

ANNEX 5 PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES PER AL DESENVOLUPAMENT D'INFRAESTRUCTURES

**PRESCRIPCIONS PER PLANTES DE TRACTAMENT MECÀNIC I BIOLÒGIC
PRESCRIPCIONS PER A CAPTACIÓ I TRACTAMENT D'OLORS**

1 INTRODUCCIÓ.....	1
2 PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES GENERALS	1
2.1 Objectius	1
2.2 Aspectes generals de disseny i dimensionament.....	1
2.3 Processos	2
2.3.1 Tractament mecànic de la fracció RESTA.....	2
2.3.2 Tractament biològic de la fracció RESTA.	3
2.3.3 Gestió i tractament d'aigües de procés.....	3
2.3.4 Control d'emissions gasoses. Desodoració	3
2.4 Obra civil.....	4
2.5 Criteris ambientals.....	5
2.6 Impacte ambiental.....	5
2.7 Condicions de treball i aspectes de seguretat industrial.	5
3 ASPECTES TÈCNICS DE SELECCIÓ TECNOLÒGICA.....	5
3.1 Tractaments mecànics	6
3.1.1 Justificació i criteris d'aplicació dels processos de tractament mecànic a plantes TMB.	7
3.2 Tractaments biològics.	14
3.2.1 Tecnologies de digestió anaeròbia.....	15
3.2.2 Tecnologies de compostatge / estabilització aeròbia / “bioassecat”.	18
3.3 Tractaments d'aïres.	21
3.3.1 Sistemes d'absorció: rentat de gasos.....	22
3.3.2 Biofiltració.	23
3.3.3 Oxidació tèrmica regenerativa.	24
3.4 Tractaments de biogàs. Tècniques per a la reducció de les emissions procedents de la utilització del biogàs com a combustible.	25

1 INTRODUCCIÓ.

El present annex té per objecte l'establiment de les prescripcions tècniques generals que s'hauran de tenir en compte a l'hora d'implantar noves instal·lacions per al tractament mecànic i biològic de la fracció Resta, d'acord amb el Model de Gestió de Residus Municipals de Catalunya.

En el cas del tractament de la fracció FORM, es seguiran els criteris marcats per la "Guia de Suport per al Disseny i l'Explotació de Plantes de Compostatge", publicada per l'Agència de Residus de Catalunya.

Respecte la obtenció de combustibles derivats de residus, es seguiran els criteris marcats per la Norma Tècnica CEN/TC 343 "Solid Recovered Fuels".

En referència a la justificació dels aspectes d'impacte ambiental, es tindrà en compte la millora en termes d'estalvi d'emissió de GEH, mitjançant la justificació d'acord amb l'eina CO₂ZW desenvolupada per SOSTENIPRA, Sostenibilitat i Prevenció de Residus, per al càlcul de la petjada de carboni de la gestió dels residus.

2 PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES GENERALS

2.1 Objectius

La instal·lació haurà de respondre fonamentalment als següents objectius:

- Es maximitzarà la quantitat i qualitat de materials recuperats i potencialment reciclables dels residus a tractar.
- Es reduirà al mínim possible els rebuigs de la instal·lació. Aquests han de contenir la menor quantitat possible de materials fàcilment biodegradables i productes valoritzables.
- Es maximitzarà l'estabilitat de la matèria orgànica continguda en la fracció RESTA. Es garantirà que el rebuig generat a la instal·lació tindrà, com a màxim, un nivell mitjà de matèria orgànica biodegradable del 15%.
- Caldrà preveure la caracterització periòdica dels diferents rebuigs generats a la instal·lació, amb l'objecte d'avaluar l'eficiència de la instal·lació i la quantitat de matèria orgànica present al rebuig.

2.2 Aspectes generals de disseny i dimensionament

Bàsicament el disseny de la instal·lació i els processos escollits hauran de respondre a les següents característiques:

- Les unitats de procés han de tenir capacitats de tractament que siguin compatibles amb les experiències positives d'operació i manteniment que es disposa en instal·lacions similars per al tractament de residus municipals.

- En el disseny es considerarà la màxima flexibilitat, a fi que les instal·lacions siguin capaces de tractar residus amb un marge de composicions de residus molt ampli. Aquesta flexibilitat ha de tenir tres aspectes:
 - Variació estacional de la composició dels residus i generació.
 - Variació en la composició dels residus a tractar, deguda a la progressiva introducció de la recollida selectiva.
 - Variació deguda al canvi dels costums i nivell de vida dels ciutadans.
- S'implementaran equips amb referències industrials, i provats en plantes similars.
- S'optimitzarà el traçat de cintes transportadores evitant recorreguts ineficaços i innecessaris.
- S'optimitzarà el procés per a aconseguir uns costos d'explotació ajustats.
- S'uniformitzaran i estandarditzaran, en la mesura possible, els equips per a facilitar la gestió de recanvis i el subministrament dels mateixos.
- En la mesura del possible, es maximitzarà el nivell d'automatització dels processos de manera que es minimitzi la manipulació humana dels productes, tant en el triatge de materials com en la càrrega i descàrrega dels diferents processos biològics.
- La capacitat nominal de tractament de les instal·lacions serà la base per al disseny de les diferents línies de procés i equips i s'haurà de tenir en compte:
 - a) La modulació de les línies de processos i la seva necessària versatilitat en funció de la seva adaptació a les característiques evolutives dels residus a tractar.
 - b) Els equips i, en general, les unitats de procés comptaran amb el sobredimensionament de capacitat que garanteixi el funcionament amb les fluctuacions lògiques entorn la seva capacitat nominal de tractament.
 - c) Com referència, s'esmenten els següents paràmetres de disseny:

DESCRIPCIÓ		COEFICIENTS	OBSERVACIONS
Capacitat d'emmagatzematge	RESTA	2,5 dies	El coeficient determina la relació entre la capacitat de la recepció i la capacitat nominal diària
Coeficient de sobredimensionament mecànic	Equips mecànics	1,15	Coeficient per assegurar la capacitat de tractament davant de parades o altres incidències.

- d) Garantir degudament la disponibilitat de les suficients redundàncies en els equips clau.
- e) A efectes de dimensionament d'equips, es considerarà un règim d'operació com a màxim de dos torns al dia, amb un control dels processos biològics permanent.

2.3 Processos

2.3.1 Tractament mecànic de la fracció RESTA.

A) Recepció i emmagatzematge

Les funcions que englobarà la recepció seran:

- Recepció dels residus.
- Emmagatzematge dels residus.
- Alimentació de les línies de tractament.

Es garantirà la identificació i el pesatge de cadascuna de les tipologies de residus que es gestionin a la instal·lació, de forma individualitzada i per a cadascuna de les procedències municipals, amb independència del sistema de recollida utilitzat.

La recepció dels residus, s'efectuarà de tal forma que es minimitzi la generació de lixiviats, i es disposarà de les instal·lacions i/o equipaments necessaris per a evacuar les possibles acumulacions de lixiviats a les zones destinades a la recepció dels residus.

La recepció es realitzarà de tal forma que es permeti la recepció diària i una acumulació addicional d'entrades, per tal de cobrir dies festius i situacions excepcionals.

Es realitzarà l'emmagatzematge dels residus a tractar de forma diferenciada impedit el creuament dels fluxos de en cas de recepció de diferents tipus de residus, com pot ser Fracció Resta i FORM.

A efectes de disseny es considerarà:

DESCRIPCIÓ	VALOR
Capacitat de la recepció	mínim 2,5 dies de càrrega nominal
Plataforma de maniobres dels camions	mínim 20 m d'ample
Densitat mitjana de la RESTA en fossa	0,3 t/m ³
Coefficient de sobredimensionat respecte al volum teòric necessari (sense comptar apilaments per a sobre de cota de plataforma de camions)	1,15

B) Pretractament mecànic

L'objectiu d'aquesta àrea de les instal·lacions és la classificació dels materials que componen la fracció RESTA de manera que s'aconsegueixi la màxima separació entre els diferents components:

- Materials reciclables o valoritzables: metalls (inclouen fèrrics i no fèrrics), materials recuperables (inclouen envasos de plàstic, paper / cartró, brics) i plàstic film.

- Rebuig de la fracció RESTA.
- Matèria Orgànica Recuperada (MOR). Matèria orgànica recuperada de la RESTA amb un contingut d'impropis adequat als processos posteriors.

El processament de la RESTA s'haurà d'iniciar com a màxim 2,5 dies després de la seva recepció. El processament de la MOR de RESTA separada al pretractament s'haurà d'efectuar immediatament, i, pel fet de tractar-se d'un residu inestable i de ràpida descomposició, no podrà ser emmagatzemada.

Les funcions que englobarà el pretractament mecànic seran:

- Classificació i separació de materials i preparació per a tractaments posteriors (tritració, separació d'inerts i impropis).
- Preparació dels materials recuperats per a la seva expedició.
- Transport de la MOR cap a la zona de tractament biològic.

El disseny de la instal·lació de pretractament ha de tenir en consideració els següents aspectes:

- Els equips que componen aquesta secció, com trómsels, obridors de bosses, separadors balístics, separadors òptics i magnètics, etc., poden organitzar-se en diverses línies per tal que la gestió dels diferents fluxos generats es realitzi de forma adequada i evitant sobrecàrregues en alguns equips.
- En funció de la viabilitat tècnica i econòmica, es disposarà d'un nivell d'automatització de manera que es redueixi al màxim la intervenció directa d'operaris sobre el residu i assegurui les condicions de treball d'aquests en quant a seguretat.
- Se separaran els objectes de gran mida que puguin pertorbar el funcionament mecànic de les línies (mida no adequada).
- Es disposarà d'un sistema d'expedició de rebuig adequat. S'evitarà en la mesura possible l'emmagatzematge temporal de rebuig en la instal·lació.
- Es mecanitzarà en la mesura del possible el transport de materials internament en la instal·lació realitzant-lo mitjançant cintes transportadores o altres equips.
- A efectes de disseny es considerarà:

DESCRIPCIÓ	VALOR
Capacitat màxima per línia de triatge	35 t/h
Densitat de rebuigs de pretractament a línia de premsatge / expedició en contenidors	0,10 t/m ³
Altura màxima d'apilament de bales de subproductes i rebuig	4 m

2.3.2 Tractament biològic de la fracció RESTA.

El tractament biològic es planteja com un tractament de la MOR mitjançant un procés fins a aconseguir un producte estabilitzat, d'acord als usos i paràmetres de qualitat vigents.

A) Estabilització de la MOR.

Es proposarà el sistema de tractament que millor s'adapti amb l'objectiu de la transformació de la matèria orgànica procedent de la RESTA en un producte estabilitzat biològicament.

Com a hipòtesi bàsica, es suposa que la instal·lació ha d'aconseguir una màxima reducció i estabilització de la matèria biodegradable.

El procés s'ha de compondre d'un sistema d'estabilització, el qual, a efectes de dimensionament es consideraran els següents paràmetres.

DESCRIPCIÓ	VALOR
Densitat de la MOR	0,6 t/m ³
Altura màxima d'apilament	3 m
Temps mínim de permanència en procés d'estabilització	42 dies

Per la selecció del procés biològic, caldrà considerar l'estudi de diferents paràmetres:

- o Temps de residència. Necessitats de volteigs a realitzar en cas de sistemes dinàmics.
- o Paràmetres de control i nivells de treball automàtics i manuals (temperatura, humitat, contingut en O₂, CO₂, NH₃, etc.).
- o Necessitats de ventilació de la massa a estabilitzar.
- o Balanç de masses, d'aire, d'aigua i d'energia del sistema d'estabilització.
- o Equips utilitzats.
- o Referències d'acord amb l'escala de la instal·lació.
- o Quantitat a tractar en t/dia i t/any.
- o Composició de la mescla a estabilitzar:
 - % de sòlids totals.
 - % d'humitat.
 - % de matèria orgànica sobre ST.
 - Densitat.
 - Degradació en pes i en volum previst.

B) Refí i emmagatzematge del bioestabilitzat.

Es justificarà el sistema de refí proposat de cara a obtenir un material orgànic estabilitzat que compleixi amb els potencials usos (no agrícoles), així com una minimització del rebuig generat en aquesta etapa.

Les funcions que englobarà el sistema de refí i emmagatzematge de la matèria orgànica estabilitzada seran:

- o Retirada d'impropis (rebuigs) de la matèria orgànica estabilitzada.
- o Càrrega del rebuig cap a sistema d'expedició.
- o Transport del bioestabilitzat cap a la zona d'emmagatzematge.
- o Emmagatzematge i expedició del bioestabilitzat.

2.3.3 Gestió i tractament d'aigües de procés.

A les instal·lacions es podran segregar fluxos diferenciats:

- o Aigües pluvials netes, procedents de les cobertes de les edificacions i espais nets.
- o Aigües grises procedents de superfícies on es pugui tenir contaminacions accidentals (viaris amb circulació de camions recol·lectors o similars).
- o Aigües residuals de procés, lixiviats, baldeigs d'interior de naus de procés procedents de l'àrea de recepció i de tractament que el requereixin.
- o Aigües negres o sanitàries.

Cadascun dels fluxos rebrà un tractament específic:

- o Les aigües pluvials netes s'aprofitaran en la mesura possible i l'excedent s'abocarà.
- o Les aigües de procés, de lixiviats i baldeigs d'interior de naus de procés seran recirculats a procés en la mesura possible. S'haurà de preveure un tractament i/o destinació alternativa a través d'un Gestor Autoritzat pels excedents.
- o En el cas de les aigües grises i de les aigües negres, s'estudiarà la seva depuració mitjançant sistema de tractament específic.
- o S'estudiarà disposar de preses de reg repartides per totes les naus de manera que es puguin cobrir totes les superfícies amb mànegues per a baldeig.

2.3.4 Control d'emissions gasoses. Desodoració

En la mesura del possible i segons característiques de l'entorn i viabilitat tècnic-econòmica de les instal·lacions, es respectaran els següents criteris:

- o La recepció dels residus, les àrees de procés biològic i altres amb risc de generació de males olors, es farà en edificis tancats.

- o Les naus que siguin confinades disposaran de captació d'aire.

A) Captació d'aire.

En cas de determinar-se la necessitat de confinament de processos, es detallaran els càlculs dels volums d'aïres de captació de naus amb detall del nombre de renovacions / hora per cada zona.

Es tindrà en consideració els següents criteris:

- o Un grau d'estanquitat màxim de l'obra civil, dissenyant a tal efecte el tipus i qualitat de la construcció als paraments verticals i cobertes.
- o Preveure les sectoritzacions convenients per aïllar les diferents zones d'emissions d'olors.
- o Es procurarà confinar en espais de volum reduït, aïllats de la resta, els processos o punts d'aquests que siguin causes principals de generació d'olors.
- o El volum de les naus es minimitzarà, sense perdre la funcionalitat necessària ni les possibilitats d'addició d'altres equips i instal·lacions.
- o Es preveurà la màxima reutilització d'aire entre els diferents sectors, amb la finalitat de minimitzar el cabal final d'aire a desodoritzar.
- o Es preveuran captacions puntuals d'aire contaminat en els equips i punts específics de generació d'olors per tal de reduir al màxim la dispersió de les olors.
- o Es mantindran en depressió els espais o locals de generació d'olors, per evitar les fugues d'olors.
- o Es preveuran captacions locals d'aire contaminat i punts d'aportació d'aire fresc, amb un nombre de renovacions de l'aire suficients que garanteixin l'ambient adequat en els llocs de treball i que realitzin la funció d'escombrada de l'aire contaminat fins als punts de captació de l'aire.
- o Es disposaran els detectors i sistemes d'alarma necessaris per actuar en cas de concentració elevada de matèries tòxiques en zones de risc.
- o A fi d'optimitzar els tractaments de desodorització, la captació es realitzarà preferiblement de forma diferenciada entre fluxos d'alta intensitat d'olor i la resta de fluxos.

B) Desodorització.

El sistema haurà de complir els següents criteris:

- o S'ha d'assegurar l'estanquitat del sistema de captació, transport i tractament d'olors.
- o Els equips principals i els sistemes d'alimentació elèctrics del sistema de captació, transport i tractament d'olors, hauran de comptar amb les redundàncies suficients per garantir el seu funcionament permanent.
- o El tractament de depuració de l'aire contaminat aplicarà les millors tècniques disponibles i les tecnologies adequades per aconseguir el grau de depuració necessari, que seran com a mínim els següents:

- Divisió de fluxos d'aïres d'alta càrrega i baixa càrrega.
- Tractament amb rentat químic dels fluxos d'aire d'alta càrrega.
- Plènums d'homogeneïtzació de fluxos.
- Humidificació del flux global d'aire.
- Biofiltres.

- o Si es consideressin necessàries, s'incorporaran mesures complementàries com la incorporació de xemeneies a la sortida de biofiltres per afavorir la dispersió.

2.4 Obra civil.

Es cuidarà el disseny arquitectònic i es minimitzarà l'impacte paisatgístic de les instal·lacions.

La construcció dels edificis haurà de respondre, en la mesura possible, amb el concepte d'arquitectura sostenible, és a dir, haurà de complir:

- o Augment de l'aïllament dels edificis.
- o Utilització de tecnologies d'alta eficiència energètica.
- o Disseny d'edificis, de manera que es consumeixi la menor energia possible durant la seva utilització (disseny bioclimàtic, correcta ventilació i il·luminació natural, facilitat d'accés, reducció de recorreguts, fàcil intercomunicació entre persones, etc.).
- o Disseny d'edificis, de manera que s'utilitzi la menor energia possible durant la seva construcció, utilitzant materials que s'hagin fabricat amb la menor despesa energètica possible; buscant la major eficàcia durant el procés constructiu; evitant al màxim el transport de personal i de materials; establint estratègies de prefabricació i industrialització.

Es disposarà de vials per a l'accés dels camions de residus i per a l'expedició dels materials adequats al tràfic que hauran de suportar. Les vies d'entrada i sortida de camions es dissenyaran de manera que quedin clarament diferenciades, que s'evitin interferències entre elles i amb altres activitats i que es disposin de les proteccions adequades per protegir els elements fràgils. Addicionalment es disposaran els vials de manteniment que permetin un accés adequat a totes les parts del procés.

La disposició de les àrees de procés serà tal que tinguin en compte les relacions entre les diferents àrees i es minimitzin els recorreguts dels diversos fluxos (materials, aïres, etc.).

La tipologia de les edificacions de les diferents àrees serà coherent amb els seus respectius usos:

- o A les zones amb captació d'aire el volum de les naus serà el mínim imprescindible, a fi de reduir la quantitat d'aire a depurar.
- o Les zones amb presència de personal tindran un nivell d'il·luminació necessària. Es prioritzarà l'ús de la il·luminació natural.

- o Els tancaments tindran el nivell d'aïllament tèrmic necessari i adequat amb els usos de les diferents àrees. Les zones de presència de personal o amb presència de residus disposaran tancaments i cobertes aïllades.
- o Les solucions constructives han de permetre una fàcil neteja de totes les zones, ja sigui a nivell de paviment o elevades, evitant les zones de difícil accés per a neteja.
- o En cas de recepció en fossa, es construirà en formigó armat i reforçat per a possibles cops, fins a l'altura de la biga carrilera del pont grua. Els pilars de la zona de fossa es construiran segons el mateix criteri.
- o En cas de recepció en platja, es considerarà la instal·lació d'un sistema de neteja per les rodes dels camions.
- o Les zones de provisió de materials i les d'operació de maquinària mòbil i camions, susceptibles de rebre cops, es construiran en formigó armat fins una altura mínima de 3 m.
- o Les naus o zones de ventilació forçada seran de construcció estanca i amb entrades d'aire controlades a fi d'evitar sortides fortuïtes d'olors.
- o Les zones amb risc de caiguda de residus o de fugues seran pavimentades o en cas de no ser-ho disposaran d'un grau d'impermeabilitat suficient a fi d'evitar la contaminació del subsòl.
- o Les zones amb ambients agressius seran construïdes considerant aspectes de protecció a la corrosió.
- o S'utilitzaran àrids reciclats com a subbase en totes les aplicacions que la normativa catalana permeti.
- o S'utilitzarà compost o bioestabilitzat per a la seva aplicació a les superfícies enjardinades de la instal·lació.
- o S'usarà, en la mesura possible, materials reciclats en la construcció d'edificis i altres elements d'urbanització.

2.5 Criteris ambientals.

- o S'optimitzarà la integració en l'entorn de les instal·lacions.
- o Les instal·lacions evitarà al màxim l'ús de maquinària mòbil, traslladant el material entre processos automàticament mitjançant cintes transportadores, augmentant així l'eficiència a nivell operatiu i energètic (evitant consum de combustible).
- o S'utilitzaran les millors tècniques disponibles en matèria de recuperació material i tractament biològic. El procés d'estabilització biològica permetrà pel que fa a nivell de seguretat, salut i higiene unes òptimes condicions.
- o Es preveurà la utilització de materials i sistemes de construcció reciclats i produïts amb tecnologies i recursos renovables i ambientalment correctes. Concretament, es projectarà l'ús de material reciclat per a tancaments exteriors, paviments, revestiment de banys i vestidors i senyalització malla de drenatge.

2.6 Impacte ambiental

- o Es minimitzarà l'impacte produït per les olors intrínseques a aquest tipus de tractaments.
- o Es prendran les mesures corresponents per evitar l'emissió de contaminants a l'atmosfera.
- o Es tractaran adequadament els efluentes líquids, complint els límits d'abocament fixats per als efluentes.
- o Es minimitzarà la propagació de sorolls, l'aparició d'insectes i les molèsties en l'entorn.
- o Es maximitzarà la recuperació i reciclatge de les aigües residuals i pluvials, minimitzant l'aportació d'aigua exterior.
- o En funció de cada cas i en la mesura del possible, es realitzarà confinament de les operacions de tractament susceptibles de risc d'impacte. En cas de confinament, es realitzarà el tractament adequat de l'aire aspirat, amb la finalitat de minimitzar l'impacte produït per les olors intrínseques a aquest tipus de tractaments.

2.7 Condicions de treball i aspectes de seguretat industrial.

- o Es compliran les reglamentacions d'Indústria, prevenció contra incendis, Seguretat i Salut i altres que siguin aplicables.
- o S'assegurarà l'absència de riscos per agents biològics i químics sobre els operaris de la instal·lació.
- o Es minimitzaran els riscos per als operadors de la instal·lació.
- o En cas d'existir, s'adequaran els llocs de selecció a les millors condicions de seguretat i higiene en el treball.
- o S'evitaran la propagació olors, sorolls i molèsties a les zones amb presència d'operaris de la instal·lació.
- o Les passarel·les, escales, baranes, plataformes i replans es concebran de forma integrada per a tota la instal·lació, i es realitzarà un disseny únic que permeti un correcte accés a tots els motors així com als punts de manteniment i neteja i es compleixi amb l'establert per la normativa de seguretat aplicable.
- o Es disposarà de sistema contra incendis (definició dels sectors d'incendi i de les mesures de protecció passiva, detecció i extinció) d'acord amb la normativa vigent.
- o Es realitzarà l'anàlisi de riscos i el pla d'autoprotecció. Incloent detecció i protecció davant emissions de gasos, definició d'espais confinats, etc.

3 ASPECTES TÈCNICS DE SELECCIÓ TECNOLÒGICA

Les tecnologies de tractament disponibles a nivell industrial que poden ser aplicades en el desenvolupament d'infraestructures per la gestió dels residus presenten diferents característiques, avantatges i inconvenients.

Caldrà establir quina tecnologia és la més apropiada per cada cas segons l'àmbit d'actuació, la capacitat requerida, les característiques del residu d'entrada i sempre intentant aconseguir la millor economia d'escala i flexibilitat per a escenaris futurs.

A continuació es presenten les alternatives d'aplicació individual o conjunta de les diferents tecnologies de tractament disponibles a nivell industrial, identificant en cada cas les solucions o configuracions més recomanables d'acord amb l'estat de l'art i els objectius del tractament.

Es caracteritza les diferents tecnologies de tractament agrupades per tipus procés de tractament al que corresponen amb els següents continguts bàsics:

- o Tractaments mecànics.
 - Obertura de bosses.
 - Separació per mida.
 - Separació per densitat.
 - Separació per camp elèctric i magnètic.
 - Separació per sistemes òptics.
 - Compactació, premsat i embalat.
 - Trituració.
- o Tractaments biològics.
 - Tecnologies de digestió anaeròbia.
 - Anàlisi de paràmetres tècnics. Definicions i criteris bàsics:
 - Pretractaments previs de les fraccions orgàniques.
 - Contingut de sòlids en la suspensió (digestió en via humida o digestió en via seca).
 - Etapes de digestió (digestió en una o dues etapes).
 - Temperatures de treball (règim mesòfil o termòfil).
 - Temps de residència.
 - Mida de partícula.
 - Sistemes d'agitació i escalfament de la suspensió.
 - Sistemes de deshidratació.
 - Codigestió.
 - Digestions amb sistemes de percolació.
 - Anàlisi d'una selecció de les principals tecnologies al mercat.
 - Tecnologies de compostatge / estabilització aeròbia / assecat biològic aerobi o “bio-drying”.
 - Anàlisi tècnic dels principals sistemes de compostatge / estabilització aeròbia / “bio-drying”:
 - Piles.
 - Túnel de compostatge.

- Compostatge en nau tancada amb volteig automàtic.
- Estabilització en sitges / trinxeres.
- “Bio-drying”.
- Anàlisi d'una selecció de les principals tecnologies al mercat.

La caracterització de cada tecnologia de tractament de residus contempla, de forma general, els següents punts:

- o Descripció general de la tecnologia.
- o Descripció del procés.
- o Anàlisi dels paràmetres tècnics més rellevants (capacitat de tractament, necessitats d'espai, consums energètics, rendiments, balanços de masses i energia, etc.).
- o Valoració dels impactes ambientals (generació d'aigües residuals, olors, soroll, residus, etc.).
- o Llistat de subministradors i referències.
- o Resum. Conclusions.

Tanmateix, s'inclou un anàlisi de les tecnologies de tractament d'aigües residuals, aires i biogàs aplicables.

3.1 Tractaments mecànics

El present apartat presenta les diferents tècniques de tractament mecànic d'aplicació per les diferents fraccions dels residus municipals i, especialment, al tractament mecànic-biològic de la fracció RESTA.

Els objectius del tractament mecànic a les plantes de tractament mecànic-biològic poden ser:

- o Extreure els materials impropis voluminosos o que poden produir problemes als processos posteriors continguts als residus d'entrada.
- o Maximitzar la recuperació de materials reciclables, dins d'uns paràmetres d'inversió i costos operatius raonables. Tots els materials recuperats hauran de sortir amb un grau de compactació adequat per optimitzar el cost del transport.
- o Preparar i acondicionar els residus per al procés biològic posterior (digestió via seca o humida, compostatge o estabilització aeròbia de la matèria orgànica o bioassecat).
- o Refinament i acondicionament del fluxos de sortida dels processos.

El grau de tractament mecànic per a la separació i classificació dels residus depèn de diversos factors específics en cada cas com:

- o El tipus de residu d'entrada,
- o El contingut de materials recuperables i reciclables del residu,
- o Els requeriments i destí dels materials de sortida,

- o La quantitat requerida de recuperació i reciclatge dels materials.

Com a conseqüència del factors i objectius específics en cada cas, els diferents processos TMB poden presentar tractaments mecànics més o menys complexes i intensius.

3.1.1 Justificació i criteris d'aplicació dels processos de tractament mecànic a plantes TMB.

El present apartat té com a objectiu identificar i seleccionar els processos més adients per al triatge de la fracció RESTA.

Per criteris de reducció de la inversió, les plantes de triatge tradicionals han optat fins ara per una sèrie de processos de triatge basats en la selecció manual amb un grau d'automatització mínim (principalment metalls).

Un cop en funcionament, les despeses d'operació passen a tenir un pes molt important, i donat els baixos rendiments de la selecció manual, el cost del personal de triatge no compensa l'ingrés per als materials recuperats, pel que a la pràctica aquestes plantes acaben sent operades amb el personal de selecció imprescindible, amb un grau de recuperació de materials molt baix i amb una quantitat de rebuig sortint de la planta molt elevada.

Alguns dels objectius bàsics que es poden assolir són els següents:

- o Minimitzar en la mesura del possible el triatge manual, assegurant que les àrees de selecció manual disposin d'unes condicions segures i higiene del personal adequades.
- o Separar adequadament la matèria orgànica continguda als residus, de cara al seu tractament biològic posterior.
- o Incrementar significativament el percentatge de recuperació dels materials presents als residus respecte a les plantes de triatge tradicional mitjançant equips de separació automàtica.
- o Com a conseqüència dels dos punts anteriors, disminuir el rebuig sortint de planta.

Per tal d'assolir els objectius anteriors, es poden establir uns criteris bàsics de disseny que a continuació es desglossen amb més detall.

A) Nombre i capacitat de les línies.

El nombre i la capacitat de les línies a instal·lar dependrà, entre d'altres, d'una sèrie de factors que a continuació s'enumeren:

- o Estacionalitat en la generació de residus.
- o Règim d'operació de la planta.
- o Limitacions de capacitat d'alguns dels equips, entre ells, per exemple, els equips obrebosses i els separadors òptics.

- o Rendiments de separació de materials, superiors quan la vena de residus és menor (és a dir, a menor quantitat horària d'entrada sempre i quan els equips estiguin suficientment sobredimensionats).

B) Separació de voluminosos.

Una alternativa al triatge manual passa per la implantació d'un trómel de voluminosos, amb una malla suficient per permetre separar les bosses (enfonsat) dels voluminosos. En general, el pas de malla es troba al voltant dels 300-350 mm per permetre recollir totes les bosses amb residus valoritzables i matèria orgànica.

És recomanable que el trómel de voluminosos disposi igualment d'un punt de control anterior a ell, ja que la classificació per mida no evita el pas juntament amb el corrent de bosses d'elements indesitjables per als processos posteriors.

Per altra banda, el corrent de voluminosos sortint del trómel pot arrossegat cartrons o plàstics de grans dimensions, pel que pot ser recomanable una segona tria per a la seva recuperació.

C) Grau d'obertura de bosses.

Un dels aspectes més importants a l'hora de dissenyar una instal·lació de triatge mecànic, és el d'assolir un grau d'obertura elevat de les bosses de residus, per així poder recuperar al màxim els materials continguts al seu interior.

Les alternatives per a obrir les bosses de residus són dues:

- o Trómel amb pinxos trenca bosses. És una solució robusta i fiable, però té una limitació en el rendiment d'obertura, que difícilment supera el 85%.
- o Equip obre bosses. El grau d'obertura de bosses és elevat, entorn al 95% si bé cal considerar un important manteniment degut al desgast.



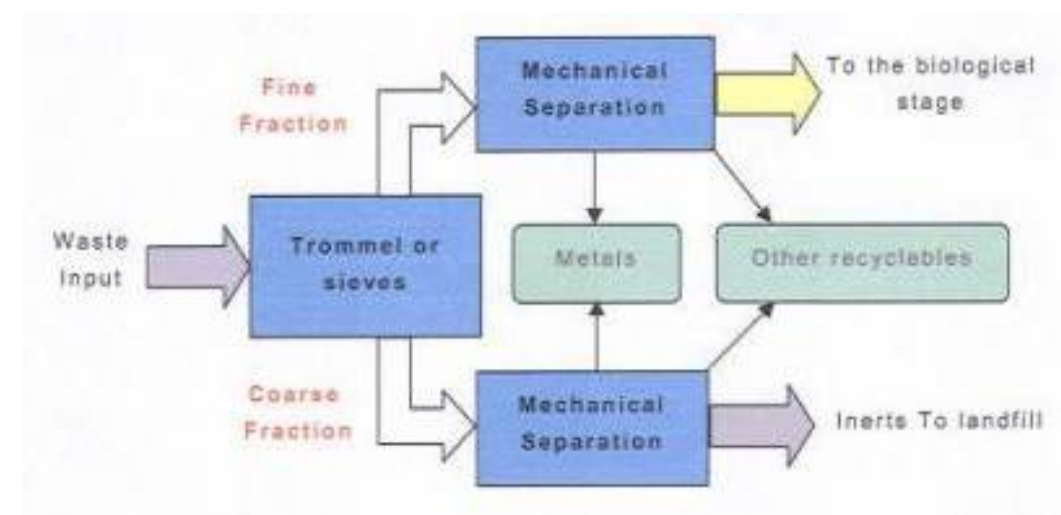
Equip obre bosses

D) Preparar i condicionar els residus per al procés biològic posterior. Separació de la part orgànica.

La separació mecànica per a preparar i condicionar els residus per al procés biològic posterior és una etapa crítica per a garantir el funcionament del procés.

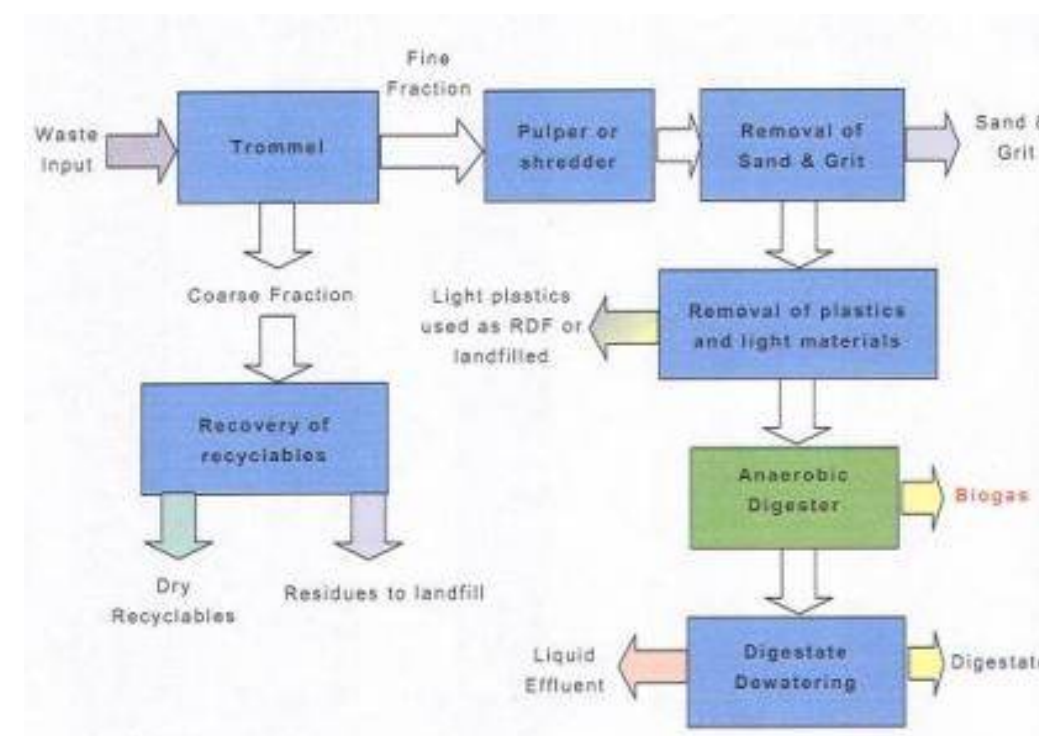
Els diferents processos TMB de digestió i/o per a la producció final d'un bioestabilitzat es poden dividir bàsicament en tres tipus de pretractaments mecànics amb el objectiu de maximitzar la separació i el contingut de la matèria orgànica al procés biològic:

1. Separar el residu entrant en una fracció gruixuda i una fracció fina que conté la major part de la fracció orgànica. Aquesta separació es realitza normalment en un trómel. Posteriorment, es realitza habitualment una recuperació i extracció posterior de materials en ambdues corrents. Aquest és el cas de les tecnologies basades, per exemple, en digestió seca o en estabilització aeròbia.



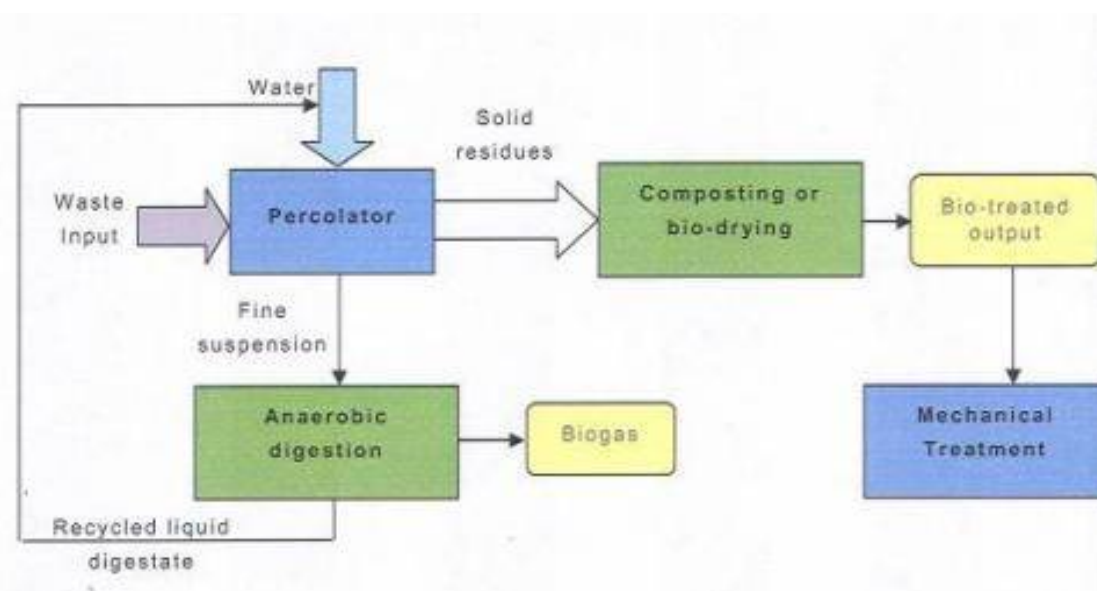
Esquema de principi de separació (seca) per fraccions

2. Separar les diferents fraccions de residus a partir de la diferent densitat i flotabilitat dels components en aigua (separació densimètrica). Aquest es el cas de les tecnologies basades en digestió humida.



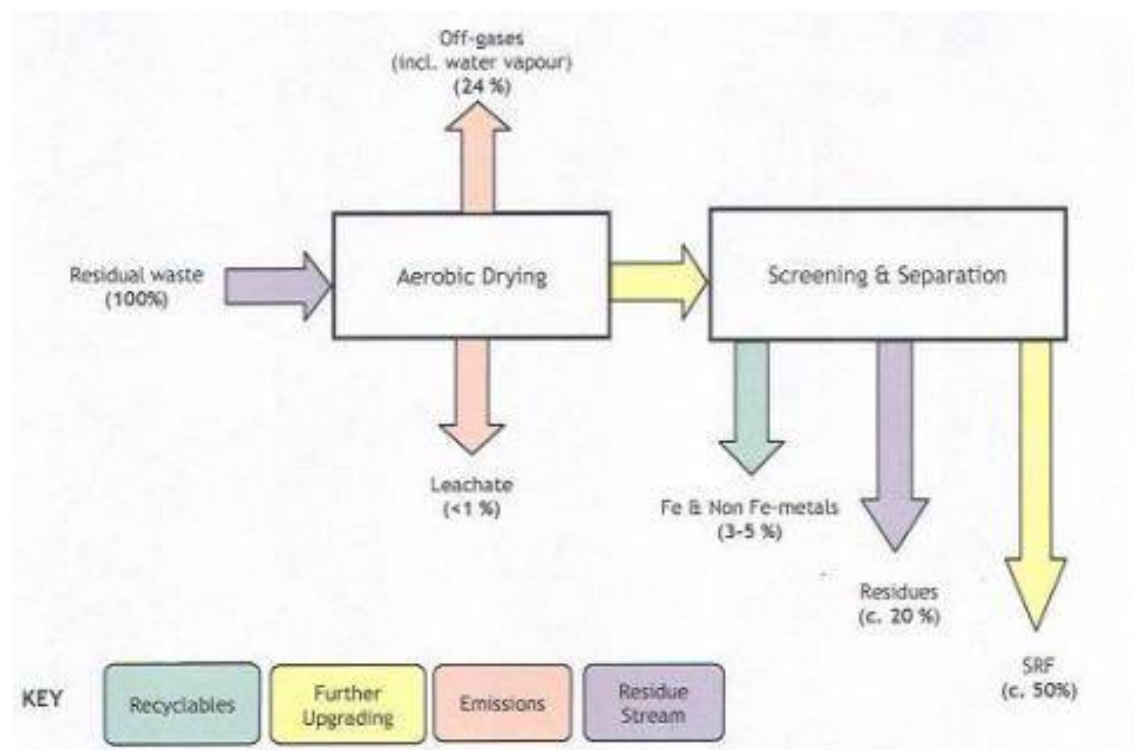
Esquema de principi de separació amb digestió humida

3. Utilitzar aigua per a "rentar" la fracció orgànica més biodegradable del residu ("percolar"). Aquest es el cas de les tecnologies basades en percolació i digestió anaeròbia del percolat.



Esquema de principi de percolació amb digestió

En el cas del processos TMB d'assecat biològic aerobi o bioassecat per a la producció d'un CDR o bioestabilitzat segons els casos, el pretractament mecànic es basa en una trituració del residu d'entrada a una grandària inferior a 200-300 mm, segons la tecnologia, per enviar-se posteriorment a l'assecat biològic aerobi.



Esquema de principi del'assecat biològic aerobi

E) Classificació per mida: Trómel.



Trómel de separació

Algunes consideracions per seleccionar el pas de malla del trómel són les següents:

- Limitació de mida del material al procés de tractament biològic d'aquesta fracció.

En el cas d'una digestió anaeròbia, les principals tecnologies demanen malles no superiors als 70 mm, i alguns d'ells passen per una etapa de trituració prèvia a entrada a digestió a mides de 40 mm.

En el cas d'estabilització aeròbia, l'òptim es podria trobar en una malla al voltant de 80-100 mm, i a mesura que disminueix la malla el percentatge arrossegat a la fracció no garbellada va augmentant. En principi, amb malles superiors a 70-80 mm, una part dels materials valoritzables (brics petits, fèrrics i alumini) es trobaria a la corrent orgànica.

En el cas d'una percolació la malla és de 90–150 mm segons la tecnologia.

- o Grau de contaminants de la matèria orgànica seleccionada. A mesura que la malla augmenta, la quantitat de contaminants al residu orgànic seleccionat augmenta. Els més problemàtics són el vidre (difícil de separar amb processos mecànics via seca) i els metalls (fàcilment separables amb equips automàtics).
- o Contingut de matèria orgànica a la fracció no garbellada. L'òptim es trobaria en una malla al voltant de 100 mm, i a mesura que es disminueix la malla el percentatge d'orgànica arrossegat a la fracció no garbellada va augmentant.
- o Lligat a l'anterior caldria tenir en compte el destí del residu no separat (rebuig de planta). En el cas de que el rebuig vagi destinat a valorització energètica minimitza el problema de la quantitat d'orgànics continguts en ell.
- o En el cas d'un trómel amb dos passos de malla, el primer permet separar els materials més fins (p.e. a 40 mm) i el segon de malla p.e. a 80 mm permet obtenir separar la major part de la fracció orgànica. Com a inconvenient d'aquesta opció és el possible arrossegament d'una part de la fracció orgànica amb la malla de fins, a més de la possibilitat d'obturacions als forats al passar tot el residu per una malla tan petita.

F) Separació d'inerts. Via seca.

La fracció fina, amb la major part del contingut de matèria orgànica, procedent del trómel pot contenir un percentatge molt elevat d'impropis (en base humida), dels quals fins al voltant del 50% poden ser elements altament abrasius (com vidre i restes de materials ceràmics).

Entre els possibles equips de separació d'inerts via seca destacaríem:

- o Separació balística / densimètrica
- o Garbells d'estrella.
- o Pas de malla de fins a trómel.

Una dificultat de la separació per granulometria és que els inerts s'acumulen a la fracció de menor grandària amb la matèria orgànica el que pot provocar problemes per acumulació d'inerts als digestors.

Una dificultat en la separació balística és que el comportament balístic de la major part dels inerts és similar a la de, per exemple, patates, taronges... pel que pot generar una important pèrdua de matèria orgànica.

Les tecnologies de digestió seca poden admetre graus d'inerts superiors a les tecnologies humides, tot i que és d'esperar un elevat desgast en els equips de trituració, bombeig i transport de sòlids, el que implicaria uns costos de manteniment elevats.

En el cas d'estabilització aeròbia, la problemàtica del vidre i els materials ceràmics continguts en la fracció a compostar no suposa un problema important de cara al desgast dels equips, i poden ser fàcilment separables a l'etapa final de refí.

G) Pretractament de la fracció orgànica. Via humida.

Als processos amb digestió humida, el pretractament humit comença amb un equip barrejador/homogeneïtzador denominat pulper a on es prepara una suspensió de la fracció orgànica procedent d'enfonsats de trómel, amb una grandària inferior als 70 mm, mitjançant un barrejat enèrgic amb aigua de procés recirculada des del final del procés de digestió, i continua amb un equip d'extracció per garbellat i sedimentació.

Pulpers.

Els pulpers són equips de pretractament mecànic procedents de la indústria de la fabricació de pasta de paper.

Constructivament, el pulper és un equip metàl·lic d'acer, de secció circular i alçada cilíndric/tronc-cònic, equipat amb un agitador vertical especialment dissenyat per a treballar amb la matèria orgànica procedent del residu, molt carregada d'elements impropis, no orgànics, plàstics, petites peces de metall, tetrabricks petits, piles, pedres i una certa quantitat de sorres, materials tots ells molt abrasius, efecte contra el qual s'ha de protegir principalment aquest equip.

Aquest equip treballa en seqüència (funcionament tipus "batch"), per tant, per garantir un tractament en continu del residu d'entrada s'han de combinar diverses unitats, alimentades mitjançant un sistema de distribució amb capacitat de seleccionar mitjançant seqüència programada, els pulpers de la qual ha de ser omplert en cada moment.

La barreja residu / aigua de procés ha de romandre a l'interior del pulper de l'ordre de, com a mínim, 40–45 minuts fins a la seva evacuació.

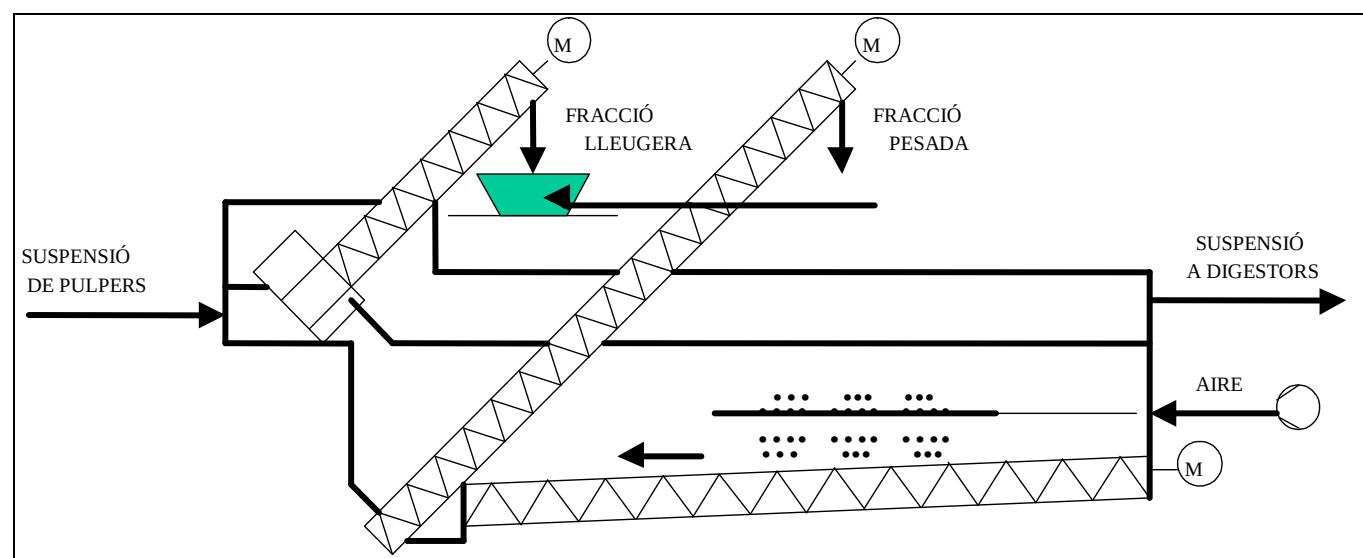
Una vegada finalitzat el procés de suspensió s'extrau la barreja i es dirigeix al sistema de separació d'impureses. El buidat dels pulpers fins el sistema de separació de impureses és per gravetat, sense necessitat de bombes, però regulant el cabal mitjançant un cargol transportador.

H) Sistema d'extracció d'impureses.

La separació de les impureses com plàstics, pedres, vidres, ossos i terres, es realitza mitjançant un sistema automàtic que inclou un garbellat humit de gruixos i una sedimentació i extracció de fins.

És molt important eliminar totes les impureses per a garantir una digestió sense problemes, moderats costos de manteniment i un producte final de qualitat.

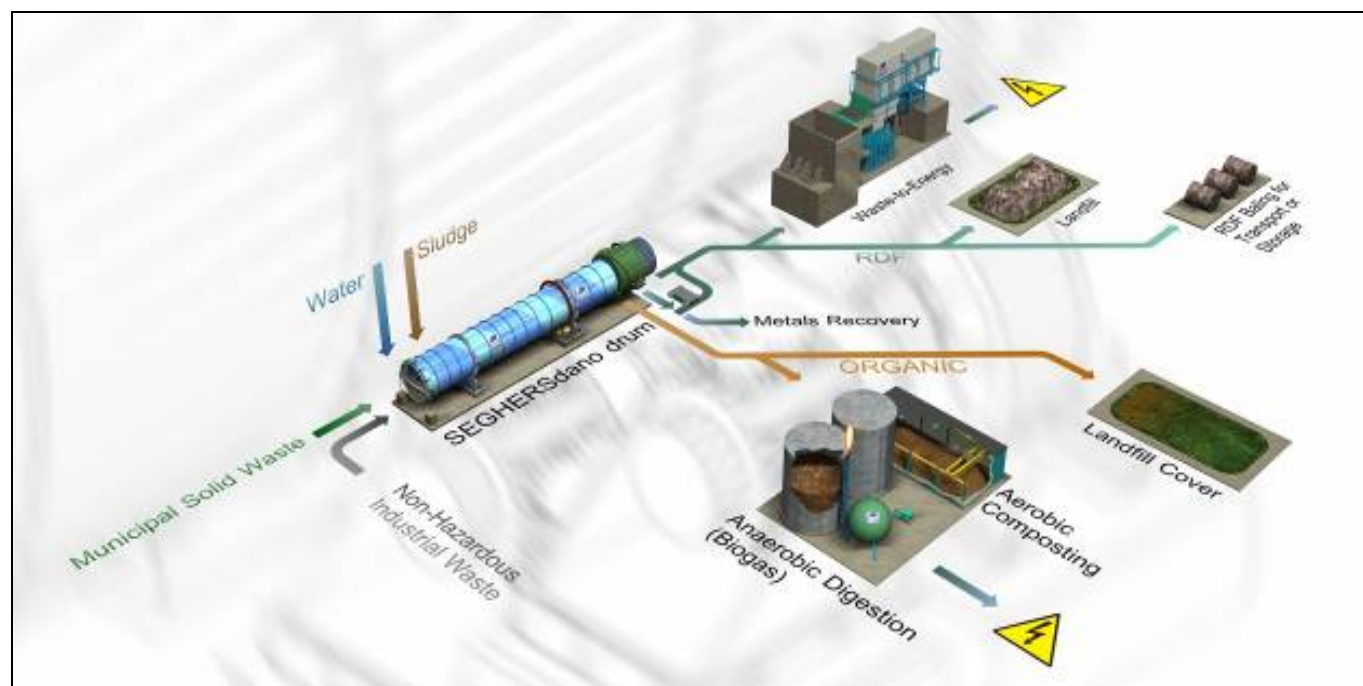
La suspensió procedent dels pulpers travessa longitudinalment un sistema d'extracció d'impureses format per un recipient d'acer inoxidable integrat habitualment per dos equips diferents: un garbell amb rastell netejador i un sedimentador. Es mostra a continuació un esquema típic del sistema.



Esquema de funcionament del rastell/trampa de sorra

I) Tambors de pretractament.

Existeixen al mercat alguns equips de pretractament i condicionament dels residus previ al seu tractament final bé sigui per a la recuperació de materials, condicionament de la fracció orgànica prèvia al seu tractament biològic o la producció d'una fracció combustible (CDR).

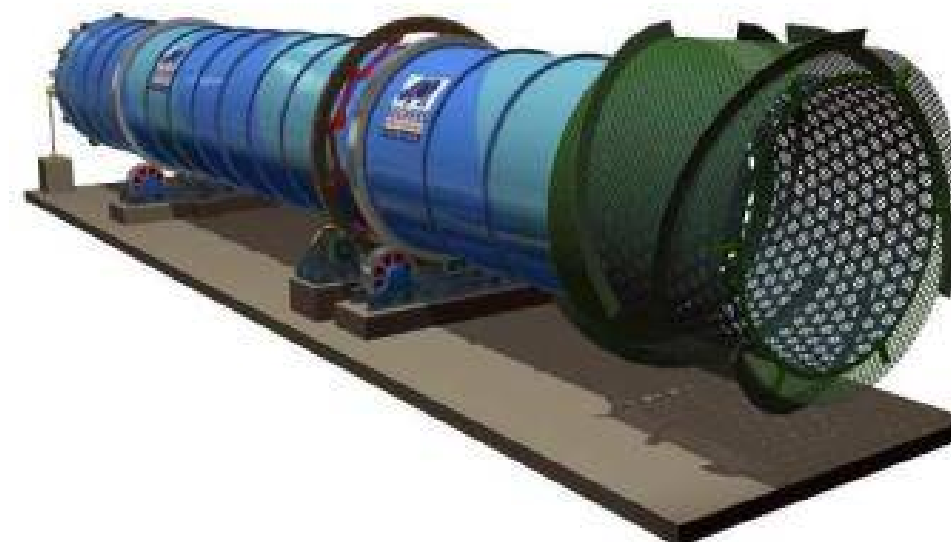


Vies de tractament i gestió de diferents residus amb tambor rotatiu

Per exemple, el tambor DANO¹ és un equip cilíndric horitzontal rotatiu² construït en acer inoxidable, que automàticament tritura, barreja, condiciona i classifica el residu (amb un trómel integrat) on es poden obtenir tres tipus de corrents:

- o Una fracció seca, que consisteix bàsicament de materials no putrescibles (paper, plàstics, etc.) amb un elevat poder calorífic.
- o Una fracció humida, de tipus orgànic que conté principalment els materials putrescibles.
- o Una fracció amb elevat contingut en metalls fèrrics i no fèrrics.

La rotació del tambor va trencant els components més tous per la col·lisió i fricció del material amb les parets del tambor i amb la mateixa barreja dels residus.



Tambor Dano Mark III de Seghers Keppel Technology

L'aplicació principal dels tambors rotatius és la de pretractament i condicionament previ al tractament biològic (digestió anaeròbia o compostatge) gràcies a la rotació del tambor que va trencant els components més tous per la col·lisió i fricció del material amb les parets del tambor i amb la mateixa barreja dels residus. Segons la humitat del residu d'entrada es pot afegir aigua (fins aprox. un 10%) per a facilitar el trencament del paper i cartró. Amb això s'obté una fracció orgànica, homogènia (inferior a 80 mm) amb un contingut d'humitat entre un 55-60% que accelera el inici del procés biològic posterior.

¹ De l'empresa Seghers Keppel Technology.

² Cada tambor Dano Mark III té una longitud de 24 metres i diàmetre interior de 3,8 metres. La capacitat de l'equip és de 20 t/h en operació contínua.

- o Digestió anaeròbia.

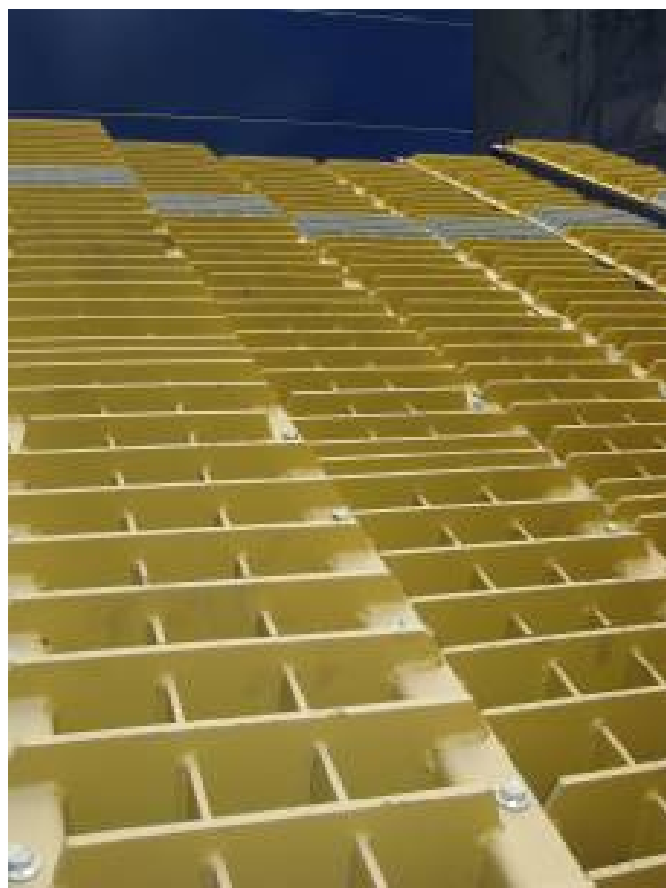
La presència de paper a la fracció orgànica pot millorar el procés de digestió anaeròbia i augmentar la producció de biogàs així com reduir el consum relatiu de floculants.

- o Bioestabilització.

La reducció selectiva de la grandària dels materials putrescibles/compostables minimitza la contaminació de la fracció orgànica a tractar aeròbicament. La presència de paper (font de carboni) a la fracció orgànica equilibra el rati Carboni/Nitrogen.

J) Classificació dels materials valoritzables.

El principal sistema aplicat per la classificació de materials és mitjançant la separació per forma mitjançant els sistemes anomenats balístics.



Elements mòbils separador balístic

El procés consisteix en una separació prèvia de la part orgànica en un trómel, i la posterior separació de la resta no orgànica en una taula inclinada, que dividirà el flux en dues corrents:

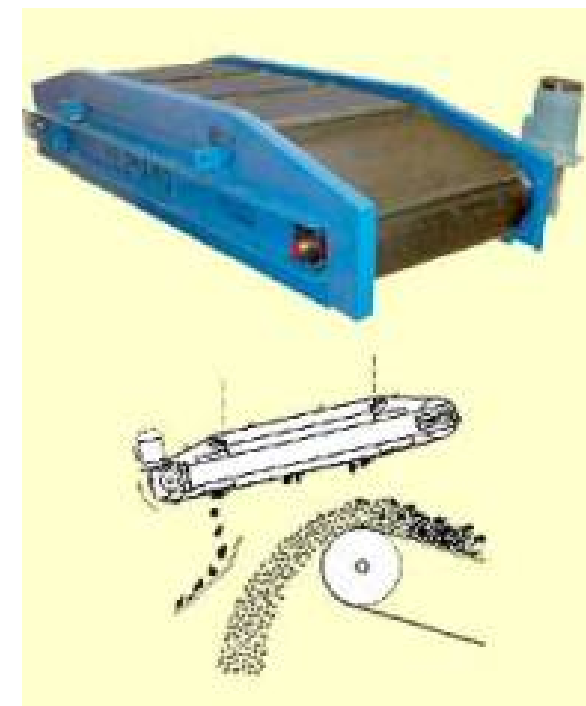
- o Elements rodants/pesants, és a dir, envasos plàstics, metàl·lics, tetra-brics, així com el vidre no garbellat al trómel.
- o Elements plans/lleugers, principalment paper cartró, tèxtils, cel·lulosa i plàstic film de les bosses (PEBD) i embalatges varis.

La base del separador també pot tenir unes perforacions de diferent pas de malla (p.e. 80 mm) per la que cau part de la matèria orgànica adherida als inerts durant el tractament al propi separador i pel moviment d'aquest.

K) Recuperació dels materials valoritzables.

Els sistemes de selecció automàtica específics per a cada material o fracció es poden dividir en:

- o Per als metalls fèrrics, separadors magnètics tipus overband.



Separador magnètic tipus overband

- o Per als metalls no fèrrics (llaunes alumini i bricks), separadors per corrents de Foucault.



Separador de corrents de Foucault

- o Per al plàstic film (PEBD), sistemes de captació amb aspiració automàtica.
- o Per als envasos plàstics (PEAD, PET, i mescla), equips de separació automàtica per infraroig.
- o Per a la mescla de paper-cartró, equips de separació automàtica per infraroig.



Equip òptic de separació automàtica

El funcionament dels sistemes òptics de separació automàtica es basa en:

- o Una acceleració prèvia de la fracció a classificar (per esponjar el material), mitjançant una cinta.
- o La detecció de l'envàs a separar mitjançant un escanejat de l'espectre infraroig.
- o La expulsió de l'envàs identificat mitjançant un feix d'aire a pressió.

Aquests equips estan suficientment provats com per assegurar una selectivitat adequada dels diferents materials.

Els rendiments de separació de materials dependran de la composició del residu d'entrada (quantitat real de cada tipus de material seleccionat) i de l'eficiència dels equips de separació.

L) Post refinament de les sortides dels processos TMB.

La etapa de refinament pot tenir els següents objectius:

- o extreure els contaminants (p.e. vidre, plàstics, etc.).

- condicionar la sortida segons el seu ús i/o destí final (p.e. reducció grandària de partícula, premsat, embalat, pel·letitzat o briquetat): a dipòsit controlat, valorització energètica, o esmena orgànica per diferents aplicacions.

Els diferents equips mecànics de post refinament poden ser els següents:

FUNCIÓ	EQUIP HABITUAL
Extreure contaminants gruixuts	Trómel o taula densimètrica
Extreure plàstics lleugers	Separador d'aire
Reduir la contaminació de metalls pesants	Garbellat
Separació i classificació per mides del material orgànica amb elevat contingut d'humitat	Garbell d'estrella

Equipament per al post refinament d'esmena orgànica

FUNCIÓ	EQUIP HABITUAL
Extreure contaminants gruixuts com vidre, inerts i bateries	Separador d'aire
Extreure restes de metalls fèrrics i no fèrrics	Separador magnètic i de corrents induïdes
Reduir la grandària	Triturador
Millorar la facilitat i seguretat del maneig, transport i alimentació	Paletitzadora

Equipament per al post refinament de CDR (a processos de bioassecat)

El pas de malla del trómel es triarà en funció de la sortida que es vulgui donar al material estabilitzat, típicament es trobarà entre 10 i 25 mm. A la sortida del trómel s'obtindran dues corrents:

- El material de mida superior a la malla del trómel conté gran part del material estructural, principalment rebuig.
- L'enfonsat del trómel es recull mitjançant cinta i s'alimenta a una taula densimètrica, que disposa d'un alimentador vibrant previ per esponjar el material i millorar així el rendiment de la taula.

M) Premsat.

Pels fluxos de sortida, segons les característiques dels materials poden existir diferents tipus de premses:

- Premsa per a subproductes: PEAD, brick, paper i cartró i plàstic mix, PET (aquest material després de ser separat, es passa a través d'un punxa ampelles).



Prensa de bales

- Premsa per plàstic film. La densitat de les bales es pot situar al voltant de 250-350 kg/m³.
- Premsa per metalls fèrrics. La densitat dels paquets o bales es pot situar al voltant de 1.300-1.600 kg/m³.
- Premsa per metalls no fèrrics. La densitat de les bales o compactat es pot situar al voltant de 500-600 kg/m³.
- Premsa per rebuig de pretractament i equip d'enfardat amb plàstic film. La funció principal d'aquest equip és la d'obtenir bales de rebuig. Les bales poden ser cilíndriques o cúbiques. La densitat de les bales es pot situar al voltant de 800-850 kg/m³.

3.2 Tractaments biològics.

La selecció del tractament biològic per al tractament de RESTA ha de ser orientada principalment considerant quina és la destinació o aplicació prevista per al material obtingut.

3.2.1 Tecnologies de digestió anaeròbia.

Cal posar de manifest d'entrada que l'aplicació de tecnologies de digestió anaeròbia per la metanització de matèria orgànica separada per mitjans mecànics, a partir de recollida mesclada, ha portat experiències negatives. Aquestes són fonamentalment derivades de l'elevada presència de materials impropis que són difícilment separables, i que provoquen problemes mecànics i d'abració dels elements de transport, així com sedimentacions en els propis digestors. Això acaba afectant de forma important a la disponibilitat de les instal·lacions, així com als costos de la gestió.

Els sistemes de preparació de la matèria orgànica per la digestió han evolucionat de forma que en part aquestes problemàtiques poden ser resoltes, si bé d'altra banda és habitual que com més intensiu és el pretractament, més quantitat de matèria orgànica es perd amb els fluxos de rebuig de la instal·lació.

El present apartat recull una selecció de les principals tecnologies. L'anàlisi inclou els següents punts:

- o Anàlisi de paràmetres tècnics. Definicions i criteris bàsics com:
 - Pretractaments previs de les fraccions orgàniques.
 - Contingut de sòlids en la suspensió (digestió en via humida o digestió en via seca).
 - Etapes de digestió (digestió en una o dues etapes).
 - Temperatures de treball (règim mesòfil o termòfil).
 - Temps de residència.
 - Mida de partícula.
 - Sistemes d'agitació i escalfament de la suspensió.
 - Sistemes de deshidratació.
 - Codigestió.
 - Digestions amb sistemes de percolació.

A) Adequació de la fracció orgànica.

En el cas d'una digestió anaeròbia les principals tecnologies de digestió anaeròbia (via seca) demanen una limitació per mida amb malles no superiors als 70 mm, i algunes tecnologies passen per una etapa de trituració prèvia a entrada a digestió a mides de 40 mm.

En cas que no es realitzi cap separació prèvia en sec a l'etapa de triatge, es poden produir desgasts elevats als equips de mescla, agitació i transport i possibles sedimentacions als fons dels digestors.

Pel que respecta a processos d'adequació d'aquesta fracció orgànica, en general, les tecnologies de digestió anaeròbia (via humida) passen per una o varies etapes de separació prèvia específica d'inerts, amb l'objectiu d'enviar als digestors una suspensió el més lliure d'impureses possible.

Els processos de separació combinen sistemes de flotació per recuperar els materials lleugers (plàstics, tèxtil, paper no dissolt, etc.) amb sistemes de sedimentació per recuperar els materials pesats (vidre, ceràmics, terres, etc.).

El bon dimensionat i l'efectivitat d'aquests sistemes són claus de cara a aconseguir un procés biològic posterior sense problemes de sedimentacions als digestors ni d'obturacions per flotació a les parts superiors dels digestors.

En el cas de processos de percolació, es requereix una classificació per mida (trómel) amb un pas de malla de 90-150 mm segons la tecnologia. El percolat (lixiviats del procés de rentat dels residus), com a pas previ a l'etapa de digestió, es tracta per a eliminar els minerals pesats i inerts (sorra, gravilles, vidre, etc.) i les fibres es separen mitjançant sedimentació i flotació.

B) Temperatura de treball de la digestió anaeròbia.

La temperatura a la qual es desenvolupa el procés anaerobi afecta a la activitat dels microorganismes, a l'energia neta del procés de conversió biològic i, en menor mesura, a les constats d'equilibri físic-químic en el medi.

Els processos de digestió anaeròbica poden classificar-se en dos grups diferenciats depenent de la temperatura òptima de creixement dels microorganismes:

CLASSIFICACIÓ	TEMPERATURA ÒPTIMA
Mesofílics	35 – 40 °C
Termofílics	> 55 °C

No existeix un consens generalitzat sobre si un augment de la temperatura d'operació amb el consegüent increment de l'activitat biològica, compensa el major cost que suposa aconseguir i mantenir aquestes condicions.

C) Digestió via seca o via humida.

Atenent al contingut en sòlids en el procés de digestió, les tecnologies es classifiquen en dos grans grups: digestió anaeròbia via humida i digestió anaeròbia via seca. Al primer cas, el contingut en matèria seca del residu està per sota del 20%, generalment entre el 3-15%, i en el segon, el contingut està entre el 20 i el 40%.

Com avantatges dels processos de digestió secs en front dels humits, es podrien citar els següents:

- o Major sequedat del sòlid digerit al procés de deshidratació.
- o Reducció dels equipaments de preparació de la matèria abans de la digestió, així com als equipaments de tràfec de suspensió i d'aigua. Normalment, menor generació d'aigües residuals del procés (però amb major càrrega contaminant).

- o Menor volum del digestor per existir menor quantitat d'aigua per dissolució a la corrent d'entrada al mateix.
- o Menors necessitats d'escalfament del digestor al ser de menor volum.
- o En general, menors costos d'inversió i d'operació.

Com a desavantatges dels processos de digestió secs en front dels humits, es podrien citar les següents:

- o Major desgast mecànic als sistemes de transport mecànic del sòlid a digerir, donada la major concentració de sòlids present.
- o Menor flexibilitat en quant a admetre residus amb alt contingut en humitat: purins, fangs d'EDAR, etc.
- o Major concentració de DQO i DBO5 en l'aigua restant del procés requerint, per tant, un sistema de depuració de les aigües residuals més exigent.
- o Major concentració de sòlids en suspensió a la corrent líquida a la sortida del sistema de deshidratació, tenint en compte sistemes de deshidratació i consums de polielectrolit per quilo de substància seca equivalents. Això obliga a augmentar la inversió en el sistema de deshidratació per reduir aquesta concentració de sòlids i que la planta depuradora d'aigua residual funcioni correctament.
- o Si l'agitació del material a l'interior del digestor no es realitza correctament, existeix la possibilitat de formació de pressions diferencials a l'interior del digestor per acumulació del biogàs, el que obliga a implementar sistemes d'agitació especialment eficaços.
- o Menor homogeneïtat en la suspensió a l'interior del digestor.
- o Majors requeriments mecànics a les bombes de tràfec de sòlids.

Ambdues tecnologies via seca i humida disposen de referències en el tractament de la matèria orgànica dels residus municipals, tant si es tracta de FORM com de MOR.

D) Co-digestió.

En ocasions es poden afegir fangs d'EDAR, purins de porc i altres residus, juntament amb els residus municipals.

La co-digestió s'aplica menys de l'esperable. El més comú és que un co-substrat sòlid orgànic sigui afegit a digestors de purí en petites quantitats, sovint aquests co-substrats són fangs de procedència industrials potencialment productors de gran quantitat de biogàs (greixos, olis, etc.), i excepcionalment s'afegeixen residus municipals o de mercats.

L'addició de purí o fangs d'EDAR a plantes de digestió de residus municipals és també molt limitada.

La inversió addicional per tancs de recepció o bombes no resulta molt significativa, però per altre banda, es produeix un excés d'aigua residual a tractar que pot influir de forma significativa en la inversió.

Un cas particular a considerar és el de les digestions seques que poden presentar problemes en quant a l'acceptació d'aquest tipus de residus orgànics per l'alt contingut en humitat dels mateixos.

E) Grandària de partícula requerida a l'entrada del digestor.

Una reducció de la grandària de partícula afecta al procés de digestió de dos maneres.

Primerament, en el cas de substrats amb un alt contingut en fibres i baixa degradabilitat, la trituració provoca un augment en la producció de biogàs.

El segon efecte de la reducció de la grandària de partícula, particularment per substrats poc degradables, és el de la reducció del temps de digestió. Això facilita la digestió de barreges més heterogènies i possibilita reduir el volum del digestor sense disminuir la producció de biogàs. Les tecnologies humides incorporen sistemes d'extracció de contaminants, generalment aprofitant les diverses densitats dels contaminants (flotació).

Una vegada extrets aquests contaminants, algunes d'aquestes tecnologies humides incorporen una disgregació en les mateixes canonades d'impuls al digestor mitjançant molins trituradors, el que permet arribar a una menor grandària de partícula.

La grandària de partícula requerida per a tots els sistemes de digestió es troba aproximadament entre 40 i 80 mm a l'entrada al sistema de digestió. Els requeriments dels sistemes secs són una mica més grans i, normalment, es requereix una grandària per sota dels 60 mm.

F) Escalfament del sistema de digestió.

Existeixen diversos mètodes per l'escalfament del digestor, cadascú amb avantatges i inconvenients. Els principals són:

- o Preescalfar el material a digerir en un intercanviador extern amb aigua calenta.
- o Circulació d'aigua calent per el interior de serpentins situats a dins del digestor.
- o Escalfament per mitjà de vapor.

G) Digestor horitzontal o vertical.

Els digestors verticals permeten una descàrrega per gravetat i, a priori, tenen uns requeriments de superfície inferiors als digestors horitzontals.

Els digestors horitzontals, per la seva accessibilitat, són relativament simples per buidar i netejar tot i que es pot produir una major acumulació de les impureses presents als residus al llarg de tota la longitud del digestor, el que pot dificultar l'extracció de les mateixes. Els digestors horitzontals poden tenir menys impacte visual.

H) Agitació del digestor.

El sistema d'agitació és un dels punts més importants en el disseny d'un reactor anaerobi. Els objectius del sistema d'agitació són:

- o Obtenir una homogeneïtat física, química i biològica a dins del digestor.
- o Permetre el contacte entre la biomassa activa i la alimentació de material fresc.
- o Distribuir la matèria orgànica i les possibles substàncies inhibidores al contingut del digestor.
- o Aprofitar el volum del digestor amb efectivitat.
- o Prevenir l'estratificació i la formació de gradients de temperatura.
- o Minimitzar la formació d'una capa d'espumes i la deposició dels sòlids.

Els tres tipus de sistemes d'agitació que s'empren majoritàriament són la injecció del propi biogàs que es genera, l'agitació mecànica i el bombeig de recirculació amb injecció a través de difusors.

En línies generals, com més gran és la presència d'impropis a la matèria orgànica amb el digestor, més important resulta la recirculació de material per a evitar acumulacions de materials a l'interior del digestor.

I) Sistema de deshidratació del material digerit.

El material digerit pot ser deshidratat mitjançant diversos sistemes de separació sòlid-líquid fins un grau mig de sequedat del 30-35% Matèria Seca a sistemes humits i a més del 50% Matèria Seca a sistemes secs depenent del sistema empleat i del producte a deshidratar.

Entre aquests sistemes destaquen la deshidratació per premsat (premsa cargol i filtre premsa) i la centrifugació.

Habitualment, a les tecnologies de digestió seca s'empra la deshidratació per premsat (premsa cargol generalment) amb una centrifuga i/o un filtre banda posterior, mentre que en les tecnologies humides se sol emprar la centrifugació com sistema de deshidratació (en ambdós casos amb l'addició de floculant). En ocasions, s'empra una combinació de diversos sistemes de separació.

La centrifugació té un consum elèctric sensiblement superior al de la premsa de cargol. No obstant això, el grau de recuperació de sòlids en suspensió de la centrifugació és superior al de la premsa cargol. Això és un factor important ja que un major contingut en sòlids en suspensió en el filtrat pot dificultar la posterior depuració de les aigües residuals excedentàries.

	FRACCIÓ SÒLIDA	FRACCIÓ LÍQUIDA	CONSUM D'ENERGIA (kWh/m ³)
	Sòlids Totals (%)	Sòlids en Suspensió (%)	
Premsa cargol	30 – 50	1.0 – 3.6	1.6 – 2.1
Centrífuga	25 – 30	0.1 – 0.4 (aprox. 0.1 ^(*))	2.8 – 4.0

(*) Amb floculant.

Per aconseguir menys presència de sòlids a l'aigua de sortida de les premses de cargol als processos secs s'implanten centrifugues o filtres de bandes darrera les premses de cargol, el que iguala ambdós sistemes en qualitat però incrementa la inversió als sistemes secs.

J) Sistemes de digestió anaeròbia en túnels.

En els darrers anys s'han desenvolupat algunes tecnologies de digestió anaeròbia en les que el reactor és un túnel, amb similitud als túnels de compostatge.

El procés funciona en batch, a diferència dels sistemes tradicionals explicats anteriorment que treballen en continu.

La massa s'introdueix fins a omplir el túnel de metanització, el qual queda tancat de forma hermètica mitjançant un sistema de portes de seguretat.

Un cop tancat, s'inicia el procés de digestió, en el qual no hi ha aport d'oxígen al túnel. El lixiviat que es genera es recircula mitjançant un dipòsit regulador, i es realitza la injecció del mateix biogàs que és generat.

Finalitzat el procés, el material és extret del túnel i s'inicia un nou cicle.

Segons les dades disponibles, els rendiments de generació de biogàs amb aquest sistema són relativament inferiors a altres tradicionals, si bé el gran avantatge és la seva simplicitat i el fet que aconsegueix limitar en gran mesura la sensibilitat a presència de materials impropis donat que aquests són manipulats i extrets amb mitjans mecànics (pala carregadora), i el reactor és buidat totalment a cada cicle.

K) Limitacions de la digestió de MOR.

En el cas de la digestió anaeròbia per al tractament de la fracció orgànica separada de les fraccions RESTA o RM (MOR), l'eliminació d'impropis presents encara no s'ha solucionat amb total satisfacció donat que resulta molt complicat extreure elements com el vidre i les terres d'una fracció amb un alt contingut d'humitat.

La problemàtica de la digestió de MOR es pot resumir en els següents punts:

- o La disminució del volum actiu de reacció i càrrega orgànica associada a la presència de sòlids no biodegradables pesants i lleugers i acumulació d'inerts dintre del digestor.
- o Problemes de mecànica de fluids no resolts, barreja dolenta i estratificació del digestor, formació de crostes a la part superior del digestor i sedimentació a la part inferior (zones mortes). El domini de paràmetres com la viscositat i el temps de residència dintre del digestor són fonamentals per evitar la formació de crostes i sedimentacions dintre del digestor.
- o Problemes mecànics, en general, així com dificultats en l'extracció del digest, embussos a la sortida del digestor i a la línia de deshidratació, problemes de manteniment per desgast dels equips.

La separació mecànica dels residus pot requerir una molt bona i dràstica selecció per a evitar col·lapses a la unitat de digestió i altres problemes als equips previs. Una selecció en planta per a assegurar l'absència de problemes disminueix notablement els rendiments de producció de biogàs previstos a partir del contingut de matèria orgànica dels RM d'entrada, ja que part d'ella s'anirà amb el rebuig. Aquest fet pot comprometre la seva disposició en dipòsits controlats.

3.2.2 Tecnologies de compostatge / estabilització aeròbia / "bioassecat".

En aquest capítol es descriuen els principals sistemes de compostatge o estabilització aeròbia i assecat biològic aerobi o bioassecat analitzats.

Els processos de compostatge que poden ser aplicats a estabilització de MOR provenint de F. Resta, que s'analitzen al present apartat són:

- o Piles voltejades o amb ventilació.
- o Sitges amb ventilació.
- o Túnel.
- o Naus tancades amb volteig automàtic.
- o Trinxeres / sitges.

Alguns d'aquests sistemes poden ser implantats en edificis amb o sense confinament. La decisió sobre el confinament dependrà de les condicions de contorn del projecte, des de la seva ubicació i proximitat a nuclis habitats, com la seva escala, la tipologia de matèria orgànica a tractar, l'assegurament de les condicions aeròbies durant tot el procés, entre altres.

Als sistemes tancats, és possible tractar les olors produïdes per una eventual descomposició anaeròbia de la mateixa forma que es millora el control de procés.

Els processos en túnels o sitges són processos modulars que permeten ampliar la capacitat de tractament, afegint les unitats de tractament necessàries.

A) Compostatge en piles.

La tecnologia per a compostatge en piles és relativament simple, és el sistema més econòmic i el més utilitzat en plantes amb petites capacitats de tractament (per sota de 10.000 t/any aproximadament).

En aquest sistema, el materials s'apilen sobre paviment, sense comprimir-los en excés, sent molt important la forma i mesura de la pila.

Les mesures òptimes de les piles oscil·len entre 1,2-2 metres d'alçada, per 2-4 metres d'amplada, sent la longitud variable.

Les piles són ventilades per convecció natural, encara que poden implementar-se sistemes de ventilació forçada.



Voltejadores de piles

Si les piles són massa grans, l'oxigen no pot distribuir-se adequadament al centre, mentre que si són massa petites, no s'autoescalfaran adequadament. La grandària òptima varia en funció del tipus de material i temperatura ambient.

Una vegada constituïda la pila, la gestió principal és el volteig o barreja amb una màquina adequada (pala carregadora o voltejadora).

En cas de sistemes estàtics, caldrà assegurar la ventilació mitjançant sistemes de ventilació forçada.

La freqüència de volteig o barreja depèn del tipus de material, de la humitat i de la rapidesa amb la que desitgem realitzar el procés.

Els voltejos serveixen per homogeneïtzar la barreja i la seva temperatura, amb la finalitat d'eliminar l'excés de calor, controlar la humitat i augmentar la porositat de la pila per millorar la ventilació.

Normalment es realitzen controls, de forma manual, de temperatura, humitat i oxigen per determinar el moment òptim per efectuar el volteig.

El compostatge en piles és un procés molt versàtil i senzill. El procés aconsegueix bons resultats amb una àmplia varietat de residus orgànics i funciona satisfactòriament mentre que es mantinguin les condicions anaeròbies i el contingut d'humitat.

Habitualment es tendeix a realitzar aquest tipus de procés en naus cobertes però no tancades, per evitar que la pluja afecti al procés i s'uneixi als lixiviat i així controlar millor la humitat de la pila.

És convenient confinar la primera etapa del procés, on hi ha major risc de generació d'olors.

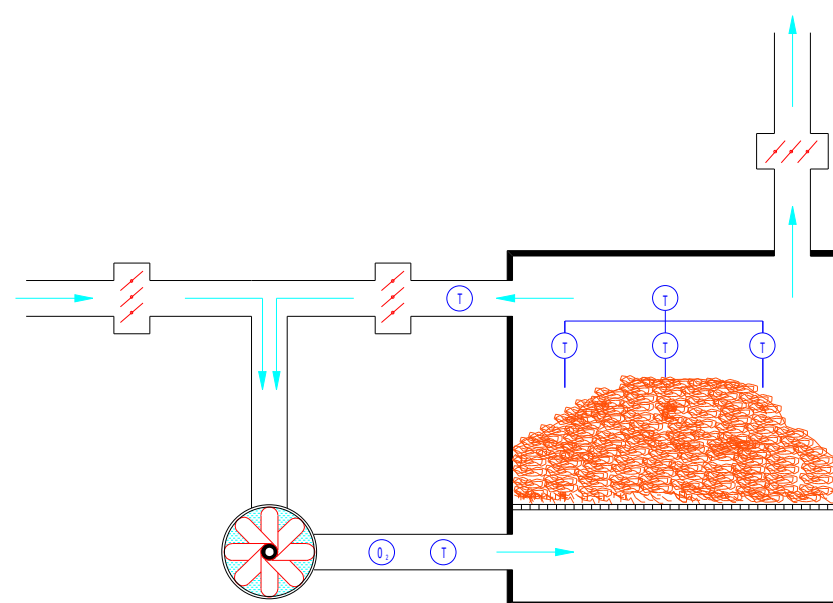
Cal atendre també als riscos per als treballadors que es troben en contacte amb els residus previ a la seva higienització.

Donada la seva simplicitat, el factor humà afecta més als resultats del mateix, tenint molta incidència en la operativitat de la instal·lació.

Es considera més adequat la seva aplicació com a complement de sistemes confinats i/o ventilats previs, sobretot a l'etapa de maduració (una vegada que el material ja està higienitzat).

B) Túnel de compostatge.

El procés de compostatge es desenvolupa en túnels, sent aquests elements unes construccions realitzades en formigó de planta rectangular i una alçada aproximada de 5 metres, a on s'introdueix el material a compostar fins una alçada màxima aproximada de 2,5 metres.



Esquema túnel compostatge

Als túnels estàtics, la càrrega i descàrrega del material es realitza habitualment mitjançant una pala carregadora. Durant el procés de compostatge és necessari extraure el material dels túnels per a procedir a remoure'l i millorar així el procés de compostatge.

Una vegada a l'interior del túnel, aquest es tanca i comença el procés d'aïreig fins aconseguir la maduresa del producte requerit. Degut a que el procés es realitza a tota la llargària del túnel, existeix una certa limitació en quant a la longitud total del mateix, degut a les pèrdues de càrrega que es produeixen. Les longituds màximes s'estableixen al voltant dels 35 metres.

Tot l'aire extret de l'aeració, així com de renovació de les naus de compostatge, es capta i tracta a un sistema de depuració d'olors.

El sistema de túnels per a petites capacitats de tractament es sol utilitzar combinat amb el de les piles a la zona de maduració.

Els principals avantatges del sistema són que el residu no està en contacte amb els treballadors, millorant així les condicions de seguretat i salut.

El sistema és modular i molt flexible i versàtil, encara que té un consum elèctric considerable.

El principal inconvenient en el cas dels túnels, així com altres sistemes estàtics és que cal disposar d'equips de barreja amb el material vegetal per assegurar una correcta homogeneïtat de la massa a compostar.

Existeixen algunes tecnologies amb túnels dinàmics, si bé presenten un consum energètic i necessitats d'inversió i manteniment superiors.



Túnels de compostatge

C) Estabilització en nau tancada amb volteig automàtic.

El procés d'estabilització té lloc en una nau tancada. La ventilació es realitza mitjançant un sistema integrat en la solera amb ajuda d'un sistema de volteig. Les plantes modernes estan totalment automatitzades i equipades amb voltejadores, les quals es mouen per mitjà de grues elevadores i poden arribar al compostatge total de l'àrea de la nau.

El procés es desenvolupa al interior d'una nau tancada a on es disposa el residu i material estructural formant un altipla amb una alçada màxima de 2 - 3 metres.

Una voltejadora muntada sobre un pont grua s'encarrega de fer avançar i voltejar el material fins transcorregut el temps de permanència previst, moment en el qual s'extrau mitjançant un sistema de cintes transportadores.

El procés de repartiment del material, moviment i avanç del material a compostar realitza habitualment amb una *rotopala* o voltejadora sobre pont-grua de manera completament automàtica, encara que pugui realitzar-se també mitjançant cargols o altres mecanismes similars.



Sistemes de volteig automàtic en nau tancada

A les primeres etapes del procés, el material a més és airejat mitjançant ventiladors que aspiren aire de la nau i el fan passar a través del material.

Tot l'aire extret del procés, així com de renovació de la nau de compostatge és captat i tractat en un sistema de depuració d'olors.

Aquest sistema va ser desenvolupat per elevades capacitats de tractament.

D) Estabilització en trinxeres / sitges

El sistema d'estabilització en trinxeres o sitges pot ser aplicat en estàtic o dinàmic, mitjançant un equipament específic de volteig.

El sistema estàtic requereix ventilació forçada per tal de garantir les condicions aeròbies durant el procés d'estabilització, si bé aquest sistema és recomanable també en el cas del sistema dinàmic.

Les sitges estàtiques han estat aplicades a diversos projectes en els darrers anys, donat que es tracta d'un sistema amb una inversió relativament baixa i amb resultats generalment satisfactoris. Al ser un sistema senzill, sense equipament mecànic associat, el manteniment és molt baix, i per tant, els costos associats a la seva operació són també baixos en relació a altres sistemes.

Les sitges estàtiques són operades generalment de la mateixa forma que els túnels de compostatge, si bé no disposen del confinament d'aquests, i en general els consums energètics són inferiors donat que no és necessari la captació dels aires del seu interior.

Poden ubicar-se dins de naus confinades, si bé és recomanable la seva ubicació en naus només cobertes amb ventilació natural, per tal d'assegurar les condicions higièniques i de seguretat dels treballadors.

La càrrega i descàrrega es fa amb medis mecànics (pala carregadora).

Un dels principals inconvenients d'aquest sistema és la dificultat de poder realitzar un reg efectiu en tota la massa, donada l'alçada important (fins a 3 m) i la seva condició estàtica. Per això, i per corregir les pèrdues de volum, és recomanable no disposar el material a la sitja un temps superior a 3 – 4 setmanes sense una extracció i volteig.



Càrrega sitja estàtica

Pel que fa al sistema de trinxeres amb volteig, la necessitat d'aeració mitjançant ventiladors és relativament menor respecte al sistema estàtic, si bé cal mantenir la ventilació forçada. El consum elèctric derivat del volteig acaba sent significativament superior.

Cada voltejadora està constituïda essencialment per un carro principal que es desplaça sobre rails situats sobre la superfície dels murs de formigó, que divideixen l'àrea d'estabilització en trinxeres per a l'acumulació del material en fermentació. Sobre aquest carro ve muntada una banda metàl·lica abatible que realitza el

fresat del cúmul des de la zona final de descàrrega fins la zona inicial de càrrega de cada trinxera. Aquesta operació permet la translació del producte fins a la sortida i l'oxigenació i barreja dels materials.

Un carro auxiliar, situat a l'inici i desplaçable en direcció perpendicular a les trinxeres, permet el desplaçament de la voltejadora d'una trinxera a una altra. A l'interior del carro va muntada una tremuja, que permet llançar el producte madur des de la voltejadora a una cinta per a la seva evacuació definitiva de la zona d'estabilització.

Les trinxeres es ventilen injectant aire a través d'unes canaletes prefabricades situades al paviment. El control del procés es realitza ajustant la quantitat d'aire subministrada a cada sector de les trinxeres.

La translació longitudinal de la voltejadora es realitza mitjançant rodes motrius col·locades sobre els murs de separació, generalment mitjançant rails.



Estabilització en trinxeres



Sistema de volteig

3.3 Tractaments d'aires.

A les plantes de tractament de residus municipals es poden generar diversos tipus de compostos donades les característiques dels residus i els processos.

COMPOST	EXEMPLE	ORIGEN PRINCIPAL	IMPACTE
Compostos Orgànics Volàtils al residu	BETX, Compostos Orgànics Halogenats i d'altres	Residus: Restes de vernissos, laques, dissolvents i productes químics	Salut humana
Compostos Orgànics Volàtils generats biològicament	Àcids orgànics, alcohols, aldehids, mercaptans	Processos biològics del TMB	Olors
Metà	CH ₄	Processos biològics del TMB	Efecte hivernacle

COMPOST	EXEMPLE	ORIGEN PRINCIPAL	IMPACTE
Amoníac	NH ₃	Processos biològics del TMB	Olor, deteriora l'eficiència del biofiltre, precursor del N ₂ O
Òxid Nitrós	N ₂ O	Biofiltre i RTO (oxidació del NH ₃)	Efecte hivernacle (server)
Àcid sulfhídric	H ₂ S	Procés biològic, principalment la metanització i les basses de lixiviats	Olor molt sever, salut humana
Pol·s	Partícules < 10 µm	Pretractament, Compostatge	Salut humana
Bioaerosols	Espores, gèrmens i proteïnes	Procés biològic	Salut humana

Els principals sistemes de depuració de l'aire utilitzats per al tractament d'emissions de significació odorífera són els següents:

- o Sistemes de rentat de gasos o scrubbers.
- o Sistemes de biofiltració.
- o Sistemes d'oxidació tèrmica regenerativa.

A continuació es descriu en cadascuna d'aquestes tecnologies.

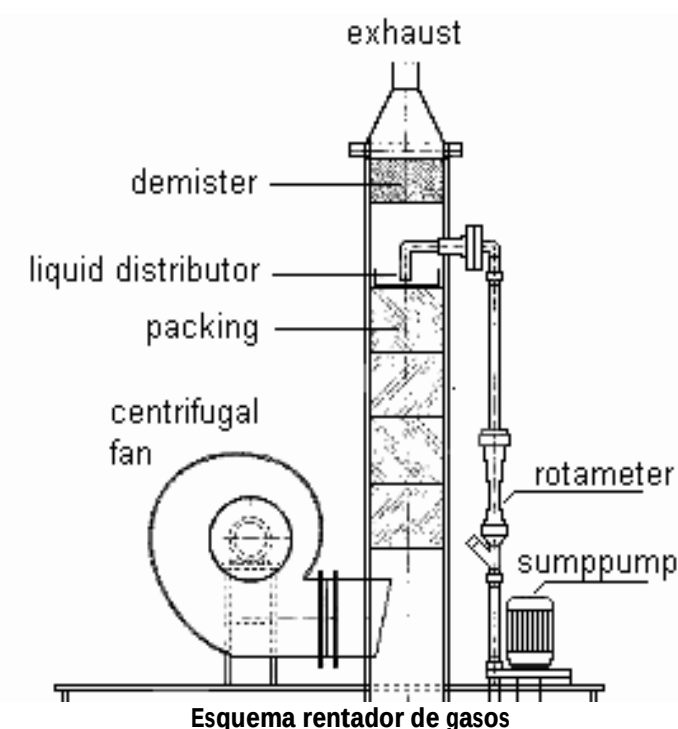
3.3.1 Sistemes d'absorció: rentat de gasos.

A) Abast de la tecnologia.

Aquesta tecnologia coneguda usualment com sistema de rentat de gasos es eficaç per a tractar emissions contaminades amb partícules i amb compostos polars com els compostos inorgànics H₂S, NH₃, amines, i d'alguns COV's com el metanol,...

B) Descripció del funcionament.

Als sistemes d'absorció a contracorrent s'introdueix per la part inferior l'aire contaminat a tractar i per la part superior de la columna la solució absorbent. Per a millorar l'eficiència del sistema s'ha d'incrementar l'àrea i el temps de contacte entre ambdós corrents, el que s'aconsegueix introduint en la columna un rebliment sintètic.



Tanmateix, existeixen rentadors de gasos de disposició horitzontal, i direcció dels fluxos de l'aire i de la solució absorbent creuada.

Les solucions absorbents utilitzades depenen dels contaminants presents en els gasos a tractar i en alguns casos és inclús necessari la realització de varies etapes de rentat per a aconseguir eliminar els contaminants.

És important indicar que el funcionament de les torres de rentat genera un efluent que haurà de ser tractat adequadament abans del seu abocament al col·lector o al clavegueram públic.

A les plantes TMB, és habitual l'existència de corrents d'aire contaminat amb una elevada càrrega d'amoníac amb la corresponent a l'aire sortint de l'etapa de compostatge. En aquests casos, és necessari el rentat àcid de l'aire a fi de reduir la concentració d'amoníac a valors admissibles (aprox. <50 ppm) per al seu tractament posterior amb biofiltració.

C) Característiques tècniques del sistema.

- o Eficiència elevada tan sols per a compostos molt polars: H₂S, NH₃, mercaptans, amines, metanol,....
- o Aplicable a tot tipus de cabals. No obstant, s'ha de considerar que quan el cabal i/o la concentració de les emissions a tractar és molt elevada, llavors el consum de productes químics i la generació de líquids residuals és molt elevat i llavors comparativament els costos d'explotació són més elevats que els corresponents a d'altres tecnologies com els sistemes de biofiltració.

Aquesta tecnologia d'àmplia utilitat per haver-se instal·lat molt habitualment amb la finalitat de tractar les emissions atmosfèriques, per la seva baixa selectivitat presenta, sovint, molt baixa eficiència per a la depuració d'emissions contenint COV apolars o semi-polars.

És una tecnologia interessant, doncs el cost d'inversió és moderat si es compara amb altres tècniques de destrucció de COV, però d'altra banda s'ha de comentar que requereix un control intensiu i específic del grau d'esgotament de la solució absorbent i que el seu funcionament genera un residu líquid que s'ha de gestionar.

D) Prestacions del sistema (rentat químic oxidant).

1. Eficiència inferior a 80-85% de reducció d'olors, reducció dels COV 40-50%. No es pot fer servir com a sistema únic per aire amb alta càrrega d'olors.
2. S'ha de preveure l'aturada del sistema de scrubbers per realitzar neteges del rebliment i dels fons dels dipòsits de la columna de rentat.
3. S'ha de preveure el monitoreig de les principals variables de procés: cabals d'aire i de líquids, pH, conductivitat, cabal de dosificació de reactius, etc.
4. Combinat amb biofiltre si serveix com a tractament d'aire amb alta càrrega d'olors, amb costos competitius amb l'oxidació tèrmica regenerativa, sempre que la limitació d'emissió de COV no sigui massa estricta.

3.3.2 Biofiltració.

A) Abast de la tecnologia.

Els processos de biofiltració s'apliquen per a tractar emissions de baixa concentració, cabal regular, composició homogènia i sobretot, que els seus contaminants siguin susceptibles de biodegradació.

B) Descripció del funcionament.

El procés de depuració de gasos mitjançant biofiltració consta generalment d'un pretractament de rentat que filtra i condiona l'aire a tractar, fent que arribi a la temperatura i la humitat òptimes per al tractament biològic posterior. El biofiltre pròpiament dit està format per una estructura porosa i inert que serveix de suport dels cultius bacterians que realitzen la depuració. A mesura que el gas travessa el llit filtrant, els contaminants i nutrients són incorporats pels microorganismes presents al biofiltre que els transformen en compostos innocus.

La biofiltració de corrents gasoses per a la seva depuració és un tractament destructiu de compostos orgànics volàtils (COV) i altres substàncies amb significació odorífera (com amoníac i àcid sulfhídric) típicament presents a les emissions o a l'aire ambient procedents tant de les infraestructures de tractament ambiental (EDAR's, estacions de bombeig d'aigües residuals, plantes de tractament de fangs i/o residus, plantes de compostatge, plantes TMB, ...).

Les principals característiques dels processos de biofiltració són les següents:

- o Es tracta d'una tecnologia sostenible que es desenvolupa sota les premisses totalment emmarcades en processos de tipus natural.
- o La biofiltració es produeix sobre un llit fix filtrant amb una superfície microbiològicament activa respecte la qual es manté una humitat apropiada, una disponibilitat garantida de nutrients i amb el manteniment d'unes condicions fisicoquímiques apropiades com intervals de pH i temperatura adequats, absència de substàncies tòxiques per sota d'un llindar determinat que puguin alterar o inhibir el procés de biodegradació i també l'absència de partícules i d'altres substàncies que puguin disminuir la permeabilitat del medi.
- o En la biofiltració es produeix la destrucció completa dels contaminants (es a dir, sense que es verifiqui una transferència entre fases de la contaminació) presents en la corrent gasosa a tractar que percola (en direcció ascendent o descendent) a través d'un medi. En aquest sentit s'ha d'afegir que el rendiment de depuració dels biofiltres amb biomedis d'alta eficàcia (p.e. com els dels tipus inorgànic modificat) pot ser >95% de la concentració d'olor.

C) Característiques tècniques del sistema.

- o Compostos a tractar: aquells que siguin biodegradables, com: amoníac, àcid sulfhídric, hidrocarburs alifàtics, compostos aromàtics, alcohols, aldehids, cetones i àcids orgànics, compostos sulfurats (àcid sulfhídric, mercaptans, tioèters,...) i compostos nitrogenats (com amoníac, amides, amines,...).
- o Concentració de contaminants màxima en el gas a tractar: < 1,5 g/m³.
- o Temperatura, pH i humitat: específica per a cada cas.

Els processos de biofiltració té uns costos d'inversió i explotació inferiors als de les tecnologies de depuració per oxidació, ja sigui tèrmica o catalítica però el seu camp d'aplicació es centra al cas de COV's biodegradables i a emissions amb concentracions moderades de H₂S o NH₃.

El biomedis convencionals utilitzats als biofiltres consisteixen principalment en barreges de materials d'origen vegetal (com turba, tacs de fusta, arrels, escorça, fibra de coco,...) barrejades en distintes proporcions que inevitablement comencen a descompondre's a partir del moment de la pròpia instal·lació del biofiltre.

Als sistemes de biofiltració de llit inorgànic, el medi consisteix en una barreja d'un suport inorgànic (75-80%) i d'un de fase orgànica (25-20%):

- o La fracció inorgànica actua com a suport d'elevada resistència oferint una resistència mecànica estructural, una major porositat i una capacitat d'adsorció d'aigua superior que els mitjans orgànics tradicionals.
- o La part orgànica, per altra banda, proporciona nutrients, adsorbeix diversos contaminants i optimitza la capacitat de fixació dels microorganismes responsables del procés de biodegradació en el biofiltre.

A continuació es presenta una taula resum comparativa dels biomedis per biofiltres de tipus orgànic o de tipus inorgànic.

CARACTERÍSTICA	SUPORTS ORGÀNICS	SUPORTS INORGÀNICS MODIFICATS
Origen/forma de producció	Natural	Producte biotecnològic
Resistència mecànica estructural	Baixa – Mitja	Alta
Àrea superficial	Baixa	Alta
Homogeneïtat de distribució de l'emplenat	Mitja	Alta
Homogeneïtat humidificació del llit del biofiltre	Mitja	Alta
Capacitat d'explotació del mecanisme d'adsorció dels contaminants en front a oscil·lacions brusques de la càrrega a tractar	Baixa	Alta
Esterilització prèvia del medi	No	Sí
Origen dels microorganismes	Natural Efluents d'infraestructures de tractament ambiental	Natural Seleccionats genèticament
Concentració de microorganismes	Baixa	Alta
Proporció d'organismes "útils" al biomedi per a la degradació dels compostos d'interès	Baixa	Alta
Inoculació de microorganismes	En el emplaçament	En origen
Degradació del biomedi	Progressiva des del inici de funcionament	Nul·la
Aportació d'olor intrínseca a l'emissió final	Mitjà	Baix
Susceptibilitat de compactació del biomedi	Alta	Baixa
Susceptibilitat d'aparició de canals preferencials	Mitja – Alta	Baixa
Eficàcia de la depuració	Mitja – Alta	Alta
Disponibilitat de l'eficàcia òptima des del inici de funcionament del biofiltre o darrere la renovació del biomedi	Nul·la	Total
Període transcorregut des de que s'inicia (o reinicia) el funcionament del biofiltre	Setmanes – Mesos	0 dies

CARACTERÍSTICA	SUPORTS ORGÀNICS	SUPORTS INORGÀNICS MODIFICATS
Capacitat de manteniment de l'eficàcia de depuració al llarg de la vida útil	Baixa – Mitja	Alta
Robustesa de l'eficàcia en front a variacions de cabal i/o concentració del gas a tractar	Mitja – Alta	Alta
Duració del biomedi	Baixa – Mitja (típicament 2-5 anys)	Alta (típicament >5 anys)
Inversió	Baixa – Mitja	Alta

D) Prestacions del sistema.

- Eficiència de reducció d'olor 90-95%, reducció dels COV 50-60%.
 - Factors que afecten: variacions de temperatura, creació de canals preferents al rebliment, elements tòxics NH₃, H₂S, etc.
 - Pot tractar aire amb càrrega de fins 10.000–20.000 uo/m³ per emissió de 500-1.000 uo/m³ (rendiment d'aprox. 95%).
- Substitució periòdica (3-4 anys). Per això es necessari controlar l'emissió de forma contínua o semicontinua i disposar de la suficient flexibilitat. També s'han de controlar els principals paràmetres del procés: cabals, temperatura, humitat, pH, etc..
- Dimensionat per biofiltres convencionals: 100-120 m³ d'aire/h m³ de rebliment, amb una alçada de rebliment: 1 < H < 2m.
- Scrubber previ per l'eliminació de l'amoníac per prevenir la disminució de l'eficàcia del biofiltre i la formació de N₂O.

3.3.3 Oxidació tèrmica regenerativa.

A) Abast de la tecnologia.

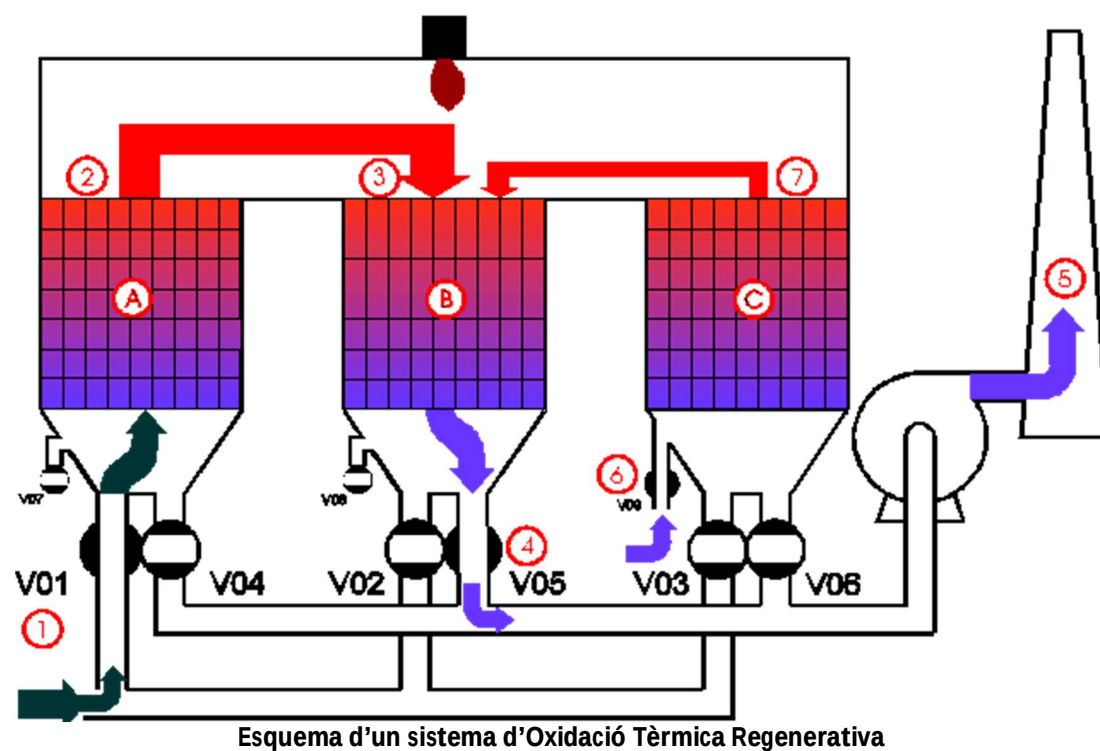
L'oxidació tèrmica regenerativa s'utilitza per a tractar volums elevats d'aire, de fins 250.000 m³/h i la concentració de COV de la qual sigui inferior a 10g/Nm³. En aquests sistemes es pot arribar al funcionament autotèrmic quan la concentració de COV dels gasos supera els 2-3 g/Nm³.

B) Descripció del funcionament.

El funcionament d'aquests sistemes consisteix en pre-escalfar els gasos a tractar mitjançant un intercanviador de calor ceràmic de gran eficiència (<95%). A continuació els gasos passen per una càmera de combustió, a on es mantenen a la temperatura d'oxidació (durant 1 segon aproximadament) mitjançant un cremador auxiliar

de gas, de manera que els COV s'oxiden produint CO_2 i H_2O . Posteriorment, els gasos calents travessen un segon llit ceràmic cedint la calor acumulada. El funcionament d'un sistema d'oxidació tèrmic regeneratiu és cíclic, es a dir, quan un llit ceràmic està calent després d'haver estat travessat pels gasos ja tractats a alta temperatura, s'inverteix el pas, i a partir de llavors circulen al seu través gasos freds contaminats. Existeixen al mercat diferents tipus de llits ceràmics.

D'aquesta manera el llit cedeix la seva calor i els gasos arriben a la càmera de combustió suficientment calents. Quan aquest llit es refreda, es produeix un nou canvi de sentit de pas dels gasos. Per a millorar l'eficiència del procés, i així evitar la transferència de compostos contaminats a la atmosfera durant el procés de canvi de sentit de funcionament, es dissenyen equips amb tres o més llits ceràmics, de forma que abans que un llit que hagi funcionat com entrada passi a funcionar com a sortida, se li realitzi una purga que es condueix a l'entrada del sistema.



C) Característiques tècniques del sistema.

- o Cabal: fins 250.000 Nm³/h.
- o Concentració: 1-10 g/Nm³ amb autotèrmia a partir de 2-3 g/Nm³.
- o Temperatura oxidació: 800 °C.
- o Eficiència d'eliminació de COV: >98%.
- o Recuperació calor en el intercanviador de calor ceràmic: >95%.

- o Disseny compacte, instal·lació simple.
- o Sistema robust i versàtil.

D) Prestacions del sistema.

1. Eficiència de reducció d'olor i dels COV 97-98%, eficiència tèrmica $\pm 95\%$.
 - o Costos d'inversió i d'operació elevats. Consum d'energia entre 700 – 1.000 kWh_t / 100.000 m³ d'aire tractat.
 - o Cost d'inversió : $\pm 2,4 \times 10^6$ € / 100.000 m³/h (captació i tractament).
 - o Cost d'operació: 74-80 € / 100.000 m³ (3-8,5 €/t residu depenent del cabal d'aire necessari).
2. Típicament, és necessària una parada anual de 7-15 dies degut als dipòsits de siloxans. És imprescindible disposar de redundància.
3. És necessari un rentador àcid previ per a l'eliminació d'amoníac per evitar la formació d'òxids de nitrogen a la cambra de combustió.
4. Degut al seu cost i limitació de capacitat en el disseny serveix per tractar cabals reduïts amb alta càrrega d'olors.

3.4 Tractaments de biogàs. Tècniques per a la reducció de les emissions procedents de la utilització del biogàs com a combustible.

El biogàs conté diversos constituents (apart del metà i diòxid de carboni) que poden afectar a la seva utilització final com a combustible.

La composició del biogàs generat a la digestió anaeròbia té la següent composició típica:

COMPONENT	CONCENTRACIÓ (% VOL)
Metà	50 – 75
Diòxid de carboni	25 – 50
Aigua	6 – 6,5
Oxigen	0,9 – 1,1
Nitrogen	3,9 – 4,1
Sulfur d'hidrogen	< 0,1 – 0,8
Amoníac	< 0,1 – 1

Les tècniques de tractament de les emissions de biogàs es poden agrupar en dos tipus.

El primer tipus correspon el tractament del biogàs previ a la seva utilització com a combustible, per a condicionar i reduir les emissions després de la seva combustió i el segon tipus correspon a les tècniques de tractament de les emissions després de la combustió del biogàs.

Aquestes tècniques poden ser les següents:

1. Reducció del sulfur d'hidrogen (H_2S) mitjançant rentat químic, dessulfuració biològica, filtració amb òxids de ferro, dosificació de clorur fèrric o injecció d'aire.
2. Tractament de siloxans. Filtració amb carbó actiu.
3. Reducció dels òxids de nitrogen (NO_x) mitjançant Reducció Catalítica Selectiva (SCR).
4. Reducció del monòxid de carboni (CO) i hidrocarburs mitjançant oxidació tèrmica.