

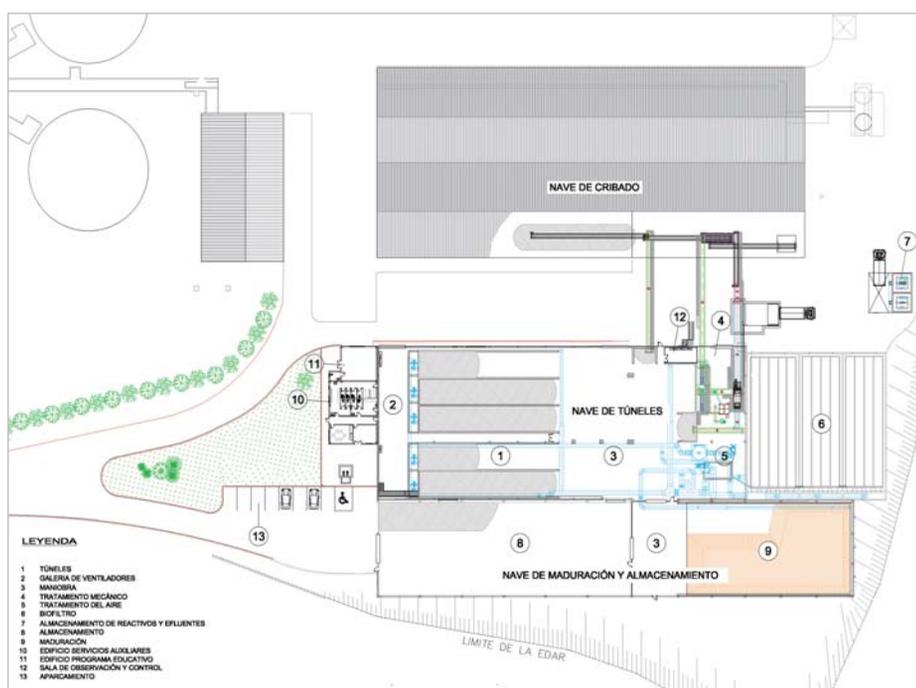
Planta de compostaje de lodos de Arazuri (Pamplona)

¹Martínez Reguera, A., ¹Amorena Udabe, A., ¹Blázquez Moreno, S., ²Moré Ramos, J. C.,
²Saña Vilaseca, J., ³Borderías Blasco, S.
¹SCPSA, ²TGA SL, ³LKS

1. INTRODUCCIÓN

La **Planta de Compostaje de Lodos de Arazuri** se halla situada en el extremo suroeste de la finca de 40 ha que acoge también el conjunto de las instalaciones de la EDAR de Arazuri, que sirve a la población de la Comarca de Pamplona -300.000 habitantes-.

La EDAR de Arazuri tiene una producción anual de lodo de 50.000 t/año, de las cuales se pretende, para facilitar el reciclaje de la totalidad de lodos producidos, compostar en la nueva instalación un 20%. La planta de compostaje diseñada tiene así una capacidad de tratamiento de 11.800 t de lodo deshidratado/año y ha sido construida con la finalidad de resolver el desfase existente entre la producción continua de lodos y su valorización agrícola en determinados periodos -lluvias copiosas, nieves,...- durante los cuales el acceso a los campos de cultivo para su aplicación agrícola directa se ve comprometido. Por tanto, la infraestructura que se describe contribuirá a garantizar y complementar el reciclaje de lodos que viene realizándose en la EDAR de Arazuri, de acuerdo con los planteamientos del Plan Nacional Integral de Residuos 2008-2015 y el Plan Integrado de Gestión de Residuos de Navarra 2010-2020.



Planta general

En síntesis, los objetivos perseguidos con la construcción de la planta son:

- Valorizar mediante compostaje una parte de los lodos generados en el proceso de depuración de aguas residuales urbanas que tiene lugar en Arazuri.

- Asegurar el control del proceso de compostaje mediante una tecnología intensiva en sistema cerrado -túneles de compostaje-, evitando que las inclemencias meteorológicas alteren sus condiciones y asegurando la homogeneidad e higienización del producto obtenido.

neidad e higienización del producto obtenido.

- Minimizar del impacto de la instalación sobre el entorno mediante el control de todas las variables que puedan afectar al medio ambiente.

- Valorizar una parte de los restos verdes de recogida domiciliar y municipal.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El compostaje es un sistema de tratamiento de materiales orgánicos

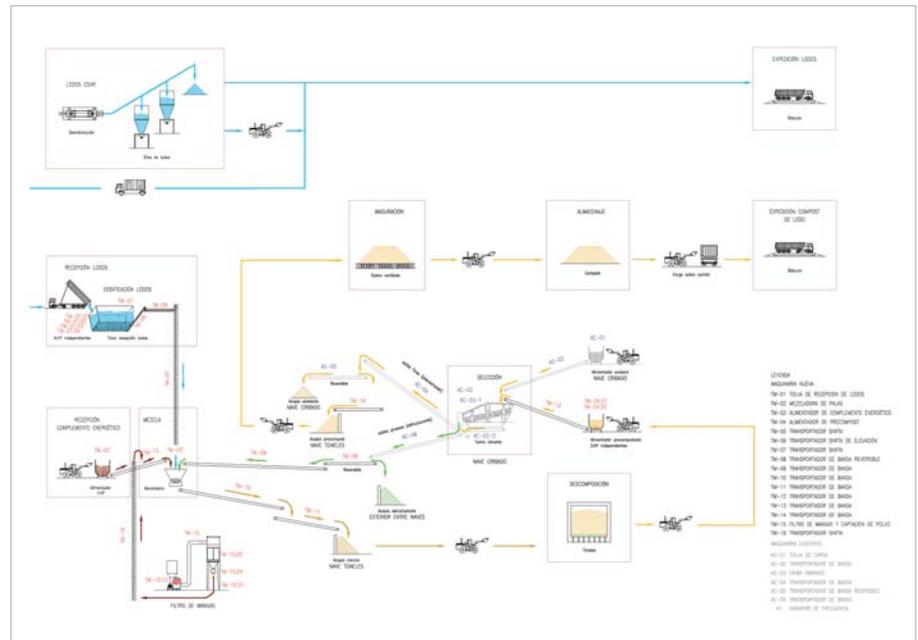
cos biodegradables, realizado en condiciones controladas -siempre aeróbicas y mayoritariamente termófilas-, basado en una actividad microbiológica compleja que genera un producto estable que se puede almacenar sin inconvenientes y sanitariamente higienizado, llamado compost.

Durante el compostaje tiene lugar la degradación de las fracciones orgánicas más fáciles de descomponer, que liberan la energía contenida en sus enlaces químicos. Esta energía se invierte en la elevación de la temperatura y la evaporación de una parte significativa del agua contenida en el residuo que se procesa. Asimismo, durante el proceso sucede la reorganización de sustancias originales y compuestos intermedios generados en la descomposición, para formar compuestos orgánicos más complejos y estables.

Tradicionalmente el proceso de compostaje se divide en dos etapas -descomposición y maduración- según predominen respectivamente los procesos de descomposición o los de neoformación de sustancias. En el caso concreto del compostaje de lodos de depuración de aguas residuales se suele asociar la etapa de maduración con el almacenamiento.

El producto resultante -compost- es un material con menos materia orgánica -y más estabilizada-, higienizado -gracias al régimen de temperaturas logradas-, relativamente seco -60/5 % de materia seca- y valorizable agrónomicamente.

A fin de posibilitar el proceso de compostaje, el lodo deshidratado



Esquema de proceso

tiene que mezclarse con un material estructurante¹ con relaciones volumétricas del orden de 1:5 -lodo/material estructurante-.

Así, resultan muy importantes los volúmenes de estructurante que deben ponerse en juego, pero pueden ser recuperados casi en su totalidad después de cada ciclo de compostaje. A tal efecto, constituye una práctica habitual de diseño configurar las instalaciones para simultanear la preparación de la mezcla que va a compostarse con la recuperación del material estructurante de un lote procesado con anterioridad, una vez finalizada la fase más activa del proceso microbiológico -etapa de descomposición- y antes de la organización del material en la disposición prevista para la etapa de maduración-almacenamiento.

Por otro lado, la experiencia acumulada en el tratamiento de lodos de depuración de aguas residuales aconseja asegurar el equilibrio del balance energético del proceso aportando una pequeña proporción

de un tercer componente a la mezcla lodo/material estructurante denominado complemento energético, que suele ser un residuo orgánico rico en materia orgánica muy biodegradable y/o muy seco.

Durante el funcionamiento regular de la instalación cabe distinguir las siguientes operaciones:

- Recepción de materias primas
- Dosificación y preparación de la mezcla
- Llenado de los Túneles
- Proceso en los Túneles -etapa de descomposición-
- Vaciado de los Túneles
- Recuperación del material estructurante
- Formación de la meseta² de maduración
- Almacenaje y expedición del compost

Tal como se ha sugerido en un párrafo anterior, la dinámica normal de la instalación se organiza para simultanear las operaciones de llenado de un túnel con el vaciado de otro. El funcionamiento de la

¹ En el caso que nos ocupa el material estructurante procede del tratamiento de los restos verdes cuya recogida está implantada en la Comarca de Pamplona.

² En los procesos de compostaje se entiende por meseta una pila de gran anchura.

| | |
|---------------------------------------|--|
| Financiación | N.I.L.S.A. Departamento de Administración Local Gobierno de Navarra |
| Promotor | Servicios de la Comarca de Pamplona (S.C.P.S.A.) Mancomunidad de la Comarca de Pamplona |
| Proyecto y dirección de obra | Tècniques de Gestió Ambiental, S.L. |
| Asistencias técnicas a la D.O. | LKS Ingeniería, S. Coop. Ingeniería y Prevención de Riesgos, S.L. |

instalación gira alrededor del trabajo de una pala cargadora que atiende a la realización de las siguientes tareas:

- Vaciado del túnel que ha cumplido su tiempo de proceso -etapa de descomposición-, alimentando el proceso de recuperación de material estructurante con el material procedente del túnel que está siendo vaciado.

- Llenado de un nuevo túnel, con la mezcla preparada en el proceso mecánico.

- Formación de la meseta de maduración/almacenamiento con el compost aún no acabado -pre-compost-, una vez separado el material estructurante recuperado.

Entendemos por proceso mecánico el conjunto de operaciones que posibilitan: (1) la separación entre precompost y material estructurante de la mezcla obtenida de un proceso en túnel; y (2) la preparación de nueva mezcla.

El diseño de la instalación contempla espacios separados para la realización de los principales bloques operativos introducidos -etapa de descomposición, etapa de maduración/almacenamiento y proceso mecánico- y también para el tratamiento del aire.

En el caso que nos ocupa, el proceso mecánico se realiza en dos zonas distintas relacionadas mediante transportadores de banda para aprovechar un equipo de

cribado pre-existente y en óptimas condiciones de funcionamiento.

3. PROYECTO Y EJECUCIÓN

3.1. Proyecto

En el diseño de la solución debían considerarse, además de los propios condicionantes funcionales en cuanto a proceso, la instalación del mismo en unas edificaciones existentes y en aquel momento en desuso de las que se debían conservar los cerramientos exteriores y la cubierta. También se partía de la existencia de una instalación de cribado y parque de lodos en funcionamiento con la que debía integrarse, y que durante la construcción mantendría su actividad.

Igualmente la solución debía integrarse en lo relativo a automatización y control en los sistemas existentes en la EDAR de Arazuri.

En el diseño de la solución, cobraba significativa importancia el máximo aprovechamiento de las superficies disponibles y la minimización de recorridos de maniobra durante la explotación.

3.2. Ejecución de la obra

La ejecución de la nueva instalación partía de la adecuación de los espacios existentes. Para ello fue preciso acometer la demolición de las infraestructuras (fundamentalmente elementos de hormigón ar-

mado) procedentes de usos anteriores de la instalación. Los materiales provenientes de las demoliciones se reciclaron, reutilizándose en su práctica totalidad en la ejecución de rellenos localizados, accesos y obras de urbanización.

Posteriormente se procedió al establecimiento de las instalaciones interiores bajo rasante (abastecimiento y drenaje de aguas, lixiviados, eléctricas, recirculación y ventilación).

Seguidamente se ejecutaron por fases, las soleras, tanto ventiladas como de tránsito y el resto de

| | |
|--------------------------------|----------------|
| INVERSIÓN TOTAL | 3.642.922,10 € |
| DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL | |
| Obra civil | 33,43% |
| Instalaciones | 17,56% |
| Maquinaria y Equipos | 44,26% |
| Automatización | 4,75% |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Contratista Adjudicatario de las Obras | U.T.E. Arian / Isolux-Corsan-Corviam |
| Principales subcontratas | |
| Tratamiento Mecánico | Leblan |
| Instalación Eléctrica y Sistema de Control | Imel |
| Calderería | Lauburu |
| Ventilación y Tratamiento del Aire | Ecotec |
| Puertas de Túneles | Ángel Mir |



Ejecución soleras ventiladas

| Superficies construidas | |
|--|----------------------------|
| Nave de Cribado (existente) | 3.688 m² |
| Nave de Túneles | 2.514 m² |
| Galería de Ventiladores | 272 m ² |
| Zona de Túneles | 966 m ² |
| Zona de Tratamiento Mecánico | 204 m ² |
| Zona de Tratamiento del Aire | 171 m ² |
| Sala de Observación y Control | 23 m ² |
| Zona de Maniobra | 877 m ² |
| Nave de Maduración y Almacenamiento | 1.991 m² |
| Zona de Maduración | 695 m ² |
| Zona de Maniobra | 228 m ² |
| Zona de Almacenamiento | 1.068 m ² |
| Zona de descarga de lodos | 108 m² |
| Tolva | 68 m ² |
| Zona de maniobra de camiones | 40 m ² |
| Depósitos de sustancias químicas | 77 m² |
| Depósitos | 37 m ² |
| Zona de carga/descarga de camiones | 40 m ² |
| Biofiltro | 942 m² |
| Edificio de Servicios Auxiliares | 197 m² |
| Vestuarios | 56 + 21 m ² |
| Almacén | 21 m ² |
| Sala de descanso | 22 m ² |
| Sala Programa Educativo | 58 m ² |
| Distribuidor | 19 m ² |
| TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA | 9.517 m² |

la obra civil (túneles, silos, banquetas), así como se procedió a la apertura de nuevos huecos en las naves existentes y al cierre y adecuación del resto.

Finalmente se procedió a la instalación de los sistemas de ventilación, puertas, cintas de transporte y resto de equipos electromecánicos, así como a su conexionado y pruebas de funcionamiento en frío.

El plazo total de ejecución de la obra ha sido de doce meses sobre los cuales se añade un periodo de puesta a punto de la instalación, hasta llegar a funcionar a régimen nominal continuo, de otros dos meses adicionales.

En la ejecución de la obra, ade-

más de considerar los condicionantes técnicos y funcionales del proceso se ha atendido a los criterios de máximo aprovechamiento de las edificaciones existentes así como por su trascendencia, a la reutilización de los residuos procedentes de la demolición de aquellos elementos inservibles para el nuevo planteamiento.

4. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El conjunto de la instalación ocupa un total de 9.517 m². Esta superficie incluye la *Nave de Cribado* original, donde continuarán en operación la criba vibrante y los transportadores de banda que le dan servicio.

4.1. Etapa de descomposición. Sistema de túneles

La primera etapa, de 2 semanas de duración, se realiza en 5 túneles de 30,00 x 5,50 x 5,00 m, con una capacidad útil de 567 m³ de mezcla cada uno -113 t de lodo-. A estos túneles se les suministra aire procedente de la *Nave de Túneles* -que incluye las *Zonas de Tratamiento Mecánico, Maniobra y Tratamiento del Aire*- por impulsión a través de la solera mediante moto-ventiladores de 37 kW de potencia que pueden aportar 13.000 m³/h a 6.500 Pa. Cada uno de estos túneles dispone también de un sistema de conducciones y válvu-



Puertas de túneles



Galería de ventiladores

las que permiten la recirculación de parte del aire de proceso.

4.2. Etapa de maduración. Meseta Ventilada

El compost que se obtiene de la primera etapa en túneles es aun inmaduro pero ya suficientemente seco y poroso como para permitir el paso del aire sin necesidad de estructurante.

Su evolución continúa en una meseta formada sobre una solera ventilada en una nave independiente -*Nave de Maduración y Almacenamiento*- durante un tiempo que puede llegar a las 15 semanas.

El suministro de aire a la solera está proporcionado por 3 moto-ventiladores centrífugos -1,5 kW; 1.500 m³/h; 1.500 Pa-.

4.3. Maquinaria y equipos para el tratamiento mecánico

Los principales elementos mecánicos y sus capacidades quedan recogidos en la tabla adjunta.

El sistema de tratamiento mecánico integra la antigua criba vi-

Principales elementos tratamiento mecánico.

| EQUIPO | kW | CAPACIDAD |
|---------------------------------------|------|--|
| Tolva de recepción de lodos | 16 | 30,0 m ³ (30 m ³ /h) |
| Mezcladora de palas | 30 | 12,0 m ³ (100 m ³ /h) |
| Alimentador de complemento energético | 11 | 12,0 m ³ (1-10 m ³ /h) |
| Alimentador de precompost | 11 | 12,0 m ³ (50-100 m ³ /h) |
| Filtro de mangas y captación de polvo | 35,1 | 15.000 m ³ /h |
| Ventilador | 30 | 15.000 m ³ /h |



Tolva de lodos



Tolva de lodos. Tornillos dosificadores

brante y mantiene las capacidades funcionales que permiten el compostaje independiente de los restos verdes procedentes de la recogida implantada en la Comarca de Pamplona.

4.4. Sistema de ventilación y tratamiento del aire

4.4.1. Tratamiento del aire de alta carga

Dada la gran concentración de NH₃ en el aire exhausto procedente de los túneles –y del inte-

rior de la tolva de lodos y de la mezcladora-, se realiza un tratamiento previo de éste antes de enviarlo al biofiltro para desodorizarlo. El tratamiento consiste en un lavado del aire con una solución de H₂SO₄ en el interior de un lavador químico -scrubber-. El lavador es de tipo compacto vertical y dispone de pulverizadores de cono lleno alimentados por una bomba de recirculación -65 m³/h a 18 mca-. El equipo se completa con una bomba de dosificación de ácido y los correspondientes elementos de control -pHmetro y conductímetro-.

El sistema dispone también de un depósito de almacenamiento del ácido sulfúrico de 10.000 L de capacidad, que proporciona una autonomía de unas 3 semanas. Cuando la solución recirculada no es apta para el lavado de los gases -concentración elevada de sulfato amónico-, se purga y se envía a un depósito de almacenamiento de (NH₄)₂SO₄ -sulfato amónico- de 25.000 L de capacidad –o a la cabecera de la EDAR-.

4.4.2. Tratamiento del aire de baja carga

El aire procedente de los túneles, se reúne después del lavado químico con el aire extraído de la *Nave de Túneles* y con el de la *Na-*

ve de Maduración y Almacenamiento. Conjuntamente reciben un tratamiento con agua en un humidificador antes de ser conducidos al biofiltro para su desodorización.

Se utiliza como humidificador el *plenum* de suministro de aire al *Biofiltro*, de unos 85 m³ de capacidad, que dispone de 4 líneas longitudinales de difusores, cada una con 15 elementos. Los difusores son del tipo *cola de cerdo* con un caudal de unos 15 L/minuto a 2,5 bar. El humidificador está equipado con dos bombas de recircula-



Tolvas de alimentación



Mezcladora



Lavador químico

kW, con una curva capaz de dar 70 m³/h a 40 mca.

El agua distribuida por los aspersores retorna por gravedad al propio depósito de recirculación para ser reutilizada hasta que su pH o su temperatura resultan demasiado elevados y resulta necesario renovarla con agua de red. A tal efecto, el sistema de bombeo está dotado de pH-metro y sonda de temperatura. Las purgas se vierten por gravedad a la red de lixiviados.

4.4.3. Tratamiento del polvo

Para controlar el polvo que pueda generarse en los 5 puntos existentes de caída de materiales secos, la instalación dispone de un sistema de captación y conducción del polvo. La captación se realiza mediante campanas de polipropileno que disponen de válvulas manuales para regular el caudal. El sistema de filtrado es automático, mediante cartuchos filtrantes de alta eficacia. El polvo recogido es descargado mediante una válvula rotativa y reincorporado a la mezcla a compostar a través de un tornillo transportador.



Depósitos: Sulfato Amónico y Ácido Sulfúrico

ción que pueden trabajar conjunta o alternativamente, localizadas sobre el depósito de recirculación - de unos 35 m³ de capacidad útil-. Las bombas son de eje vertical y motor eléctrico externo de 12,7

4.5. Sistema de gestión de lixiviados

Los lixiviados generados en el proceso están constituidos en su mayor parte por los condensados que se producen al enfriarse el aire caliente y saturado procedente de los túneles y, en menor proporción, por las purgas del depósito de agua del humidificador -y, eventualmente, del lavador químico-. Estos lixiviados son evacuados a cabecera de la depuradora.

4.6. Sistema de control

El sistema de control se ha desarrollado íntegramente sobre un PLC Siemens S7-400. El sistema se opera a través de un SCADA -basado en una plataforma estándar "System Platform" de Wonderware Inc.- desde la sala de control de la instalación y está conectado a la red de comunicaciones de la depuradora de Arazuri, de modo que desde ésta es también posible la supervisión de la *Planta de Compostaje*.

Este sistema de control incluye:

- El sistema de ventilación y tratamiento del aire
- El proceso en el interior de los Túneles
- El proceso en la Nave de Maduración -aeración-
- La maquinaria y los equipos para el tratamiento mecánico, in-



Biofiltro



Pozo de lixiviados



Recuperación de polvo

cluyendo los equipos compartidos con la planta antigua.

- El sistema hidráulico

4.6.1. Ventilación de las naves

El régimen de ventilación de la *Zona de Maduración* se fija de modo independiente, pudiendo

programarse distintos regímenes en función de las horas del día -según se esté operando o no en la citada nave-.

La ventilación de la *Nave de Túneles* puede operarse en régimen manual o automático.

En el funcionamiento en modo manual -que es el que normalmente se activa en el horario de trabajo-, el operador fija el régimen de ventilación -renovaciones/hora-deseado en la *Nave de Túneles* y el sistema de control actúa sobre los distintos ventiladores para asegurar al mismo tiempo la demanda de aire de los túneles y la consigna propuesta para el régimen general de ventilación de la nave.

En el funcionamiento en modo automático -que es el que normalmente se activa fuera del horario laboral-, el sistema de control ac-

túa asegurando la demanda de aire de los túneles, de manera que el régimen de ventilación de la *Nave de Túneles* es el que se corresponde con esta demanda.

En todos los modos de operación y en cualquier circunstancia, el régimen de los moto-ventiladores centrífugos garantizan las consignas de presión negativa en sus conductos de aspiración.

4.6.2. Tratamiento del aire

Control del Sistema de Tratamiento del Aire. Lavador Ácido

El líquido del lavador ácido se recircula permanentemente mientras no se supere el límite de conductividad eléctrica determinado por consigna. En estas condiciones, la bomba de dosificación de H_2SO_4 introduce el reactivo en la

Publicidad



Filtro de cartuchos

torre de lavado para mantener la consigna de pH entre los límites establecidos. Cuando la conductividad eléctrica del líquido de lavado sobrepasa el umbral establecido, se vacía el depósito de la torre hasta un nivel prefijado. El líquido de lavado evacuado se reponen con agua limpia, de manera que la conductividad eléctrica queda de nuevo por debajo del valor de consigna.

Control del Sistema de Tratamiento del Aire. Humidificador

Tal como ya se ha comentado, el líquido de lavado del humidificador se recircula permanentemente mientras no se supere uno de los límites establecidos por consigna para la temperatura del líquido o su pH. En caso de desajuste, se introduce agua limpia en el sistema, hasta el restablecimiento de las condiciones prefijadas.

4.6.3. Control del proceso

Etapa de Descomposición. Control del Sistema de Túneles

Los parámetros que se deter-

minan en cada túnel para el control de proceso son: Temperatura del material en proceso; Temperatura del aire fresco; Temperatura del aire de entrada; Temperatura del aire de salida; Contenido en oxígeno en el aire de salida; Caudal del aire; Presiones; y Apertura de las válvulas de aire fresco y aire recirculado.

El proceso del túnel se puede dividir en un máximo de 8 fases, una de las cuales se destina a la Higienización del material. Para cada fase se pueden fijar: las Horas de duración; la Temperatura objetivo; la Tolerancia entre la temperatura objetivo y la real de la masa; el Nivel mínimo de O₂ en el aire; los Regímenes máximos y mínimos del moto-ventilador; y los Porcentajes máximos y mínimos de aire fresco.

En función del desfase existente entre las temperaturas real y objetivo de la masa o entre los contenidos real y objetivo del aire a salida del túnel, el sistema de control actúa sobre las válvulas que regulan la proporción de aire fresco y recirculado o sobre la ve-

locidad del moto-ventilador, con el objetivo de ajustar los parámetros especificados.

Etapa de Maduración

La etapa de maduración se desarrolla sobre una solera ventilada. En este caso, el aire es impulsado a través de ella gracias a la actuación de 3 moto-ventiladores que actúan simplemente temporizados.

4.6.4. Maquinaria para el tratamiento mecánico

Las actuaciones del sistema de control sobre los equipos del Tratamiento Mecánico son las siguientes:

- Gobernar las secuencias de las maniobras y las alarmas.
- Facilitar la dosificación de los diferentes componentes de las mezclas. -actuación sobre los variadores de frecuencia de los tornillos de los silos de regulación-alimentación-

4.6.5. Riego y Control de Temperatura del Biofiltro

El riego del biofiltro puede hacerse de forma manual y de forma programada (7 días/semana).

Cada cuerpo del biofiltro dispone de 2 sondas de temperatura que exploran el relleno. La información recogida por las sondas es recopilada por el sistema de control de la instalación.

Asimismo se controla la temperatura del aire en el *plenum* -humidificador- y del agua de lavado. La primera se utiliza para controlar la entrada de aire fresco y modular la temperatura del aire en el biofiltro.

La temperatura del agua de lavado -junto a su pH- marca la necesidad de reponer el líquido recirculado.