es muy dependiente de las concentraciones de estos productos

Etapa metanogénica, constituye la etapa final del proceso, en el que compuestos como el ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono son transformados a CH_4 y CO_2 .

Se distinguen dos tipos principales de microorganismos, los que degradan el ácido acético (bacterias metanogénicas acetoclásticas) y los que consumen hidrógeno (metanogénicas hidrogenófilas). La principal vía de formación del metano es la primera, con alrededor del 70% del metano producido, de forma general.

La naturaleza y la composición química del sustrato va a acondicionar la composición cualitativa de la población bacteriana de cada etapa, de manera que se establece un equilibrio fácilmente alterable cuando algún tóxico no permite el desarrollo de alguna de las poblaciones.

Mientras que en las fases de hidrólisis-acido-génesis los microorganismos involucrados suelen ser facultativos, para la tercera fase los microorganismos son estrictos, y con tasas máximas de crecimiento del orden de 5 veces menores a las acidogénicas. Esto significa que si las bacterias metanogénicas tienen algún problema para reproducirse y consumir los ácidos, estos se acumularán, empeorando las condiciones para los microorganismos, responsables de la producción de metano. [7, 8]

7. PROCESO DE COMPOSTAJE

Se define como un proceso biológico aerobio exotérmico mediante el cual se produce la descomposición biológica y posteriormente una estabilización de la materia orgánica, bajo unas condiciones que permitan el desarrollo de temperaturas en el rango termófilo ($>45^{\circ}\text{C}$), los principales objetivos del proceso son, conseguir que la materia orgánica sea inalterable, higienizar, suprimir las malas hierbas y patógenos, así como la aminorar el peso y volumen de los materiales a compostar. Obtendremos así un producto final estable, al que se le denomina compost.

Los principales beneficios del compost son:

- Disminuir la cantidad de residuos que van al vertedero
- El producto final se utiliza en agricultura, jardinería, paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos principalmente.
- Higienización de la materia orgánica, consiguiendo una reducción o eliminación de los microorganismos patógenos presentes
- Reducción de olores en el producto final
- No requiere gran inversión



Figura 6.Compost. (Fuente: Heuramedioambiente).

7.1. Fases del proceso de compostaje

En el proceso de compostaje se diferencian dos etapas la de descomposición y la estabilización o humificación de la materia orgánica.

En la etapas de descomposición las moléculas complejas se degradan a moléculas orgánicas e inorgánicas más simples, es un proceso exotérmico debido a la actividad biológica.

En el proceso de estabilización o humificación se forman macromoléculas nuevas a partir de moléculas sencillas formadas durante el proceso de descomposición, o de moléculas ya presente en los sustratos a compostar. Las macromoléculas procedentes de la humificación son denominadas sustancias húmicas y se caracterizan por presentar una gran resistencia a los procesos posteriores de descomposición. Estos procesos darán lugar a distintas transformaciones y dependerá de la etapa en la que se encuentre. Está singularizada por la actividad de diferentes grupos de microorganismos. Las fases de compostaje son cuatro de acuerdo con la clasificación de [9, 10]

1. Fase mesofílica o inicial, en esta fase pueden hallarse bacterias hemofílicas, actinomicetos y hongos de naturaleza mesofílica. Como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos, la temperatura se eleva hasta los 40°C, el valor del pH disminuye de un valor neutro a acidificarse en un rango de 5-6 debido a la descomposición de moléculas como son las proteínas en aminoácidos, los lípidos y glúcidos en ácidos pirúvicos, esto da lugar a la aparición de hongos mesofílicos más resistentes a estas condiciones de humedad y pH. La relación C/N en esta fase debe de estar en torno a 30, es importante tener en cuenta esta relación de carbono nitrógeno. El carbono es el principal componente que aporta la energía necesaria para los microorganismos y el nitrógeno es imprescindible para la constitución de moléculas, si se superase el valor de concentración C/N la actividad biológica disminuiría, en cambio si tuviésemos una alta concentración de nitrógeno(N) se consumiría rápidamente la fuente de oxígeno y se liberaría un exceso de amoníaco que sería tóxico para la población bacteriana.
2. Fase Termofílica: en esta fase la temperatura continúa en ascenso hasta llegar a valores de 75°C, las poblaciones de bacterias y hongos mesofílicos se ven afectados de forma que pueden morir o permanecer en un estado de latencia, en cambio las bacterias, actinomicetos y hongos termofílicos se encuentran en su

óptimo de actividad, llegando a generar más calor que los mesófilos. Las sustancias fácilmente degradables como proteínas, azúcares y lípidos son rápidamente consumidas y la mayoría de patógenos eliminados debido a estar sometidos a altas temperaturas durante días. A su vez el pH se recupera y se alcaliniza pasando de 5.5-7.5 como consecuencia del consumo de los ácidos orgánicos y al aumento de la concentración de amonio por descomposición de proteínas. En esta fase se observa que el color del compost se va oscureciendo y los malos olores van desapareciendo.

3. Fase mesofílica o de enfriamiento: en esta fase la temperatura desciende desde los 75°C hasta llegar a temperatura ambiente esto se debe a que los nutrientes y energía van disminuyendo con ello la actividad de los microorganismos termófilos hasta provocarles la muerte, en cambio reaparecen los microorganismos mesófilos cuando se alcanzan valores entre los 40-45°C, que degradarán biopolímeros, más resistentes como la celulosa y la lignina.
4. Fase de maduración: el pH y la temperatura se estabilizan. Los actinomicetos desempeñan un papel importante en la formación de los ácidos húmicos, esto son asiduamente productores de antibióticos que impiden el crecimiento de bacterias y patógenos. En ésta última fase se producirá una estabilización y mineralización de la materia orgánica obteniendo un producto humificado.[10]

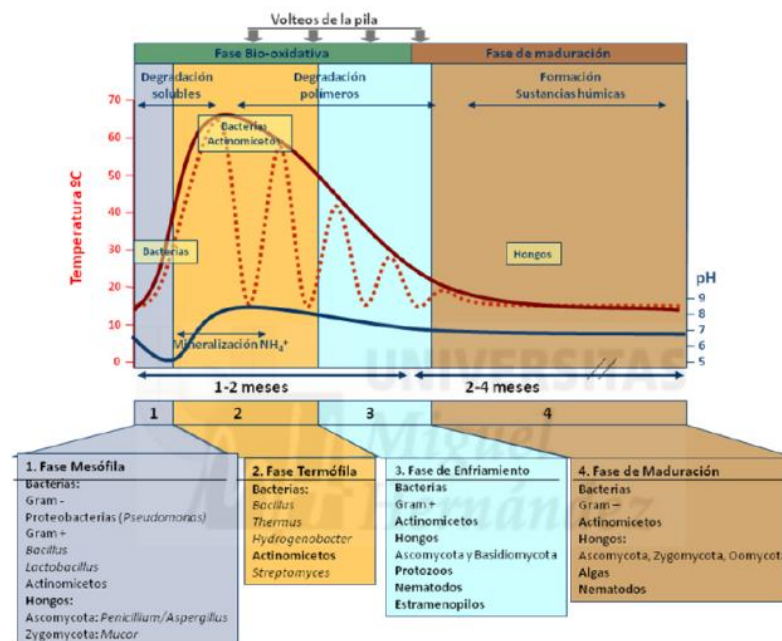


Figura7.Evolución de temperatura y pH. Fases de compostaje y poblaciones microbianas asociadas a cada una de ellas. (Moreno y Mormeneo, 2008).

Para conseguir un proceso óptimo se deberán de encontrar unas condiciones de operación en donde sean mínimo el tiempo en las fases de descomposición. Se trabajará en condiciones y con el uso de tecnologías donde se almacene la masa en un recinto cerrado y controlando la aireación, temperatura, humedad y otros parámetros para conseguir tiempos de descomposición de pocas semanas.

7.1.1. Factores que condicionan el proceso de compostaje

Se pueden clasificar en dos tipos:

- De seguimiento, son aquellos en los que hay que medirlos durante todo el proceso y éstos deben de estar en el rango adecuado.
- Los relativos a la naturaleza del sustrato, éstos se deben de medir y adecuar al principio del proceso.

Factores de seguimiento

- *Temperatura*

El proceso de compostaje es un proceso exotérmico y sufre una serie de variaciones de temperatura durante su desarrollo. Las bacterias aerobias pueden desarrollarse en diferentes rasgos de temperaturas

- Psicrófilo 15-20°C
- Mesófilo 25-35°C
- Termófilo 50-60°C

Las temperaturas superiores al intervalo termófilo óptimo inhiben la actividad biológica pero también mejoran las condiciones higiénicas del compost. Si el compost se expone a temperaturas mayores de 55°C, durante dos semanas se logra matar a los patógenos, ocurre lo mismo con una temperatura mayor de 70°C durante una hora.

- *pH*

Durante la fase inicial se produce una disminución de éste debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica produciendo una liberación de los ácidos orgánicos. En la segunda fase se alcaliniza porque se genera amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. En la última etapa el pH tiene de la neutralidad debido a que se forman compuestos húmicos

- *Humedad*

En el proceso de compostaje es de gran importancia que se alcancen unos niveles óptimos del 40-60%, imprescindible para las necesidades fisiológicas de los

microorganismos. Si el contenido de humedad es mayor de ese porcentaje, el agua ocupará el volumen de todos los poros y por tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir produciría una putrefacción de la materia orgánica. En cambio si la humedad es excesivamente baja la actividad de los microorganismos disminuirá y el proceso será más lento.

La humedad máxima dependerá de las características físicas del material a compostar.

- Oxígeno

Se fijan unos niveles óptimos para el oxígeno ya que si se produce una excesiva aireación provocaría un enfriamiento de la masa y una disminución actividad microbiana. Por ello los niveles óptimos son del 15 al 20 por 100.

El oxígeno es esencial para la descomposición aerobia, aunque también puede hacer descomposición anaerobia con bajos niveles de oxígeno. Esto produce malos olores y un proceso lento de biodegradación. Para mantener el nivel de oxígeno suficiente se practica la mezcla y la ventilación, consiguiendo eliminar gas metano y el dióxido de carbono generados.

Factores relativos a la naturaleza del sustrato

- Relación C/N

El carbono y el nitrógeno son dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por eso para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación entre 25-30.

Si la relación C/N es muy elevada, disminuirá la actividad biológica debido a un defecto de N que actúa como nutriente para las bacterias.

Una relación muy baja también afecta al proceso ya que producirá una pérdida de exceso de nitrógeno en forma de amoníaco y puede resultar tóxico para las bacterias del proceso.

Por eso es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para llegar a obtener un compost equilibrado.

- Tamaño de partícula

Un tamaño educido de partícula incrementa la velocidad de las reacciones químicas de descomposición. Los tamaños deben de ser entre 1-4 cm, deben evitarse tamaños muy pequeños ya que pueden originarse problemas de compactación excesiva e impidan la aireación.

- Porosidad

Es un parámetro clave para garantizar la correcta difusión del oxígeno en el interior del material y por tanto asegurar las condiciones aerobias necesarias para el proceso biológico.

- Materia orgánica

Es fundamental conocer su contenido para determinar su calidad agronómica

- Nutrientes

Sustancias como el nitrógeno, carbono y el fósforo son macronutrientes y micronutrientes que desempeñan un papel importante en la síntesis enzimática.

- Conductividad eléctrica

Está definida por la concentración en sales de los residuos de partida, las dosis de compost que se añaden a un suelo deben estar recogidas a la CE del compost. Si hubiese exceso en la salinidad dificultaría la absorción de agua de las raíces de las plantas. [11]

7.1.2. Diseño y control del proceso

- Mezcla y siembra: para obtener unas proporciones óptimas de humedad y C/N la mezcla se puede realizar la mezcla de diferentes tipos de residuos. De igual modo se puede realizar una siembra lo que implica la adición de un volumen de cultivo microbiano suficientemente grande para conseguir una descomposición más rápida del material receptor.
- Mezcla y volteo: el mezclado inicial de los residuos orgánicos es esencial para aumentar o disminuir el contenido en humedad hasta conseguir un nivel óptimo. La mezcla se puede utilizar para conseguir una distribución más uniforme de nutrientes y microorganismos.
- El volteo es un factor operacional muy importante para mantener la actividad aerobia, el volteo puede depender del contenido de humedad, características de los residuos o necesidades del aire, es muy difícil especificar una frecuencia mínima de volteo o número de vueltas. Para un residuo que contenga una humedad máxima de 66% y un periodo de compostaje de 15 días se sugiere hacer el primer volteo en el tercer día, después se debería de voltear cada dos días haciendo un total de cuatro o cinco vueltas.

Consumo de oxígeno y aireación: la aireación debe de cubrir tres tipos de demandas:

1. Estequiométrica de oxígeno para las reacciones de descomposición de la materia orgánica
2. Aire para la evacuación de humedad sobrante
3. Aire para evacuar la cantidad de calor resultante del proceso de descomposición, para mantener la temperatura controlada

En los procesos de aireación forzada como son los sistemas de pila estática aireada y en biorreactores el requerimiento de aire total y la tasa de flujo de aires son parámetros esenciales para el diseño.

La velocidad a la que se consume el oxígeno o la frecuencia de aireación no tiene por qué ser constante a lo largo del proceso y depende de la evolución de las tres demandas descritas.

La concentración óptima de oxígeno intersticial en la FAS (fracción de volumen no ocupada por el sólido ni por el agua), según diversos autores varía, y recomiendan valores superiores al 5% y algunos casos entre el 15% y el 21%.

- Requerimiento estequiométrico de oxígeno: tanto el calor emitido como el requerimiento de oxígeno puede obtenerse a partir de las reacciones de combustión de los diferentes compuestos.
- Evacuación de la humedad: la necesidad de aire para evacuar la humedad sobrante se puede calcular a partir de las propiedades psicrométricas del aire, suponiendo que el aire saldrá saturado de humedad a la temperatura de la masa en compostaje y del caudal de agua a extraer, conociendo las condiciones iniciales y estimando las condiciones de humedad finales requeridas de la masa.

No se pueden generalizar valores concretos de demanda de aire para este fin, puesto que depende de factores como la presión atmosférica, humedad del aire de entrada, humedad del sustrato, etc, las necesidades suelen ser superiores a las estequiométricas, del orden de 5 a 10 veces superiores, aumentando por encima de éstos valores a medida que presente más humedad el sustrato inicial.

- Evacuación del calor: los sistemas de compostaje aerobios pueden funcionar en ambas regiones de temperatura, mesofílico 30-38°C (85-100°F) o termofílico 55-60°C (131-140°F), suponiendo que el rango de trabajo se realiza en la región

termofílica, una vez alcanzada la temperatura de operación alrededor de 55°C el calor generado ha de ser igual al calor evacuado con el fin de evitar temperaturas de inactivación de los microorganismos.

Si tenemos en cuenta que la actividad biológica va ligada a un aumento de temperatura, debe de evitarse una evacuación excesiva que baje la temperatura y ralentice el proceso antes de completarse la descomposición del material biodegradable. En conclusión el control de la temperatura es un factor limitante del proceso.

El cálculo de los requerimientos de aireación para cubrir esta demanda se pueden realizar a partir del calor generado según la estequiometría, cual será igual a la suma de los calores evacuados mediante: el calor de vaporización del agua evacuada, calor sensible del agua evacuada, y calor sensible del aire seco, de los tres el primero es el más importante ya que los requerimientos de aire pueden llegar a doblar a los debidos a la evacuación de humedad dependiendo de la humedad inicial.

En general, los requerimientos de aireación para la evacuación del calor superan a los de la evacuación de humedad, siendo por tanto los controlantes del proceso. Por ello la evacuación de humedad será siempre superior a la requerida y deberá de disponerse de un sistema de riego o humectación cuando la humedad baje por debajo de valores críticos es decir por debajo del 40%.

- Generación de calor: el aumento del temperatura es un factor determinante para el desarrollo de la actividad de los microorganismos, ya que ha de impedir el crecimiento y diseminación de los patógenos durante el proceso de compostaje esto conlleva a la eliminación de los mismos generando un producto final libre de los mismos.

El rango óptimo de temperaturas está comprendido entre 52 y 60°C, si se mantienen temperaturas superiores puede llegar a inactivar a los microorganismos responsables del proceso, si no se llegasen a los valores óptimos no se aseguraría la higienización del producto.

Para el compostaje en hileras, la temperatura es regulada variando la frecuencia del volteo, en general la temperatura caerá de 5 a 10°C después de realizar de realizar el volteo, pero horas después irá a los niveles iniciales. Las temperaturas de las hileras descienden después de los 10 días cuando se oxida el material orgánico, se combina el control de volteo y la humectación.

El tiempo para alcanzar la temperatura máxima puede oscilar entre 2 y 10 días, esos tiempos dependen de las características del material a compostar y del control realizado. Un proceso corto puede implicar que el material obtenido no sea maduro, por lo que es imprescindible hacer test de madurez del producto obtenido.

- Tasa de aireación: el consumo de oxígeno y la temperatura de la masa el compostaje están relacionadas de manera que a elevadas temperaturas la tasa de consumo de oxígeno es superior a la media estimada, presentando valores pico. El sistema de aireación ha de permitir una buena evacuación del calor cuando se alcancen dichos valores.

La subida de temperatura en los residuos de fermentación se produce por las reacciones exotérmicas asociadas al metabolismo respiratorio. En los sistemas de pilas intervienen la difusión molecular y la convección natural del aire debida al gradiente térmico, éste segundo fenómeno es el más importante y mediante el volteo debe de garantizar el mantenimiento de una FAS elevada para permitir la circulación del aire, evitando la compactación e impidiendo el paso a la convección.

La altura óptima de estas pilas o hileras volteadas oscilan entre los 1 y 3 metros, las pilas de una dimensión menor no permiten un adecuado gradiente de temperaturas y si fuesen mayores de las descritas facilitarían la compactación [12]

- Control del pH: es un parámetro importante para controlar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos, éste varía con el tiempo durante el proceso de compostaje. También influye el grado de aireación ya que si no es adecuado se producirán condiciones anaerobias, los ácidos se consumirán lentamente y el pH puede caer por debajo de 5 con una parada del proceso.

En los primeros días el pH desciende hasta 5 o por debajo de éste debido a la producción de compuestos orgánicos intermedios, mayormente ácidos orgánicos grasos volátiles, a medida que aumenta la temperatura y la masa microbiana crece éstos ácidos son consumidos y el pH sube hasta valores entre 7.5 y 8.5 aumentando la alcalinidad del medio debido a la generación de CO_2 , que en parte se disolverá en forma de bicarbonato. Esto confiere la propiedad tampón a la masa manteniendo el pH bastante estable hasta el final del proceso, en el que puede disminuir ligeramente.

De manera general los hongos toleran un rango de pH más amplio que las bacterias. El valor ideal para éstas se encuentra entre 5.5 y 8 si se supera éste último valor se produce

una disminución de la actividad biológica. Uno de los efectos de la no regulación de éste, es el producido sobre el nitrógeno amoniacal que pasa a amoniaco con un alto pH, y altamente volátil. Es difícil controlarlo durante el proceso y a la vez costoso ya que se puede corregir mediante la adición de productos químicos.

La tendencia del nitrógeno es difícil definir ya que no se puede llegar a generalizar su evolución. Un sustrato inicial con un alto contenido en proteínas y una relación C/N baja dará lugar los primeros días a un aumento del nitrógeno amoniacal, como resultado de la descomposición proteica. Si aumenta la temperatura y el pH este nitrógeno pasará a ser amoniaco que se volatilizará en el aire. En esta parte del proceso va a ser necesario utilizar un sistema de lavado de aire húmedo efluente para recuperar el amoniaco y evitar emisiones de ésta sustancia a la atmósfera. Una relación C/N equilibrada puede mejorar la situación pero es difícil controlar la pérdida de nitrógeno. En cualquier caso se puede activar al final del proceso un sistema de nitrificación, favorecido por la alta concentración de alcalinidad, nitrógeno amoniacal y oxígeno, no siendo consumido por las bacterias heterótrofas debida a la baja concentración de materia orgánica biodegradable. Como consecuencia de este proceso aumentará la concentración de nitritos y nitratos y disminuirá el pH por el consumo de alcalinidad (carbono inorgánico), esto es un indicador de que el proceso de descomposición ha concluido.

- Higienización del compost: los residuos orgánicos que se van a compostar son portadores de patógenos de origen humano, animal o vegetal, ya sean virus o bacterias. La destrucción de éstos es un importante elemento de diseño del proceso de compostaje ya que afectará a perfil de temperatura y al proceso de aireación. Otros agentes a tener en cuenta son los huevos o larvas y semillas de malas hierbas. Todos ellos serán eliminados a altas temperaturas durante un periodo de tiempo, en el rango de valores del proceso de compostaje. La tasa de mortalidad de los patógenos está en función del tiempo y de la temperatura, pese a que cada organismo se comporta de forma diferente no pueden generalizarse tanto los tiempos como las temperaturas y en el caso de los virus pueden darse condiciones químicas y biológicas de termorresistencia como se muestra a continuación en la siguiente tabla, la mayoría de los patógenos serán destruidos cuando todas las partes de la pila de compost estén sometidas aproximadamente a 55°C, solamente unos pocos sobrevivirán a temperaturas superiores de los 67°C durante un corto periodo de tiempo. Se podrán eliminar todos los microorganismos patógenos dejando que la masa que está fermentándose llegue a una temperatura de 70°C durante 1 o 2 horas. [13,14]

Tabla 9. Temperatura y tiempo de exposición necesario para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes. (Tchobanoglous).

Organismo	Observaciones
Salmonella typhosa	Deja de crecer por encima de los 46°C, muere a los 30 min a 55-60°C, en un ambiente de compost es destruida en poco tiempo
Salmonella sp.	A los 55°C muere en 1 hora y a los 60°C entre 15-20 min
Shigella sp.	Muerte a 55°C en 1 hora
Escherichia coli	La mayoría a los 55°C muere en 1 hora y dentro de 15-20 min a 60°C
Entamoeba histolytica cysts	Mueren en pocos minutos a 45°C y dentro de pocos segundos a 55°C
Taenia saginata	Mueren en un breve periodo de tiempo a los 55°C
Trichinella spiralis larva	Mueren a 55°C y rápidamente a los 60°C
Brucella abortus	Entre los 62-63°C mueren en 3 minutos y tardan 1 hora a los 55°C
Micrococcus pyrogenes var. aureus	Muerte a los 10 minutos a 54°C
Streptococcus pyogenes	
Mycobacterium tuberculosis var. hominis	Muerte a los 66°C en 15-20 min o después de un calentamiento momentáneo a 67°C
Corynebacterium diphtheriae	Muerte a los 45 min a 55°C
Necator americanus	Muerte a los 50 min a 45°C
Ascaris lumbricoides huevos	Muerte en menos de 1 hora por encima de 50°C

La presencia de patógenos y parásitos en la materia prima en una planta de compostaje ha de cumplir toda la normativa de higiene y seguridad para evitar el mínimo riesgo en la planta. [15, 16]

7.1.3. Determinación del grado de madurez del compost

Un compost maduro es un compost térmicamente estabilizado. Si se aplicase un compost sin un adecuado grado de madurez, podría tener consecuencias graves.

- A altos niveles C/N produce un bloqueo del nitrógeno en el suelo
- Gran aumento de la temperatura en el suelo
- Acumulación de sustancias fitotóxicas
- Disminución del contenido de oxígeno en las raíces
- No se eliminan microorganismos patógenos

A continuación se proponen, los siguientes métodos para determinar el grado de evaluación:

Parámetros sensoriales, nos dan una idea aproximada del grado de madurez del compost, no es un método fiable al cien por cien

- Temperatura: las variaciones producidas en la temperatura son el resultado de la actividad metabólica de los microorganismos, es un buen indicador del final de la fase bio-oxidativa, en donde la curva de la temperatura se estabiliza, dando a entender que el compost ha adquirido cierta madurez
- Color: a medida que se va oscureciendo el compost se va acercando a la fase de maduración, llegando a obtener un color parduzco, esto se debe a la formación de grupos cromóforos y a la formación de melanoidinas.
- Olor: cuando el compost es fresco, desprende malos olores debido a la presencia de sustancias amoniacales y en general ácidos orgánicos, estos olores van desapareciendo a medida que va madurando el compost.[17]

1. Evolución de la biomasa microbiana

- Análisis de constituyentes fácilmente biodegradables: es la relación entre el carbono orgánico total y el porcentaje de carbohidratos solubles en agua caliente.
- Parámetros bioquímicos de la actividad microbiana: se basan en identificar la microflora específica y en el estudio de enzimas que indican la actividad celular en cada fase del compostaje. [18]
- Respirometría: es una de las técnicas más fiables como indicador de la madurez, se estudia la respiración del compost (absorción de oxígeno o desprendimiento de anhídrido carbónico. Se considera un compost maduro cuando no consume más de 40 mg de O_2 por Kg de materia seca en una hora tras haber sido incubado durante un periodo de tres días.

2. Métodos químicos

- Relación C/N: cuando los residuos empleados son lodos de depuradora o purines (residuos ganaderos) con altos contenidos en nitrógeno, deja de ser fiable ya que al inicio del proceso se sitúa en torno a 10, estos valores de C/N tan bajos, indica que se pierde mucho nitrógeno en forma de amoníaco tanto que a veces la relación C/N se mantiene casi invariable a lo largo del proceso.
- Determinación de NH_4^+ y NO_3^- : cuando en el proceso de compostaje aparecen cantidades de nitritos y/o nitratos se puede considerar al compost como maduro.
- Presencia de compuestos reductores: del tipo amoníaco o sulfhídrico indican un potencial redox inadecuado, es un indicativo de está todavía en un periodo de intensa descomposición.

Métodos biológicos, es de los ensayos más fiables ya que pueden detectar productos fitotóxicos, no detectables por los anteriormente descritos. [19]

- Método de germinación: fueron propuestos por Sphon y Zucconi el más utilizado es el último donde utiliza semillas de *Lepidium Sativum* que calcula el índice de germinación, porcentaje de germinación y el crecimiento de las raíces. [18, 19]
- Método de crecimiento: se trata de observar la evolución del compost sobre distintos vegetales siendo los más comunes son el maíz y la cebada.

Con los métodos descritos con anterioridad se puede tener una idea de que no existe un método universal para determinar la madurez.

Los métodos descritos están basados en la evaluación de parámetros determinables por técnicas rápidas, sencillas y reproducibles. [20]

7.1.4. Técnicas del compostaje

Hay diversos tipos de compostaje, cuyo objetivo principal que es el de transformar los residuos sólidos orgánicos para la producción de compost.

Los sistemas para el proceso de descomposición aerobia controlada se clasifican en los siguientes modelos:

- Compostaje en hileras o pilas estáticas
- Compostaje en trincheras
- Compostaje en reactores
- Compostaje en túneles

Compostaje en hileras o pilas estáticas

Los materiales se agrupan en filas o hileras en una longitud que puede ser del orden de 20 m o más, con una sección transversal triangular o trapezoidal con una altura de 1 a 3 m y una base con una anchura de 3 a 4 m, o la que corresponda para mantener la estabilidad del talud lateral. Se sigue la evolución de la temperatura, humedad u oxígeno intersticial y se voltea según la algorítmica de control establecida.

El proceso se puede desarrollar en el exterior o en locales cubiertos, dependiendo de la pluviometría de la zona y de los requerimientos de control de las emisiones gaseosas establecidas por las autoridades ambientales.

La aireación puede realizarse simplemente por volteo o con aireación forzada. En este caso las pilas de material a compostar se disponen sobre suelos con sistemas con sistemas de ventilación por tubos. El sistema de ventilación se activa mediante sondas de temperatura, lo cual permite un mayor control sobre el proceso y puede reducir el tiempo de descomposición respecto al sistema de hileras volteadas.

Si el sistema de aireación funciona por aspiración, este permite un control sobre las emisiones gaseosas aún en caso de llevarse a cabo el proceso en ambientes abiertos.

Los gases se conducen a un sistema de biofiltro u otro proceso de tratamiento de emisiones gaseosas. Cubrir las pilas de compost maduro permite un cierto grado de aislamiento térmico, de control de la humedad y de mejora de la distribución del flujo de aire. [21]

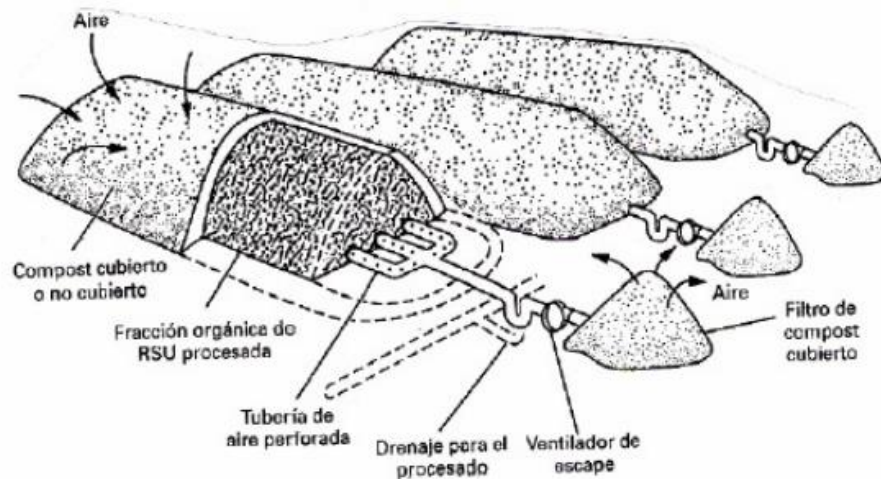


Figura 8. Sistema de pilas estáticas aireadas. (Fuente: Rynk et al.1992).

Compostaje en trincheras

Una disposición que puede considerarse como la combinación de las dos anteriores, es la de agrupar y disponer los materiales a compostar entre dos paredes paralelas, como un cajón alargado o trinchera. Sobre las paredes actuando como rieles, circula una máquina volteadora que realiza las mismas funciones que en hileras volteadas, pero cuyo movimiento puede ser programable, en función de las variables de control, o siguiendo una velocidad constante prefijada. A su vez, la parte inferior de la hilera puede disponer de un sistema de succión de aire, como una pila estática.

El lento avance del material en compostaje, por efecto de la volteadora, puede permitir obtener el producto compostado final de la trinchera, si las dimensiones y tiempos han sido adecuadamente proyectados, posibilitando un grado elevado de automatización.

Compostaje en reactores o recipientes cerrados, estáticos o dinámicos

Se lleva a cabo dentro de un contenedor o recipiente cerrado. Existe una gran variedad de diseños en reactores o recipientes cerrados para controlar el proceso de compostaje. Su clasificación es complicada y la mayoría supone la utilización de elementos mecánicos móviles, menos en el sistema de túneles estáticos, implica que es un limitante para la operación por los requerimientos de mantenimiento. [22]

Se pueden clasificar en:

- *Reactores horizontales continuos de flujo pistón*

El movimiento de la masa se realiza mediante pistones hidráulicos que desplazan la masa en compostaje o mediante movimiento de la base sobre rieles u otro sistema, como tambores giratorios. Algunos diseños se basan en tambores giratorios ligeramente inclinados. La ventilación es forzada, en aspiración o impulsión.

- *Reactores verticales continuos*

La alimentación se realiza por la parte superior y se va retirando el producto compostado por la parte inferior, manteniendo el tiempo de retención adecuado. El flujo es de tipo pistón. Hay sistemas que incorporan una distribución vertical de platos para mantener una fracción vacía amplia, esto implica un buen flujo de aire.

- *Reactores discontinuos de mezcla completa*

Estos sistemas de agitación pueden ser de eje horizontal o de eje vertical y en este caso de tipo barrena. En función de la dimensión del reactor deberán de utilizarse varias barrenas.

- *Reactores discontinuos sin agitación*

Este es uno de los más utilizados en la actualidad, combina la sencillez de las pilas estáticas aireadas con la ventaja del proceso en el reactor cerrado, permitiendo el control de todas las variables, el tratamiento de los gases emitidos y un grado elevado de automatización. Esta tecnología es conocida como compostaje en túnel y el sistema de aireación puede ser en modo aspiración o en modo impulsión.

Una vez que se ha dispuesto el material se cierran las compuertas y se inicia la secuencia de ventilación. La humedad se controla mediante sistema de riego, localizado en el techo del túnel y el aire es conducido a un sistema de tratamiento a recirculación.

Tabla 10. Condiciones de operación según la tecnología de compostaje

	Temperatura	Tiempo mínimo	Observación
Compostaje en pilas o hileras	≥55°C	2 semanas	Número mínimo de volteos =5
Compostaje en pilas o hileras	≥65°C	1 semana	Número mínimo de volteos=2
Compostaje en reactor	≥60°C	1 semana	-
Digestión anaerobia	≥55° C	24 horas	Tiempo retención hidráulica = 20 d
Digestión anaerobia	<55° C	Pretratamiento o postratamiento térmico a 70 ° C durante 1 hora	-
Digestión anaerobia	<55°C	Compostaje post digestión	-

Tabla 11. Comparación de procesos de compostaje aerobio

Información	Hilera	Pila estática aireada	En reactor, aireación forzada con agitación (dinámica)	En reactor, aireación forzada sin agitación (flujo pistón)
Costes de inversión	Generalmente bajos	Generalmente bajos en sistemas pequeños, pueden llegar a ser altos en sistemas grandes	Generalmente altos	Generalmente altos
Costes operacionales	Generalmente bajos	Altos (en sistemas de fangos cuando se utilizan agentes agregados)	Generalmente bajos	Generalmente bajos
Necesidades de terreno	Altas	Altas	Bajas, pero pueden incrementarse si se requiere un secado o maduración de la hilera.	Bajas, pero pueden incrementarse si se requiere un secado o maduración de la hilera.
Control del aire	Limitado si no se utiliza aireación forzada	Completo	Completo	Completo
Control operacional	Frecuencia de volteo, enmendado o reciclaje con adición de compost	Tasa de flujo de aire	Tasa de flujo de aire, agitación o reciclaje con adición de compost	Tasa de flujo de aire, enmendado o reciclaje con adición de compost
Sensibilidad al tiempo frío o húmedo	Sensible a menos que esté cubierto	Comprobado en climas fríos y húmedos	Comprobado en clima fríos y húmedos	Comprobado en climas fríos y húmedos
Control de olores	Depende de la alimentación, fuente potencial de gran extensión	Puede ser una fuente de gran extensión, pero puede controlarse	Potencialmente bueno	Potencialmente bueno
Problemas operacionales potenciales	Sensible a cambios meteorológicos.	El control de la tasa de flujo de aire es crítico, para canalizar o cortar el suministro de aire	Alta flexibilidad operacional, puede ser complejo	Potencial para canalizar o para cortar el suministro de aire, el sistema puede ser mecánicamente complejo

Otros equipos de compostaje

El proyecto de la planta de compostaje ha de contemplar el control de las emisiones gaseosas, de los lixiviados, de la medida del tamaño de partícula final, función de la demanda del mercado y de todas las construcciones o locales cubiertos.

La distribución final por tamaño, así como el cribado inicial, se realiza mediante tamices rotativos de gran tamaño, o tromeles. Existen diseños transportables, indicados para dar servicio a varias plantas pequeñas. [23]

El sistema de tratamiento de emisiones gaseosas puede tener diferente grado de complejidad. Cuando se prevén pérdidas importantes de amoníaco es necesaria la aplicación de un sistema de lavado, de absorción y/o sistema de recuperación en forma de sal amoniacal. El tratamiento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, principales responsables de problemas de malos olores, suele realizarse a través de filtros biológicos (biofiltros), consistentes en un lecho de material vegetal o compost con actividad microbiana. El proceso se basa en la adsorción sobre el lecho poroso y posterior descomposición biológica de este medio, que deberá mantenerse en condiciones de humedad y porosidad adecuadas.

En función de la composición inicial del residuo puede producirse una lixiviación durante los primeros días del proceso. Este lixiviado será requerido posteriormente para cubrir la necesidad de agua para mantener la humedad por encima del 40%. En este caso debe disponerse de un recipiente o balsa de almacén tampón, con el consiguiente sistema de drenaje y conducción.

En general, el proceso de compostaje es deficitario en agua, de manera que deberá disponerse del suministro de agua necesario, ya sea de red, de lluvia o de la separación previa del residuo húmedo a tratar. Cuando el contenido en sales del residuo sea muy alta (conductividad eléctrica muy superior a valores recomendables agronómicamente), será recomendable el lavado de la pila con agua de red y el drenaje del lixiviado salino para su posterior tratamiento. [24]

Como el rendimiento de los distintos procesos de compostaje correctamente operados, en hileras, pila estática aireada o en reactor, es esencialmente el mismo, la selección de procesos alternativos se basa sobre cuestiones como la inversión y funcionamiento, disponibilidad del terreno, complejidad operacional, y el potencial para causar problemas. [25]

Hace falta recalcar que no necesariamente una tecnología sofisticada es siempre más controlable, ni una simple es más barata a largo plazo. Como consideración final, debe tenerse en cuenta que una operación de compostaje bien realizada, y un producto de calidad de características estables en el tiempo, es altamente dependiente de su

funcionamiento y mantenimiento correcto, del diseño adaptado a las necesidades y sobre todo de las características de la materia prima a compostar. [26,27]

8. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Se realizará el diseño de una planta de compostaje a partir de lodos procedentes de aguas residuales urbanas generadas por una planta EDAR.

8.1. Descripción del proceso

Las plantas de compostaje han utilizado tradicionalmente la disposición en forma de pilas o montañas para procesar residuos orgánicos, aunque el rendimiento de los distintos procesos de compostaje (hileras, pila estática aireada, biorreactor) correctamente operados es esencialmente el mismo.

Su elección se basa en muchos factores, como factores económicos, técnicos, medioambientales, complejidad operacional, normativa, así como de los propios residuos a tratar así como el lugar donde se va a realizar. [28]

Hemos considerado varios aspectos fundamentales en la elección y hemos seleccionado el compostaje en túneles (reactores horizontales) debido principalmente a:

- Espacios más limitados
- Menor producción de olores
- Mayor control de las condiciones
- Se evita la pérdida de material producida por inclemencias meteorológicas

Con este tipo se evita que el proceso quede al aire libre, de forma que introduciendo el material a compostar en túneles cerrados se pueden controlar constantemente las condiciones de operación. Los parámetros que vamos a controlar son: aireación, nivel de humedad y temperatura.

8.1.1. Proceso adoptado

El proceso que se lleva a cabo va desde la recepción de los lodos hasta la obtención del compost, y consta de las siguientes operaciones:

- Almacenamiento y preparación de los residuos a compostar
- Mezcla
- Fermentación
- Maduración
- Afino y almacenamiento de compost
- Ensacado

- Tratamiento de gases
- Gestión de aguas y lixiviados

8.1.2. Diagrama del proceso

En el siguiente diagrama de bloques se describe el proceso propuesto

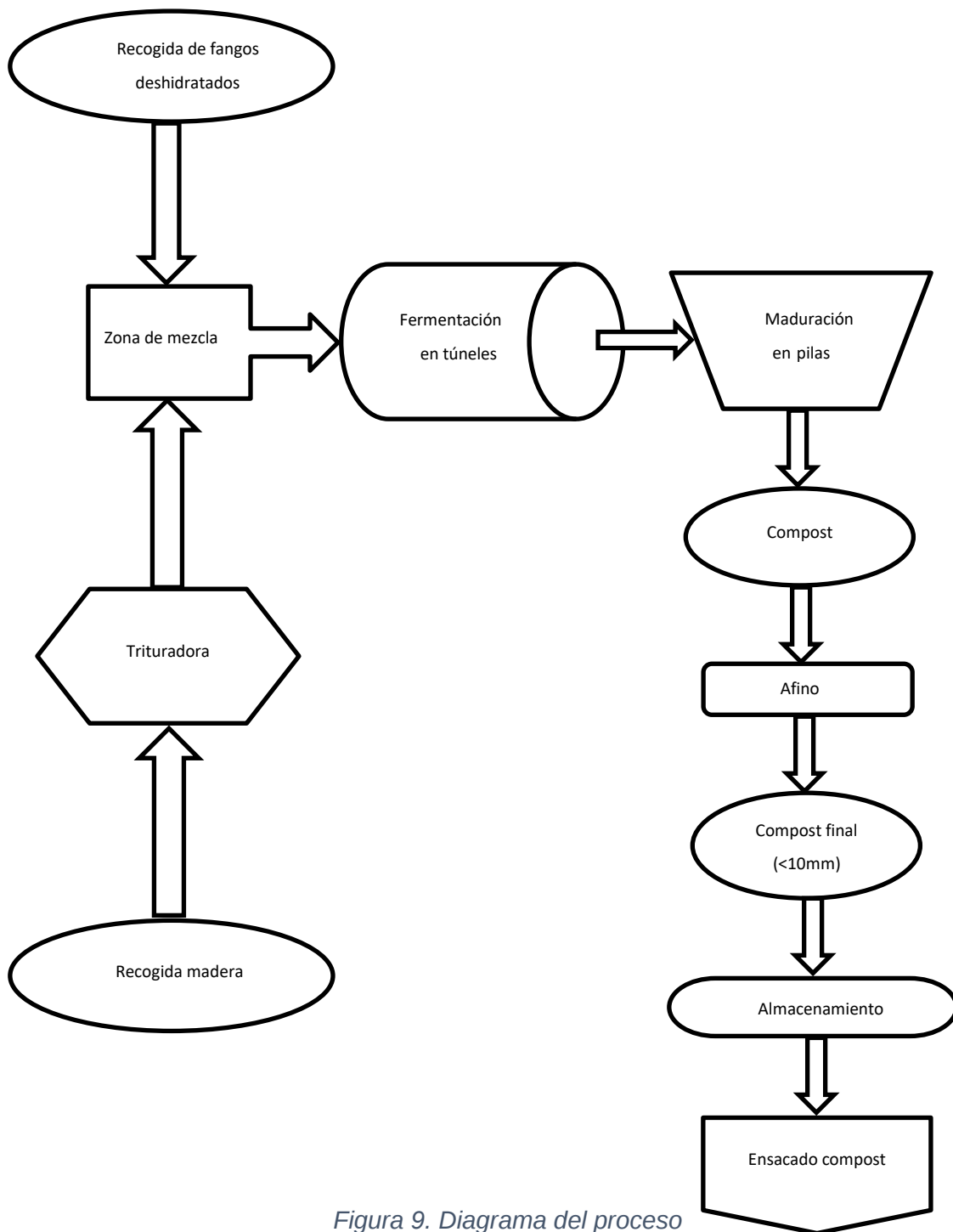


Figura 9. Diagrama del proceso

8.2. Datos de partida

Como dato de diseño del proceso propuesto se toman 25000 t/año de fango deshidratado, que es la producción anual de una depuradora de aguas residuales urbanas, según la información facilitada por la propia planta de tratamiento. Estos fangos presentan una humedad del 63,3% y una relación C/N de 4.

Tabla 12 .Características de los fangos a tratar. (*Tchobanoglous y Xavier Elias*).

Parámetro	Unidad	Valor
pH		8.55
Humedad	%	63.3
Materia orgánica	%	45.15
COT	%	11.55
Carbono	%	26.68
Azufre total	%	0.40
Nitrógeno	%	2.91
Relación C/N		4

Para conseguir una buena distribución del oxígeno en toda la masa se hace necesaria la adición de un material de soporte que proporcione estructura y porosidad a los fangos a compostar. Además, este material soporte puede cumplir otras funciones tales como absorber el exceso de humedad o contribuir al equilibrio de nutrientes.

Debemos buscar un residuo (estructurante) para ajustar la relación carbono/nitrógeno de los lodos a valores óptimos, que como hemos dicho anteriormente están comprendidos entre 15 y 30, en nuestro caso vamos a escoger una relación óptima de 25.

Teniendo en cuenta que la relación C/N de los fangos es 4, hemos seleccionado los residuos de madera como material estructurante.

Tabla 13. Relación C/N y contenido en nitrógeno. (Tchobanoglous y Xavier Elias).

Material	Porcentaje N	Relación C/N
Residuos de procesamiento de comida		
Residuos de fruta	1.52	34.8
Residuos de mataderos	7.0-10.0	2.0
Pieles de patatas	1.5	25.0
Estiércoles		
Estiércol de vaca	1.7	18.0
Estiércol de caballo	2.3	25.0
Estiércol de cerdo	3.75	20.0
Estiércol de aves de corral	6.3	15.0
Estiércol de oveja	3.75	22.0
Fangos		
Fangos digeridos activados	1.88	15.7
Fangos crudos activados	5.6	6.3
Madera y paja		
Residuos de aserraderos	0.13	170.0
Paja de avena	1.05	48.0
Serrín	0.10	200.0-500.0
Paja de trigo	0.3	128.0
Madera	0.07	723.0
Papel		
Papel mezclado	0.25	173
Papel de periódico	0.05	983
Papel marrón	0.01	4.490
Revistas comerciales	0.07	470
Correo basura	0.17	223
Residuos de jardín		
Recortes de césped	2.15	20.1
Hojas (caídas recientemente)	0.5-1.0	40.0-80.0
Biomasa		
Jacinto de agua	1.96	20.9

8.3. Cálculo de la mezcla a compostar

A continuación se muestran los cálculos realizados para obtener las mezclas de lodo y madera con una relación C/N de 25. Calculamos la cantidad de carbono y de nitrógeno aportada por el lodo y el estructurante (tablas 12 y 13), lo que nos permite obtener los kg de fangos por kg de residuo de madera que debe tener la mezcla. [29]

Tabla14. Cantidades a añadir de C y N a la mezcla.

1 kg de madera	1 kg de fangos
H_2O: $1 \times 0.25 = 0.25$ kg	H_2O: $1 \times 0.633 = 0.633$ kg
Materia seca: $1 - 0.25 = 0.75$ kg	Materia seca: $1 - 0.633 = 0.367$ kg
N: $0.75 \times 0.07 = 0.0525$ kg	N: $0.367 \times 0.0291 = 0.0107$ kg
C: $723 \times 0.0525 = 37.958$ kg	C: $4.0 \times 0.0107 = 0.0428$ kg

$$\frac{C}{N} = 25 = \frac{C \text{ en 1 kg de madera} + x(C \text{ en 1 kg de fangos})}{N \text{ en 1 kg de madera} + x(N \text{ en 1 kg de fangos})} \quad (1)$$

Sustituyendo en la ecuación (1) con los datos de la tabla 14

$$\frac{C}{N} = 25 = \frac{37,958 + X * 0,0428}{0,0525 + X * 0,0107}$$

x = peso de fangos necesarios

X= 163,07 kg fangos / kg madera

Como vamos a tratar 25000 t/año de fangos, conocida la proporción de cada componente de la mezcla a compostar hallamos la cantidad de madera que vamos a necesitar

$$25000 \frac{t \text{ fangos}}{\text{año}} \times \frac{t \text{ madera}}{163,07 t \text{ fangos}} = 153,31 \frac{t \text{ madera}}{\text{año}} \quad (2)$$

Expresamos la producción de los fangos y de la madera en m³/año, para ello utilizamos las densidades:

$$25000 t \text{ fangos} \times \frac{m^3}{1,601 t \text{ fangos}} = 15615,24 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ fangos} \quad (3)$$

$$153,31 t \text{ madera} \times \frac{m^3}{0,85 t \text{ madera}} = 180,36 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ madera} \quad (4)$$

Sumando las cantidades de fangos y madera, que introduciremos en el reactor obtenemos:

$$25000 \frac{t \text{ fangos}}{\text{año}} + 153,31 \frac{t \text{ madera}}{\text{año}} = 25153,31 \frac{t \text{ mezcla}}{\text{año}} \quad (5)$$

$$15615,24 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ fangos} + 180,36 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ madera} = 15795,6 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ mezcla} \quad (6)$$

8.4. Dimensionado de equipos

8.4.1. Almacenamiento de residuos

Para las bases de diseño para la planta de compostaje que se han tenido en cuenta son los siguientes datos:

Tabla 15. Bases de diseño

Parámetro	Valor
Cantidad de residuos a tratar	25153.31 t/año
Densidad lodos	1.601 kg/L
Disponibilidad de lodos	El equivalente a 14 días de producción de la planta de compostaje
Densidad estructurante (madera)	0.85 kg/L
Tiempo de residencia estructurante (madera)	4 semanas

Para calcular las necesidades de superficie de almacenamiento, partimos de la producción de lodos y madera en $m^3/año$ halladas anteriormente. Considerando, como se verá posteriormente, que el tiempo de residencia que se fija para el proceso de compostaje en túneles es de 14 días, debemos prever un volumen de almacenamiento correspondiente a este tiempo. En el caso de la madera se considerará un tiempo de almacenamiento de 28 días para los residuos de madera. Con esto calculamos el volumen de lodos y madera para su almacenamiento y la superficie necesaria para el mismo.

Lodos:

$$15615,24 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ fangos} \times \frac{1 \text{ año}}{299 \text{ días laborables}} \times 14 \text{ días} = 731,15 m^3 \text{ de lodos} \quad (7)$$

Madera:

$$180,36 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ madera} \times \frac{1 \text{ año}}{299 \text{ días laborables}} \times 28 \text{ días} = 16,89 m^3 \text{ de madera} \quad (8)$$

Como nuestra planta se alimenta a partir de lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales urbanas elegimos un silo construido con hormigón armado para su almacenamiento, similar al que utilizan en las EDAR para almacenar este residuo.

Partiendo del volumen anteriormente calculado $731,15 \text{ m}^3$ de lodos y teniendo en cuenta la relación $h/D = 1,5$ hallamos la altura sustituyendo realizando los siguientes cálculos:

$V = \text{volumen}$

$S = \text{Superficie}$

$h = \text{altura}$

$D = \text{diámetro}$

$$V = S \cdot h \rightarrow S = V/h \quad (9)$$

$$S = \pi \frac{D^2}{4} h \quad (10)$$

$$V = 731,15 \text{ m}^3 \text{ de lodos ec (7)}$$

$$h/D = 1,5 \rightarrow h/1,5 = D \quad (11)$$

Sustituyendo en (10) y dejando en función de la altura con la ecuación (11) obtenemos:

$$S = \pi \frac{D^2}{4} h \rightarrow \frac{V}{h} = \pi \frac{(h/1,5)^2}{4} * h \rightarrow \left(\frac{731,15}{h} \right) = \pi \frac{(h/1,5)^2}{4} h \rightarrow h = 6,72 \text{ m}$$

Para calcular el diámetro una vez obtenida la altura sustituyo en la ecuación (11) y obtenemos el diámetro:

$$h/1,5 = D \rightarrow D = 6,72/1,5 = 4,48 \text{ m}$$

Por tanto el silo va a tener una altura de 6,72m y un diámetro de 4,48m.

Para el estructurante se va a necesitar una nave con la superficie necesaria para poder almacenarlo.

A partir de los $16,89 \text{ m}^3$ de madera se fija una altura $h=1\text{m}$, a partir de esta altura calcularemos su superficie con la ecuación (9):

$$S = \frac{V}{h} = \frac{16,89}{1} = 16,89 \text{ m}^2$$

Ayudándonos de una pala cargadora, se amontonarán los residuos de tal forma que su ordenada disposición reduzca lo más posible el espacio ocupado.

8.4.2. Pretratamiento

8.4.2.1. Preparación de los residuos a compostar

Como el estructurante (madera) no tiene un tamaño adecuado para la fermentación, necesitamos una zona para la trituración, con una máquina especializada. Los lodos no necesitarán trituración.

Como tenemos una masa de 153,31 (*t madera*)/año obtenida en la ecuación (2)

$$153,31 \frac{t \text{ madera}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{299 \text{ días laborables}} = 0,51 \frac{t \text{ madera}}{\text{día}} \quad (12)$$

Por las características del proceso de compostaje (operación por lotes), debe disponerse de la cantidad de estructurante (con el adecuado tamaño de partícula) equivalente a 14 días de operación continua de la planta (ya que el tiempo de residencia que se ha fijado para la etapa de fermentación en túneles se ha fijado en 14 días). Esto equivale:

$$510 \frac{kg \text{ madera}}{\text{día}} \times 14 \text{ días} = 7140 \text{ kg madera} \quad (13)$$

Con la maquinaria adecuada, se podría preparar en unas horas. Así por ejemplo, en función a su capacidad, al tipo de residuo a tratar, y al tamaño final de partícula (entre 1 y 4 cm).

8.4.2.2. Mezcla de lodos y estructurante (madera)

La operación de mezcla tiene por objeto preparar una carga lo más homogénea posible que favorezca su fermentación.

La mezcla se realizará mediante el empleo de una mezcladora a la que los residuos llegarán mediante dos cintas transportadoras.

La carga supone la entrada de $15795,6 \frac{m^3}{\text{año}}$ mezcla de mezcla al año (299 días laborables),

$$15795,6 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ mezcla} \times \frac{1 \text{ año}}{299 \text{ días laborables}} = 52,83 \text{ m}^3 \text{ al día de mezcla} \quad (14)$$

$$180,36 \frac{m^3}{\text{año}} \text{ madera} \times \frac{1 \text{ año}}{299 \text{ días laborables}} = \frac{0,60 \text{ m}^3}{\text{día}} \text{ de madera "estructurante"} \quad (15)$$

$$52,83 \frac{m^3}{día} \text{ de mezcla} - \frac{0,60 m^3}{día} \text{ de madera} = 52,23 \frac{m^3}{día} \text{ de fangos (16)}$$

Si consideramos el tiempo de residencia como 14 días en el proceso de fermentación en túneles:

$$52,23 \frac{m^3}{día} \text{ fangos} \times 14 \text{ días} = 731,22 m^3 \quad (17)$$

$$731,22 m^3 \times 1,601 \frac{t}{m^3} = 1170,68 t \quad (18)$$

$$0,60 \times \frac{m^3}{día} \text{ madera} \times 14 \text{ días} = 8,4 m^3 \quad (19)$$

$$8,4 m^3 \times 0,85 \frac{t}{m^3} = 7,14 t \quad (20)$$

$$V = 731,22 m^3 + 8,4 m^3 = 739,6 m^3 \quad (21)$$

Por lo tanto, el volumen a mezclar resulta ser de $739,6 m^3$.

8.4.3. Tratamiento

8.4.3.1. Área de fermentación en túneles

La fermentación es la etapa más importante del proceso de compostaje, el cual depende de diversos factores anteriormente descritos, como la relación C/N, grado de aireación etc.

Una vez que el producto ha sido convenientemente seleccionado, triturado y tratado a lo largo del proceso, y ya se encuentra la mezcla en el túnel se procede a su fermentación.



Figura 10. Túnel de compostaje

Los túneles disponen de un extremo cerrado, otro practicable con puerta termoaislante de cierre y apertura herméticos.

El aire necesario para que se produzcan las reacciones de fermentación se introduce en los túneles a través de unos pequeños agujeros o perforaciones de pequeño diámetro. El suelo está perforado, con una densidad de ranuras que permite una dispersión regular del aire por toda su superficie. Debajo del suelo, hay unos canales en los que se sitúan las tuberías de conexión con el sistema de ventilación, así como los conductos para la recogida de los lixiviados generados durante el proceso de fermentación.

La mayor parte del aire introducido se recircula nuevamente por medio de un ventilador.

Por lo que respecta a la humedad, ésta se regula por medio de unas duchas situadas en la parte superior.

Los lixiviados generados durante el proceso, son recogidos y agrupados en arquetas, antes de ser enviados por gravedad a un depósito. Desde el depósito, los lixiviados son bombeados, según las exigencias del proceso, para humedecer la masa en fermentación. En el camino, son filtrados en un filtro de anillas que permite la eliminación de las partículas que pudieran obturar las boquillas de riego de los túneles.

En general los residuos orgánicos están 14 días en los túneles antes de pasar a la etapa de maduración. Para su dimensionado se calcula el volumen que ocupará la mezcla en su interior. Se debe tener en cuenta que durante la etapa de mezcla se producen unas pérdidas que se estiman en un 10%. Con todo ello, el volumen total de mezcla se calcula de la siguiente forma:

$$52,23 \frac{m^3}{dia} + 0,60 \frac{m^3}{dia} = 52,83 \frac{m^3 de mezcla}{dia} \quad (22)$$

Teniendo en cuenta las pérdidas del orden del 10% que se producen en la mezcla

$$52,23 \frac{m^3 \text{ de mezcla}}{\text{dia}} \times 0,10 (\text{pérdidas}) = 5,223 m^3 (23)$$

$$52,23 \frac{m^3 \text{ de mezcla}}{\text{dia}} - 5,223 = 47,007 \frac{m^3 \text{ de mezcla}}{\text{dia}} (24)$$

Caudal diario:

$$47,007 \frac{m^3 \text{ de mezcla}}{\text{dia}} (25)$$

Volumen teórico necesario

$$47,007 \frac{m^3}{\text{dia}} \times 14 \text{ días} = 658,098 m^3 (26)$$

Teniendo en cuenta que debe de quedar espacio libre en el interior del túnel, el volumen necesario será 3 /4 del teórico.

$$Volumen \text{ total necesario} = 658,098 m^3 \times 0,75 = 493,56 m^3 \sim 500 m^3 (27)$$

$$658,098 m^3 / (500 m^3) = 1,33 \sim 2 (28)$$

Se proponen construir 2 túneles de $250 m^3$ cada uno. Se fija una altura de $h = 2,5 m$ para cada túnel donde a partir de ella calcularemos su superficie con la ecuación (9):

$$S = \frac{V}{h} = \frac{250 m^3}{2,5 m} = 100 m^2$$

Por tanto los túneles tendrán un área rectangular de $10 m^2 \times 10 m^2$

Los canales de recogida de lixiviados y de ventilación bajo el suelo tendrán una altura de 1 metro.

8.4.3.2. Área de maduración

Está formado por las siguientes operaciones:

- Maduración Dinámica

El producto que se obtiene en la fermentación necesita una etapa de maduración para alcanzar el grado de estabilización necesario. En esta etapa del proceso se pretende tanto completar los procesos de degradación que no hayan finalizado en la etapa de fermentación, como estabilizar la materia orgánica mediante pilas con volteo. Elegimos el compostaje en pilas al ser relativamente simple, y es el sistema más económico y más utilizado.

Se trata de otro proceso aerobio en el que el contenido de O_2 en el interior de la masa, la temperatura y el grado de humedad, vuelven a ser los parámetros básicos que deben mantenerse, dentro de los rangos adecuados, para conseguir la óptima actividad biológica.

Para alcanzar las condiciones adecuadas realizamos sucesivos volteos mediante una volteadora la cuál realiza volteos cada 6-10 días. Se realizan controles automáticos de temperatura, humedad y oxígeno para determinar el momento óptimo para efectuar el volteo.

Considerando que existen unas pérdidas del 35% al producirse la fermentación, para maduración dinámica se disponen 47,007 m³ en cada descarga.

$$47,007 \text{ m}^3 \times 0.35 \text{ pérdidas} = 16,45 \text{ (29)}$$

$$47,007 - 16,45 = \frac{30,55 \text{ m}^3}{\text{día}} \text{ de mezcla (30)}$$

$$\frac{30,55 \text{ m}^3}{\text{día}} \text{ de mezcla} \times 42 \text{ días} = 1283,1 \text{ m}^3 \text{ (31)}$$

En maduración dinámica se disponen de:

$$\frac{30,55 \text{ m}^3}{\text{día}} \text{ de mezcla}$$

y permanece 6 semanas, es decir, 42 días, por lo que el volumen total será 1283,1 m³ ec (31)

Este volumen se dispone en un conjunto de pilas y usando una volteadora que trabaja con un ancho de 2 m y una altura de 3,5 m dándoles a las pilas una longitud de 35 m, el volumen de cada pila será de:

$$V = 2 \times 3,5 \times 35 = 245 \text{ m}^3 \text{ (32)}$$

Y como hay que tratar 1283,1 m³ ec. (31), vamos a necesitar 6 pilas.

$$\frac{1283,1 \text{ m}^3}{245 \text{ m}^3} = 5,23 \sim 6 \text{ pilas (33)}$$

- Maduración Estática

Durante esta etapa, el producto se mantiene durante 13 semanas en una sola meseta en la que no se realizan volteos. La plataforma de maduración estática es rectangular y está situada a continuación de la de maduración dinámica. Las pérdidas en esta etapa son del 10%. Es muy importante antes de comenzar el afino controlar que la etapa biológica esté totalmente concluida. Se debe de tener en cuenta que la humedad sea entre un 25-35%, el pH 6-8 y la relación C/N 16-20.

8.5. Balance de materiales

Tabla 15. Balance de materiales. (Tchobanoglous 1995 y Ros Roca).

Fases del proceso	t/año
Alimentación	25153.31
Mezcla:	
• Entrada	25153.31
• Pérdidas, 10%	2515.331
• Salida	22637.98
Fermentación túneles:	
• Entrada	22637.98
• Pérdidas, 35%	7923.29
• Salida	14714.69
Maduración dinámica :	
• Entrada	14714.69
• Pérdidas, 25%	3678.67
• Compost	11036.02
Maduración estática:	
• Entrada	11036.02
• Pérdidas, 10%	1103.60
• Compost Bruto	993.42
Afino Compost Bruto:	
• Compost Bruto	993.42
• Rechazos, 8%	79.47
• Compost	913.95

8.5.1. Afino del compost producido

Es importante controlar que la etapa biológica esté totalmente concluida, además han de alcanzarse las siguientes especificaciones correspondientes al Real Decreto 506/2013, de 28 de Junio, sobre productos fertilizantes, que se resume a continuación:

- En los abonos orgánicos, el contenido en nitrógeno orgánico, deberá ser al menos un 85 por ciento del nitrógeno total, salvo requisitos específicos.
- El contenido máximo de humedad permitido, expresado en porcentaje en masa, será del 14 por ciento.
- El 90 por ciento del producto fertilizante, deberá pasar por una malla de 10 mm.
- No superar el contenido de metales pesados establecido ni los niveles máximos de microorganismos.

Una vez finalizado el proceso de maduración y para conseguir un producto de alta calidad, el compost estabilizado procedente de la maduración, es alimentado y depurado mecánicamente para eliminar, del producto final, todos aquellos elementos indeseables, ya sea porque son inertes, o bien, porque debido a sus dimensiones o naturaleza, ha sido imposible su fermentación. Para ello usamos un trómel el cuál escogemos a partir de nuestra producción:

A partir de la producción de compost a la salida de maduración estática calculamos la producción diaria:

$$993,42 \frac{t}{año} \times \frac{año}{299 \text{ días laborables}} = 3,32 \frac{t}{día} \quad (34)$$

Se producen dos tipos de separaciones, una mecánica y otra dinámica.

Separación mecánica consiste en un cribado del material de un trómel de 10 mm de malla con capacidad de $10 \text{ m}^3/h$, donde se obtienen dos corrientes, los mayores y los menores. Los mayores de 10 mm constituyen el primer rechazo del afino, en cambio los menores de 10 mm se llevan a la separación neumática.

La separación neumática se realiza en una mesa densimétrica que actúa mediante una combinación de aire impulsado por turbinas interiores, vibración ayuda a caer al afino donde éste pasa por un tamiz.

En esta mesa densimétrica genera tres fracciones según su densidad: ligera, media y pesada. La fracción pesada denominada densos finos, constituye el segundo rechazo. La fina representa una pequeña cantidad respecto a las otras dos y se puede considerar como rechazo o incorporarla a la fracción media, con el resto de compost comercial.

Las necesidades de afino 993.42 t/año los rechazos ascienden a 79,47 t/año, quedando aproximadamente 913,95 t/año de compost de calidad comercial.



Figura 11. Trómel RS 1500 Beyer.

8.5.2. Almacenamiento y ensacado

Permiten mantener el compost en condiciones estables, protegiendo a éste de las lluvias o condiciones meteorológicas que puedan alterarlo.

En el entorno de la instalación de afino, se dispone de una plataforma cubierta de para el almacenamiento de compost depurado, hasta su salida al mercado. Parte del compost obtenido en la instalación de afino, el 40% aproximadamente 365,58 t/año, se ensaca mediante una ensacadora para su comercialización a pequeños consumidores en sacos de diferentes tamaños y el resto 548,37 t/año, es vendido a granel.

$$913,95 \frac{t}{año} \times 40\% = 365,58 t/año (36)$$

$$913,95 \frac{t}{año} - 365,58 \frac{t}{año} = 548,37 t/año (37)$$

8.5.3. Gestión de gases y olores

Se reducirá o eliminarán las emisiones de gases y controlará la generación de olores. Para ello debemos tener en cuenta los diversos factores a considerar antes de elegir el equipo de control más adecuado.

Factores ambientales:

- Localización del equipo
- Disponibilidad de espacio
- Condiciones ambientales
- Nivel de emisión permitido
- Generación residuos líquidos y sólidos
- Nivel de ruido

Factores técnicos:

- Características del contaminante
- Características de la corriente gaseosa
- Características de diseño

Factores económicos:

- Coste de la inversión
- Coste de funcionamiento
- Vida útil del material

El sistema de gestión de gases y olores está compuesto por el sistema de ventilación de los túneles y por el sistema de tratamiento de gases y olores. Ambos circuitos son totalmente dependientes entre sí. [17, 28]

8.5.4. Sistema de ventilación

El sistema de ventilación aspira de la nave de pretratamiento e introduce el aire en los túneles. La aspiración de los ventiladores centrífugos de cada túnel se localiza en la nave de pretratamiento, justamente en la zona de carga y descarga de túneles. En esta zona, un colector de acero galvanizado conduce, por el exterior de la nave, el aire aspirado hasta la galería de servicios.

Una vez en la galería de servicios, es aspirado por los ventiladores de impulsión de cada túnel, o bien, introducido directamente a la etapa de lavado.

Cada túnel dispone de su propio ventilador construido en acero galvanizado, el cual, está montado justo encima del plenum (espacio cerrado en donde existen aire u otros gases a bajas velocidades y presiones ligeramente superiores a la atmosférica, como resultado de la acción de un ventilador o soplador mecánico), que facilita la impulsión y evita pérdidas de carga innecesarias.

El plenum distribuye el aire por fondo del túnel para que pueda atravesar las losas perforadas y se reparta de forma homogénea en la masa a fermentar.

Después de atravesar la masa, aire y gases salen de los túneles a través de una abertura circular situada en la parte alta de la pared del fondo de cada uno.

Un colector de sección variable, construido en acero inoxidable, aspira de todas ellas y las envía a la etapa de tratamiento de gases y olores.

8.5.5. Tratamiento de olores y gases

En condiciones normales de funcionamiento, los gases extraídos están mayoritariamente formados por compuestos de fermentación aerobia.

Su presencia puede deberse a lo siguiente:

- Bajas relaciones C/N, apreciándose un desprendimiento de amoníaco
- Un mal control de la temperatura
- Falta de oxígeno

Hay muchas instalaciones capaces de eliminar los malos olores tales como torres de absorción, torres rociadoras, filtros biológicos etc, en nuestra planta vamos a utilizar torres de absorción (Scrubber)

Estas nos permiten eliminar los malos olores así como eliminar contaminantes.

El modo de funcionamiento de forma resumida es el siguiente, es una operación unitaria de transferencia de materia, donde se pone en contacto un gas con un líquido para que este disuelva determinados componentes del gas, quedando libre de los mismos

“Introducción a los procesos de separación”

Por cuestiones económicas se suele utilizar agua como líquido de lavado.

Un lavador consta de las siguientes partes:

- Contactor gas-líquido, que recibe el nombre de lavador propiamente dicho
- Separador gas-líquido, que lo más frecuente es que sea un ciclón sencillo
- Separador líquido-sólido, que suele ser un sedimentador por gravedad

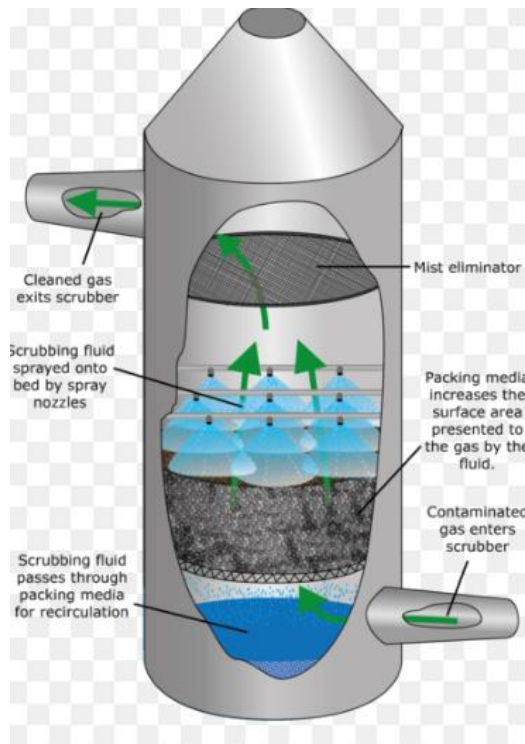


Figura 12. Torre de absorción líquido-gas.

Se debe de tener en cuenta que la corriente de agua contaminada resultante del lavador pueda reciclarse al interior de la planta o que pueda reciclarse tras haberlos separado ya que el consumo de agua de los lavadores húmedos puede generar un gasto a la planta considerable.

Las principales ventajas de las torres de absorción son las siguientes:

- Captan contaminantes en forma gaseosa y particulada
- El tamaño de partículas que se pueden separar está comprendido entre 0,1 y 50 μm
- Pueden soportar condiciones de temperatura y físico/químicas adversas
- Manejo de productos difíciles de tratar por otros medios

Los lavadores húmedos se componen en general de 3 zonas:

Una zona de entrada del gas contaminado. No interesa que las gotas de líquido sufran una fuerte evaporación, ya que de lo contrario se emitiría un flujo de vapor que impediría el contacto de las gotas con los contaminantes del gas, para ello se satura previamente de humedad a la temperatura correcta.

Una segunda zona de contacto entre el gas contaminado y una fase líquida dispersada en forma de gotas o de película. La puesta en contacto entre los contaminantes y el líquido de lavado puede llevarse a cabo por los diferentes métodos, dependiendo del diseño del lavador, en nuestro caso lo realizamos por lavado (washing) en el cuál el gas sucio se hace pasar por un lecho de líquido, la eficacia de depuración depende de la velocidad de formación y tamaño de las burbujas.

Una tercera zona de separación de los productos. El líquido cargado de contaminantes absorbidos se separa de la corriente gaseosa, para ellos utilizamos la fuerza centrífuga de un ciclón.

8.5.6. Gestión de agua y lixiviados

En la planta se recogerá agua y lixiviados de forma diferenciada y se reutilizarán en aquellos puntos donde no provoquen daños medioambientales.

Para su tratamiento utilizamos un sistema de recirculación:

El proceso global de fermentación es deficitario en agua y no sólo los lixiviados deben ser recirculados nuevamente sobre la masa en fermentación, sino que además, también es necesario un aporte de ciertas cantidades de agua.

Los lixiviados procedentes de cada dos túneles son recogidos en una arqueta y conducidos hasta otra general, desde la cual, el conjunto se dirige hacia el depósito-cisterna de lixiviados.

En su camino se encuentran con un filtro de anillas que permite la eliminación de las partículas que pudieran contener para evitar la obturación de las boquillas de riego de los túneles. El filtro dispone de un circuito para su limpieza formado por un sistema de contralavado con agua procedente de la red. El inicio del contralavado se determina por un sistema temporizado y por un presostato de presión diferencial. El agua resultante del contralavado es devuelta al depósito-cisterna de lixiviados. El riego de la masa en fermentación puede hacerse de dos formas:

1. A través de la recirculación de lixiviados desde el depósito cisterna.
2. Por medio de agua limpia desde la conexión a la red.

En condiciones normales, el riego se realiza con lixiviados, por medio de válvulas de asiento con pilotaje neumático gobernadas por el programa de control. De todas formas, al final de cada operación de riego con lixiviados se efectúa otra, durante un cierto tiempo, con agua limpia. Todas las válvulas de asiento de acción directa, disponen de válvulas manuales en paralelo que también permiten realizar la operación.

8.5.7. Riego en la maduración dinámica

El sistema está formado por una balsa de almacenamiento, un grupo de presión y una red de riego.

El llenado de la balsa se efectúa por medio de la recogida del agua de lluvia que cae sobre la cubierta de la nave de maduración y del agua de escorrentía de la plataforma. Además, se dispone de una conexión directa de agua de aporte del exterior. La balsa dispone de dos niveles, uno de máxima y otro de mínima, de tal forma que el nivel máximo interrumpe la entrada de agua del exterior.

El grupo de presión está formado por dos bombas. Además, el grupo de presión dispone de un depósito con un presostato que permite mantener en todo momento la presión necesaria en cualquier punto de la red, y en particular, en el más desfavorable, en función de la combinación de riego que se deseé. Para conocer la cantidad de agua empleada en el riego de la maduración dinámica, el sistema dispone del contador correspondiente.

9. PLANIFICACIÓN

9.1. Diagrama de Gantt

Con el fin de planificar la ejecución de la planta de compostaje, se realiza un diagrama Gantt, en el que se indica el desglose de tareas y la duración de las mismas.

En la siguiente tabla se mostrará la planificación de las tareas, objetivos y duración de las mismas.

Tabla 16. Tabla de datos de la planificación de la planta de compostaje.

Actividad	Objetivos	Duración
Definición y análisis del proyecto	Definir objetivos y alcance, así como su aplicación	17
Selección del emplazamiento geográfico	Elección del lugar de construcción acuerdo con la legislación vigente	2
Recopilación de la documentación	Elaboración de toda la documentación necesaria	10
Solicitud de permisos	Verificación del proyecto por la autoridad correspondiente sujeta a la ley de residuos y otros ámbitos legales	80
Edificios y otras instalaciones	Disposición de las diferentes instalaciones	60
Demanda de maquinaria	Demanda de maquinaria necesaria para el correcto funcionamiento de la planta	10
Instalación de equipos	Disposición de los equipos solicitados	10
Puesta a punto de equipos	Tiempo invertido en la prueba de equipos y demás instalaciones	25

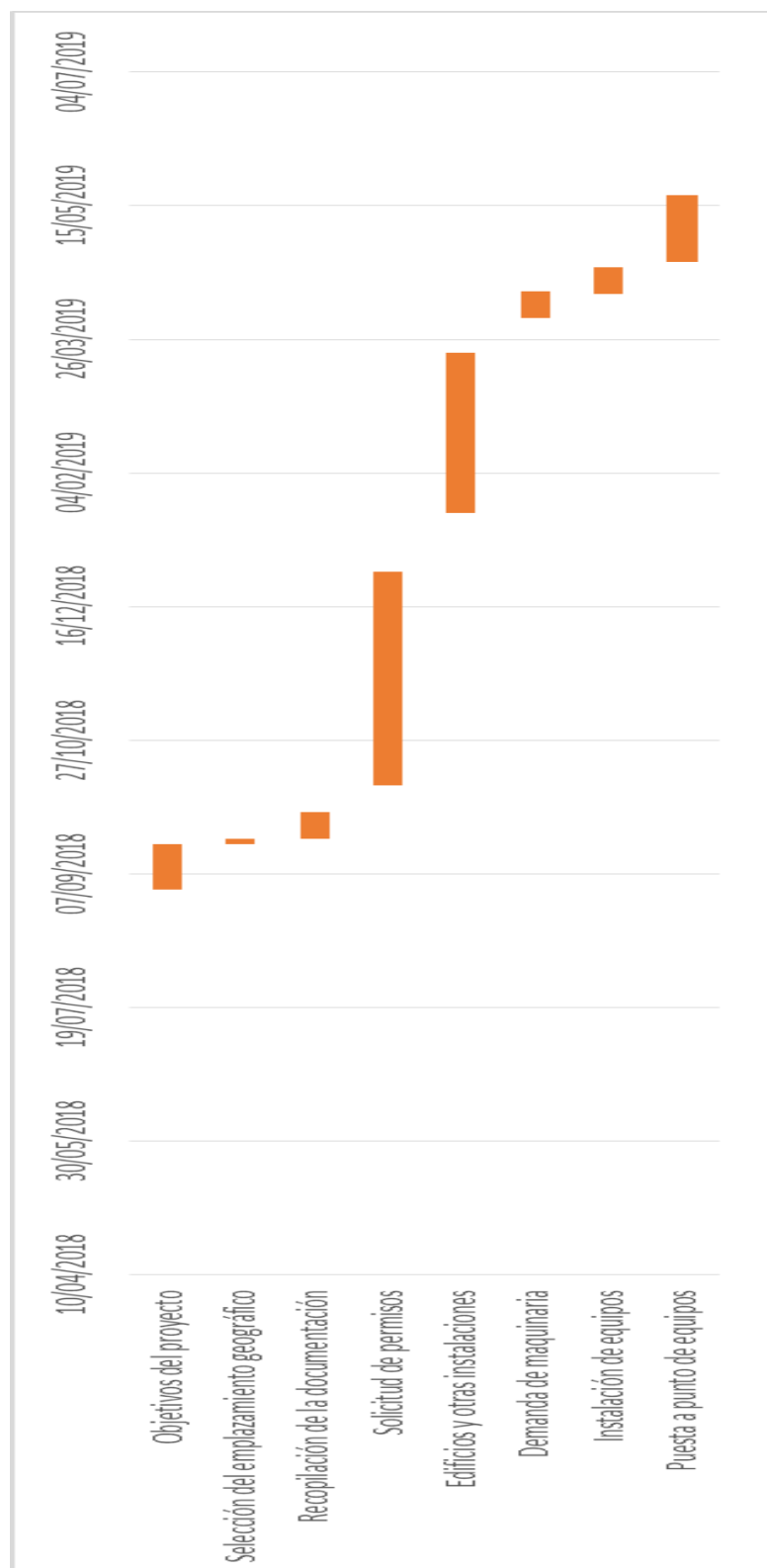


Figura 13. Diagrama de Gantt.

10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

10.1. Objeto

De acuerdo con las obligaciones establecidas en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, modificado por la ley 54/2003, de 12 de noviembre, reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, donde se establece que debe de formar parte del sistema de gestión de la empresa en todos los rangos de ésta.

Por lo tanto, este Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene por objeto establecer, durante la ejecución de las obras de este proyecto, las directrices generales encaminadas a disminuir en lo posible los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales, así como a la disminución de consecuencias de los accidentes mediante la planificación de las medidas preventivas, la medicina asistencial y previsiones de primeros auxilios.

10.1.1. Alcance

Las medidas contempladas en el presente proyecto alcanzan a todos los puestos de trabajo y por tanto a todos los trabajadores que se hallen desempeñando su trabajo en la construcción de la planta de compostaje, para el tratamiento de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas de la que es objeto el presente proyecto. Con esto se pretende hacer una exposición de los conceptos más elementales, relacionados con la Seguridad, la Salud Laboral y con las responsabilidades legales que competen.

Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995), implica la actuación y posterior corrección de las medidas adecuadas en cuanto a evaluación de riesgos

10.2. Valoración y descripción fundamental en PRL

- **Trabajo y Salud**

El trabajo es la actividad que puede ser de origen manual o intelectual, realizada a cambio de una compensación económica.

La salud es el estado completo de bienestar personal, físico, mental y social, y no la mera ausencia de enfermedad (O.M.S.)

- **Riesgo Laboral**

El artículo 4º de la Ley 31/95, se describe el riesgo laboral como grave e inminente como aquel que resulte probable racionalmente que se materialice en un futuro inmediato y pueda suponer un daño grave para la salud de los trabajadores.

Llamamos Riesgos Laborales cuando existe la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño durante su jornada laboral.

El riesgo laboral puede ser grave cuando la probabilidad de que se materialice en un accidente laboral es alta, siendo sus efectos severos o importantes.

- **Daños derivados del trabajo**

Artículo 4 de LPR

Existirá la posibilidad de riesgo laboral siempre que un trabajador sufra daños en el horario de trabajo.

Se tienen en cuenta como daños derivados del trabajo enfermedades, patologías o lesiones sufridas en el trabajo a motivo de éste. Pueden ser las siguientes:

- Enfermedades profesionales
- Accidentes en el trabajo
- Otras enfermedades y patologías relacionadas con el trabajo

- **Accidentes de trabajo**

Según la Ley General de Seguridad Social define en su artículo 115 el accidente de trabajo como toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena.

Se considerará accidente de trabajo:

- Los sufridos por el trabajador al ir o al volver del lugar de trabajo.
- Los que sufra el trabajador con ocasión o como consecuencia del desempeño de cargos electivos de carácter sindical, así como los ocurridos al ir o al volver del lugar en que se ejerciten las funciones propias de dichos cargos.
- Los ocurridos con ocasión o por consecuencia de las tareas que, aun siendo distintas a las de su categoría profesional, ejecute el trabajador en cumplimiento de las órdenes del empresario o espontáneamente en interés del buen funcionamiento de la empresa.
- Los acaecidos en actos de salvamento y en otros de naturaleza análoga, cuando unos y otros tengan conexión con el trabajo.

- Las enfermedades, no incluidas en el artículo 116 (define el concepto de enfermedad profesional), que contraiga el trabajador con motivo de la realización de su trabajo, siempre que se pruebe que la enfermedad tuvo por causa exclusiva la ejecución del mismo.
- Las enfermedades o defectos, padecidos con anterioridad por el trabajador, que se agraven como consecuencia de la lesión constitutiva del accidente.
- Las consecuencias del accidente que resulten modificadas en su naturaleza, duración, gravedad o terminación, por enfermedades intercurrentes, que constituyan complicaciones derivadas del proceso patológico determinado por el accidente mismo o tengan su origen en afecciones adquiridas en el nuevo medio en que se haya situado el paciente para su curación.

(Según la ley general de la seguridad social artículo 15)

- **Accidente, Incidente y Avería**

Un incidente es un suceso anormal e indeseado, que se presenta de forma brusca e inesperada, y que interrumpe el proceso normal de trabajo.

En Seguridad, el accidente se define como todo incidente que tiene potencialidad lesiva para las personas.

Los incidentes en el curso de un trabajo, sin potencialidad lesiva, son las averías que, en sentido estricto, no constituyen un objeto para la seguridad. La diferencia entre accidente y avería nos permite distinguir entre la Seguridad y el Mantenimiento.

- **Enfermedad profesional**

Se puede definir como toda alteración o pérdida de salud que experimente el trabajador y que tiene su origen en las condiciones ambientales a las que está expuesto de forma continuada en su puesto de trabajo.

- **Prevención**

En el artículo 4 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, se define como “la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de su trabajo”

Es un deber por parte de la empresa dar protección a los trabajadores en cuanto a los riesgos laborales, por ello se deben de realizar una prevención permanente y concreta de los riesgos.

- **Seguridad del Trabajo**

Se puede definir como la disciplina teórico-práctica que se sirve de un conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o reducir el riesgo de que se produzcan accidentes de trabajo

10.3. Identificación de Riesgos

Se realizará una identificación de riesgos a los que puedan estar expuestos los trabajadores en el desarrollo de las distintas operaciones que se realizan en la planta de compostaje. Esta identificación de riesgos pretende ser general, de forma que pueden hallarse en cualquier tipo de planta de compostaje para el tratamiento de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas.

Es evidente que atendiendo a las características propias de la planta y la forma cómo se realicen las distintas operaciones pueden variar los riesgos.

No se hace referencia a los riesgos derivados de actividades no propias o específicas de la instalación de tratamiento de residuos, como por ejemplo: oficinas, operaciones concretas de mantenimiento como soldadura, etc., ni las operaciones en laboratorio; en este caso, los riesgos potenciales a considerar serían los típicos de estas operaciones.

En riesgos inespecíficos se incluyen aquellos riesgos que no se pueden asociar a un área u operación concreta, sino que pueden afectar al conjunto de la instalación de forma general. Por lo tanto, se entiende que estos riesgos pueden presentarse independientemente de la operación que se realice y pueden afectar tanto al conjunto de los trabajadores de la planta como a cualquier otra persona (conductores, subcontratas, visitas, etc.) que pueda acceder a la misma.

10.4. Medidas preventivas

10.4.1. Caída de personas al mismo nivel

Medidas preventivas:

- La pendiente máxima de las rampas será del 12% siempre y cuando su longitud sea menor de 3 metros. En cambio del 10% cuando su longitud sea menor que 10 m. Del 8% en el resto de los casos.
- Los lugares de trabajo, se limpiarán periódicamente.
- Correcta señalización de los lugares de trabajo siempre y cuando exista riesgo de posibles caídas.

- La iluminación de cada zona se adaptará a las necesidades de la actividad que se vaya a realizar.
- En cuanto al calzado utilizar en adecuado según los EPIs indicados según la ley de prevención de riesgos laborales.
- No se deben de realizar desplazamientos sobre cualquier otro tipo de estructura en altura, sin protección. Se instalarán plataformas de trabajo con las protecciones adecuadas como barandillas y rodapié o, en su defecto, cables fiadores con uso de arnés de seguridad.

10.4.2. Caída de personas a distinto nivel

Todas las caídas en las que el desnivel de caída sea superior a 2 m.

Medidas preventivas:

- Las aberturas que suponen un riesgo de caídas, se auxiliarán mediante unos sistemas de seguridad. En este sentido se tendrán en cuenta:
 - Aberturas en los suelos.
 - Aberturas tanto en paredes como en tabiques, siempre que exista la posibilidad de poner en riesgo de caídas de personas, plataformas, u objetos similares.
- Las barandillas estarán hechas de metales rígidos, cuya altura mínima sea de 90 cm y contará con una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas sobre las personas.
- Tanto los pisos como los pasillos de las plataformas de trabajo serán de material antideslizantes y se mantendrán libres de obstáculos.
- Las escaleras de mano tendrán están diseñadas para que su utilización no suponga un riesgo al ser utilizadas. Las escaleras de tijera dispondrán de componentes que impidan su apertura.

Las escaleras portátiles estarán adecuadas de las siguientes condiciones:

Tendrán topes de goma que impidan su desplazamiento.

Con ganchos de seguridad de este modo, se evitará su desplazamiento en la parte superior, en caso de no tener ganchos, deberán ser sujetadas por otra persona.

Las de madera no es necesario que estén pintadas. El trabajador deberá de utilizar un arnés de seguridad cuando se encuentre a más de 2 m de altura y fijado a un seguro.

- Del mismo modo, si se utilizasen andamios de borriquetas, colgados, tubulares o metálicos sobre ruedas, se deben de adoptar las medidas preventivas correspondientes a dichos medios auxiliares.
- Los trabajadores tienen el deber de informar a sus superiores de cualquier anomalía percibida en las plataformas de trabajo. Si surgiese la necesidad de tener que eliminar alguna protección para la realización de un trabajo, ésta se repondrá una vez finalizado éste.
- La iluminación en el puesto de trabajo tiene que estar adecuada dependiendo del tipo de operación que se vaya a realizar.
- Emplear los Equipos de Protección Individual contra caídas de altura certificados cuando se esté expuesto a dicho riesgo.

10.4.3. Caídas de objetos por desplome

Producidas por pérdida de estabilidad de la estructura a la que pertenece

Medidas preventivas:

- La construcción de los componentes estructurales permanentes o provisionales de los edificios, serán seguros y firmes.
- Los edificios tendrán la resistencia conforme a la carga que deban sostener y suspender.
- Las escalas fijas de servicios serán de un material robusto, y estarán adosadas sólidamente a los edificios, depósitos u otras estructuras necesarias.
- La máxima carga de trabajo, expresada en kg, estará señalizada, siendo fácilmente visible y respetada.
- Cuando estructuras, mecanismos, transportadores, máquinas, y demás, tengan que estar colocados sobre lugares de trabajo, se instalarán protecciones que detengan las partes que puedan desplomarse.

10.4.4. Caída de objetos en manipulación

La caída de objetos o materiales cuando se realicen de trabajos u operaciones de transporte y elevación realizados manualmente o con ayuda mecánica.

Medidas preventivas:

- El operario deberá saber actuar correctamente a la hora de manipular las cargas.
- No deberá manipular cargas consideradas excesivas de manera general. Para ello tomará las medidas adecuadas para su utilización.
- Deberá utilizar los Equipos de Protección Individual adecuados.

- No está permitido manipular objetos que entrañen riesgos para las personas debido a sus características físicas como pueden ser cortantes, resbaladizos, entre otros.
- A ser posible, se deberá habilitar de un sistema adecuado de agarre para evitar accidentes.
- El nivel de iluminación se adecuará conforme sea la complejidad de la tarea.
- En los aparatos de elevación y transporte, todos sus elementos estructurales, mecanismos y accesorios serán de material sólido, confiriéndole la resistencia y firmeza adecuada al uso que se vaya a destinar.
- Se realizarán controles y test periódicos a los cables.
- Los suelos de rejilla deberán de tener instalada una malla protectora que impida la caída de objetos a su través.
- Se mantendrán sujetas aquellas herramientas u objetos que puedan caer al vacío en trabajos en altura.
- Los diferentes elementos de los andamios serán comprobados regularmente para impedir su afloje o posibles accidentes

10.4.5. Caída de objetos desprendidos

Incluye la caída de objetos que no se estén utilizando y que se desprendan.

Medidas preventivas:

- Las zonas en las que exista peligro de caída de objetos deberán de estar claramente señalizadas
- Las aberturas en suelos, paredes o escaleras, deben de instalar una protección que impida la caída de objetos sobre personas.
- En los lugares donde la caída de objetos o materiales no sea controlable al cien por cien, es necesario utilizar Equipos de Protección Individual certificados (EPIs) como el casco de seguridad.
- Los almacenamientos que sean verticales deben de estar firmemente protegidos y apoyados en el suelo, para ello dispondrán de medios de estabilidad y sujeción.

10.4.6. Pisadas sobre objetos

Se produce por tropezar o pisar sobre objetos que se hayan abandonado, pero que no lleguen a producir caídas.

Medidas preventivas:

- El puesto de trabajo dispondrá de espacio suficiente, libre de obstáculos, para poder ser realizado con comodidad y seguridad.
- Los materiales, herramientas, utensilios, y demás que se encuentren en cada puesto de trabajo serán los necesarios para realizar el trabajo preciso en cada momento y los demás, se situarán ordenadamente en los soportes destinados para ello.
- Evitar en medida de lo posible que en la superficie del puesto de trabajo y lugares de tránsito, se encuentren objetos que, puedan producir accidentes laborales.
- Adecuación de la iluminación conforme al tipo de operación a realizar
- El personal deberá usar el calzado de protección adecuado.

10.4.7. Choques contra objetos móviles

En caso de recibir un golpe por partes móviles que pudieran presentar la maquinaria fija o por objetos, empleados en la manipulación.

Medidas preventivas:

- Pasillos o zonas de paso deberán tener una anchura adecuada al número de personas que hayan de circular por ellos, la anchura mínima es de 1m.
- Las zonas de paso junto a instalaciones peligrosas deberán estar protegidas
- Todos los lugares y puestos de trabajo tendrán iluminación natural, artificial o mixta apropiada a las operaciones que se vayan a realizar.
- La separación entre máquinas y otros aparatos será suficientemente holgada como para que los trabajadores, puedan ejecutar su labor cómodamente y sin riesgo alguno.
- Los elementos móviles de las máquinas deben estar totalmente aislados.
- Las operaciones de mantenimiento y limpieza se deberán efectuar cuando se produzca la parada de motores, transmisiones y máquinas, salvo en partes que estén totalmente protegidas.
- La máquina debe estar dotada de dispositivos que garanticen la ejecución segura de este tipo de trabajos.

- La manipulación de cargas, mediante el uso de aparatos y equipos de elevación, debe de ser realizada por personas formadas en el manejo de estos equipos.



Figura 14. Choques contra objetos móviles.

10.4.8. Choques contra objetos inmóviles

La colisión de una persona o de una parte de su cuerpo, con uno o varios objetos colocados de forma fija o en situación de reposo.

Medidas preventivas:

Los locales de trabajo reunirán las siguientes dimensiones mínimas:

- Una altura de 3 m desde el piso hasta el techo. Se contempla en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá ser reducida a 2,5 m.
- Una superficie libre por trabajador de 2 m²
- Por cada trabajador 10 m³, no ocupados.
- Las zonas de paso, salidas como vías de circulación de los lugares de trabajo, deberán de permanecer libres de obstáculos, de forma que sea posible utilizarlas sin impedimento alguno.
- La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo, será adaptada a las actividades que se estén realizando.
- Disponer de espacios necesarios, tanto para almacenamientos fijos como eventuales, del proceso productivo y señalar dichos espacios.

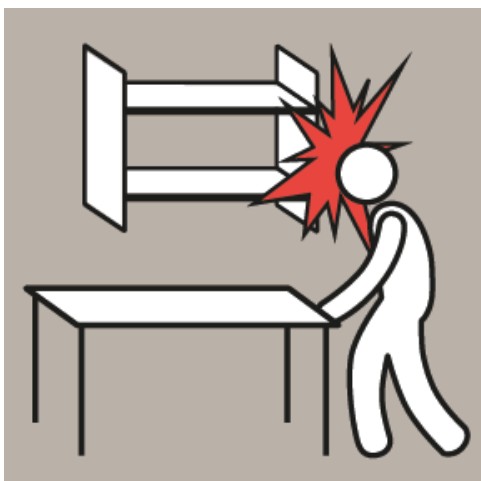


Figura 15. Choque contra objetos inmóviles.

10.4.9. Golpes contra objetos o herramientas

Circunstancia que puede producirse ante el contacto de alguna parte del cuerpo de los trabajadores con objetos cortantes, punzantes o abrasivos.

Medidas preventivas:

- Las herramientas manuales deberán estar formadas por materiales resistentes, de forma que se eviten las roturas de los mismos. Las empuñaduras deberán de tener las dimensiones adecuadas, y sin bordes agudos ni presentar zonas resbaladizas.
- Las herramientas manuales deberán de tener el tamaño adecuado, conforme a las operaciones a realizar.

Se debe de comprobar que las herramientas manuales satisfacen las siguientes características:

1. Las partes cortantes y punzantes se mantendrán debidamente afiladas.
2. Las cabezas metálicas deberán carecer de rebabas.

Se ajustará con protectores adecuados a aquellas herramientas que lo admitan.

Hay que realizar un correcto mantenimiento de las herramientas manuales, realizándose una revisión periódica por parte de personal especializado.

Las herramientas que sean cortantes o con puntas agudas se protegerán con protectores de cuero o metálicos.

- Se deben utilizar Equipos de Protección Individual oportunos, en concreto, guantes y calzado, en los trabajos que así lo soliciten.

- Se debe de evitar la acumulación de personas realizando a la vez tareas de soldadura u oxicorte en espacios reducidos.



Figura 16. Golpes contra objetos o herramientas

10.4.10. Atrapamiento por objetos

Se origina cuando una persona o alguna parte de su cuerpo pueden ser trabadas o aprisionadas por las máquinas o entre objetos, piezas o materiales.

Medidas preventivas:

- Elementos móviles de las máquinas deben de estar protegidos.
- Las operaciones de mantenimiento, reparación, engrasado y limpieza, se realizarán cuando se produzca la detención de los motores, transmisiones y máquinas, salvo en las partes que estén totalmente protegidas.
- Los elementos móviles de equipos de elevación y aparatos, que puedan causar atrapamientos deben estar protegidos correctamente.
- La manipulación manual de objetos también puede originar atrapamientos, por caídas pudiendo causar apilamientos.

Se deben tener en cuenta las siguientes medidas:

Los objetos deben estar limpios y libres de sustancias resbaladizas. Sus formas y dimensiones deben facilitar su manipulación, y la base de apoyo debe de ser estable.

El personal debe estar instruido en la manipulación correcta de objetos.

Siempre que sea posible, se deberán de emplear medios auxiliares en la utilización manual de objetos.

10.4.11. Proyecciones de fragmentos o partículas

Se pueden producir por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material que son proyectadas por una máquina, herramienta o materia prima constituyente.

Medidas preventivas:

Protecciones colectivas

- Pantallas de protección, de modo que situadas entre el trabajador y la pieza/herramienta, detenga las proyecciones. Si son transparentes, deberán renovarse cuando dificulten la visibilidad.
- Utilizar los sistemas de aspiración dotados con potencia suficiente para absorber las partículas que se desprendan.
- Los trabajadores deberán de disponer de las fichas de seguridad de todos los productos químicos utilizados en la instalación. Los trabajadores seguirán las recomendaciones especificadas en éstas.
- Uso de pantallas protectoras que encierran completamente la zona en que se producen las proyecciones.

Equipos de Protección Individual

- En función del riesgo como proyecciones de líquidos, impactos y demás, se utilizarán gafas de seguridad para proteger los ojos.
- Como medio de protección para la cara se emplearán pantallas abatibles o fijas, según la necesidad del trabajo.
- Para las manos se emplearán guantes adecuados.
- A los anteriores, se combinará con la utilización de delantales, manguitos, polainas, siempre que las proyecciones puedan alcanzar otras partes del cuerpo.
- Los Equipos de Protección Individual deberán de ser certificados.

10.4.12. Almacenamiento de materiales

Medidas preventivas:

- No se dejarán abandonados materiales o herramientas en los puestos de trabajo y en pasillos y zonas de paso. Mantener la zona limpia de residuos de operaciones anteriores
- Se deben de llevar a cabo limpiezas periódicas en la zona de trabajo y evitar acumulación de residuos y materiales producidos por el propio trabajo así como mantener los suelos sin obstáculos y sustancias resbaladizas.

- Los almacenamientos deben de ser ordenados y estables, evitando salientes en las zonas de paso y no dejando sueltos los bultos de pequeño tamaño que puedan rodar
- Se deberán adoptar las medidas técnicas adecuadas para evitar en lo posible la manipulación manual de cargas. El esfuerzo de levantar lo deben realizar las piernas, agacharse doblando las rodillas, con la espalda derecha y agarrando el objeto firmemente
- Se deberán usar en todo momento guantes de protección contra agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones, etc.) y calzado de seguridad.

10.4.13. Trasiego de materiales

Se dispondrá de dos puntos de carga-descarga configurados por una estructura metálica, dotada con plataforma y barandillas, a la cual se accederá mediante escaleras mecánicas fijas. El acceso a la zona de carga-descarga estará correctamente señalizado. Los equipos necesarios para la carga y descarga del producto final serán antideflagrantes.

Los camiones que se encuentren cargando o descargando estarán frenados por calzas, cuñas o estructuras similares, y se dispondrá de un sistema de corte automático de fluido por pérdida de presión.

10.4.14. Atropellos o golpes

Son los producidos por vehículos en movimiento, empleados en las distintas fases de los procesos realizados por la empresa, dentro del horario laboral.

Medidas preventivas

Todos los conductores de vehículos, tendrán demostrada su capacidad para ello, y estarán autorizados por la empresa.

- Estará establecido un programa de mantenimiento para asegurar el correcto estado del vehículo.
- Nunca será sobrepasada la capacidad nominal de carga, indicada para cada vehículo
- Las características del vehículo, serán las adecuadas al uso y el lugar de utilización
- Los vehículos dispondrán de los elementos de seguridad y aviso necesarios y en buen estado (resguardos, frenos, claxon, luces, etc.)
- Estará limitada la velocidad de circulación, a las condiciones de la zona a transitar

- Las zonas de tránsito estarán bien señalizadas, serán de anchura suficiente y el pavimento estará en buen estado
- Existirá un lugar específico para el estacionamiento de vehículos
- Estará perfectamente señalizadas las zonas de circulación de personas, cuando éstas coincidan con los vehículos
- Existirá un procedimiento (señal, cartel, etc.) que identifique y avise cuando un vehículo esté averiado o en mantenimiento
- La iluminación de la zona y/o la del propio vehículo, garantizarán siempre, a vehículos y personas, el ver y ser vistos.

10.4.15. Contactos eléctricos

Se distingue entre dos tipos distintos de contactos eléctricos:

1. Contacto directo, cuando por la persona puede circular una corriente eléctrica causada por un contacto con partes activas de la instalación eléctrica, normalmente en tensión.

Medidas preventivas:

- Mantener cuadros eléctricos cerrados
 - Garantizar el aislamiento adecuado en todas las partes activas
 - Realizar empalmes y conexiones de forma correcta de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002
 - No realizar trabajos de mantenimiento en instalaciones bajo tensión, salvo personal especializado
 - Emplear Equipos de Protección Individual y herramientas adecuadas o señalizar riesgo eléctrico
 - Empleo de tensiones de seguridad (12/24 voltios) en el uso de herramientas portátiles.
2. Contacto indirecto, cuando por la persona puede circular una corriente eléctrica causada por un contacto con elementos puestos accidentalmente en tensión, que en condiciones normales están aislados de la corriente.

Medidas preventivas

- Evitar humedades
- Emplear tensiones de seguridad
- Conectar a tierra equipos, cuadros eléctricos, máquinas, etc.
- Disponer de doble aislamiento en máquinas y equipos eléctricos
- Disponer de protección diferencial adecuada

- Verificar, periódicamente, el buen funcionamiento de los dispositivos de seguridad empleados en la instalación eléctrica
- Uso de tensiones de seguridad (12/24 voltios) en lugares confinados o aislados mediante materiales conductores (paredes de depósitos, silos, etc.)

10.4.16. Elevación manual de cargas

Siempre que sea posible se evitarán las elevaciones manuales de cargas empleando, cuando las condiciones de la obra los permitan, los elementos mecánicos de izado.

Medidas preventivas

- Para un correcto levantamiento de la carga se ha de acercar ésta lo más posible al cuerpo y se apoyarán los pies firmemente en el suelo. Se doblarán las rodillas, manteniendo la espalda recta y manteniendo los brazos pegados al cuerpo, se elevará la carga empleando las piernas.

10.4.17. Elevación y descenso de materiales con medios mecánicos

Medidas preventivas

- Antes de poner en servicio la máquina, comprobar todos los dispositivos de frenado, así como el estado de eslingas, estrobos y grilletes que no deben de ser utilizados si están defectuosos o dañados. Todos estos elementos se revisarán diariamente y siempre antes de cualquier utilización.
- No sobrepasar nunca la carga máxima admisible fijada por el fabricante, evitando arrastres de carga y tirones arriesgados. La elevación y descenso se hará siempre lentamente evitando parado o arranque brusco y se hará en sentido vertical para evitar balanceos.
- Se prohíbe la permanencia de cualquier trabajador en la vertical de las izadas o cargas señalizándose esta zona de manera que se impida de manera efectiva la circulación de personal por debajo de las cargas.
- El gruista debe mantener continuamente a la vista la carga y parar las maniobras cuando necesite mirar hacia otro lado. El trabajo y la comunicación entre el gruista y el personal que estorbe la carga ha de coordinarse de manera que existan entre ellos el mismo código de señales para la realización de todos los movimientos.
- Antes de iniciar las maniobras de carga se comprobará la estabilidad de las piezas izadas y de que todos los ganchos poseen pestillos de seguridad para evitar el desenganche fortuito de la carga.

10.4.18. Escaleras y plataformas de trabajo

Las cintas rodantes y escaleras mecánicas deberán de garantizar la seguridad de los trabajadores que las vayan a utilizar, con paradas de emergencias fácilmente visibles y accesibles.

Las normas tecnológicas de la edificación están dedicadas a los ascensores, escaleras mecánicas, los montacargas, las cintas de personas y los tubos neumáticos.

Las condiciones de seguridad en las escaleras fijas y de servicio han de ser tales que permitan su uso sin ningún peligro: en razón a ello, conviene desarrollar los requisitos de seguridad que aquellas deban reunir.

Medidas preventivas

- Su resistencia será la suficiente para soportar una carga móvil de Kg/m^2 y con un coeficiente de 4
- Si su construcción fuera de metal perforado, los huecos no serían de más de 10 mm para que no puedan caer objetos
- La altura mayor entre descansillos inmediatos no será superior a 3,70 m
- Los descansos intermedios no medirán menos de 1,12 m en dirección a la escalera
- El espacio libre en vertical a partir de los peldaños no será inferior a 2,20 m
- La anchura mínima de las escaleras fijas será de 0,90
- Su inclinación respecto a la horizontal no será menor de 20 grados ni mayor de 45 grados
- Si fuera inferior a 20 grados procede la instalación de rampas
- Si fuera mayor de 45 grados procede la instalación de escalera
- La anchura de huella de los escalones no será inferior a los 23 cm
- La altura de la contrahuella o contrapeldadnos será de entre 13 y 20 cm
- Estarán dotadas de barandillas en sus lados abiertos y de pasamanos en sus pasos cerrados
- Tanto las barandillas como los pasamanos tendrán una altura no inferior a 90 cm

Las escaleras de servicio reunirán los siguientes requisitos:

- La anchura será al menos de 55 cm
- Su inclinación no será mayor de 60 grados

- La anchura mínima de los escalones será de 15 cm
- Las mediciones de los distintos elementos de las escaleras no variarán en sus diversos tramos
- Las superficies de los escalones y de los descansillos serán antideslizantes

10.4.19. Manejo de herramientas manuales, eléctricas y mecánicas

Todo operario tendrá el conocimiento necesario para el manejo de la herramienta que vaya a utilizar y se usarán las herramientas adecuadas en cada trabajo.

Medidas preventivas

- Se conservarán todas las herramientas en condiciones óptimas de utilización y se revisarán cada día antes del comienzo de los trabajos desechándose aquéllas que presenten anomalías y señalizando éstas mediante carteles anotas informativas para evitar la involuntaria puesta en marcha. Las herramientas se almacenarán ordenadas y limpias cuando finalice su uso
- Se comprobará, antes de su uso, que la herramienta eléctrica tiene en buen estado la carcasa de protección y que el estado del cable y de la clavija de conexión son correctos. Se rechazará toda máquina que presente repelones que dejen al descubierto hilos de cobre, o si tiene empalmes defectuosos, para evitar contactos directos con dichos elementos
- Se utilizarán máquinas con doble aislamiento de protección, conectándolas a cuadros protegidos con interruptor diferencial. Nunca se desmontará la protección normalizada del disco en el caso de amoladora portátil, ya que pueden producirse accidentes graves y cuando se deba cambiar el disco nunca se hará con la herramienta conectada a la fuente de alimentación. Se rechazarán aquellas herramientas con mangos defectuosos y se mantendrán limpias de aceites y grasas.

10.4.20. Máquinas y equipos

Las medidas de seguridad son una combinación de las medidas adoptadas en la fase de diseño y de las que deberán ser incorporadas por el usuario.

El diseñador, en cualquier caso, y en el orden siguiente, debe:

- Especificar los límites de la máquina
- Identificar los peligros y evaluar los riesgos
- Eliminar los peligros o limitar los riesgos tanto como sea posible

- Concebir resguardos y/o dispositivos de protección contra cualquier riesgo permanente
- Informar y advertir al usuario sobre cualquier riesgo residual
- Tomar todas las precauciones suplementarias necesarias.

Medidas preventivas

- Es conveniente que se determinen, lo más exhaustivamente posible, los diferentes modos de utilización de la máquina y los distintos procedimientos de intervención de los operadores. De esta forma pueden asociarse medidas de seguridad apropiadas a cada uno de estos modos y procedimientos. Esto evita que dificultades técnicas induzcan a los operadores a improvisar modos de utilización y técnicas de intervención peligrosas
- Si las medidas de seguridad adoptadas no satisfacen totalmente los requisitos de seguridad, será compensado mediante prácticas de trabajo seguras (formación, procedimientos de trabajo seguros, supervisión, sistemas de “permiso de trabajo”, etc.) que competen a la responsabilidad de los usuarios
- En el caso de utilización no profesional, debe preverse que el usuario no recibirá formación ni adiestramiento y el diseño de la máquina, (medidas de seguridad adoptadas, incluyendo la información) debería tenerlo en cuenta
- Dispositivos electro sensibles diseñados para la detección de personas, principalmente barreras inmateriales, superficies sensibles, detectores electromagnéticos
- Bloques lógicos que desempeñen funciones de seguridad para mandos manuales
- Pantallas automáticas móviles para la protección de las máquinas
- Estructuras de protección contra el peligro de vuelco (ROPS)
- Estructuras de protección contra el peligro de caída de objetos (FOPS)

10.4.21. Protección contra incendios

Debido a las características de las instalaciones se tendrá especial cuidado en las medidas de protección contra incendios a aplicar.

Los sistemas de protección deberán mantenerse en condiciones de funcionamiento en todo momento mediante las inspecciones, pruebas, reparaciones y/o reposiciones oportunas.

Medidas preventivas

- Reserva de agua: se prevé una red de distribución, exclusiva para el sistema de protección contra incendios, que alimentará a los hidrantes y al conjunto de BIEs a través de un grupo de bombeo, con una presión manométrica mínima en cualquier punto de la red de 7 bares. Su capacidad permitirá mantener una autonomía superior a tres horas en caso de necesidad.
- Grupo de bombeo: impulsará un caudal mínimo de 100m³/h, y estará compuesto por una bomba eléctrica y una bomba Diesel conectadas en paralelo, así como una bomba "jockey" para el mantenimiento de presión en el circuito. Existirá un cuadro de maniobra y control para las electrobombas. Estará compuesto además por:
 - Tubería colector de impulsión para la conexión a la red, colector de pruebas, conexión al acumulador hidroneumático, etc
 - Válvulas de seguridad de escape
 - Antiarriete hidroneumático
 - Medidor de caudal
 - Presostatos para el funcionamiento de las bombas
 - Manómetros
 - Valvulería
- Red de distribución: dispuesta en anillo de acero, discurrirá enterrada en todo su recorrido. La parcela contará con una red exterior de distribución de agua completa con tuberías, válvulas de aislamiento, hidrantes de columna seca y casetas de material portátil y una red interior de distribución de agua completa con tuberías, válvulas de aislamiento y BIEs. Del anillo principal se deriva un ramal que acomete el edificio de oficinas y laboratorio. De la red de anillo se alimentarán las BIEs y los hidrantes. Se dispondrán de llaves manuales de bola para la independización por tramos, para efectuar reparaciones, etc.
- Bocas de incendio equipadas (BIE): se ha previsto la implantación de BIEs completamente equipadas dispuestas por el anillo. La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 m y la distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima será como máximo de 25m.
- Hidrantes exteriores: se han dispuesto hidrantes a lo largo del anillo abarcando toda la superficie exterior. Serán de columna seca, de cuerpo de fundición con

acoplamiento recto a la red, pintados en rojo bermellón en las partes externas y pintura negra anticorrosiva en las partes bajo nivel del suelo.

- Sistemas automáticos de detección de incendio: se colocarán en el interior de los edificios y en el parque de almacenamiento d tanques. Estarán compuestos por: pulsadores, alarmas ópticas y acústicas, detectores ópticos, térmicos, termovelocimétricos, de llama, de gas y de ampolla, panel central de control y paneles locales e interconexionado.
- Extintores móviles: se instalarán extintores portátiles de polvo polivalente con manómetro comprobable. En la zona donde se sitúen los cuadros eléctricos se colocará un extintor de CO₂ con manómetros y válvula de disparo rápido.
- Alarmas y control de alarmas: se contará con un cuadro de alarmas con el cableado necesario para la conexión de todos los detectores hasta la central. Los puestos para el accionamiento de alarma estarán dispuestos de forma que se encuentren a menos de 25 m de los accesos a los cubetos, bombas o estaciones de carga o descarga. La alarma acústica será perfectamente audible en toda la zona y distinta de las destinadas a otros usos (el aviso del principio y fin de la jornada por ejemplo). En el recinto existirá un teléfono para comunicaciones con los servicios de socorro exteriores.
- Sistemas fijos de agua pulverizada: se han previsto sistemas fijos de agua pulverizada automáticos en la zona de almacenamiento. Se aplicarán sobre los recipientes mediante boquillas conectadas permanentemente a la red de incendios, con accionamiento en lugar protegido y accesible durante el incendio.
- Sistemas fijos de espuma física: se emplearán sistemas fijos de espuma automáticos y de detección automática para la inundación del recipiente, con accionamiento situado en lugar protegido y accesible durante el incendio.
- El cubeto de retención estará dotado de protección de incendios con espuma contra derrames en cubetos, para ello se contará con generadores de espuma.
- El sistema garantizará un caudal mínimo de espuma de 95,6 m³/h durante 55 minutos para los tanques, y 11,4 m³/h durante 30 minutos para los derrames en cubetos
- Se dispondrá de la cantidad de agente espumógeno necesaria para cubrir los caudales durante los tiempos previstos, y además se garantizará una reserva para 24 horas
- Rociadores automáticos de agua: estos sistemas detectan, avisan, controlan y llegan a extinguir los incendios que han comenzado antes de que crezcan y se

conviertan en incontrolables. Los rociadores se instalarán para proteger los diferentes sectores de incendio

- Sistemas de alumbrado de emergencia: la instalación contará con un sistema de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación que será fija y estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 por 100 de su tensión nominal de servicio. Además, mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo. Por otra parte, proporcionará la iluminancia adecuada.
- Instalación de protección contra el rayo: se prevé una instalación que garantice la captación, derivación y disipación a tierra del rayo, para la totalidad de la parcela, incluyendo todos los accesorios necesarios (punta franklin o similar, mallas captadoras y conductores a tierra, accesorios de montaje, etc.
- Señalización: todas las salidas se señalizarán, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida.

10.4.22. Agentes físicos

Todo sonido no grato que puede interferir o impedir alguna actividad humana.

10.4.22.1. Ruido

El ruido se define, en general, como un sonido no deseado y molesto.

Medidas preventivas:

- Encerramiento de las fuentes de ruido, colocación de barreras acústicas, aumentando la absorción de paredes y techos, etc.
- Disminuir el tiempo de exposición al ruido.
- Proceder a un adecuado mantenimiento de la maquinaria.
- Evaluar los niveles de ruido presentes en el puesto de trabajo.
- Proceder a la realización de una audiometría de forma periódica.
- Utilizar, si es necesario, elementos de protección auditiva.

10.4.22.2. Vibraciones

Es la oscilación de partículas, alrededor de un punto, en un medio físico cualquiera.

La exposición a vibraciones se produce cuando se transmite a alguna parte del cuerpo el movimiento oscilante de una estructura, ya sea el suelo, una empuñadura o un asiento.

Medidas preventivas:

- Acciones de tipo administrativo que tiene como objetivo la disminución del tiempo diario de exposición a las vibraciones: organización del trabajo, establecimiento de pausas en el trabajo, rotación de puestos, modificación de las secuencias de montaje, etc
- Acciones técnicas que pretenden disminuir la intensidad de vibración que se transmite al cuerpo humano, bien sea disminuyendo la vibración en su origen, evitando su transmisión hasta el cuerpo o utilizando equipos de protección personal
- Vigilancia del estado de la máquina. (Giro de ejes, ataque de engranajes, etc.)
- Modificación de la frecuencia de resonancia por cambio de la masa o rigidez del elemento afectado
- Interposición de materiales absorbentes de las vibraciones
- Diseño ergonómico de las herramientas
- Establecimiento de las suspensiones adecuadas en vehículos (ruedas, asiento, cabinas, etc)

10.5. Servicio Médico: reconocimiento y botiquín

El contratista deberá disponer de un Servicio Médico de Empresa propio o mancomunado.

Todos los operarios que trabajen en la obra, objeto de este proyecto, deberán pasar un reconocimiento médico previo a la admisión y que será repetido en el periodo de un año.

El botiquín se encontrará en un local limpio y adecuado a tal efecto. Estará señalizado convenientemente tanto el propio botiquín, como la señalización en el exterior que indique el acceso al mismo. El botiquín se encontrará cerrado, pero no bajo llave o candado para no dificultar el acceso a su material en caso de producirse una situación de urgencia. La persona que atienda habitualmente además de los conocimientos mínimos precisos y su práctica, estará preparada, en caso de accidente, para redactar una parte de botiquín que, posteriormente, con más datos servirá para redactar el parte interno de la empresa y, si fuera preciso, como base para la redacción del parte Oficial de Accidente.

La persona que habitualmente esté encargada de su uso repondrá, inmediatamente, el material utilizado. Independientemente de ello se revisará mensualmente el botiquín, reponiendo o sustituyendo todo lo que fuera necesario.

10.6. Servicios Técnicos de Seguridad e Higiene

El contratista dispondrá por sus propios medios de asesoramiento en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo, para el cumplimiento de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Todos los operarios deben recibir, al ingresar en la obra, una exposición detallada de métodos de trabajo, así como de los riesgos que puedan entrañar, juntamente a las medidas de previsión, prevención y protección que deberá emplear. Los operarios serán ampliamente informados de las medidas de seguridad, personales y colectivas, que deben establecerse en el tajo a que estén destinados, así como en los colindantes.

Cada vez que el operario cambie de puesto de trabajo o actividad se reiterará la operación descrita en el párrafo anterior.

El Contratista garantizará, y consecuentemente será responsable de su omisión, que todos los trabajadores y personal que se encuentre en la obra, conoce debidamente todas las normas de seguridad que sean de aplicación en la obra.

El Contratista elegirá los operarios más idóneos, a los que impartirán cursillos especiales de socorrismo y primeros auxilios, formándose monitores de seguridad o socorristas.

La misión específica del monitor de seguridad es su intervención rápida y eficaz en todas aquellas ocasiones que se produzca un accidente, substrayendo, en primer lugar, el compañero herido de peligro, si hay lugar a ello, y después, prestándole los cuidados necesarios, realizando la cura de urgencia y transportándolo en las mejores condiciones al Centro Médico o vehículo para poder llegar a él. El monitor de seguridad tendrá la preparación para redactar un primer parte de accidente.

Los puestos de trabajo se distribuirán de tal manera que todos dispongan de un monitor de seguridad o socorristas.

En carteles debidamente señalizados y mayor aún, si fuera posible, por medio de cartones individuales repartidos a cada operario, se recordarán e indicarán las instrucciones a seguir en caso de accidente.

- 1) Aplicar los primeros auxilios
- 2) Avisar a los Servicios Médicos de empresa, propios o mancomunado, y comunicarlo a la línea de mano correspondiente de la empresa
- 3) Acudir a pedir la asistencia sanitaria más próxima. Para el cumplimiento de esta tercera etapa, en los carteles o en los cartones individuales en su caso, se encontrarán los datos que siguen: teléfono y dirección del centro médico más cercano, servicio propio, mutua patronal, hospital o ambulatorio. También se incluirán los teléfonos de los servicios

más cercanos de ambulancias y taxis. Se indicará que, cuando se decida la evacuación o traslado a un Centro Hospitalario, deberá advertirse telefónicamente al Centro de la inminente llegada del accidentado.

En los trabajos alejados de los Centros Médicos se dispondrá de un vehículo, en todo momento, para el traslado urgente de los accidentados.

10.7. Locales de Higiene y Bienestar

Se dispondrá de vestuarios, servicios higiénicos y comedor para los operarios dotados de las características que figuran a continuación:

- La superficie mínima común de vestuarios y aseos será, por lo menos, de 2 m² para cada operario.
- El vestuario estará provisto de bancos o asientos y taquillas individuales, con llave, para guardar la ropa y el calzado
- Se incluirá un cuarto de lactancia para aquellas trabajadoras que lo precisen cuando sea necesario, dotado con varias tomas de corriente, lavamanos y una nevera
- Los aseos dispondrán de un lavabo con agua corriente fría y caliente, provisto de jabón por cada diez empleados o fracción de esta cifra y un espejo de dimensiones adecuadas.
- Se dotará los aseos de secadores de aire caliente o toallas de pared, existiendo, en este último caso, recipientes adecuados para depositar las usadas
- Existirán retretes con descarga automática de agua corriente y papel higiénico
- Existiendo, al menos, un inodoro por cada 25 hombres o fracción de esta cantidad. Los retretes no tendrán comunicación directa con el comedor y con el vestuario
- Las dimensiones mínimas de las cabinas serán de 1 x 1,20 m de superficie y 2,50 m de altura
- Las puertas impedirán totalmente la visibilidad desde el exterior y estarán provistas de cierre interior y de una percha
- Los inodoros y urinarios se instalarán y conservarán en las debidas condiciones de desinfección, desodorización y supresión de emanaciones
- Se instalará una ducha de agua fría y caliente por cada 10 trabajadores o fracción de esta cifra
- Las duchas estarán aisladas, cerradas en compartimentos individuales, con puertas dotadas de cierre interior y sus correspondientes colgadores de ropa

- Los suelos, paredes y techos de los retretes, duchas, salas de aseo y vestuarios serán continuos, lisos e impermeables, realizados con materiales sintéticos preferiblemente en tonos lo más claros posibles y estos materiales permitirán el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria
- Todos los elementos, tales como grifos, desagües y alcachofas de las duchas, estarán siempre en perfecto estado de funcionamiento, y las taquillas y los bancos aptos para su correcta utilización
- Análogamente los pisos, paredes y techos de comedor, serán lisos y susceptibles de fácil limpieza, tendrán una iluminación, ventilación y temperaturas adecuadas
- Los vestuarios, duchas y comedor dispondrán de calefacción en caso que sea necesario y las condiciones climatológicas lo requieran
- Se dispondrá de un fregadero con agua potable para la limpieza de utensilios
- El comedor dispondrá de mesas y asientos con respaldo, algún dispositivo que permita calentar comidas y un recipiente de cierre automático para desperdicios
- Para la limpieza y conservación de estos locales en las condiciones pedidas, se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria para tal efecto

10.8. Plan de seguridad y salud

De acuerdo con este estudio, la empresa adjudicataria de las obras redactará, antes del comienzo de las mismas, un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo. Este Plan, debe ser revisado y aprobado, en su caso por el Coordinador de Seguridad y Salud o por la Dirección Facultativa de la obra.

Se incluirá en el mismo la periodicidad de las revisiones que han de hacerse a los vehículos y maquinaria que haya asignado a la obra.

En la oficina principal del Contratista, o en el punto que determine la Dirección Facultativa de la Obra, estará disponible un Libro de Incidencias, suministrado por el Colegio Profesional, que revisará la ejecución de la obra.

Este libro constará de hojas cuadruplicadas que se destinarán en caso de utilizarse el libro a:

- Seguridad Social e Inspección de Trabajo
- Coordinador de Seguridad o Dirección de la Obra
- Contratista adjudicatario de la Obra
- Representantes de los trabajadores.

En dicho Libro de Incidencias podrán hacer anotaciones las figuras que se establecen a continuación:

- Coordinador de Seguridad y Salud
- Representantes del Contratista
- Representantes de los subcontratistas
- La Autoridad Laboral y los Técnicos de los Gabinetes Provinciales de Seguridad e Higiene
- Los miembros del Comité de Seguridad y Salud o en su defecto, los representantes de los trabajadores

11. DISPOSICIONES GENERALES

11.1. Organización y planificación de la seguridad

11.1.1.1. Ordenación de la actividad preventiva

11.1.1.2. Criterios de selección de las medidas preventivas

Las acciones preventivas que se lleven a cabo en la obra, por el empresario, estarán constituidas por el conjunto coordinado de medidas, cuya selección deberá dirigirse a:

- Tratar de evitar los riesgos en la medida de lo posible tomando las medidas de protección adecuadas
- Observar e intentar corregir los riesgos que no sean evitables, adoptando las medidas pertinentes
- Atacar los riesgos en su origen
- Se intentará ajustar el trabajo a la persona, también la selección de los procedimientos de trabajo y de producción, intentando reducir los trabajos que puedan ser monótonos.
- Realizar cursos de formación
- Hacer un plan de prevención coherente donde se integre en ella la técnica, organización, las condiciones laborales, relaciones sociales y factores ambientales.
- Aprobar medidas donde se priorice la protección colectiva ante la individual
- Intentar en la medida de lo posible darlas debidas instrucciones a los trabajadores

Según la Ley de Prevención de Riesgos laborales (LPRL) recogida en el artículo 19, se debe de garantizar que cada uno de los trabajadores reciba una formación tanto teórica como práctica adecuada tanto en materia de prevención de riesgos como de seguridad laboral.

11.1.1.3. Planificación y organización

La planificación y organización de la acción preventiva deberá formar parte de la organización del trabajo, siendo por tanto, responsabilidad del empresario, quién deberá orientar esta actuación a la mejora de las condiciones de trabajo y disponer de los medios oportunos para llevar a cabo la propia acción preventiva.

La acción preventiva deberá integrarse en el conjunto de actividades que conllevan la planificación, organización y ejecución de la obra en todos los niveles jerárquicos del personal adscrito a la obra, a la empresa constructora principal y a las subcontratas.

El empresario deberá reflejar documentalmente la planificación y organización de la acción preventiva, dando conocimiento y traslado de dicha documentación, entre otros, al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud, con carácter previo al inicio de las obras, para su aprobación.

El empresario, en base a la evaluación inicial de las condiciones de trabajo y a las previsiones establecidas en el Estudio de Seguridad y Salud, planificará la acción preventiva. El empresario deberá tomar en consideración las capacidades profesionales, en materia de seguridad y salud, de los trabajadores en el momento de encomendarles tareas que impliquen riesgos graves.

11.1.1.4. Actividades empresariales

El empresario principal adoptará las medidas necesarias para que los trabajadores de las demás empresas subcontratadas reciban la información adecuada sobre los riesgos existentes en la obra y las correspondientes medidas de prevención.

Cuando en la obra desarrollen simultáneamente actividades dos o más empresas, vinculadas o no entre sí contractualmente, tendrán el deber de colaborar en la aplicación de las prescripciones y criterios contenidos en este Pliego, conjunta y separadamente. A tal fin, deberán establecerse entre estas empresas, y bajo la responsabilidad de la principal, los mecanismos necesarios de coordinación en cuanto a la seguridad y salud se refiere.

El empresario deberá comprobar que los subcontratistas o empresas con las que ellos contraten determinados trabajos reúnen las características y condiciones que les permitan dar cumplimiento a las prescripciones establecidas en este Pliego. A tal fin, entre las condiciones correspondientes que se estipulen en el contrato que haya de suscribirse entre ellas, deberá figurar referencia específica a las actuaciones que tendrán que llevarse a cabo para el cumplimiento de la normativa de aplicación sobre seguridad y salud en el trabajo. La empresa principal deberá vigilar que los subcontratistas cumplan con la normativa de protección de la salud de los trabajadores en la ejecución de los trabajos que desarrollen.

11.1.2. Organigrama funcional de la empresa

11.1.2.1. Servicios de prevención

El empresario, en los términos y con las modalidades previstas en las disposiciones vigentes, deberá disponer de los servicios encargados de la asistencia técnica preventiva, en cuya actividad participarán los trabajadores conforme a los procedimientos establecidos.

El conjunto de medios humanos y materiales constitutivos de dicho servicio será organizado por el empresario directamente o mediante concierto. Los servicios de prevención deberán de facilitar a la empresa el asesoramiento y apoyo en lo que se refiere a lo siguiente:

- Proyectar y adaptar planes y programas de actuación preventiva
- Valorar los factores de riesgo posibles
- Adoptar las medidas preventivas adecuadas y hacer un seguimiento su eficacia
- Buena colaboración para mantener bien informados y formación a los trabajadores
- Garantizar la asistencia de los primeros auxilios y planes de emergencia
- Velar por la salud de los trabajadores a razón de los riesgos producidos en el trabajo

El personal encargado de estos servicios, en lo referente a su formación, especialidad, capacitación, dedicación y número, así como los recursos técnicos, han de ser suficientes y adecuados conforme a las actividades preventivas a desarrollar en la empresa.

11.1.2.2. Representantes de los trabajadores

Los representantes del personal que en materia de prevención de riesgos hayan de constituirse según las disposiciones vigentes, contarán con una especial formación y conocimiento sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.

El empresario proveerá a los representantes de los trabajadores la formación necesaria, en cuanto a materia preventiva, que sea necesaria.

Dicha formación se reiterará con la periodicidad necesaria.

11.1.2.3. Comité de seguridad y salud

Se constituirá obligatoriamente un Comité de Seguridad y Salud siempre y cuando la obra tenga cincuenta trabajadores o más. La organización estará formada por los representantes de los trabajadores, empresario o representantes de éste, en mismo número.

Su organización, funciones, competencias y facultades serán las determinadas legalmente.

En las empresas no obligadas a constituir Comités de Seguridad y Salud y que ocupen a cinco o más trabajadores, el empresario designará un vigilante de Seguridad, cuyo nombramiento deberá recaer en la persona más cualificada en materia de Seguridad y Salud.

11.1.2.4. Coordinación de seguridad y salud

El empresario deberá nombrar, entre el personal técnico adscrito a la obra, al representante de seguridad que coordinará la ejecución del Plan de Seguridad y Salud y será su representante e interlocutor ante el responsable del seguimiento y control del mismo, en el supuesto de no ejercitar por sí mismo tales funciones de manera permanente y continuada.

Antes del inicio de la obra, el empresario habrá de dar conocimiento al responsable del seguimiento y control del Plan de quien asumirá los cometidos mencionados, así como de las sustituciones provisionales o definitivas del mismo, caso que se produzcan.

La persona asignada para ello deberá estar especializada en prevención de riesgos profesionales y acreditar tal capacitación mediante la experiencia, diplomas o certificaciones pertinentes.

El coordinador de la seguridad deberá ejercer sus funciones de manera permanente y continuada, para lo que le será preciso prestar la dedicación adecuada, debiendo acompañar en sus visitas a la obra al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y recibir de éste las órdenes e instrucciones que procedan, así como ejecutar las acciones preventivas que de las mismas pudieran derivarse.

El resto de los técnicos, mandos intermedios, encargados y capataces adscritos a la obra, tanto de la empresa principal como de las subcontratas, con misiones de control, organización y ejecución de la obra, deberán estar dotados de la formación suficiente en materia de prevención de riesgos y salud laboral, de acuerdo con los cometidos a desempeñar.

En cualquier caso, el empresario deberá determinar, antes del inicio de la obra, los niveles jerárquicos del personal técnico y mandos intermedios adscritos a la misma, dando

conocimiento, por escrito, de ello al responsable del seguimiento del Plan de Seguridad y Salud.

11.1.2.5. Coordinación de los distintos órganos especializados

Los distintos órganos especializados que coincidan en la obra, deberán coordinar entre sí sus actuaciones en materia preventiva, estableciéndose por parte del contratista la programación de las diversas acciones, de modo que se consiga una actuación coordinada de los intervinientes en el proceso y se posibilite el desarrollo de sus funciones y competencias en la seguridad y salud del conjunto de la obra.

El empresario de la obra o su representante en materia de prevención de riesgos deberán poner en conocimiento del responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud cuantas acciones preventivas hayan de tomarse durante el curso de la obra por los distintos órganos especializados.

El empresario principal organizará la coordinación y cooperación en materia de seguridad y salud que propicien actuaciones conjuntas sin interferencias, mediante un intercambio constante de información sobre las acciones previstas o en ejecución y cuantas reuniones sean necesarias para contraste de pronunciamientos y puesta en común de las actuaciones a emprender.

11.1.3. Normas generales de control y seguimiento

11.1.3.1. Toma de decisiones

Con independencia de que por parte del empresario, su representante, los representantes legales de los trabajadores o Inspección de Trabajo se pueda llevar a cabo la vigilancia y control de la aplicación correcta y adecuada de las medidas preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud, la toma de decisiones en relación con el mismo corresponderá únicamente al responsable de su seguimiento, salvo que se trate de casos en que hayan de adoptarse medidas urgentes sobre la marcha que, en cualquier caso, podrán ser modificadas con posterioridad si el referido técnico no las estima adecuadas.

En aquellos otros supuestos de riesgos graves e inminentes para la salud de los trabajadores que hagan necesaria la paralización de los trabajos, la decisión deberá tomarse por quien detecte la anomalía referida y esté facultado para ello sin necesidad de contar con la aprobación previa del responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud, aun cuando haya de darse conocimiento inmediato al mismo, a fin de determinar las acciones posteriores.

11.1.3.2. Evaluación de riesgos

Por parte del empresario principal se llevará a cabo durante el curso de la obra una evaluación continuada de los riesgos, debiéndose actualizar las previsiones iniciales, reflejadas en el Plan de Seguridad y Salud, cuando cambien las condiciones de trabajo o con ocasión de los daños para la salud que se detecten, proponiendo en consecuencia, si procede, la revisión del Plan aprobado al responsable de su seguimiento y control antes de reiniciar los trabajos afectados. Asimismo, cuando se planteen modificaciones de la obra proyectada inicialmente, cambios de los sistemas constructivos, métodos de trabajo o proceso de ejecución previstos, o variaciones de los equipos de trabajo, el empresario deberá efectuar una nueva evaluación de riesgos previsibles y, en base a ello proponer, en su caso, las medidas preventivas a modificar, en los términos reseñados anteriormente.

11.1.3.3. Controles periódicos

La empresa deberá llevar a cabo controles periódicos de las condiciones de trabajo, y examinar cómo se desempeña la actividad de los trabajadores para poder localizar anomalías, que puedan ponerles en riesgo y al de sus compañeros.

En el caso de que se produzcan daños en la salud de los trabajadores o si el estado de salud de éstos respecto a los riesgos específicos, se apreciase síntomas de que las medidas de prevención adoptadas no son las adecuadas, se llevará una rigurosa investigación por parte de la empresa a fin de detectar la causa raíz de dichos hechos.

Sin perjuicio de que haya de notificarse a la autoridad laboral, cuando proceda por caso de accidente.

Asimismo, el empresario deberá llevar el control y seguimiento continuo de la siniestralidad que pueda producirse en la obra, mediante estadillos en los que se reflejen: tipo de control, número de accidentes, tipología, gravedad y duración de la incapacidad (en su caso) y relaciones de partes de accidentes cursados y deficiencias. Todos estos datos estarán a disposición del responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud, con independencia de otros agentes intervinientes que vengan exigidos por las normas en vigor.

La empresa principal deberá vigilar que los subcontratistas cumplan la normativa de protección de la salud de los trabajadores y las previsiones establecidas en el Plan de Seguridad y Salud, en la ejecución de los trabajos que desarrollen en la obra. El personal directivo de la empresa principal, delegado o representante del contratista, técnicos y mandos intermedios adscritos a la obra deben cumplir personalmente y hacer cumplir al personal a sus órdenes lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud y las normas o disposiciones vigentes sobre la materia.

11.1.3.4. Medidas preventivas y correctoras

Como consecuencia de los controles e investigaciones anteriormente descritas, si se apreciase por el empresario la inadecuación de las medidas y acciones preventivas utilizadas, se procederá a la modificación inmediata de las mismas en el caso de ser necesario, proponiendo al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud su modificación en el supuesto de que afecten a trabajos que aún no se hayan iniciado. En cualquier caso, hasta tanto no puedan materializarse las medidas preventivas provisionales que puedan eliminar o disminuir el riesgo, se interrumpirán, si fuere preciso, los trabajos afectados.

Cuando el responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud observase una infracción a la normativa sobre prevención de riesgos laborales o la inadecuación a las previsiones reflejadas en el Plan de Seguridad y Salud y requiriese al empresario para la adopción de las medidas correctoras que procedan mediante la correspondiente anotación en el libro de incidencias, el empresario vendrá obligado a su ejecución en el plazo que se fije para ello.

11.1.3.5. Paralización de trabajos

Cuando el responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud observase la existencia de riesgo de especial gravedad o de urgencias, podrá paralizar los trabajos afectados o la totalidad de la obra, en su caso, debiendo la empresa principal asegurar el conocimiento de dicha medida a los trabajadores afectados.

Si con posterioridad a la decisión de paralización se comprobase que han desaparecido las causas que provocaron el riesgo motivador de tal decisión o se han dispuesto las medidas oportunas para evitarlo, podrá acordarse la reanudación total o parcial de las tareas paralizadas mediante la orden oportuna.

El personal directivo de la empresa principal o representante del mismo así como los técnicos y mandos intermedios adscritos a la obra, deberán de tomar las medidas adecuadas en caso de que esté en peligro inmediato de accidente o de otros siniestros profesionales, sin necesidad de contar previamente con la aprobación del responsable del seguimiento y control del Plan, si bien habrá de comunicársele rápidamente dicha decisión.

A su vez, los trabajadores podrán paralizar su actividad en el caso de que, a su juicio, existiese un riesgo grave e inminente para la salud, siempre que se hubiese informado al superior jerárquico y no se hubiesen adoptado las necesarias medidas correctivas. Se exceptúan de esa obligación de información los casos en que el trabajador no pudiera ponerse en contacto de forma inmediata con su superior jerárquico. En los

supuestos reseñados no podrá pedirse a los trabajadores que reanuden su actividad mientras persista el riesgo denunciado. De todo ello deberá informarse, por parte del empresario principal o su representante, a los trabajadores, con antelación al inicio de la obra o en el momento de su incorporación a ésta.

11.1.3.6. Registro de datos e incidencias

Las anotaciones que se incluyan en el libro de incidencias estarán solamente referidas a la desobediencia de las instrucciones, recomendaciones preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud.

Las anotaciones en el referido libro sólo podrán ser efectuadas por el responsable del seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, por la Dirección facultativa, por el contratista principal, por los subcontratistas o sus representantes, por técnicos de los Centros Provinciales de Seguridad y Salud, por la Inspección de Trabajo, por miembros del Comité de Seguridad y Salud y por los representantes de los trabajadores en la obra.

Cuando se realicen anotaciones en el libro de incidencias, se deberá de enviar en un plazo de veinticuatro horas, copias a la Inspección de Trabajo correspondiente, también al responsable de seguimiento y control, al Comité de Salud y Seguridad y al representante de los trabajadores. Conservará las destinadas a sí mismo, adecuadamente agrupadas, en la propia obra, a disposición de los anteriormente relacionados.

Sin perjuicio de su consignación en el libro de incidencias, el empresario deberá poner en conocimiento del responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud, de forma inmediata, cualquier incidencia relacionada con el mismo, dejando constancia fehaciente de ello.

Cuantas sugerencias, observaciones, iniciativas y alternativas sean formuladas por los órganos que resulten legitimados para ello, acerca del Plan de Seguridad y Salud, sobre las medidas de prevención adoptadas o sobre cualquier incidencia producida durante la ejecución de la obra, habrán de ser comunicadas a la mayor brevedad por el empresario al responsable del seguimiento y control del Plan.

Los partes de accidentes, notificaciones e informes relativos a la Seguridad y Salud que se cursen por escrito por quienes estén facultados para ello, deberán ser puestos a disposición del responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud.

Los datos obtenidos como consecuencia de los controles e investigaciones previstos en los apartados anteriores serán objeto de registro y archivo en obra por parte del empresario, y a ellos deberá tener acceso el responsable del seguimiento y control del Plan.

11.1.4. Reuniones de seguimiento y control

Las reuniones de seguimiento y control interno de la seguridad y salud de la obra tendrán como objetivo la consulta regular y periódica de los planes y programas de prevención de riesgos de la empresa, el análisis y evaluación continuada de las condiciones de trabajo y la promoción de decisiones en los métodos y procedimientos para la correcta prevención de éstos. Así como propiciar la adecuada coordinación entre los diversos órganos especializados que incidan en la seguridad y salud de la obra.

En las reuniones del Comité de Seguridad y Salud, cuando se hubiese constituido, participarán, con voz, pero sin voto, además de sus elementos constitutivos, los responsables técnicos de la seguridad de la empresa. Pueden participar, en las mismas condiciones, trabajadores de la empresa que cuenten con una especial cualificación o información respecto de concretas cuestiones a debatir en dicho órgano, o técnicos en prevención ajenos a la empresa, siempre que así lo solicite alguna de las representaciones del Comité.

De no ser preceptiva la constitución del citado Comité, se llevarán a cabo reuniones que persigan los objetivos reseñados y en las que participarán representantes de los trabajadores, según se trate, y los responsables técnicos de la seguridad de la empresa, así como las personas referidas anteriormente que sean solicitados por aquéllos. Corresponden al empresario o sus representantes la organización y programación de esas reuniones, caso de no venir reguladas por las disposiciones vigentes.

Sin perjuicio de lo establecido al respecto por la normativa vigente, se llevará a cabo como mínimo, una reunión mensual desde el inicio de la obra hasta su terminación, con independencia de las que fueren, además, necesarias ante situaciones que requieran una convocatoria urgente, o las que se estimen convenientes por quienes estén facultados para ello.

Salvo que se disponga otra cosa por la normativa vigente o por los Convenios Colectivos Provinciales, las reuniones se celebrarán en la propia obra y dentro de las horas de trabajo. En caso de prolongarse fuera de éstas, se abonarán sin recargo, o se retardará, si es posible, la entrada al trabajo en igual tiempo, si la prolongación ha tenido lugar durante el descanso de mediodía. Las convocatorias, orden de asuntos a tratar y desarrollo de las reuniones se establecerán de conformidad con lo estipulado al respecto por las normas vigentes o según acuerden los órganos constitutivos de las mismas.

Por cada reunión que se celebre se extenderá el acta correspondiente, en la que se recojan las deliberaciones y acuerdos adoptados. Se remitirá una copia al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud. Este requisito será indispensable para que, por parte del mismo profesional pueda darse conformidad al abono de las

partidas correspondientes del Presupuesto. El empresario o su representante vienen obligados a proporcionar, además, al técnico mencionado cuanta información o documentación le sea solicitada por el mismo sobre las cuestiones debatidas.

Se llevará, asimismo, un libro de actas y se redactará una memoria de actividades, y en casos graves y especiales de accidentes o enfermedades profesionales se emitirá un informe completo con el resultado de las investigaciones realizadas y la documentación se pondrá a disposición del responsable del seguimiento y control del Plan. Con independencia de las reuniones anteriormente referidas, el empresario principal deberá promover además, las que sean necesarias para posibilitar la debida coordinación entre los diversos órganos especializados y entre las distintas empresas o subcontratas que pudieran concurrir en la obra, con la finalidad de unificar criterios y evitar interferencias y disparidades contraproducentes.

11.2. Formación

11.2.1. Acciones formativas

11.2.1.1. Normas generales

El empresario tiene el compromiso de que los trabajadores reciban una formación teórica y práctica apropiada en materia preventiva desde el momento de su contratación, siendo independiente de la duración de ésta.

El tiempo dedicado a la formación que el empresario está obligado a posibilitar, como consecuencia del apartado anterior, se lleve a cabo dentro del horario laboral o fuera de él, será considerado como tiempo de trabajo. La formación inicial del trabajador habrá de orientarse en función del trabajo que vaya a desarrollar en la obra, proporcionándole el conocimiento completo de los riesgos que implica cada trabajo, de las protecciones colectivas adoptadas, del uso adecuado de las protecciones individuales previstas, de sus derechos y obligaciones y, en general, de las medidas de prevención de cualquier índole.

Con independencia de la formación impartida directamente a cuenta del empresario o sus representantes, en cumplimiento de lo estipulado anteriormente, se emplearán además, y como mínimo, las horas que se consideran en el presupuesto para formación de los trabajadores en la misma obra y dentro de la jornada laboral o fuera de ésta, considerando el tiempo empleado como tiempo de trabajo. A las sesiones que a tal fin se establezcan deberán asistir, también, los trabajadores de los subcontratistas.

11.2.1.2. Contenido de las acciones formativas

A nivel de mandos intermedios, el contenido de las sesiones de formación estará principalmente integrado, entre otros, por los siguientes temas:

- Plan de Seguridad y Salud de la obra
- Causas, consecuencias e investigación de los accidentes y forma de cumplimentar los partes y estadillos de régimen interior
- Normativa sobre Seguridad y Salud
- Factores técnicos y humanos
- Elección adecuada de métodos de trabajo para atenuar los monótonos y repetitivos
- Protecciones colectivas e individuales
- Salud laboral
- Socorrismo y primeros auxilios
- Organización de la Seguridad y Salud de la obra
- Responsabilidades
- Obligaciones y derechos de los trabajadores

A nivel de operarios, el contenido de las sesiones de formación se seleccionará fundamentalmente en función de los riesgos específicos de la obra y estará integrado principalmente, entre otros, por los siguientes temas:

- Riesgos específicos de la obra y medidas de prevención previstas en el Plan de Seguridad y Salud
- Causas y consecuencias de los accidentes
- Normas de Seguridad y Salud (señalización, circulación, manipulación de cargas, etc.)
- Señalizaciones y sectores de alto riesgo
- Socorrismo y primeros auxilios
- Actitud ante el riesgo y formas de actuar en caso de accidente
- Salud laboral
- Obligaciones y derechos

A nivel de representantes de los trabajadores en materia de Seguridad y Salud, el contenido de las sesiones de formación estará integrado, además de por los temas antes especificados para su categoría profesional, por los siguientes:

- Investigación de los accidentes y partes de accidentes
- Estadística de la siniestralidad

- Inspecciones de seguridad
- Legislación sobre Seguridad y Salud
- Responsabilidades
- Coordinación con otros órganos especializados

11.2.1.3. Organización de las acciones de formación

Las sesiones de formación serán impartidas por personal suficientemente acreditado y capacitado en la docencia de Seguridad y Salud contándose para ello con los servicios de seguridad de la empresa, representante o delegado de ésta en la obra, servicios de prevención, mutuas, organismos oficiales especializados, representantes cualificados de los trabajadores y servicio médico, propio o mancomunado, que por su vinculación y conocimientos de la obra en materia específica de seguridad y salud sean los más aconsejables en cada caso.

Se utilizarán los medios didácticos más apropiados, tales como: transparencias, diapositivas, videos, y demás material didáctico. En el Plan de Seguridad y Salud que haya de presentar el empresario se establecerá la programación de las acciones formativas, de acuerdo con lo preceptuado en el presente Pliego y según lo establecido, en su caso, por los Convenios Colectivos, precisándose de forma detallada: número, duración por cada sesión, períodos de impartición, frecuencia, temática, personal al que van dirigidas, lugar de celebración y horarios.

Debe deducirse que, como mínimo, se cubrirán las horas que se derivan de las obligaciones referidas en los apartados anteriores.

11.2.1.4. Justificaciones para el abono

Será requisito necesario para el abono de las partidas correspondientes, previstas en el presupuesto, que se justifiquen debidamente por el empresario principal de la obra las horas impartidas en formación del personal adscrito a la obra, de acuerdo con las condiciones establecidas en este Pliego y a la programación fijada en el Plan.

Para ello será precisa la pertinente acreditación documental conformada por los representantes legítimos de los trabajadores en materia de Seguridad y Salud.

11.2.2. Instrucciones

Independientemente de las acciones de formación que hayan de celebrarse antes de que el trabajador comience a desempeñar cualquier cometido o puesto de trabajo en la obra o se cambie de puesto o se produzcan variaciones de los métodos de trabajo

inicialmente previstos, habrán de facilitársele, por parte del empresario o sus representantes en la obra, las instrucciones relacionadas con los riesgos inherentes al trabajo, en especial cuando no se trate de su ocupación habitual; las relativas a los afectados y las referidas a las medidas preventivas que deban observarse, así como acerca del manejo y uso de las protecciones individuales.

El empresario habrá de garantizar que los trabajadores de las empresas exteriores o subcontratas que intervengan en la obra han recibido las instrucciones pertinentes en el sentido anteriormente indicado.

Las instrucciones para maquinistas, conductores, personal de mantenimiento u otros análogos se referirán, además de a los aspectos descritos, a restricciones de uso y empleo, manejo, manipulación, verificación y mantenimiento de equipos de trabajo. Deberán figurar también de forma escrita en la máquina o equipo de que se trate, siempre que sea posible.

Las instrucciones sobre socorrismo, primeros auxilios y medidas a adoptar en caso de situaciones de emergencia habrán de ser proporcionadas a quienes tengan encomendados cometidos relacionados con dichos aspectos y deberán figurar, además, por escrito en lugares visibles y accesibles a todo el personal adscrito a la obra, tales como oficina de obra, comedores y vestuarios.

Las personas relacionadas con la obra, con las empresas o con los trabajadores, que no intervengan directamente en la ejecución del trabajo, o las ajenas a la obra que hayan de visitarla serán previamente advertidas por el empresario o sus representantes sobre los riesgos a que pueden exponerse, medidas y precauciones preventivas que han de seguir y utilización de las protecciones individuales de uso obligatorio.

11.2.3. Información para los trabajadores

El empresario o sus representantes en la obra deberán informar a los trabajadores de lo siguiente:

- Los resultados de las valoraciones y controles del medio ambiente laboral correspondientes a sus puestos de trabajo, así como los datos relativos a su estado de salud en relación con los riesgos a los que puedan encontrarse expuestos
- Los riesgos para la salud que su trabajo pueda entrañar, así como las medidas técnicas de prevención o de emergencia que hayan sido adoptadas o deban adoptarse por el empresario, en su caso, especialmente aquéllas cuya ejecución corresponde al propio trabajador y, en particular, las referidas a riesgo grave e inminente

- La existencia de un riesgo grave e inminente que les pueda afectar, así como las disposiciones adoptadas o que deban adoptarse en materia de protección, incluyendo las relativas a la evacuación de su puesto de trabajo. Esta información, cuando proceda, deberá darse lo antes posible
- El derecho que tienen a paralizar su actividad en el caso de que, exista riesgo de accidente o posibilidad y no se hubiesen podido poner en contacto de forma inmediata con su superior jerárquico.

Las informaciones anteriormente mencionadas deberán ser proporcionadas personalmente al trabajador, dentro del horario laboral o fuera del mismo, considerándose en ambos casos como tiempo de trabajo el empleado para tal comunicación.

Asimismo, se deberá de proporcionar información a los trabajadores, por el empresario o sus representantes en la obra, sobre:

- Obligaciones y derechos del empresario y de los trabajadores
- Funciones y facultades de los Servicios de Prevención, Comités de Salud y Seguridad y delegados de Prevención
- Servicios médicos y de asistencia sanitaria con indicación del nombre y ubicación del centro asistencial al que acudir en caso de accidente
- Organigrama funcional del personal de seguridad y salud de la empresa adscrita a la obra y de los órganos de prevención que inciden en la misma
- Datos sobre el seguimiento de la siniestralidad y sobre las actuaciones preventivas que se llevan a cabo en la obra por la empresa
- Estudios, investigaciones y estadísticas sobre la salud de los trabajadores

Toda la información referida se suministrará por escrito a los trabajadores o, en su defecto, se expondrá en lugares visibles y accesibles a los mismos, como oficina de obra, vestuarios o comedores, en cuyo caso habrá de darse conocimiento de ello.

El empresario deberá disponer en la oficina de obra de un ejemplar del Plan de Seguridad y Salud aprobado y de las normas y disposiciones vigentes que incidan en la obra. En la oficina de obra se contará, también, con un ejemplar del Plan y de las normas señaladas, para ponerlos a disposición de cuantas personas o instituciones hayan de intervenir, reglamentariamente, en relación con ellos.

El empresario o sus representantes deberán proporcionar al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud toda la información documental relativa a las distintas incidencias que puedan producirse en relación con dicho Plan y con las condiciones de trabajo de la obra.

El empresario deberá colocar en lugares visibles de la obra rótulos o carteles anunciadores, con mensajes preventivos de sensibilización y motivación colectiva. Deberá exponer, asimismo, los que le sean proporcionados por los organismos e instituciones competentes en la materia sobre campañas de divulgación.

El empresario deberá publicar mediante cartel indicador, en lugar visible y accesible a todos los trabajadores, la constitución del organigrama funcional de la seguridad y salud de la obra y de los distintos órganos especializados en materia de prevención de riesgos que incidan en la misma, con expresión del nombre, razón jurídica, categoría o cualificación, localización y funciones de cada componente de los mismos. De igual forma habrá que publicar las variaciones que durante el curso de la obra se produzcan en el seno de dichos órganos.

11.3. Asistencia médico sanitaria

11.3.1. Servicios asistenciales

11.3.1.1. Generales

El empresario deberá asegurar en todo momento, durante el transcurso de la obra, la prestación a todos los trabajadores que concurren en la misma de los servicios asistenciales sanitarios en materia de primeros auxilios, de asistencia médico preventiva, de urgencia, conservación y mejora de la salud laboral de los trabajadores. A tales efectos deberá concertar y organizar las relaciones necesarias con los servicios médicos y preventivos exteriores e interiores que correspondan, a fin de que por parte de éstos se lleven a cabo las funciones sanitarias exigidas por las disposiciones vigentes.

11.3.1.2. Características

Los servicios médicos, preventivos y asistenciales deberán reunir las características establecidas por las disposiciones vigentes sobre la materia. Deberán quedar precisados en el Plan de Seguridad y Salud los servicios a disponer para la obra, especificando todos los datos necesarios para su localización e identificación inmediata.

11.3.1.3. Accidentes

El empresario deberá estar al corriente en todo momento, durante la ejecución de la obra, de sus obligaciones en materia de Seguridad Social y Salud Laboral de los trabajadores, de acuerdo con las disposiciones vigentes, debiendo acreditar

documentalmente el cumplimiento de tales obligaciones cuando le sea requerido por el responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud.

En el Plan de Seguridad y Salud deberá detallarse dentro el centro o los centros asistenciales más próximos a la obra, donde podrán ser atendidos los trabajadores en caso de accidente.

Se dispondrán en lugares y con caracteres visibles para los trabajadores (oficina de obra, vestuarios, etc.) las indicaciones relativas al nombre, dirección y teléfonos del centro o centros asistenciales a los que acudir en caso de accidentes así como las distancias existentes entre éstos y la obra y los itinerarios más adecuados para llegar a ellos.

En caso de accidentes habrán de cursarse los partes correspondientes según las disposiciones vigentes, debiendo facilitar el empresario al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud una copia de los mismos y cuantos datos e informaciones complementarias le fuesen recabados por el propio responsable.

En caso de accidente, el empresario habrá de asegurar la investigación del mismo, para precisar su causa y forma en que se produjo y proponer las medidas oportunas para evitar su repetición. Los datos obtenidos como resultado del estudio serán proporcionados al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud.

11.3.2. Medicina preventiva

11.3.2.1. Reconocimientos médicos

El empresario deberá velar por la vigilancia periódica del estado de salud laboral de los trabajadores, mediante los reconocimientos médicos o pruebas exigibles conforme a la normativa vigente, tanto en lo que se refiere a los que preceptivamente hayan de efectuarse con carácter previo al inicio de sus actividades como a los que se deban repetir posteriormente.

Los trabajadores deberán ser informados por el empresario, con carácter previo al inicio de sus actividades, de la necesidad de efectuar los controles médicos obligatorios. De acuerdo con lo establecido por este Pliego, por las disposiciones vigentes en el momento de realizar la obra y por el Convenio Colectivo Provincial, en su caso, en el Plan de Seguridad y Salud deberá detallarse la programación de reconocimientos médicos a efectuar durante el curso de la obra, en base a las previsiones de trabajadores que hayan de concurrir en la misma, indicando, número, servicios médicos donde se llevarán a cabo, frecuencia, tipo y finalidad, planteamiento, duración y seguimiento.

Será preceptivo, como requisito previo para el abono de las previsiones económicas recogidas a tal efecto en el Estudio de Seguridad y Salud, que el empresario justifique al

responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud la realización de los reconocimientos médicos previstos en el Plan, mediante las acreditaciones correspondientes. [30]

11.3.2.2. Servicio de vacunaciones

El empresario deberá facilitar y asegurar la vacunación de los trabajadores cuando fuere indicada por las autoridades sanitarias y, en general, el cumplimiento de las disposiciones que dictarán, en su caso, las mencionadas autoridades en orden a la prevención de enfermedades.

11.3.3. Botiquín

Se habilitará de un botiquín equipado con los medios necesarios para ser utilizados en caso de urgencia. El botiquín deberá situarse en lugar bien visible de la obra y convenientemente señalizado. Se hará cargo del botiquín, por designación del empresario, la persona más capacitada, que deberá haber seguido con aprovechamiento cursos de primeros auxilios y socorrismo.

La mencionada persona será la encargada del mantenimiento y reposición del contenido del botiquín, que será sometido, para ello, a una revisión semanal y a la reposición de lo necesario, en orden al consumo y caducidad de los medicamentos.

El botiquín habrá de estar protegido del exterior y colocado en lugar acondicionado y provisto de cierre hermético que evite la entrada de agua y humedad. Contará, asimismo, con compartimentos o cajones debidamente señalizados en función de sus indicaciones, serán colocados de forma diferenciada, en cada uno de los compartimentos, los medicamentos que tienen una acción determinada sobre los componentes de cada aparato orgánico o acción terapéutica común. El contenido mínimo del botiquín será el siguiente:

- Antisépticos, desinfectantes y material de cura: agua oxigenada, alcohol de 96º, tintura de yodo, mercurocromo, amoníaco, dediles de goma, tablillas, gasa estéril, algodón hidrófilo, vendas, esparadrapo, torniquetes y tijeras
- Material quirúrgico: bolsas de goma para agua o hielo, guantes esterilizados, jeringuillas desechables, agujas para inyectables desechables, termómetro clínico y pinzas
- Antibióticos y sulfamidas
- Antitérmicos y analgésicos
- Antiespasmódicos y tónicos cardíacos de urgencia
- Antihemorrágicos y antialérgicos

- Medicamentos para la piel, los ojos y el aparato digestivo
- Anestésicos locales

El uso de jeringuillas y agujas para inyectables desechables sólo podrán llevarse a cabo por personal sanitario facultado para ello. El uso de antibióticos, sulfamidas, antiespasmódicos, tónicos cardíacos, antihemorrágicos, antialérgicos, anestésicos locales y medicamentos para la piel, ojos y aparato digestivo, requerirá la consulta, asesoramiento y dictamen previo de un facultativo, debiendo figurar tal advertencia de manera llamativa en los medicamentos.

Las condiciones de los medicamentos material de cura y quirúrgico incluido el botiquín, habrán de estar en todo momento adecuadas a los fines que han de servir, y el material será de fácil acceso, prestándose especial vigilancia a la fecha de caducidad de los medicamentos, a efectos de su sustitución cuando proceda. En el interior del botiquín figurarán escritas las normas básicas a seguir para primeros auxilios, conducta a seguir ante un accidentado, curas de urgencia, principios de reanimación y formas de actuar ante heridas, hemorragias, fracturas, picaduras, quemaduras, etc.

11.3.4. Normas para primeros auxilios y socorrismo

Con base en el análisis previo de las posibles situaciones de emergencia y accidentes que puedan originarse por las circunstancias de toda índole que concurran en la obra, el empresario deberá asegurar el diseño y el establecimiento de las normas sobre primeros auxilios y socorrismo que habrán de observarse por quienes tengan asignado el cometido de su puesta en práctica.

Las normas sobre primeros auxilios habrán de estar encaminadas a realizar el rescate y/o primera cura de los operarios accidentados, a evitar en lo posible las complicaciones posteriores y a salvar la vida de los sujetos. Para dotar de la mayor eficacia posible a las normas que se establezcan para primeros auxilios, éstas habrán de elaborarse de manera que cumplan los siguientes requisitos: simplicidad y exactitud técnica, facilidad de comprensión y aplicación rápida y fácil, sin necesidad de medios complicados.

En las normas a establecer sobre primeros auxilios deberán recogerse los modos de actuación y las conductas a seguir ante un accidentado para casos de rescate de heridos que queden aprisionados, pérdidas del conocimiento, asfixia, heridas, hemorragias, quemaduras, electrocución, contusiones, fracturas, picaduras y mordeduras. Se especificará, para cada caso concreto la forma de manejar al herido, traslados del

accidentado, posiciones convenientes, principios de reanimación y métodos de respiración artificial, primeras curas a realizar, fármacos o bebidas que deben, o no, administrarse, etc.

Todos los trabajadores deberán ser adiestrados en técnicas elementales de reanimación para que, en caso de accidente en su área de trabajo, puedan actuar rápida y eficazmente. Asimismo, habrá de ponerse en conocimiento de todo el personal de la obra la situación de los teléfonos de urgencia, del botiquín de obra, de las normas sobre primeros auxilios y de los anuncios indicativos que hayan de exponerse en relación con la localización de servicios médicos, ambulancias y centros asistenciales.

Las normas e instrucciones sobre primeros auxilios deberán exponerse en lugares accesibles y bien visibles de la obra. En cumplimiento de las prescripciones anteriormente establecidas y de las disposiciones vigentes que regulen la materia, el Plan de Seguridad y Salud deberá recoger de forma detallada las normas e instrucciones a seguir para primeros auxilios.

11.4. Medidas de emergencia

11.4.1. Medidas generales

El empresario deberá reflejar en el Plan de Seguridad y Salud todas las medidas recogidas en situaciones de emergencia, recogidas todas ellas en el Estudio de Seguridad y Salud y escogiendo al personal adecuado para ponerlas correctamente en práctica. La persona encargada habrá recibido la formación suficientemente y tener a su alcance el material adecuado, teniendo en cuenta el tamaño y los riesgos específicos de la obra.

El derecho de los trabajadores a la paralización de su actividad, reconocido por la legislación vigente, se aplicará a los que estén encargados de las medidas de emergencia. Deberá asegurarse la adecuada administración de los primeros auxilios y/o el adecuado y rápido transporte del trabajador a un centro de asistencia médica para los supuestos en los que el daño producido así lo requiera.

El empresario deberá organizar las necesarias relaciones con los servicios externos a la empresa que puedan realizar actividades en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento, lucha contra incendios y evacuación de personas. En el Plan de Salud deberá establecerse la planificación de las medidas de emergencia adoptadas para la obra, especificándose de forma detallada las previsiones consideradas en relación con los aspectos anteriormente descritos. En lugar bien visible de la obra deberán figurar las indicaciones escritas sobre las medidas que habrán de ser tomadas por los trabajadores en casos de emergencia.

11.4.2. Salidas de emergencia

En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder ser evacuados rápidamente y en las condiciones de máxima seguridad para los trabajadores. El número, distribución y dimensiones de las vías y salidas de emergencia que habrán de disponerse se determinarán en función de uso, equipos, dimensiones, configuración de las obras, fase de ejecución en que se encuentren las obras y número máximo de personas que puedan estar presentes.

Según el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo “las vías de evacuación y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad”. Deberán señalizarse conforme a la normativa vigente. Dicha señalización habrá de ser duradera y fijarse en lugares adecuados y perfectamente visibles.

Las vías y salidas no deberán estar obstruidas por obstáculos de cualquier tipo, de modo que puedan ser utilizadas sin trabas en cualquier momento. En caso de avería del sistema de alumbrado y cuando sea preceptivo.

Según queda recogido en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con luces de seguridad de suficiente intensidad. Las puertas de emergencia, cuando procedan, deberán abrirse hacia el exterior y dispondrán de fácil sistema de apertura, de forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de emergencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente.

11.4.3. Prevención y extinción de incendios

11.4.3.1. Disposiciones generales

Se observarán, además de las prescripciones que se establezcan en el presente Pliego, las normas y disposiciones vigentes sobre la materia. En los trabajos con riesgo específico de incendio se cumplirán, además, las prescripciones impuestas por los Reglamentos y normas técnicas generales o especiales, así como las preceptuadas por las correspondientes ordenanzas municipales.

Se deberá prever en obra un número suficiente de dispositivos apropiados de lucha contra incendios y en función de las características de la obra, dimensiones y usos de los locales y equipos que contengan, características físicas y químicas de las sustancias

materiales que se hallen presentes y número máximo de personal que pueda hallarse en los lugares locales de trabajo.

11.4.3.2. Medidas de prevención y extinción

Además de observar las disposiciones anteriores, se adoptarán las prevenciones que se indican a continuación, combinando su empleo, en su caso, con la protección general más próxima que puedan prestar los servicios públicos contra incendios.

- **Uso del agua**

Si existen conducciones de agua a presión se instalarán suficientes tomas o bocas de agua a una distancia conveniente y cercana a los lugares de trabajo, locales y lugares de paso del personal, colocándose junto a las correspondientes mangueras, que tendrán la sección y resistencia adecuadas. Cuando se carezca normalmente de agua a presión, o ésta sea insuficiente, se instalarán depósitos con agua suficiente para combatir los posibles incendios. En incendios que afecten a instalaciones eléctricas con tensión, se prohibirá el empleo de extintores con espuma química, soda ácida o agua.

- **Extintores portátiles**

En la proximidad de los puestos de trabajo con mayor riesgo de incendio y colocados en sitio visible y de fácil acceso, se dispondrán extintores portátiles o móviles sobre ruedas, de espuma física o química, mezcla de ambas o polvos secos, anhídrido carbónico o agua, según convenga a la posible causa determinante del fuego a extinguir. Cuando se empleen distintos tipos de extintores serán rotulados con carteles indicadores del lugar y clase de incendio en que deben emplearse. Los extintores serán revisado periódicamente y cargados, según los fabricantes, inmediatamente después de usarlos. Esta tarea será realizada por empresas autorizadas.

- **Prohibiciones**

En las dependencias y lugares de trabajo con alto riesgo de incendio se prohibirá terminantemente la utilización de material de ignición. Esta prohibición se indicará con carteles visibles a la entrada y en los espacios libres de tales lugares o dependencias. Se prohibirá igualmente al personal introducir o emplear útiles de trabajo no autorizados por la empresa y que puedan ocasionar chispas por contacto o proximidad a sustancias inflamables.

12. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

12.1. Naturaleza del pliego

El presente apartado de condiciones técnicas particulares tiene como objeto detallar las características técnicas de la maquinaria a utilizar en la planta de compostaje para el tratamiento de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas.

A continuación se describirán las características particulares que deben de cumplir cada uno de los equipos a suministrar, no obstante, como características y condiciones a cumplir de forma genérica para todos y cada uno de ellos deberá tenerse en cuenta que cada equipo suministrado deberá de estar provisto del sistema eléctrico necesario incluyendo todas las instalaciones de control y de seguridad según las reglamentaciones UNE, IEC, VDE y UV vigentes.

Todos dispondrán de los enclavamientos automáticos necesarios para con el resto de los equipos de la planta debiendo realizarse previo a la oferta el análisis del funcionamiento y expresando esta consideración en la oferta realizada. Igualmente cada equipo incorporará en el suministro los elementos de control que sean necesarios para regular su ciclo de trabajo en función de la velocidad de entrada de material.

Formando parte de cada unidad se suministrará el conjunto elementos necesarios como tolvas, perfiles, chapas, remates y cualquier otro elemento necesario para su perfecto acabado en los encuentros de la unidad ofertada con el resto de equipos con los que interacciona de modo que quede garantizado tanto el adecuado funcionamiento de la planta, como la total seguridad de las personas y vehículos que puedan acceder a cada una de las zonas.

La oferta para cada equipo deberá incluir tanto su suministro como su instalación, conexión con el resto de la línea, pruebas de funcionamiento y puesta en marcha.

Del mismo modo el suministro incluirá para cada equipo los cuadros de protección y mando de cada uno de ellos tanto generales como particulares de cada instrumento si fuese necesario, así como la conexión desde estos cuadros a los elementos que sea necesario, tanto para su alimentación como para el mando, sensores y protección.

12.2. Disposiciones generales

12.2.1. Obligaciones y responsabilidades del contratista

Obligaciones Generales

El contratista queda obligado a cumplir cuanto se especifica en este Pliego, la Ley de contratos del Estado aprobada por Decreto 2/2000 de 16 de Junio, Reglamento General de Contratación del Estado aprobado por Decreto 1098/2001 de 12 de Octubre, el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales de 31-12-1970 (Decreto 3853), el de Condiciones Particulares y Económicas que se redacte para la licitación y cuantas disposiciones vigentes, o que en lo sucesivo lo sean y tengan relación con la legislación laboral y social, con la protección a la Industria Nacional y con cualquier aspecto relacionado con la actividad de Construcción que se realice para ejecutar este proyecto. En caso de discrepancia entre alguna de las disposiciones prevalecerá la de mayor rango legal.

- Responsabilidades durante la ejecución.

El contratista será la persona encargada durante la ejecución de las obras, de todos los daños o perjuicios se puedan causar a cualquier persona, propiedad o servicio, públicos o privados.

En el caso de que se dañen servicios públicos serán reparados de forma inmediata y correrán a su costa.

En el caso de que haya personas afectadas, serán compensadas.

Tanto las propiedades que sean públicas o privadas y resulten dañadas deberán ser reparadas, restaurando sus condiciones primitivas o compensando los daños o perjuicios ocasionados.

Así mismo, en el caso de que se encuentren o descubran objetos durante la ejecución de las obras, el Contratista será responsable informar al Ingeniero encargado de las mismas.

Se tomarán las medidas adecuadas para evitar la contaminación de ríos, y depósitos de agua, por el uso de los combustibles, aceites, o cualquier material que pueda resultar perjudicial.

- Permisos y Licencias.

El contratista deberá obtener todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución de las obras (a excepción de los correspondientes a la expropiación de las zonas afectadas por las mismas y aquellas otras que a la Administración Pública le interese conservar en el futuro a juicio del Ingeniero Encargado), y deberá abonar todas las cargas y tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos. Asimismo, abonará a

su costa todos los cánones para la ocupación temporal o definitiva de terrenos, para instalaciones, explotación de canteras o vertederos de productos sobrantes, obtención de materiales, y demás que estén incluidos específicamente estos gastos en la descomposición de precios o no lo estén.

- Seguridad Pública.

El contratista será el responsable de adoptar las medidas de precaución necesarias durante la realización de las obras.

Durante las obras se mantendrán en todos los puntos de donde sea preciso, las señales de balizamiento preceptivas de acuerdo con la O.M. de 14 de Marzo de 1.960.

En caso de obstaculizar caminos o vías se trazarían nuevos caminos provisionales, ya que nunca puede ser cerrado el tráfico sin previa autorización de Ingeniero encargado.

- Conservación del Medio Ambiente.

El Contratista tendrá especial cuidado, a la hora de realizar las distintas operaciones e instalaciones necesarias para la ejecución de la obra, evitando acciones negativas en el entorno.

Los elementos que puedan ser dañados durante la ejecución de las obras deben de ser correctamente protegidos, evitando así posibles destrozos, que en el caso de que se produjesen, serán restaurados a costa de éste.

- Gastos de carácter general a cargo del Contratista.

Aparte de los gastos que se derivan de las obligaciones generales del Contratista y los que se señalan en este Pliego de Condiciones Técnicas, son también de su incumbencia los que seguidamente se relacionan: Gastos que origine el replanteo general de las obras o su comprobación; los replanteos parciales de las mismas y su liquidación; los de alquiler o adquisición de terrenos para depósito de maquinaria y materiales; los de protección de acopios y de la propia obra contra todo deterioro , daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes; los de limpieza y evacuación de desperdicios y basuras; los de construcción y conservación durante el plazo de su utilización de rampas provisionales de acceso a tramos parcial o totalmente terminados; los de conservación de desagües, los de suministro, colocación y conservación de señales de tráfico y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras, los de eliminación de las instalaciones, herramientas, materiales, los de limpieza general de la obra a su terminación; los de montaje, conservación y retirado de instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica necesarias para las obras, así como la adquisición de dichas aguas y energía; los de

demolición de las instalaciones provisionales; los de retirada de los materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas o puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas; y el 1% del presupuesto total de las obras con destino a ensayos de control de calidad.

En los casos de resolución de contrato, cualquiera que sea la causa que motive, serán de cuenta del Contratista los gastos originados por la liquidación, así como los de retirada de los medios auxiliares empleado o no en la ejecución de las obras.

- Limpieza final de las obras

Cuando se hayan terminado, todas las instalaciones y edificios construidos con carácter temporal se retirarán.

De tal forma, que las zonas afectadas después de la obra queden completamente limpias.

Estos trabajos se considerarán incluidos en el contrato y por tanto, no serán objeto de abonos directos por su realización.

- Conservación de las Obras durante la ejecución y plazo de garantía.

El Contratista queda comprometido a conservar a su costa y hasta que sean recibidas provisionalmente, todas las obras que integran el Proyecto.

Asimismo, queda obligado a la conservación de las obras durante un plazo de Doce Meses contados a partir de la ficha de la recepción provisional, debiendo reparar o sustituir a su costa cualquier parte de ellas que haya experimentado desplazamiento o sufrido deterioro por cualquier causa que no pueda ser considerada como inevitable.

12.2.2. Dirección e inspección de las obras

- Facultativo de la propiedad, Director de las obras y Dirección de obra.

De conformidad con el vigente Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de las obras del Estado, ha de entenderse que las funciones que en diversos artículos, tanto del presente Pliego como del de Prescripciones Técnicas Generales, se asignan al Ingeniero Director de Obra, auxiliado por los colaboradores a sus órdenes, que integran la Dirección de Obra.

- Inspección y vigilancia de las Obras.

El ingeniero Director correrá con la inspección y vigilancia de las obras y por consiguiente resolverá cualquier cuestión que surja en lo referente a la calidad de los

materiales empleados, ejecución de las distintas unidades de obra contratadas, interpretación de planos y especificaciones y, en general, todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos encomendados, siempre que estén dentro de las atribuciones que le conceda la legislación vigente sobre el particular.

- Conformidad de la Obra con los planos y variaciones permisibles.

Las obras ejecutadas estarán conformes en todos los casos con la planta, secciones, tipo y dimensiones mostradas en los planos, así como con los planos del replanteo de las obras, a excepción de que el Ingeniero Encargado ordene por escrito alguna modificación de las mismas. En partes de la obra en que sea necesario, a juicio del Ingeniero Encargado, el Contratista podrá ser requerido para modificar las características de las obras, facilitando en cada caso al Ingeniero Encargado los planos necesarios de construcción para ejecutarlas.

- Planos de detalle.

A petición del Ingeniero Encargado, el Contratista preparará todos los planos de detalle que se estimen necesarios para la ejecución de las obras contratadas. Dichos planos se someterán a la aprobación del citado Ingeniero, acompañando si fuese preciso, las memorias y cálculos justificados que se requieran.

12.2.3. Desarrollo de las obras

- Replanteo

El Ingeniero Encargado dirigirá el replanteo general de la obra y dará la información y referencias necesarias para que el Contratista pueda efectuar los replanteos parciales y obtener todos los datos para la ejecución de las obras.

El acta de comprobación del replanteo deberá firmarse antes de transcurridos treinta días siguientes a la fecha de notificación al Contratista de la adjudicación definitiva.

El plazo de ejecución de las obras comenzará a contar a partir del día siguiente hábil de la fecha del acta de replanteo.

- Programa de trabajo e Instalaciones Auxiliares.

En virtud de lo preceptuado en el Reglamento General de Contratación de 25 de Noviembre de 1975, el Contratista someterá a la aprobación de la Propiedad en el plazo máximo de un mes a contar desde la autorización del comienzo de las obras,

especificándose los plazos parciales y fechas de finalización de las obra, compatibles con las anualidades fijadas y plazo total de ejecución por parte del Contratista.

Este plan, una vez aprobado por la Propiedad, se incorporará al Pliego de Preinscripciones del Proyecto y adquirirá, por tanto, carácter contractual.

El Contratista presentará, así mismo, una relación completa de los servicios y maquinaria que se compromete a utilizar en cada una de las etapas del plan. Los medios propuestos quedarán adscritos a la obra sin que, en ningún caso, el Contratista pueda retirarlos sin autorización del Ingeniero Director.

12.3. Características técnicas de la maquinaria

12.3.1. Silo

En él se depositarán los lodos recibidos en la instalación estará construido en hormigón armado.

Los camiones descargarán los residuos en el silo a través de una de las 4 puertas disponibles en la fachada de la nave que tienen acceso directo al silo, ayudados por una tolva en cada una de estas. Las puertas tendrán un ancho de 4 m y sólo se abrirán para realizar la descarga.

El silo ha de mantenerse en depresión asegurando de esta forma que ninguna clase de malos olores o polvo se escape a la atmósfera, para cumplir con esto el aire será enviado a las torres de absorción.

Si el subsuelo es rocoso, o presenta el nivel freático alto, es aconsejable que el silo se realice con la menor excavación posible, lo que exigirá construir la plataforma de descarga y su acceso a mayor cota sobre el suelo, mediante rampa con material de relleno.

12.3.2. Grúa

La grúa seleccionada, de la marca GH, posee accionamiento electrohidráulico, en la que el pulpo o la cuchara es accionado por un grupo electrohidráulico, compuesto de motor eléctrico, bomba y válvula hidráulica, que proporcionan aceite a presión a través de mangueras debidamente protegidas, a los cilindros que accionan las garras o valvas. Todo este grupo va incorporado en el mismo cuerpo del pulpo o cuchara.

La alimentación eléctrica del pulpo o cuchara se realiza mediante un enrollador a resortes o motorizado, dependiendo del recorrido y velocidad en la subida-bajada.

Las especificaciones técnicas de la grúa seleccionada se exponen a continuación:

- Tipo reductor: GHF.
- Capacidad de carga (toneladas): 0,5
- Carril: A-65.
- H (m): $10 \div 30$.
- Velocidad de elevación (m/min): $16 \div 40$.
- Grupo FEM: M8.
- Luz puente (m): 10.
- Capacidad pulpo o cuchara: $2 \div 2,5$.
- Apertura máxima del pulpo (mm): 3075.
- b1 (mm): 1537.
- b2 (mm): 1538.
- A (mm): 3085.
- B (mm): 1650.
- E E/C (mm): 2800.
- F E/C (mm): 5000.
- G (mm): 5565.
- RV Máx. (kg): 4547.
- RV Min. (kg): 2053.
- RT Máx. (kg): 455.
- RF (kg): 637.

12.3.3. Cinta transportadora

La correa o banda transportadora es de tipo EP 400/3, 4:2 mm o superior, debe presentar un recubrimiento de acrilonitrilo resistente a aceites y grasas y su empalme para cerramiento sinfín está realizado por vulcanización. El chasis está formado por largueros en forma de U de 40 x 300 x 40 x 3 mm arriostrados entre sí.

Las estaciones portantes, con sección en artesa o en semi artesa, constan de tres rodillos, uno central (de mayor longitud en caso de semi-artesa) y dos laterales, formando estos un ángulo de 20 a 25 grados en sección en semi-artesa y en artesa respectivamente. Están montadas cada 800 mm.

Los rodillos portantes y de retorno están formados por tubo de acero y soportes estancos con retén y reserva de grasa. Estos últimos disponen de un helicoide externo y están montados cada dos metros.

El tambor motriz está formado por tubo de acero cuyo diámetro se dimensiona en función de las necesidades de transporte (carga, velocidad y desplazamiento). Está

torneado con doble conicidad para facilitar el autocentrado de la banda. El eje está construido en acero F-114, con diámetro variable en cada caso, y acoplado al tambor mediante casquillos SITLOCK. Los apoyos son de tipo SN con rodamientos de doble hilera de bolas y manguito de ajuste. El tambor incorpora rascador de limpieza exterior de contrapeso.

El tambor tensor está formado por varillas roscadas (redondos) en forma de “jaula de ardilla”, con un diámetro dimensionado en función de las necesidades de transporte (carga, velocidad y desplazamiento). El eje está construido en acero F-114, con diámetro variable en cada caso, y acoplado al tambor mediante casquillos SIT-LOCK. Los apoyos son de tipo SN con rodamientos de doble hilera de bolas y manguito de ajuste. El tambor incorpora rascador interno para su protección. El tensor es mediante husillos roscados galvanizados.

El motor-reductor está calado directamente sobre el eje motriz, y es dimensionado en cada caso, en general para velocidad máxima de 20 m/min en cintas de selección y 60 m/min en cintas de transporte.

Los equipos son autosoportados, es decir, están equipados con pies de apoyo a ambos lados de la cinta, colocados generalmente cada 4 ó 5 metros lineales, o con mayores luces mediante celosías de refuerzo. Los transportadores están equipados con carenado lateral, con babero de carga a ambos lados y con paro de emergencia por seta o cable-tirón.

12.3.4. Trituradora

La trituradora es una Tiger 500 de la empresa Montalbano Recycling.

Sus principales características son:

- Diseñada para triturar diversos materiales como plástico, madera, cartón, paletas, etc.
- Tiene una capacidad de producción de 500 kg/h
- Tiene un poder de 11-15 KW/h
- Rotor 260 Ø (diámetro)
- Cuchillas 22-30 Nr (unidades)
- Producción 200-400 kg/h

12.3.5. Mezcladora

La mezcladora DM 215 de la marca DOPPSTADT viene equipada con 3 ejes dotados de tornillos sinfín y una cámara de 15m³ para una buena homogenización. El campo de aplicación es el de homogenización de distintos materiales biológicos, sustratos y lodos para producir mezclas y composiciones precisas. Este equipo puede operar de forma continua o discontinua (por cargas). La alta movilidad asegura una operación rápida y flexible. A continuación se exponen sus principales características:

- Todas las partes de la máquina tienen buenos accesos gracias a las puertas grandes
- El chasis de tráiler y la cinta de descarga con plegado hidráulico hacen que sea una máquina muy flexible
- Se pueden producir mezclas precisas de distintos materiales con procesos continuos o discontinuos (por cargas). La cámara de mezclado se puede cerrar con una tapa. Se pueden dosificar de forma exacta aditivos con la opción de un alimentador sinfín para la tolva
- Fácil manejo con sólo un operador. Se puede mover la máquina acoplándola a una pala y se maneja por mando a distancia desde la cargadora
- Con el mando a distancia se puede abrir o cerrar la puerta de descarga y controlar otras funciones de la máquina. La función elegida se indica con una flecha muy visible

12.3.6. Especificaciones técnicas de la instalación

Los túneles están contruidos en hormigón.

- Especificaciones técnicas de la instalación

Tabla 17. Túneles de compostaje.

TÚNELES	
Unidades	2
Dimensiones	10x10

Tabla 18. Sistema de ventilación.

SISTEMA DE VENTILACIÓN	
CANAL ASPIRACIÓN NAVE CENTRAL	
Material	AlMg3
Dimensiones	250-800 mm
Longitud	30 m aprox.
CANAL CENTRAL DE AIRE FRESCO	
Material	FORM AlMg3
Dimensiones	1.250-1.250 mm
Longitud	30 m aprox.
CANAL CENTRAL DE AIRE DE SALIDA	
Material	FORM AlMg3
Dimensiones	1.250-1.250 mm
Longitud	30 m aprox.
CLIMATIZADOR DE LOS TÚNELES	
Ventilador centrífugo	
Potencia	0-12.500 m3/h con 6.000 PA
Tensión de servicio	230/400 V, 50 Hz, sensor PTC
Potencia instalada	30 kW con convertidor de frecuencia
Material	Inoxidable
Accionamiento	Directo
Válvula de aire limpio	
Dimensiones	1000 x 1000 mm
Accionamiento	Servomotor
Válvula de recirculación de aire	
Dimensiones	1000 x 1000 mm
Accionamiento	Servomotor
Válvula de aire aspirado	
Dimensiones	1000 x 1000 mm
Accionamiento	Servomotor
Sistema medidor de volumen de aire tipo MBT 1000	
Canal de aire aspirado	
Material	AlMg ₃
Dimensiones	1000 x 1000 mm
Longitud	1.5 m aprox.

Tabla 19. Cuadro eléctrico túneles, biofiltro y nave central.

CUADRO ELÉCTRICO	
C.F. túneles	9 unidades a 30 kW
C.F. biofiltro	2 unidades a 37 kW
C.F. nave central	1 unidad a 22 kW
Tipo de protección	IP 54

Tabla 20. Suelo de los túneles

SUELO PERFORADO	
Spigots	
Tipo	WTT
Material	PVC
Grueso	2 mm
Montaje	Sistema "Click" y encolar
Tubería	
Diámetro	DA 160
Material	PVC
Clase	41
Túneles	
Están incluidas todas las tuberías y las micro válvulas (spigots). Se montan en la obra y se rellena el suelo con hormigón	

Tabla 21. Puertas de los túneles

PUERTAS	
Material	PU
Material interior	Inoxidable
Material exterior	Plastisole
Material marco	AlMg ₃
Están incluidos dos sistemas hidráulicos para el desplazamiento	

12.3.7. Nave de maduración

La nave estará cubierta totalmente en el techo y no presentará cierres laterales, estará construida en gran parte en estructura metálica.

La pavimentación será a base de hormigón tratado para soportar las emisiones de sustancias con capacidad corrosiva. La estructura de esta plataforma debe ser capaz de soportar las cargas dinámicas de los equipos mecánicos que trabajan en ella y dispondrá de canalizaciones de salida de lixiviados.

12.3.8. Volteadora

La volteadora TOPTURN 4000 presenta una alta capacidad de tratamiento, alto rendimiento y mínimo espacio necesario. Voltea el compost en pilas triangulares con una mezcla perfecta debido a la forma de espiral de la herramienta. A continuación en la Tabla 22 se mostrarán las condiciones técnicas específicas de la volteadora.

Tabla 22. Especificaciones técnicas de la volteadora.

TOPTURN 4000		
Anchura máxima de pila	2 m	
Altura máxima de pila	3,5 m	
Longitud máxima de pila	35 m	
Peso	12.500 kg	
Motor	Motor	DEUTZ Turbodiésel Intercooler
	Tipo	BF6M1013CP
	Potencia	181 kW / 246 HP
	Capacidad	7.140 cm ³
	Número de cilindros	6
	Sistema de refrigeración	Líquido
	Velocidad nominal	2.300 U/min
Accionamiento	Accionamiento de rodillo de una velocidad, con combinación de embrague electro-hidráulico y freno a través de la correa de alimentación y engranajes planetarios	
Vehículo de conducción	Vehículo de tracción hidrostática, eje de tracción con diferencial de bloqueo conmutado eléctricamente, transmisión mediante 2 engranajes de rueda dentada, dos niveles de velocidad	
Dispositivo de riego	Diámetro de manguera	Manguera hasta 200 m con diámetro de 62 mm
	Rendimiento	Dependiendo de la presión de entrada, hasta 1.000 l/min
Equipamiento estándar	Cabina confortable, aire acondicionado, dispositivo de alimentación activa	
Equipamiento opcional	Dispositivo de corte, dispositivo de desplazamiento lateral, sistema de hidratación, sistema de lubricación central, ruedas compactas, ventilación protectora	

12.3.9. Nave de afino y almacén

La nave estará cubierta totalmente en laterales y techo y construida en gran parte en estructura metálica. Dispondrá de amplios ventanales para facilitar la máxima entrada de luz natural y puertas de acceso con suficiente amplitud para el caso de evacuar los equipos mecánicos de su interior en los supuestos en los que existan averías.

La pavimentación será a base de hormigón tratado para soportar las emisiones de sustancias con capacidad corrosiva.

12.3.10. Trómel

El trómel GT1015 es una máquina de cribar con un tambor de metal laminado y perforado. Debido a que el material gira dentro del trómel, la máquina va cribando el material adherido y húmedo, como por ejemplo, el compost, la tierra y los residuos domésticos. La turba y el césped se criban sin problemas. También son indicados para cribar cascajos de madera.

Un cepillo limpiador rotativo limpia las mallas. Para evitar el desgaste, el trómel hace girar el cepillo.

Especificaciones técnicas:

- Capacidad de 50 t/h.
- Potencia de 4 Kw.
- Diámetro de tambor de 1000 mm.
- Tamaño malla de 10 mm.
- Dimensiones de 3000*1400*2145 mm.
- Peso de 2200 kg.

12.3.11. Ensacadora

La ensacadora ASSAC S10 incorpora el pesaje en la misma boca de ensacado. Sus principales ventajas radican en su facilidad de limpieza para evitar contaminaciones cruzadas, y el hecho de poder colocar los silos u otros sistemas de aportación a una altura mucho más baja, con el consecuente ahorro que esto supone.

Muy apropiada para industrias que requieren producciones bajas y que realizan cambios de productos con frecuencia.

Módulos especiales:

- Sistema de limpieza de la soldadura final
- Sistemas de soldadura especiales para bobinas técnicas multicapa
- Sistemas de evacuación forzada de aire para productos que requieran estanqueidad

Tabla 23. Especificaciones técnicas de la ensacadora.

S10		
Producción máxima (sacos/hora)		400
Consumo eléctrico (kW/h)		15,76
Consumo neumático (Nm³/h)		38
Pantallas gráficas/auto-diagnóstico		√
Módem		√
Estaciones	Formación	√
	Pre-entrega	X
	Llenado	√
	Sellado	√
Soldadura por impulsos		√
Soldadura por barra caliente		Opcional
Servo en traslación de saco vacío		X
Servo en estación de formación		X
Refrigeración fondo saco	Sin	√
	Aire (simple)	Opcional
	Aire (doble)	Opcional
	Agua	Opcional
Asentamiento producto	Golpeo neumático	√
	Cinta evacuación	Opcional
Refrigeración boca del saco		Opcional
Versión anti-corrosión		Opcional
Versión ATEX		Opcional

12.3.12. Instalación eléctrica

La línea de proceso deberá suministrarse con todos los elementos eléctricos necesarios para su control, protección y maniobra incluyendo armarios para los cuadros, bandejas y demás canalizaciones, cableados, cajas de conexión, elementos de maniobra local... Además el equipo eléctrico a suministrar deberá garantizar en su conjunto un factor de potencia nunca menor del 0,95 para lo cual deberá disponer de elementos de compensación local o baterías automáticas.

Se situarán elementos de mando y señalización a pie de equipo y en el Cuadro de Control y Mando.

Todos los elementos contarán con variador de velocidad.

A continuación se adjunta una serie de condiciones, elementos y características que debe incluir la instalación:

- Armario metálico conteniendo todos los elementos de protección y maniobra de los circuitos
- Pupitre metálico conteniendo todos los elementos de mando de la maquinaria incluyendo un sinóptico de la instalación con leds de estado de cada uno de los aparatos, pulsadores, reguladores, etc
- Autómata programable modular de primera marca con capacidad suficiente para gestionar las entradas-salidas y los parámetros de la instalación
- Botoneras paro/marcha y reguladores de velocidad a pie de cintas
- Botoneras de marcha manual y automática
- Bandejas, cableado y materiales varios
- Indicadores (finales de carrera) del tipo sin contacto excepto si por operatividad o norma sea necesario el tipo mecánico
- Variadores de velocidad
- Montaje, programación y puesta en marcha
- Documentación exhaustiva y clara sobre circuitos, características, condiciones de mantenimiento, automatización, etc
- Esquema de los circuitos
- Planos de instalación
- Lista de piezas
- Listas de cables

13. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

13.1. Objetivos y condiciones generales

El presente pliego de condiciones particulares y económicas se aplicará a la ejecución de las obras que se reseñan.

La adjudicación y ejecución de las obras se hará mediante concurso abierto.

Las obras se ajustarán según las reglas sujetándose el contratista a lo prescrito, en el siguiente pliego de condiciones generales económicas.

13.2. Contratista

Puede ser todo aquel que tenga capacidad para ello y las sociedades legalmente constituidas o reconocidas en España.

Para todos los efectos de la contrata, la Propiedad no reconoce más personalidad que la del Contratista.

El Contratista será siempre el único responsable del pago de los salarios y emolumentos de los obreros u otros acreedores.

Desde que se dé principio a las obras hasta su recepción definitiva, deberá estar presente en estas el Contratista o un representante suyo, autorizado por escrito.

No podrá el Contratista, bajo pena de rescisión del contrato con pérdida de fianza, traspasar todo o parte de él sin consentimiento previo de la Propiedad.

13.3. Precios

Los precios del contrato son precios alzados por cada unidad de obra, y comprenden cualquier clase de suministro y mano de obra, así como, todas las instalaciones.

Tanto en las valoraciones o situaciones provisionales como en la liquidación final, se abonarán las obras hechas por el Contratista a los precios de su proposición aceptada, que figuran en el contrato.

Serán de cuenta del Contratista las exenciones fiscales que puedan establecerse durante la vigencia del contrato, como igualmente el pago de arbitrios o impuestos provinciales o municipales.

El precio pactado será inalterable, no admitiéndose ninguna clase de revisión de precios.

El Contratista bajo ningún concepto, podrá reclamar aumento de los precios fijados previamente con la contrata.

El Contratista, de cuantos empleados y obreros trabajen en la contrata, asume cuantas obligaciones se deriven de la vigente Ley de Accidentes de Trabajo.

Será de cuenta y riesgo del Contratista el suministro, preparación y montaje en obra de todos los medios auxiliares de la misma, como son, andamios, entibaciones, cimbras, etc.

13.4. Finanzas

Para tomar parte en este “concurso abierto” será condición indispensable que el licitador constituya previamente una fianza de 6.000€, que no será devuelta en ningún caso. Dentro de los quince días siguientes a la fecha del contrato, el Contratista, para responder del cumplimiento del mismo, depositará en concepto de fianza definitiva la cantidad de cinco por ciento (5%) del importe de la obra total contratada.

13.5. Formalización de la contrata

Tan pronto haya sido aprobada la adjudicación se formalizará el contrato, firmado por el Director de la obra y el Contratista.

El hecho de existir un precio en el contrato no da al Contratista el derecho de ejecutar la obra correspondiente; por consiguiente, no debe comenzar un trabajo sin haber, previamente, recibido orden de hacerlo.

13.6. Ejecución de las obras

El Ingeniero Director de las obras, en representación de la Propiedad, hará el replanteo de las obras en presencia del Contratista, extendiéndose acta por triplicado, firmado por ambas partes, en la cual se hará constar si el citado replanteo está o no conforme con los planos y cubicaciones que han servido de base a la contrata.

El Contratista dará principio a los trabajos dentro del plazo de quince días a partir del contrato y se le entregará copia autorizada de los planos y pliegos de condiciones.

Las obras se ejecutarán conforme al proyecto que ha servido de base a la contrata.

Todos los materiales deberán ajustarse a las condiciones impuestas para los mismos en el Pliego de condiciones facultativas.

Mensualmente tendrá derecho el Contratista a que se le haga una situación de la obra ejecutada durante el mes anterior. Las medidas y cubicaciones correspondientes serán hechas por el Director de las obras y en presencia del Contratista o de su representante, que deberá firmar su conformidad con los mismos.

A petición del Contratista, la Propiedad podrá incluir en las situaciones mensuales correspondientes las cantidades a que ascienda el valor de dichos materiales, estimado por la Propiedad en relación con los precios que para aquellos rijan en el mercado.

13.7. Recepción de las obras

La recepción provisional se hará por la Dirección Facultativa, la Propiedad y el Contratista o un representante suyo debidamente autorizado. Del resultado de la recepción se extenderá un acta firmada por todas las partes.

Las medidas serán siempre tomadas según las dimensiones prescritas, y se abonarán las cantidades que resulten de las cubicaciones reales y efectivas, sin aumento de ninguna clase por cualquier concepto.

La valoración de la obra ejecutada se hará aplicando el resultado de la medición general y de las cubicaciones hechas a los precios señalados en la contrata, para cada unidad de obra o para el conjunto.

El plazo de garantía para esta obra será de dos años, durante el cual cuidará el Contratista de la conservación y policía de la misma.

Terminado el plazo de garantía se procederá a la recepción definitiva.

Una vez efectuada la recepción provisional o definitiva, se procederá a la medición general y a la valoración final de las obras ejecutadas.

Hecha la recepción definitiva, la Propiedad, previos los trámites reglamentarios, tramitará la devolución de la fianza al Contratista, siempre que no exista alguna orden de retención contra él por los daños y perjuicios que son de su cuenta.

13.8. Rescisión o modificación de la contrata

Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos, si los hubiere, y, cuando no, se discutirán entre el Director de las obras y el Contratista.

Las obras mal ejecutadas a juicio del Director de las mismas, serán demolidas, siendo los gastos de demolición de cuenta del Contratista.

La contrata se hace por completo a riesgo y ventura del Contratista, por tanto, éste no podrá reclamar indemnización alguna por pérdidas, averías o perjuicios ocurridos en las obras, aún en los casos de fuerza mayor.

Si a juicio del Director de las obras no tuviese el Contratista el número de obreros o los medios auxiliares para terminar las obras con el esmero exigido en el plazo fijado, se le comunicará por escrito para que imprima más actividad a los trabajos.

Si llegado el término de los plazos parciales que pudieran fijarse en la contrata o plazo único para la ejecución total de la obra sin que ésta haya sido terminada por el Contratista, aunque sea por causas que no dependan de su voluntad, siempre que no dependan de las obligaciones de la Propiedad, se le requerirá por escrito, fijando un nuevo corto plazo, por el cual, se descontará al Contratista el uno por ciento del valor de las obras no ejecutadas, por cada semana de retraso injustificado.

La Propiedad podrá también dar por rescindida la contrata en caso de abandono de las obras por el Contratista, o desobediencia de las órdenes escritas del Director de las obras, o por falta de pago a sus operarios. La rescisión será con pérdida de fianza y sin más derecho por parte del Contratista que el abono de las obras y materiales.

El plazo de ejecución de estas obras es de 18 meses, a partir de la aprobación del contrato.

13.9. Clausulas adicionales

Todos los pagos se efectuarán por obra ejecutada y de modo tal que, a la recepción provisional de la misma, el Contratista haya percibido solamente el 90% de su valor, reteniendo la Propiedad el 10% restante hasta la recepción definitiva, en cuyo caso momento, y una vez practicada la liquidación de las posibles responsabilidades que pudieran afectarla, se procederá a hacer efectivo el abono de dicho 10%.

El concursante deberá expresar en la proposición, de un modo concreto, su conformidad al Plan de Obra objeto de este concurso, o bien presentar otro Plan nuevo que los sustituya.

Será requisito previo a la recepción provisional de la obra, de forma única o fraccionada, según el caso, la limpieza final, removido de depósitos, retirada de materiales, restauración de lugares de emplazamiento y demás operaciones precisas para que las obras se hallen en condiciones de perfecto e inmediato uso definitivo, en el momento de la recepción provisional.

En caso de incumplimiento de una o varias de las obligaciones establecidas en el contrato, la Propiedad ejecutará la fianza constituida salvo los casos de demora que se regirán por las prescripciones del artículo 44 del presente documento.

Con independencia de la citada fianza y de las sanciones por demora previstas en el artículo siguiente, serán de cuenta y cargo del Contratista la reparación de las deficiencias, defectos y averías que se produzcan, durante el plazo de garantía, siempre y cuando fueran achacables a defectos en los materiales o en la construcción.

El incumplimiento por el Contratista de los plazos previstos en el Plan de Obras motivará una retención de pagos, de la parte de obra ejecutada, equivalente al valor de la parte de obra no ejecutada dentro de cada plazo.

Las interrupciones ocasionadas por fuerza mayor, prorrogarán, por el tiempo que duren, los plazos pactados, si se comunican a la Propiedad dentro de los ocho días siguientes a la fecha en que se produzcan. [31]

14. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

14.1. Abastecimiento de agua

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua: Orden Ministerial, de 28-VII-1974, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo BOE 02-X-1974 y 03-X-1974.
- Norm. Básicas para las Instalaciones Interiores de suministro de agua: Orden Ministerial de 19-XII-1975, Ministerio de Industria y Energía. BOE 16-1-1976.
- Norm. De emisión, objetivos de calidad, y métodos de medición de referencia relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales: Orden Ministerial de 12-XI-1987, M1 de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 23-XI-1987.
- Inclusión en la orden anterior de Norm. Aplicables a nuevas sustancias nocivas peligrosas: Orden Ministerial de 13-III-1989, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 20-III-1989
- Ampliación del ámbito de aplicación de la Orden Ministerial de 12-XI-1987 a cuatro sustancias nocivas o peligrosas: Orden Ministerial de 28-VI-1991, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 08-VII-1991
- Contadores de agua fría: Orden Ministerial de 28-XII-1988, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 06-III-1989
- Contadores de agua caliente: Orden Ministerial de 30-XII-1988, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 30-I-1989
- Real Decreto 140/2003, de 7 de Febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano

14.2. Edificación

- NBE-AE/88": Real Decreto 1370/1988, de 11 de Noviembre, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 17-XI-1988
- Norm. De Constr. Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-94): Real Decreto 2543/1994, de 29 de Diciembre, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. BOE 08-II-1995
- Real Decreto 2177/1996, de 4 de Octubre, en donde se aprueba la Norma Básica de Edificación "NBE-CPI/96". BOE nº 261 de Octubre de 1996

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción
- Real Decreto 837/2003, de 27 de Junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción técnica complementaria “MIE-AEM-4” del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas. BOE nº 170 de 17 de Julio
- Real Decreto 314/2004, sobre “Equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura”, que modifica el Real Decreto 1215/1997, el Real Decreto 486/1997 y el Real Decreto 1627/1997
- Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, donde aprueba el Código Técnico de la Edificación.

14.3. Aislamiento

- Modificación de la anterior, denominándose NBE-CA-82: Real Decreto 2115/1982, de 12 de Agosto, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 03-IX-1982.
- Aclaraciones y correcciones de los anexos de la anterior, denominándose NBE-CA-88: Orden Ministerial, de 29-IX-1988, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 08-X-1988
- Norm. Básica NBE-CT-79 sobre Condiciones Térmicas de los edificios: Real Decreto 2429/1979, de 06 de Julio., Presidencia del Gobierno. BOE 22-X-1979
- Especificac. Técnicas de poliestireno expandido para aislamiento térmico y homologación: Real Decreto 2709/1985, de 27 de Diciembre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 15-III-1986
- Especificaciones Técnicas de productos de fibra de vidrio para aislamiento térmico y homologación: Real Decreto 1617/1986, de 13 de Junio, Ministerio de Industria y Energía. BOE 05-VIII-1986
- Protección contra la Contaminación Acústica: L.7/1997, de 11 de Agosto, Consejo de la Presidencia. DOG 20-VIII-1997. [32]

14.4. Barreras arquitectónicas

- Reserva y situación de las V.P.O. destinadas a minusválidos: Real Decreto 355/1980, de 25 de Enero, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 28-II-1980

- Accesos, aparatos elevadores y condiciones de las viviendas para minusválidos en V.P.O.: Orden Ministerial, de 3-III-1990, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 18-III-1980
- Integración social de minusválidos (Título IX, Artículo 54 a 61): Ley 13/1982, de 7 de Abril. BOE 30-IV-1982
- Medidas mínimas sobre accesibilidad en los edificios: Real Decreto 556/1989, de 19 de Mayo, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 23-V-1989
- Accesibilidad y Eliminación de Barreras: Real Decreto 286/1992, de 08 de Octubre, Consejería de la Presidencia.

14.5. Agua caliente sanitaria, calefacción y climatización

- Real Decreto 1618/1980, de 4 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria con el fin de racionalizar su consumo energético
- Instrucc. Técnicas Complement. IT.IC: Orden Ministerial de 16-VII-1981, Presidencia del Gobierno. BOE 13-VIII-1981
- Norm. Técnicas de radiadores convectores de calefacción por fluidos y su homologación: Real Decreto 3089/1982, de 15 de Octubre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 22-XI-1982
- Especificaciones técnicas de chimeneas modulares metálicas y su homologación: Real Decreto 2532/1985, de 18 de Diciembre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 03-I-1986
- Especificaciones técnicas de equipos frigoríficos y bombas de calor y su homologación: Real Decreto 2643/1985, de 18 de Diciembre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 24-I-1986
- Real Decreto 1751/1998, donde se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Complementarias y la creación de la Comisión Asesora para Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 90/2002, de 4 de Julio, sobre medidas complementarias relativas a las instalaciones de riesgo y empresas de mantenimiento en relación con la prevención de legionelosis
- Ficha justificativa del cumplimiento del reglamento de instalaciones térmicas en los edificios y sus instrucciones complementarias

14.6. Carpintería

- Especificaciones técnicas de perfiles extruidos de aluminio y sus aleaciones y homologación: Real Decreto 2699/1985, de 27 de Diciembre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 22-II-1986
- Marca de calidad para puertas planas de madera: Real Decreto 146/1989, Ministerio de Industria y Energía. BOE 14-XI-1989.

14.7. Cementación

- Obligatoriedad de homologación de los cementos para la fabricación de Industria y Energía. BOE 24-XI-1988
- Modificación de Norm. UNE del anexo al Real Decreto 1313/1988: Orden Ministerial, de 21-IV-1997. BOE 26-V-1997
- Instrucciones para recepción de cementos “RC-97”: Real Decreto 776/1997, de 30 de Mayo, BOE 13-VI-1997.

14.8. Cubiertas

- Normativa Básica de Edificación “NBE-MV-111-1981” placas y paneles de chapa conformada de acero: Real Decreto 2169/1981, de 22 de Mayo, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 24-IX-1981
- Normativa Básica de Edificación “NBE-QB-90” cubiertas con materiales bituminosos: Real Decreto 1572/1990, de 30 de Noviembre, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 07-XII-1990.

14.9. Combustible

- Utilización de productos petrolíferos en calefacción y usos no industriales: Orden Ministerial de 21-VI-1968, Ministerio de Industria. BOE 03-VII-1968. Modif. BOE 22-X-1969. Instrucciones Complementarias del reglamento antes citado: Resolución, de 03-X-1969, Dirección Gral. De Energía y Combustibles. BOE 17-X-1969
- Norm. Básicas para instalaciones de suministro de gas en edificios habitados: O. de 29-III-1974, Presidencia del Gobierno. BOE 30-III-1974. Reglamento general del servicio público de gases combustibles: D. Ministerio de Industria. BOE 21-XI-1973
- Instrucciones de documentación y puesta en servicio de instalaciones receptoras de gases combustibles: Orden Ministerial de 17-XII-1985, Ministerio de Industria y Energía. BOE 09-I-1986. Reglamento de instalaciones de almacenamiento de

gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos: Orden Ministerial, de 29-I-1986, Ministerio de Industria y Energía. BOE 22-II-1986.

- Reglamento de redes y acometidas de combustibles gaseosos e Instrucc. "MIG": Orden Ministerial de 18-XII-1974, Ministerio de Industria. BOE 06-XII-1974
- Reglamento de aparatos que utilizan combustibles gaseosos: Real Decreto 494/1988, de 20 de Mayo, Ministerio de Industria y Energía. BOE 25-V-1988
- Reglamento instalación de gas en locales destinados a usos domésticos colectivos o comerciales: Real Decreto 1.853/1993, de 22 de Octubre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 24-XI-1993
- Modificación de ITC MIG-R.7.1 y MIG-R.7.2: O. de 29-V-1998, Ministerio de Industria y Energía. BOE 11-VI-1998.
- Real Decreto 919/2006, de 28 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.

14.10. Electricidad

- Real Decreto 3275/1982, de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Normas particulares para instalaciones de enlace. Suministro de energía eléctrica (baja tensión): Resolución, de 30-VII-1987, Dirección General de Industria y Comercio DOG 09-IX-1987
- Desarrollo y complemento de Real Decreto 7/1988, de 8 de Enero, sobre exigencias de seguridad de material eléctrico: Orden Ministerial, de 06-VI-1989, Ministerio de Industria y Energía. BOE 21-VI-1989
- Normas particulares para instalaciones de enlace. Suministro de energía eléctrica (baja tensión): Resolución, de 18-X-1995, Dirección General de Industria DOG 15-XI-1995
- Procedimiento para la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas de baja tensión: Orden Ministerial, de 11-II-1997, Consejería de Industria y Comercio. DOG 21-II-1997
- Criterios técnicos para la aplicación de determinadas Instrucciones Complementarias del REBT: Resolución de 05-IX-1997, Dirección General de Industria. DOG 26-IX-1997
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico

- Ley 17/2007, de 4 de Julio, por la que se modifica la Ley 54/1977, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico, para ajustarla a los dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de Junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado de la electricidad
- Ley 48/1998 de 30 de Diciembre sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y las telecomunicaciones, por la que se incorporan al ordenamiento jurídico español las directivas 93/38 CEE y 92/13 CEE. Así como las Normas UNE de obligado cumplimiento que se indica en esta Norma
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, donde se regulan las tareas de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de las instalaciones de energía eléctrica
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico
- Real Decreto encomienda al INSHT la elaboración y mantenimiento actualizado de una Guía Técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico en trabajos que se realicen en las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo o en la proximidad de las mismas
- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, es aprobado el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

14.11. Forjados

- Fabricación y empleo de elementos resistentes para pisos y cubiertas: Real Decreto 1630/1980, de 18 de Julio, Presidencia del Gobierno. BOE 08-VIII-1980
- Alambres treilados lisos y corrugados para mallas electrosoldadas y viguetas semirresistentes: Real Decreto 2702/1985, de 18 de Diciembre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 28-II-1986
- Modific. Fichas técnicas, Real Decreto 1630/1980 de autorización de uso de elementos resistentes de pisos y cubiertas: Orden, de 29-XI-1989, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 16-XII-1989
- Instrucciones para proyecto y ejecución forjados unidireccionales hormigón armado o pretensado (EF-96): Real Decreto 2608/1996, de 20 de Diciembre, Ministerio de Fomento. BOE 22-I-1997.

14.12. Estructura de Hormigón

- Real Decreto 2365/1985, de 20 de Noviembre, Ministerio de Industria y Energía. Armaduras activas de acero para hormigón pretensado. BOE 21-XII-1985
- Instrucciones para proyecto y ejecución de obras de hormigón pretensado “EP-93”: Real Decreto 805/1993, de 28 de Mayo, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 26-VI-1993
- Instrucciones para proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado “EHE-99”: Real Decreto 1039/1999, de 28 de Junio, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 03-VII-1999

14.13. Fontanería

- Normativa Técnica sobre grifería sanitaria para locales de higiene corporal, cocinas y lavaderos y homologación: Real Decreto 358/1985, de 23 de Enero, Ministerio de Industria y Energía. BOE 22-III-1985
- Normas técnicas sobre condiciones para homologación de griferías: Orden Ministerial, de 15-IV-1985, Ministerio de Industria y Energía. BOE 20-IV-1985
- Especificaciones técnicas de soldaduras blandas estaño-plata y su homologación: Real Decreto 2708/1985, de 27 de Diciembre, Ministerio de Industria y Energía. BOE 15-III-1986
- Especificaciones técnicas de los aparatos sanitarios cerámicos para los locales antes citados: Orden Ministerial, de 14-V-1986, Ministerio de Industria y Energía. BOE 04-VII-1986
- Especificaciones técnicas de los aparatos sanitarios cerámicos para cocinas y lavaderos: Orden Ministerial, de 23-XII-1986, Ministerio de Industria y Energía. BOE 21-I-1987

14.14. Ladrillo

- Pliego General de Condiciones para recepción de ladrillos cerámicos en obras “RL-88”: Orden Ministerial de 27-VII-1988, Ministerio de Relaciones con Cortes y con Secretaría del Gobierno. BOE 03-VIII-1988
- Norm. Básica De La Edificación “NBE-FL-90”. Muros resistentes de fábrica de ladrillo: Real Decreto 1723/1990, de 29 de Diciembre, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. BOE 04-I-1991

14.15. Manejo de equipos

- Real Decreto 1244/1979, de 4 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión. BOE núm. 128, de 29-IV-1979
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de Noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del consejo 89/392/CEE, relativo a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. BOE nº297, de 11-XII-1992

14.16. Medioambiente e impacto ambiental

14.16.1. Normas Generales

- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

14.16.2. Aguas

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio, por el que se aprueba la Ley de Aguas
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminares ,I, IV, V, VII, VIII, de la Ley de aguas 29/1985, de 2 de agosto, de aguas
- Ley 5/2002, de 3 de junio. Sobre vertidos de aguas residuales industriales a los sistemas públicos de saneamiento, del Principado de Asturias

14.16.3. Atmósfera

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera
- Real Decreto 833/1975, de 6 de Febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/72, de 22 de Diciembre, de protección del ambiente atmosférico
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire
- Reglamento (CE) No 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de junio de 2000 sobre sustancias que agotan la capa de ozono.

14.16.4. Residuos

- Orden de 28 de febrero de 1989, en la que se regula la gestión de aceites usados. (BOE no 57, de 08-III-89)
- Orden de 13 de Junio de 1990, donde se modifica la Orden de 28 de Febrero de 1989 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, por la que se regula la gestión de aceites usados. (BOE no 148, de 21-VI-90)
- Ley 11/1997, de 24 de Abril, de Envases y Residuos de Envases (BOE no99, de 25 de abril de 1997)
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados
- Real Decreto 782/1998, de 30 de Abril por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la ley 11/1997, de 24 de Abril, de Envases y Residuos de Envases (BOE 104, de 01-V-98)
- Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril
- Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se apruebe el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015. (BOE 49, de 16 de febrero de 2009)

14.17. Protección contra incendios

- Orden, de 29-XI-1984, donde se aprueba el manual de autoprotección para el desarrollo del plan de emergencia contra incendios y de evacuación de locales y edificios, Ministerio del Interior. BOE nº49, de 26-II-1985
- Normativa Básica de Edificación “NBE-CPI-96”. Condiciones de protección contra incendios en los edificios: Real Decreto 2177/1996, de 4 de Octubre, Ministerio de Fomento. BOE 29-X-1996.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de Noviembre, es aprobado el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. BOE nº298 de 14-XII-1993
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios en los establecimientos industriales: Real Decreto 786/2001, de 6 de Julio, Ministerio de Industria y Energía. BOE nº234, de 30-VII-2001.

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de Diciembre, donde se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. BOE nº303 de 17-XII-1993.

14.18. Seguridad e higiene en el trabajo

- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, es aprobado el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Orden, de 16-XII-1987, por la que se establece modelos para notificación de accidentes y dicta instrucciones para su cumplimiento y tramitación. BOE nº311, de 29-XII-1987
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de Noviembre, donde se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria, de equipos de protección individual. BOE nº311, de 28-XII-1992
- Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales: Ley 31/1995, de 8 de Noviembre
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, donde se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE nº27, de 31-I-1997
- Real Decreto 485/1997, 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril, referidas a las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores
- Real Decreto 488/1997, de 14 de Abril, referentes a las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo, con equipos que incluyen pantallas de visualización
- Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, referente a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo

- Real Decreto 665/1997, de 12 de Mayo, sobre la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, 30 de Mayo, referente a las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
- Ley 42/1997, de 14 de Noviembre, ordenadora de la inspección de trabajo y seguridad social
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre. BOE 25-X-1997, órdenes mínimas de seguridad y salud en obras de construcción
- Orden de 25 de Marzo de 1998 por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, referente a la protección de los trabajadores debido a los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo
- Real Decreto 171/2004, de 30 de Enero, en el que desarrolla el Artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. BOE nº27, de 31-I-2004
- Real Decreto 286/2006, de 10 de Marzo, referente a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores, contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE de 11-III-2006.

14.19. Suelo

- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana
- Reglamento de Disciplina Urbanística: Real Decreto 2187/1978, de 23 de Junio BOE 18-IX-1978
- Reglamento de Planeamiento Urbanístico: Real Decreto 2159/1978, de 23 de Junio, BOE 15 y 16-IX-1978
- Reglamento de Gestión Urbanística: Real Decreto 3288/1978, de 25 de Agosto, BOE 31-I-1979 y 01-II-1979
- Transferencias de Competencias de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma en materiales de Urbanismo: Real Decreto 212/1979, de 28 de Enero
- Ley de Delegación y Distribución de Competencias en materia de Urbanismo: Ley 7/1995, de 29 de Junio
- Ley sobre Régimen del Suelo y Valoraciones: Ley 6/1998, de 13 de Abril, BOE 14-IV 1998

- Ley 3/2002, de 19 de Abril, de régimen del suelo y ordenación urbanística. Sea notorio que la Junta General del Principado de Asturias ha aprobado, y yo en nombre de Su Majestad el Rey, y de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 31.2 del Estatuto de Autonomía del Principado de Asturias, vengo a promulgar la siguiente Ley de régimen del suelo y ordenación urbanística
- Real Decreto 1/2004, de 22 de Abril, correspondiente a la ordenación del territorio y urbanismo
- Ley 8/2007, de 28 de Mayo, de suelo.

14.20. Vidriería

- Especificaciones técnicas de blindajes transparentes y translúcidos y su homologación: Orden Ministerial de 13-VI-1986, Ministerio de Industria y Energía. BOE 08-VII-1986.

14.21. Escayolas y yesos

- Se recogen las Condiciones generales para la recepción de yesos y escayolas en obras de construcción "RY-85": Orden Ministerial, de 31-V-1985, Presidencia del Gobierno. BOE 10-VI-1985
- Yesos y escayolas para construcciones y Especificaciones Técnicas de prefabricados de yesos y escayolas: Real Decreto 1312/1986, de 25 de Abril, Ministerio de Industria y Energía. BOE 01-VII-1986.

15. PRESUPUESTO

15.1. Aspectos generales

El diseño de esta planta industrial de compostaje para el tratamiento de lodos procedentes de una depuradora de aguas residuales urbanas en Oviedo, concluye con la realización del presupuesto de ejecución de la obra proyectada. Este estudio incluirá los siguientes conceptos:

- Inmovilizado: donde se incluyen todos los equipos e instalación necesarios para el desarrollo del proyecto, así como la obra civil y el coste del terreno.
- 13% de gastos generales sobre inmovilizado.
- 6% del beneficio industrial.
- 21% IVA sobre total de la inversión.

La suma de estos cuatro términos nos dará el capital inmovilizado total.

Los parámetros anteriores se calculan a partir de los costes de equipos, costes de edificaciones y suelos.

15.2. Costes de suelo y edificación

15.2.1. Coste del suelo

La ubicación de la planta de compostaje situada en el concejo de Oviedo, en Villapérez cuyo coste del terreno por metro cuadrado es de 100 a 200 €/m² supongo un coste medio de 150 €/m²

Por tanto como la superficie total será de 3816 m², el coste asciende a 572.40€

15.2.2. Coste edificación

En éste apartado de la memoria se estimó la superficie ocupada por cada sección. En la siguiente tabla se exponen los costes asociados a la superficie ocupada por cada sección de la planta.

Tabla 24. Costes de Edificación.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO	COSTE
	(m ²)	(€/m ²)	
Coste de la parcela	3816	150	572400
Nave pretratamiento-fermentación	50	236	11.800 €
Edificio de servicios auxiliaes (oficinas, vesturios , comedor,sala de lactancia, recepción)	200	450	90.000 €
Nave maduración	220	75	16.500 €
Nave almacenamiento-ensacado	2.500	100	250.000 €
EDIFICACIÓN	940.700 €		

15.3. Mobiliario

Tabla 25. Costes del Mobiliario.

MOBILIARIO			
Mobiliario	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Mesas oficina	4	75,2	300,8
Mesa sala de reuniones	1	500	500
Mesa despacho	1	150	150
Mesas comedor y sala de descanso	5	133	665
Mesillas	2	30	60
Sillas oficina	1	76	76
Sillas sala de reuniones	10	85	850
Silla despacho, comedor y sala de descanso	30	39	1.170,00
Sofás	10	237	2.370,00
Archivadores	50	89	4.450,00
Ordenadores	5	449	2.245,00
Teléfonos	5	29,95	149,75
Impresoras	1	440,4	440,4
Televisión	1	265	265
Fregaderos sala de descanso y comedor	2	93,91	187,82
Vitrocerámica	1	146	146
Microondas	2	42,41	84,82
Inodoros	6	75,8	454,8
Lavabo	4	67,55	270,2
Armarios	6	65	390
Armario de seguridad	1	2.500,00	2.500,00
Armario botiquín	1	128	128
Consignas	32	75	2.400,00
TOTAL (21 % IVA)	20.253,59		

15.4. Elementos de Seguridad

Tabla 26. Costes de Elementos de Seguridad.

ELEMENTOS DE SEGURIDAD			
Elementos	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Señales de pictogramas	22	13,01	286,22
Alarma de incendios	3	36	108
Alarma de seguridad	4	290	1160
Extintores	6	44,94	269,64
Botiquín	6	160	960
TOTAL (21% IVA)		2783,86	

15.5. Coste de equipos

Dentro del capital inmovilizado se incluye el equipamiento básico de la planta, incluyendo costes de equipos y su instalación. Supone la partida más importante dentro de los costes totales. Para la estimación del coste de equipos se ha recurrido a proveedores comerciales.

En las tablas que se adjuntan a continuación se exponen los costes asociados a cada uno de los equipos presentes en la instalación según la zona de la planta en la que se encuentran situados:

Tabla 27. Costes de Equipos

ZONA	EQUIPO	COSTE UNITARIO	UNIDADES	COSTE TOTAL
Recepción	Báscula	15.000,00 €	1	15.000,00 €
Pretratamiento	Grúa	25.000,00 €	1	25.000,00 €
	Cintas transportadoras	215.000 €	2	430.000,00 €
	Trómel	415.079,08 €	1	415.079,08 €
	Mezcladora	170.000,00 €	1	170.000,00 €
	Trituradora	120.000,00 €	1	120.000,00 €
Fermentación	Túneles	385.000,00 €	2	770.000,00 €
	Torres de absorción	23.670,00 €	1	23.670,00 €
Maduración	Volteadora	100.000,00 €	1	100.000,00 €
Afino	Trómel	35.500,00 €	1	35.500,00 €
Almacén	Ensacadora	18.117,00 €	1	18.117,00 €
Varios	Pala mecánica	51.900,00 €	2	103.800,00 €
EQUIPOS	2.226.166,08 €			

Tabla 28. Costes de Otros Equipos.

OTROS EQUIPOS	COSTE
Tuberías (15%)	636.033,48 €
Instalación eléctrica (12%)	508.826,78 €
Instrumentación y control (5%)	212.011,16 €
TOTAL	1.356.871,42 €

15.6. Presupuesto final de la ejecución

El presupuesto final incluye:

- Coste de equipos.
- Otros equipos (tuberías, válvulas y bombas)
- Suelo
- Edificación

A la suma total de estos costos se les aplica:

- Gastos generales: 13%
- Beneficio industrial: 6%

Al coste obtenido de aplicar estos dos porcentajes al coste de equipos, suelo y edificación se le suma un 21% de IVA.

Los costes finales obtenidos se adjuntan en la siguiente tabla:

Tabla 29. Costes Finales.

DESCRIPCIÓN	COSTE FINAL
Costes de equipamiento	2.226.166,08 €
Otros equipos	1.356.871,42 €
Edificación	940.700 €
Costes de mobiliario	20.253,59 €
Costes de elementos de seguridad	2.783,86 €
SUBTOTAL	4.546.774,95 €
Gastos generales 13%	591.080,74 €
Beneficio industrial 6%	272.806,50 €
SUBTOTAL	5.410.662 €
IVA 21%	1.136.239,06 €
TOTAL PRESUPUESTO	6.546.901,25 €

El presupuesto estimado para el Diseño de un Proceso de Compostaje para el Tratamiento de Lodos, de depuradora de aguas residuales en Oviedo, Asturias asciende a seis millones quinientos cuarenta y seis mil novecientos uno con veinticinco céntimos de euro.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PLAN ESTRATÉGICO DE RESIDUOS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS 2014-2024, DISPONIBLE EN: https://www.asturias.es/medioambiente/articulos/ficheros/PERPA_2016.pdf
- [2] PORTAL DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO, DISPONIBLE EN: [HTTP://WWW.CATASTRO.MEH.ES/](http://www.catastro.meh.es/)
- [3] Plan Nacional Integrado de Residuos, Disponible en: http://www.sintacma.es/docs/borradorpnir_anexo5.pdf
- [4] COGERSA (COMPAÑÍA PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ASTURIAS, SOCIEDAD ANÓNIMA UNIPERSONAL), DISPONIBLE EN: <http://www.cogersa.es/metaspacesportal/14498/14519-inicio>
- [5] MAPAMA (MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y MEDIOAMBIENTE DEL GOBIERNO DE ESPAÑA 2018), DISPONIBLE EN: <http://www.mapama.gob.es/es/>
- [6] CEDEX (CATÁLOGO DE RESIDUOS REUTILIZABLES EN CONSTRUCCIÓN 2018), DISPONIBLE EN: [HTTP://WWW.CEDEXMATERIALES.ES/](http://www.ceDEXmateriales.es/)
- [7] BUSTAMENTE, M.A, PAREDES, C., MARHUENDA EGEA F.C., PÉREZ-ESPINOSA, A., BERNAL, M.P.,MORAL, R. CO-COMPOSTING DISTILLERING WASTES WITH ANIMAL MANURE: CARBON AND NITROGEN TRANSFORMATIONS AND EVALUATION OF COMPOST STABILITY. CHEMOSPHERE, 2008, 72, 551-557
- [8] CHANDRARAJ, K., GUNASEKARAN, P. BACTERIAL ALCOHOLIC FERMENTATION. CONCISE ENCYCLOPEDIA OF BIORESOURCE TECHNOLOGY. NEW YORK: ASHOK PANDEY, 2004
- [9] CHANG, J.I. EL. AL. COMPOSTING OF VEGETABLE WASTE: WASTE MANAGEMENT & RESEARCH, 2006, 24(4), 354-362
- [10] MORENO C, J.M., MORMENEO. MICROBIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA DEL PROCESO DE COMPOSTAJE. MADRID: MUNDI-PRENSA, 2008
- [11] BUENO MÁRQUEZ. ET. AL. FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE COMPOSTAJE, 2008, 4, 93-109

[12] CHANDRARAJ, K., GUNASEKARAN, P. BACTERIAL ALCOHOLIC FERMENTATION. CONCISE ENCYCLOPEDIA OF BIORESOURCE TECHNOLOGY. NEW YORK: ASHOK PANDEY, 2004

[13] ARVANITOYANNIS, IOANNIS.S., VARZAKAS, T.H. VEGETABLE WASTE MANAGEMENT: TREATMENT METHODS AND POTENTIAL USES OF TREATED WASTE. REINO UNIDO:ELSEVIER, 2008

[14] CHEN, Y. ET. AL. ORGANIC MATTER TRANSFORMATION DURING COMPOSTING OF MUNICIPAL SOLID WASTE. THE ROLE OF HUMIC SUBSTANCES IN THE ECOSYSTEMS AND ENVIROMENTAL PROTECTION. PTSH, WROCLAW, POLAND: DROZ,J., GONET, S.S., SENSEI, N.,WEBER,J, 1998.

[15] BERG, B., LASKOWSKI, R. DECOMPOSERS. SOIL MICROORGANISMS AND ANIMALS: ADVANCES IN ECOLOGICAL RESEARCH, 2005, 35, 73-100

[16] BERNAL, M.P. ET.AL. 2009. COMPOSTING OF ANIMAL MANURES AND CHEMICAL CRITERIA FOR COMPOST MATURITY ASSESSMENT. BIORESOUR TECHNOLOGY, 2009, 100, 5444–5453

[17] FINSTEIN, M. S. & MILLER, F. C. PRINCIPLES OF COMPOSTING LEADING TO MAXIMIZATION OF DECOMPOSITION RATE, ODOR CONTROL, AND COST EFFECTIVENESS. IN COMPOSTING OF AGRICULTURAL AND OTHER WASTES. , LONDON & NEW YORK: J. K. R. GASSER. ELSEVIER APPLIED SCIENCE PUBLISHER, 1985.

[18] SPHON, E. DETERMINATION OF COMPOST MATURITY. COMPOST SCI,1978, 19,26-27

[19] ZUCCONI, A. MONACO AND M. FORTE. PHYTOTOXINS DURING THE STABILIZATION OF ORGANIC MATTER: COMPOTING OF AGRICULTURAL AND OTHER WASTES. OPEN JOURNAL OF SOIL SCIENCE, 1985, 3, 73-86

[20] FINSTEIN, M. S. & MILLER, F. C. PRINCIPLES OF COMPOSTING LEADING TO MAXIMIZATION OF DECOMPOSITION RATE, ODOR CONTROL, AND COST EFFECTIVENESS. IN COMPOSTING OF AGRICULTURAL AND OTHER WASTES. , LONDON & NEW YORK: J. K. R. GASSER. ELSEVIER APPLIED SCIENCE PUBLISHER, 1985.

[21] CHEN, Y. INBAR, Y. CHEMICAL AND SPECTROSCOPICAL ANALYSES OF ORGANIC MATTER TRANSFORMATION DURING COMPOSTING IN RELATION TO COMPOST MATURITY, ENVIRONMENTAL, MICROBIOLOGICAL AND UTILISATION ASPECTS. OHIO: HARRY A.J.H & HAROLD M.K (Eds). SCIENCE AND ENGINEERING OF COMPOSTING, 1993.

[22] RYNK, R. ON-FARM COMPOSTING HANDBOOK. ITHACA ,NY: NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE, COOPERATIVE EXTENSION SERVICE,1992

[23] BERNAL, M.P. EL.AL. MATURITY AND STABILITY PARAMETERS OF COMPOST PREPARED WITH A WIDE RANGE OF ORGANIC WASTES. BIORESOURCE TECHNOL, 1998, 63, 91–99

[24] DEFRIERI, R.L. EL.AL. UTILIZACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS COMO CRITERIOS DE MADUREZ DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE: AGRISCIENTIA, 2005, 22(1), 1-10

[25] CHRONI, C. EL. AL. INVESTIGATION OF THE MICROBIAL COMMUNITY STRUCTURE AND ACTIVITY AS INDICATORS OF COMPOST STABILITY AND COMPOSTING PROCESS EVOLUTION: BIORESOURCE TECHNOLOGY, 2009, 100, 3745-3750

[26] CANALES, C. ET. AL. GUÍA DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES EN ESPAÑA DEL SECTOR DE LOS TRANSFORMADOS VEGETALES. SECRETARIA GENERAL TÉCNICA DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. MADRID: CENTRO DE PUBLICACIONES SECRETARIO GENERAL TÉCNICA MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2006

[27] CHANG, J.I. EL. AL. COMPOSTING OF VEGETABLE WASTE: WASTE MANAGEMENT & RESEARCH, 2006, 24(4), 354-362

[28] Kiely, G. Ingenieria Ambiental: Fundamentos, Entronos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid:Mc GrawHill Interamericana de España,1999

[29] TCHOBANOGLIOUS ET, AL. INTEGRATED SOLID WASTE MANAGEMENT. OHIO: MCGRAW-HILL, 1995

[30] INSHT (INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO), DISPONIBLE EN:
<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnnextoid=f2d5cf0a42e36110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>

[30] CAMILO VARELA INSTALACIONES INDUSTRIALES, DISPONIBLE EN:
<http://www.instalacionesindustriales.es/normativa/elevadores.html>

[31] IBERLY, PORTAL DE INFORMACIÓN JURÍDICA, DISPONIBLE EN:

[HTTPS://WWW.IBERLEY.ES/](https://www.iberley.es/)

[32] CEDEX (CATÁLOGO DE RESIDUOS REUTILIZABLES EN CONSTRUCCIÓN 2018), DISPONIBLE EN:

[HTTP://WWW.CEDEXMATERIALES.ES/](http://www.cedexmateriales.es/)

16.1. Normativa

Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación, NTE.

Directiva 86/278/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986 relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.

Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Ley 18/1973, de 19 de diciembre, sobre Convenios Colectivos Sindicales de Trabajo.

Ley 2/1991, de 7 de enero, sobre derechos de información de los representantes de los trabajadores en materia de contratación.

Ley 7/1998, de 13 de abril, sobre condiciones generales de la contratación.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

ORDEN de 28 de Julio de 1974, por la que se aprueba el Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua» y se crea una "Comisión Permanente de Tuberías de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento de Poblaciones»

Orden de 16 de julio de 1981, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias denominadas ITJC, con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, con el fin de racionalizar su consumo energético. [21]

Orden de 31 de marzo de 1986, por la que se regula el procedimiento de reembolso y pago de dietas y gastos al personal de la Administración Pública, convocado a las reuniones de Comités y grupos de trabajo de la Comunidad Europea.

Orden de 16 de diciembre de 1987, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de accidentes de trabajo y se dan instrucciones para su cumplimentación y tramitación.

Orden de 28 de diciembre de 1988, por la que se regulan los sistemas de medida de líquidos distintos del agua.

Orden de 28 de diciembre de 1989, por la que se aprueban las normas técnicas de valoración y el cuadro marco de valores del suelo y de las construcciones, para determinar el valor catastral de los bienes inmuebles de naturaleza urbana.

Orden de 26 de octubre de 1993, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario. (Vigente hasta el 16 de junio de 2013)

Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

Real Decreto 2187/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Disciplina Urbanística para el desarrollo y aplicación de la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.

Real Decreto 3288/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Gestión Urbanística para el desarrollo y aplicación de la Ley sobre régimen del Suelo y Ordenación Urbana

Real Decreto 2169/1981, de 22 de mayo, por el que se establece la Norma Básica de la Edificación NBE-MV-111-1980, «Placas y paneles de chapa conformada de acero para la edificación».

Real Decreto 358/1985, de 23 de enero, por el que se establece la sujeción a normas técnicas de las griferías sanitarias para utilizar en locales de higiene corporal, cocinas y lavaderos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

Real Decreto 2365/1985, de 20 de noviembre, por el que se homologan las armaduras activas de acero para hormigón pretensado, por el Ministerio de Industria y Energía.

Real Decreto 2702/1985, de 18 de diciembre, por el que se homologan los alambres trefilados lisos y corrugados empleados en la fabricación de mallas electrosoldadas y viguetas semi-resistentes de hormigón armado (viguetas en celosía), por el Ministerio de Industria y Energía.

Real Decreto 105/1988, de 12 de febrero, por el que se complementan, modifica y actualizan determinados preceptos del Reglamento General de las Actuaciones del Ministerio de Industria y Energía en el campo de la normalización y homologación, aprobado por Real Decreto 2584/1981, de 18 de septiembre.

Real Decreto 494/1988, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de aparatos que utilizan gas como combustible.

Real Decreto 1313/1988, de 28 de octubre, por el que se declara obligatoria la homologación de los cementos para la fabricación de hormigones y morteros para todo tipo de obras y productos prefabricados.

Real Decreto 556/1989, de 19 de mayo, por el que se arbitran medidas mínimas sobre accesibilidad en edificios.

Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

Real Decreto 1572/1990, de 30 de noviembre, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE QB-90 «Cubiertas con materiales bituminosos».

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, donde se recogen los requisitos para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los EPI.

Real Decreto 2543/1994, de 29 de diciembre, por el que se aprueba la norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-94).

Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, por el que se aprueba la norma básica de la edificación «NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios de los edificios».

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsos lumbares, para los trabajadores

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, referente a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, referente a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 776/1997, de 30 de mayo, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre por el que se establecen disposiciones de seguridad y salud en las obras de construcción

Real Decreto 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre,

por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, donde se aprueba el reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, donde se regulan las actividades de transporte, comercialización, distribución, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, donde se aprueba el Reglamento para baja tensión.

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Real Decreto 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-4" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, en el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, referente a la coordinación de actividades empresariales.

Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, es aprobado el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, referido a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.

Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire

Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. (Vigente hasta el 26 de mayo de 2013)

Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores

Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana

Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social

Real Decreto 535/2017, de 26 de mayo sobre productos fertilizantes.

UNE-EN ISO 5457:2000, Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.

UNE-EN ISO 5457:2000/A1:2010, Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo. Modificación 1. (ISO 5457:1999/Amd 1:2010).

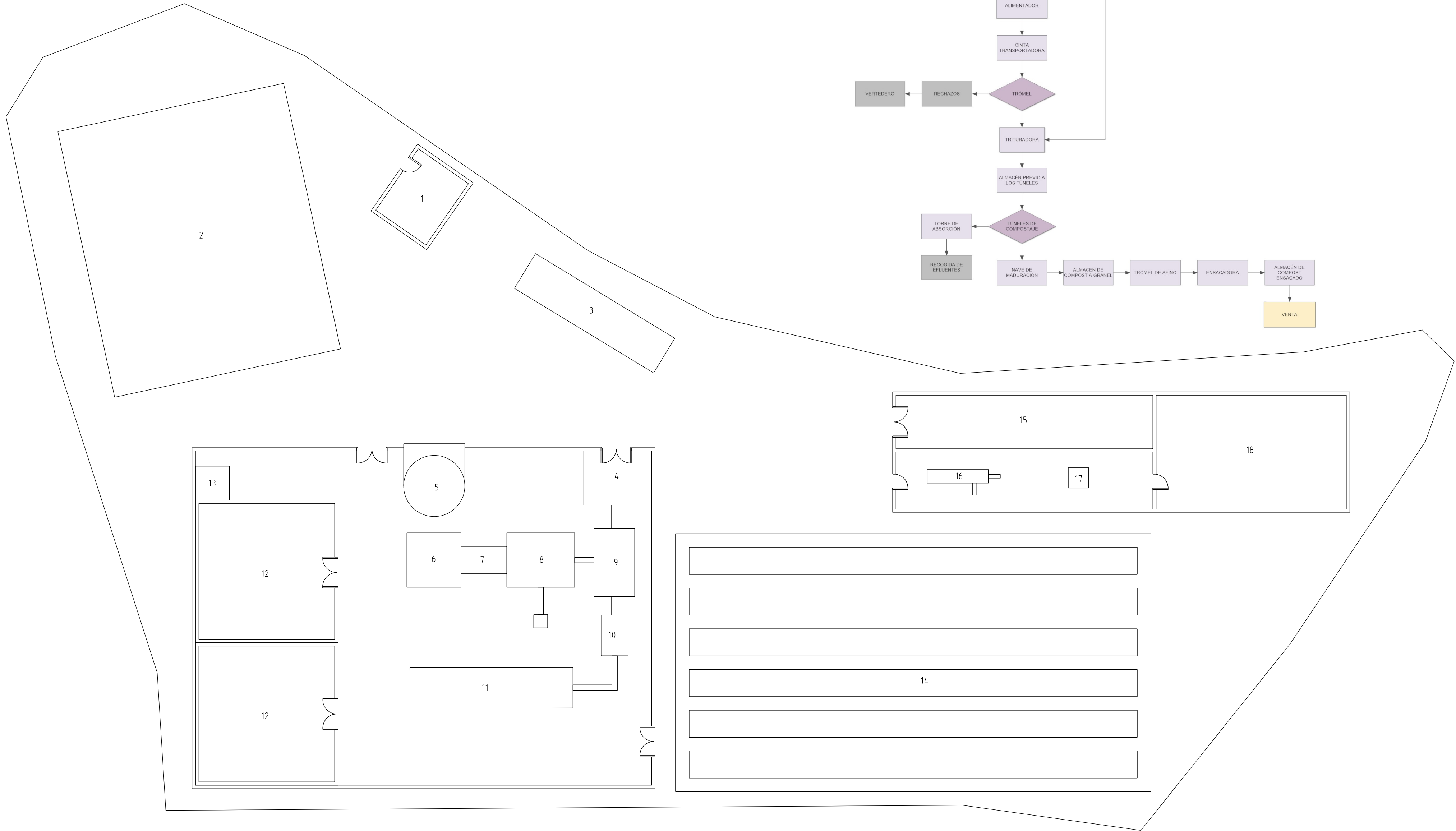
17. PLANOS

El presente proyecto, consta de varios planos realizados con el programa MicroStation:

- Plano de situación donde se muestra su ubicación en el Principado de Asturias y se detalla con una imagen la zona y alrededores.
- Plano general de la zona, en donde se aprecian dos zonas rayadas, una la zona de la parcela donde se situará la planta de compostaje y la otra es la depurada de aguas de Villapérez.
- Plano de las instalaciones de la planta de compostaje, donde se aprecian las distintas zonas del proceso de la planta y un diagrama del proceso.
- Plano del edificio auxiliar, en él se encuentran diferentes salas del personal administrativo y de los trabajadores de la planta.
- Plano del túnel de compostaje, donde se indican sus dimensiones y su diseño.



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	06-06-2018	ANA B.G.		
COMPROBADO	06-06-2018	ANA B.G.		
ESCALA:	Diseño de un proceso de compostaje para el tratamiento de lodos de una depuradora de aguas residuales en Oviedo, Asturias con una capacidad de producción de 25000 t/año Plano General			Nº PLANO
1:2000				2 de 5
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



- 1-Recepción

2-Edificio auxiliar

3-Báscula

4-Almacén de madera

5-Silo

6-Alimentador

7-Cinta transportadora

8-Trómel

9-Mezcladora
- 10-Trituradora

11-Almacén previo a los túneles

12-Túneles de compostaje

13-Torre de absorción

14-Nave de maduración

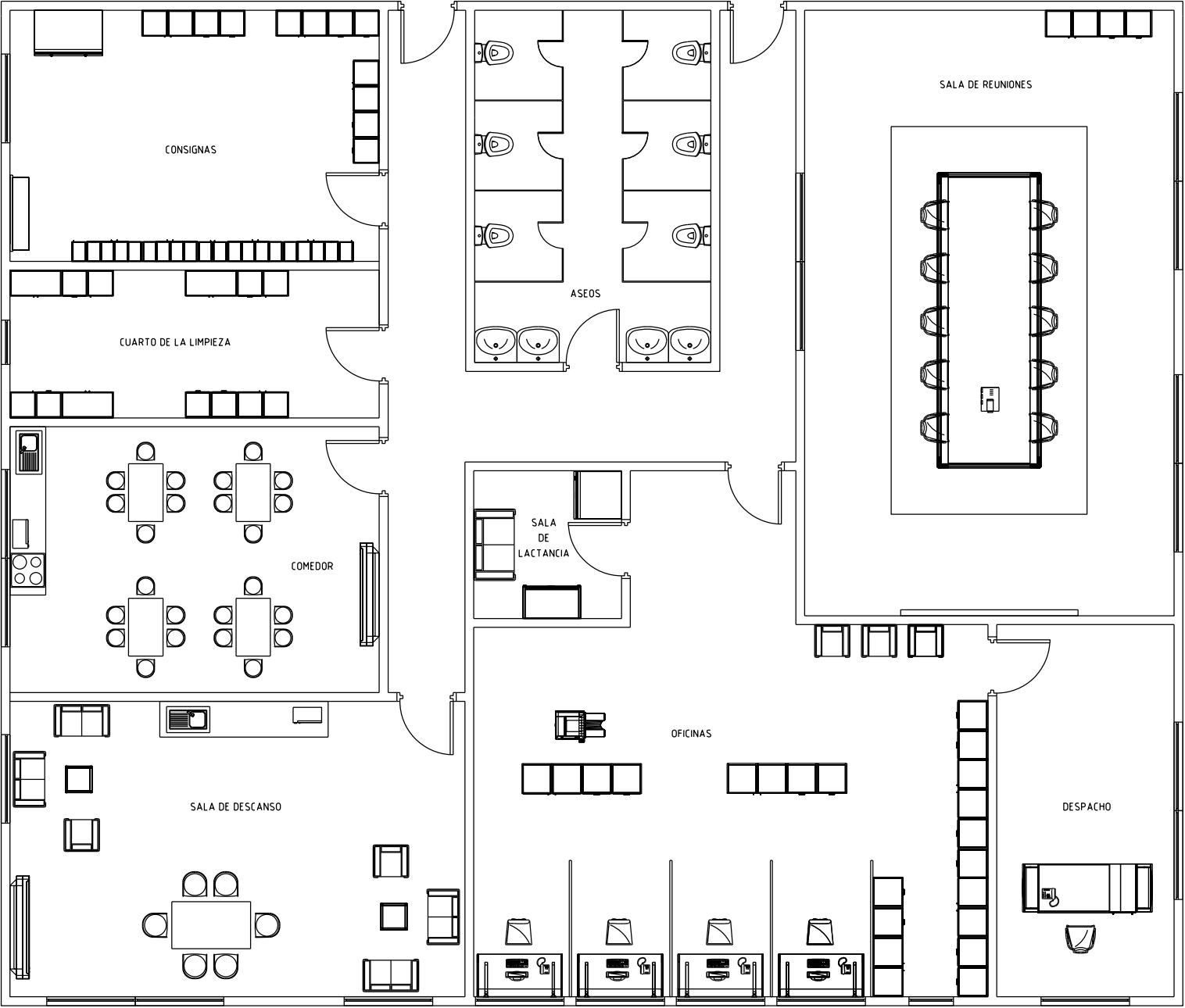
15-Almacén de compost a granel

16-Trómel de afino

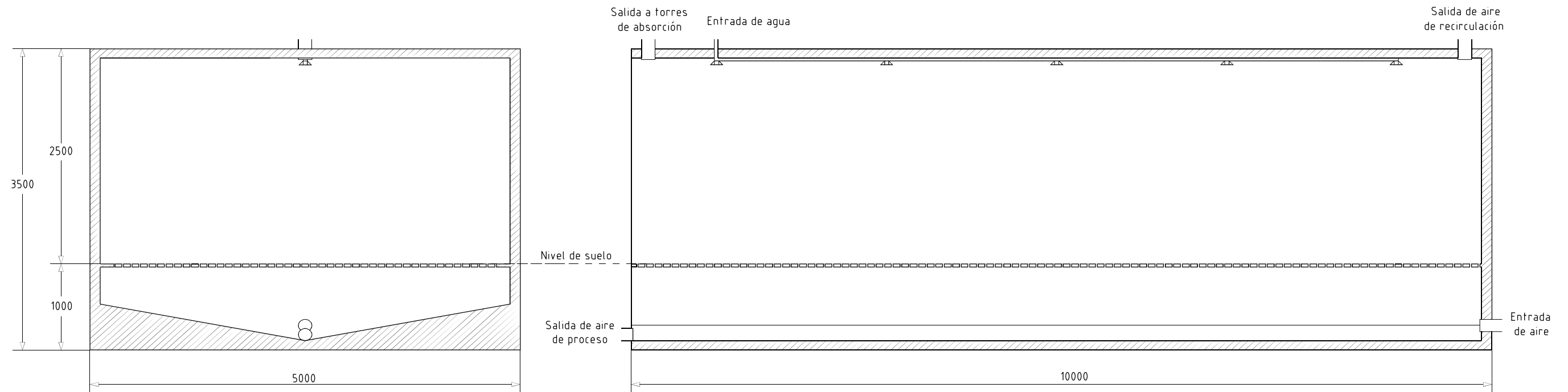
17-Ensacadora

18-Almacén de compost ensacado

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	06-06-2018	ANA B.G		
COMPROBADO	06-06-2018	ANA B.G		
ESCALA:	Diseño de un proceso de compostaje para el tratamiento de lodos de una depuradora de aguas residuales en Oviedo, Asturias con una capacidad de producción de 25000 t/año Plano de Detalle			Nº PLANO
1:200				3 de 5
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	06-06-2018	ANA B.G.		
COMPROBADO	06-06-2018	ANA B.G.		
ESCALA:	Diseño de un proceso de compostaje para el tratamiento de lodos de una depuradora de aguas residuales en Oviedo, Asturias con una capacidad de producción de 25000 t/año Edificio Auxiliar			Nº PLANO
1:100				4 de 5
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	18-06-2018	ANA B.G.		
COMPROBADO	18-06-2018	ANA B.G.		
ESCALA:	Diseño de un proceso de compostaje para el tratamiento de lodos de una depuradora de aguas residuales en Oviedo, Asturias con una capacidad de producción de 25000 t/año Túnel de Compostaje			Nº PLANO 5 de 5
1:50				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR: