

## **1. ANTECEDENTES**

Cada día es más patente el interés generalizado por adecuar los vertidos de aguas residuales a las condiciones expuestas en la legislación vigente.

En esta línea se enmarca la decisión de acometer el tratamiento de las aguas residuales procedentes del municipio de Loscos.

## **2. OBJETIVO**

El objetivo principal de esta presupuesto radica en establecer el sistema de tratamiento más adecuado, tanto desde el punto de vista técnico como económico, teniendo en cuenta la normativa vigente de vertido en cauces públicos, para una población de diseño de 2000 habitantes.

## **3. SOLUCION ADOPTADA**

La solución que se adopta para el tratamiento del agua residual está condicionada por las posibles variaciones de caudal, el alto rendimiento exigido a la planta, el mínimo coste de mantenimiento y la total ausencia de olores. Los factores expuestos inducen a elegir una planta basada en un proceso de tratamiento biológico mediante fangos activados de DOBLE ETAPA.

Por lo que respecta al sistema constructivo de la planta, se ha adoptado el tipo contenedor prefabricado, totalmente compacto, construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio y armazón de acero, integrado éste a la misma fibra. El contenedor incorpora la caseta de control para cuadro de maniobra y equipo soplante, así como los diferentes tanques de tratamiento.

La implantación del proceso se realiza en una unidad compacta. Presenta ventajas como son la rapidez de su instalación, con simples conexiones eléctricas y con el agua a tratar; el que pueda instalarse sobre la superficie del terreno, enterrado, en cuyo caso la caseta se incorpora en el módulo que se propone un montaje semienterrado, y el hecho de que, al ser un sistema modular, pueda ampliarse o cambiarse de emplazamiento.

#### 4. DATOS BASICOS DE PARTIDA

Según los datos facilitados por el solicitante, el núcleo de población alcanzará la cifra de 2000 habitantes, tomándose este valor como población de diseño para la planta de tratamiento.

La dotación de agua estimada es de 200 litros por habitante y día, siguiendo las recomendaciones que aparecen tanto en la normativa vigente como en la literatura técnica especializada.

Por lo que se refiere a las cargas contaminantes, se han adoptado los valores más ampliamente aceptados para aguas residuales urbanas: una concentración de 60 gr/habitante.día para la carga de DBO<sub>5</sub> y una concentración de 90 gr/habitante.día para la materia en suspensión.

Así los valores a considerar son:

|                     |                                      |       |
|---------------------|--------------------------------------|-------|
|                     | Habitantes equivalentes.....         | 2000  |
| hab.                |                                      |       |
|                     | Dotación.....                        |       |
| 200                 | l/hab.día                            |       |
|                     | Caudal diario.....                   | 400   |
| m <sup>3</sup> /día |                                      |       |
|                     | Caudal medio.....                    | 16,67 |
| m <sup>3</sup> /h   |                                      |       |
|                     | Caudal máximo.....                   |       |
| 40                  | m <sup>3</sup> /h                    |       |
|                     | Concentración DBO <sub>5</sub> ..... | 60    |
| gr/hab.día          |                                      |       |
|                     | Carga DBO <sub>5</sub> .....         |       |
| 120                 | Kg/día                               |       |
|                     | Concentración SS.....                | 90    |
| gr/hab.día          |                                      |       |
|                     | Carga SS.....                        |       |
| 180                 | Kg/día                               |       |

La planta de tratamiento de aguas residuales ha sido proyectada para obtener un agua tratada de las siguientes características:

|    |                        |        |
|----|------------------------|--------|
| 25 | DBO <sub>5</sub> ..... | >..... |
|    | gr/m <sup>3</sup>      |        |
| 35 | MES.....               | >..... |
|    | gr/m <sup>3</sup>      |        |

## 5. DESCRIPCION DE LA LINEA DE TRATAMIENTO

Las características del efluente a tratar, tanto de caudal como de carga, aconsejan la instalación de un by-pass, pretratamiento, tratamiento biológico de fangos activos del tipo de DOBLE ETAPA. El proceso de doble etapa, incorpora en la primera etapa, preaireación, decantación primaria y digestión aerobia de fango y, en la segunda etapa, aireación y decantación secundaria.

- 5.1 By-pass.** En primer lugar se dispone de un by-pass que desviará las aguas residuales hacia el punto de vertido, en los casos de emergencia ante eventuales cortes de suministro de energía eléctrica, o frente a la necesidad de efectuar reparaciones mecánicas. En este caso, se instalarán dos compuertas planas de tajadera construidas en acero inoxidable, para tubería de DN-200.
- 5.2 Pretratamiento.** A continuación se inicia el pretratamiento que constituye la Primera etapa del proceso de tratamiento, y que consta de las siguientes operaciones: Desbaste y desarenado desengrasado, pasando en este caso por la necesidad de instalar un bombeo hasta la entrada del contenedor.
- 5.3 Desbaste:** Se compone de un conjunto de rejillas de limpieza manual separadoras de sólidos gruesos y finos construidas en acero inoxidable de DN-200, para colocar en canal de obra civil y que incluye cesta y rastrillo de limpieza de rejillas.
- 5.4 Bombeo.** Dado que no existe cota para la entrada por gravedad del agua del llegada hasta la EDAR, se oferta la instalación de un bombeo de cabecera compuesto por bomba Flygt modelo CP-3065, válvula de compuerta, válvula de retención a bola, sistema de extracción y tubería de descarga.
- 5.5 Desarenado y desengrasado .** El agua bombeada llega al compartimento denominado desarenador-desengrasador (situado dentro del módulo compacto CW-300), en el cual se retienen por flotación grasas y espumas, y se separan por decantación las arenas. Este tanque está aireado suavemente para favorecer ambos procesos, y evitar la decantación de la materia orgánica. Los sólidos separados son evacuados por bombeo.

## 5.6 Tratamiento de DOBLE ETAPA

### PREAIREACION

Desde el desarenador-desengrasador las aguas acceden a la primera etapa del tratamiento biológico. El primer compartimiento es el de preaireación, donde el oxígeno aportado junto con el sobrenadante procedente del tanque de estabilización, confieren al afluente unas características de decantabilidad que permiten alcanzar rendimientos superiores al 60% de eliminación de la  $DBO_5$ , tras la decantación primaria.

### DECANTADOR PRIMARIO

El decantador primario completa la primera etapa del tratamiento biológico. El decantador tiene fondo troncopiramidal invertido que facilita la concentración de los fangos en el fondo. El fango separado en él, es enviado al tanque de estabilización mediante bombas de emulsión.

### TRATAMIENTO BIOLOGICO

A continuación las aguas son conducidas por gravedad hacia la segunda etapa del tratamiento biológico consistente en las siguientes fases:

- 1.- Una aireación
- 2.- Una separación de los fangos
- 3.- Una recirculación, desde el decantador hasta el tanque de aireación de los fangos sedimentados, al tratarse de un proceso de fangos activos.

La aireación del líquido de mezcla, en un tratamiento biológico, tiene como objeto el suministrar el oxígeno necesario para que los microorganismos aerobios puedan realizar su ciclo vital, consumiendo la materia orgánica presente en un agua residual. Dicho oxígeno les es preciso tanto a los citados microorganismos, como a los microorganismos responsables del proceso de nitrificación.

El aporte de oxígeno se realiza mediante un grupo soplante que introduce el aire de forma uniforme mediante una parrilla de difusores inobturables de burbuja fina y de bajo mantenimiento, a fin de conseguir un máximo rendimiento y un menor coste energético.

Los difusores de burbuja fina que se instalan permiten obtener las siguientes ventajas:

- 1.- Mayor eficacia en la transferencia de oxígeno.
- 2.- Distribución uniforme de oxígeno disuelto en cualquier sección transversal del depósito de aireación.
- 3.- Menor volumen de aire a suministrar, lo cual representa un ahorro energético.
- 4.- Mejora de las características del fango resultante, permitiendo una más fácil decantación y un mejor acondicionamiento del mismo.
- 5.- Ausencia de problemas de salpicaduras, permitiendo una menor altura de resguardo en los depósitos de aireación.

## DESNITRIFICACION

Es un compartimiento anóxico incluido en la segunda etapa donde el agua procedente de la recirculación de la aireación principal y el agua del decantador primario con gran carencia de oxígeno facilita el proceso de desnitrificación.

## TANQUE DE AIREACION

Los principales tipos de reactores utilizados en el tratamiento de agua residual son los de mezcla completa, de flujo de pistón y tanque de flujo intermedio.

El que se diseña para esta instalación es el que se denomina de mezcla completa, ya que el rendimiento es mucho mayor que el de los otros tipos. Dentro del depósito se produce una mezcla íntima y uniforme del agua residual, del fango activado y del oxígeno. Este proceso es el que se adapta mejor a las puntas de carga.

## DECANTADOR SECUNDARIO

La misión del tanque de sedimentación es separar los sólidos suspendidos del líquido mezcla del agua residual tratada. Se trata del último paso en la consecución de un efluente cuyas características de contenido, en  $\text{DBO}_5$  y sólidos en suspensión, deben cumplir la normativa vigente; por tanto, representa un punto crítico en la operación de un proceso de tratamiento de fangos activados.

En este estudio se ha considerado que el mejor decantador es el de diseño rectangular y fondo troncopiramidal, que facilita la caída del fango y cuyo mantenimiento es simple y reducido. El agua residual es conducida al decantador por una tubería, por debajo del nivel del agua, a fin de que las grasas y espumas no puedan penetrar en el decantador.

La solera del tanque está dividida en varios compartimentos, cada uno de los cuales tiene una forma troncopiramidal, con una pendiente de  $60^\circ$  hacia el centro, a fin de recoger los fangos en la parte inferior, de donde se extraen para su recirculación y evacuación.

Para reducir la superficie ocupada por el decantador secundario, se disponen de unas lamelas a  $60^\circ$  por la que la experiencia determina como óptima, en el compromiso entre la vertical que facilita la limpieza, y la horizontal que proporciona la máxima superficie.

La finalidad del retorno del fango es mantener una concentración suficiente de fango activado en el tanque de aireación, de modo que pueda obtenerse el grado requerido de tratamiento en el intervalo de tiempo deseado. La recirculación del fango activado desde el decantador hacia el tanque de aireación es la característica esencial del proceso. La capacidad de bombeo de recirculación de fangos es suficiente para que no se produzcan pérdidas de fangos con el efluente.

## TRATAMIENTO DEL FANGO

Consiste en un tanque de estabilización aireado donde se mineraliza el fango biológico a la vez que se almacena. Como se ha mencionado, el sobrenadante se envía a la preaireación, mientras que el fango separado en el decantador primario junto con las purgas del tanque de aireación se conduce al tanque de estabilización.

Cuando el fango de este tanque alcanza una cierta concentración, es necesario evacuar los fangos sobrantes.

## 6. VENTAJAS DEL SISTEMA DE DOBLE ETAPA

Las ventajas del sistema de tratamiento de DOBLE ETAPA, para aguas residuales domésticas, comparándolo con los procesos convencionales, son:

- 1.- Menor superficie de terreno ocupada
- 2.- Menor necesidad de oxígeno, al eliminarse en la primera etapa un 60% de la  $DBO_5$ , con un menor aporte de oxígeno que en la aireación.
- 3.- Mayor adaptabilidad a las puntas de carga, al laminarlas en la primera etapa.
- 4.- Posibilidad de funcionamiento aislado de la primera etapa (sola) parando parte de la planta si el caudal afluente es mucho menor en determinados períodos.
- 5.- Bajo consumo energético
- 6.- Bajo coste de mantenimiento
- 7.- Bajo volumen de fango producido
- 8.- Elevado rendimiento

## 7. ELEMENTOS INTEGRANTES DE LA PLANTA MODELO CW-1000

DESARENADOR - DESENGRASADOR

TANQUE DE PREAIREACION

DECANTADOR PRIMARIO

DESNITRIFICACIÓN

TANQUE DE AIREACION

DECANTADOR SECUNDARIO

TANQUE DE ESTABILIZACION - DIGESTION

## GRUPO SOPLANTE

- 1 Ud. Grupo soplante a pistones rotativos sistema ROOT, refrigerados por aire y con acoplamiento entre el motor y el grupo soplante por correas trapezoidales o directo si coinciden las revoluciones.

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Potencia absorbida.....        | 2 x 2,70 Kw  |
| Potencia instalada .....       | 2 x 4 Kw     |
| Presión.....                   | 3,50 m.c.a.  |
| Régimen de giro del motor..... | 2.850 r.p.m. |

## CONTENEDOR

- 1 Ud. Contenedor en poliéster reforzado con fibra de vidrio, con armazón resistente de acero y recubrimiento de poliéster. Dimensiones exteriores:

|            |       |
|------------|-------|
| Largo..... | 12 m  |
| Ancho..... | 4 m   |
| Alto.....  | 3,5 m |

## EQUIPO ELECTRICO

- 1 Ud. Cuadro eléctrico de maniobra para grupo soplante con protección y control automático de la planta.

**8. OBRA CIVIL A EFECTUAR**

Para la implantación de la instalación de tratamiento de dos plantas compactas CW-1000 es necesario la realización de las siguientes obras:

- Asentamiento del contenedor y canal de desbaste sobre lecho de arena y excavación en caso de implantación semienterrada.
- Traída de agua a depurar hasta la arqueta de bombeo.
- Conducción del agua tratada hasta el punto de vertido.
- Cámara de bombeo para instalar la bomba de cabecera
- Toma de agua limpia a presión cercana a la planta.
- Traída de corriente eléctrica trifásica hasta la caseta de mandos del contenedor, protegida contra rayos.
- Toda obra civil, necesaria y no reflejada en este presupuesto.

## **EL SISTEMA DE DOBLE ETAPA**

## ASPECTOS TEORICOS

### INTRODUCCIÓN

El tratamiento de fango más comúnmente utilizado, y en especial en pequeñas instalaciones cuya población equivalente no supera los 20.000 habitantes, es el tratamiento aerobio, debido a que los procesos anaerobios no son rentables dado su elevado coste de instalación y su mayor dificultad de explotación.

Usualmente, se utilizan dos sistemas aerobios de tratamiento del fango. Por un lado, la aireación prolongada en la que el fango se estabiliza simultáneamente en el tanque de aireación, mientras que en el otro sistema, el tratamiento del fango se realiza en un tanque especial, el tanque de estabilización o digestor.

Debido a que la aireación prolongada necesita un gran volumen de tratamiento (en comparación con el sistema de Doble Etapa que se explicará más adelante), se intentará minimizar el volumen utilizando un sistema separativo de estabilización del fango.

Otra razón para desarrollar este sistema es que las pequeñas plantas de tratamiento, en particular las ubicadas en zonas turísticas, hoteles, y camping, reciben cargas muy variables, con elevadas puntas de caudal y carga. Además, las operaciones de explotación y mantenimiento de la instalación deben ser muy simples, pues bien conocido es que las plantas de tratamiento, especialmente las de pequeños Municipios, suelen obtener bajos rendimientos debido a una explotación deficiente.

En primer lugar se comentarán las generalidades de los procesos de tratamiento de un agua residual, para pasar a continuación a los fundamentos del sistema de Doble Etapa.

### PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Los procesos que se producen en una planta de tratamiento de aguas residuales se pueden clasificar en tres tipos diferentes, que, sin duda alguna se superponen y se complementan. Dichos procesos se reflejan en la figura 1.

#### **PROCESOS FISICOS**

Decantación gravedad

#### **PROCESOS QUIMICOS**

Floculación - Coagulación

#### **PROCESOS BIOLÓGICOS**

Producción de biomasa a partir de la oxidación del carbón orgánico del celular

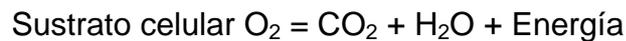
**Figura 1.-** Clasificación de los procesos que se producen en una planta de tratamiento de un agua residual.

Los procesos biológicos pueden ser descritos, simplificados mediante la siguiente ecuación:

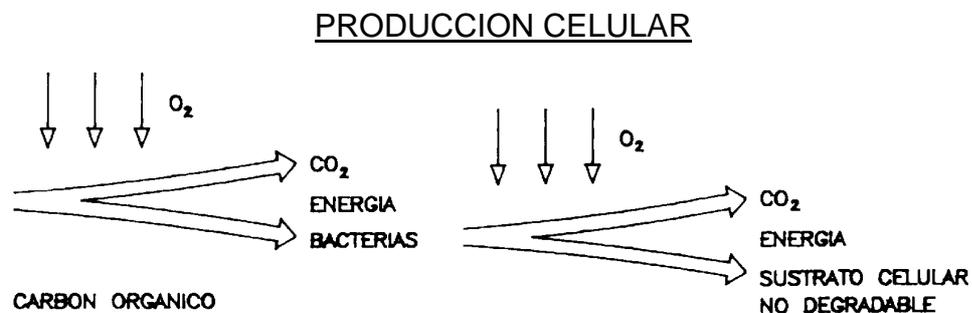
Producción de células:



Descomposición de células:



Estas ecuaciones se representan esquemáticamente en la figura 2.



**FIGURA 2**

**Figura 2.-** Representación de los procesos de producción y descomposición celular.

A continuación se comparan los distintos procesos de tratamiento de agua residual:

## COMPARACION DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO

El sistema "tradicional" de tratamiento de un agua residual consiste en cuatro pasos, en el primero de los cuales son extraídos los sólidos en suspensión decantables. El rendimiento de eliminación de este paso se sitúa entre un 25 y un 30 %, mientras que la carga orgánica se reduce en el siguiente paso, que es la aireación donde se realiza el proceso biológico.

En la figura 3 aparece el esquema del sistema "tradicional" de tratamiento.

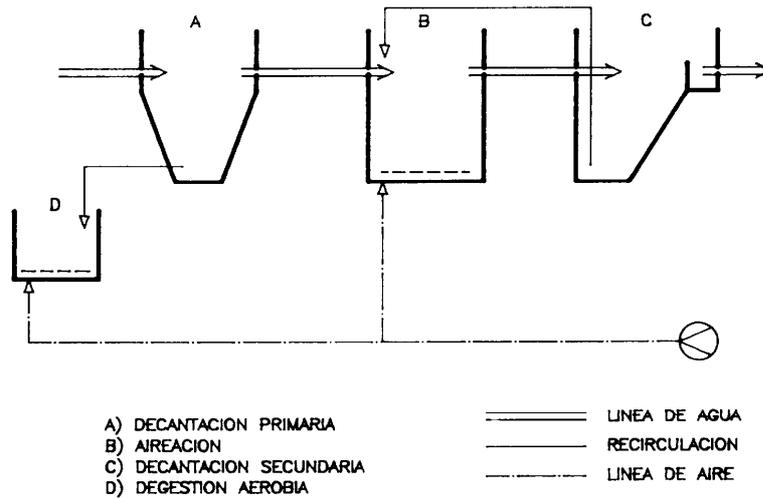


FIGURA 3

**Figura 3.-** Esquema del sistema “tradicional” de tratamiento de un agua residual.

En la aireación prolongada, que normalmente no dispone de decantación primaria, todos los procesos, salvo la decantación, se producen en un único tanque, que requiere un volumen de tratamiento muy grande debido a que las sustancias biológicamente no activas permanecen en el sistema.

En la figura 4 se representa el esquema del tratamiento denominado aireación prolongada.

**Figura 4.-** Esquema de la aireación prolongada.

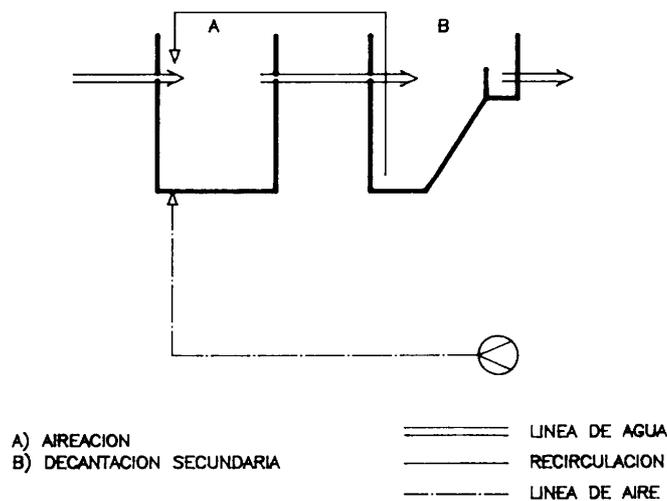


FIGURA 4

El sistema de tratamiento de doble etapa se puede esquematizar como aparece en la figura 5.

En él, en la primera etapa se eliminan los sólidos decantables y se reducen los sólidos en suspensión, e incluso los coloides, mientras que en la segunda etapa es donde se realiza el proceso de tratamiento biológico propiamente dicho, y la oxidación del sustrato celular.

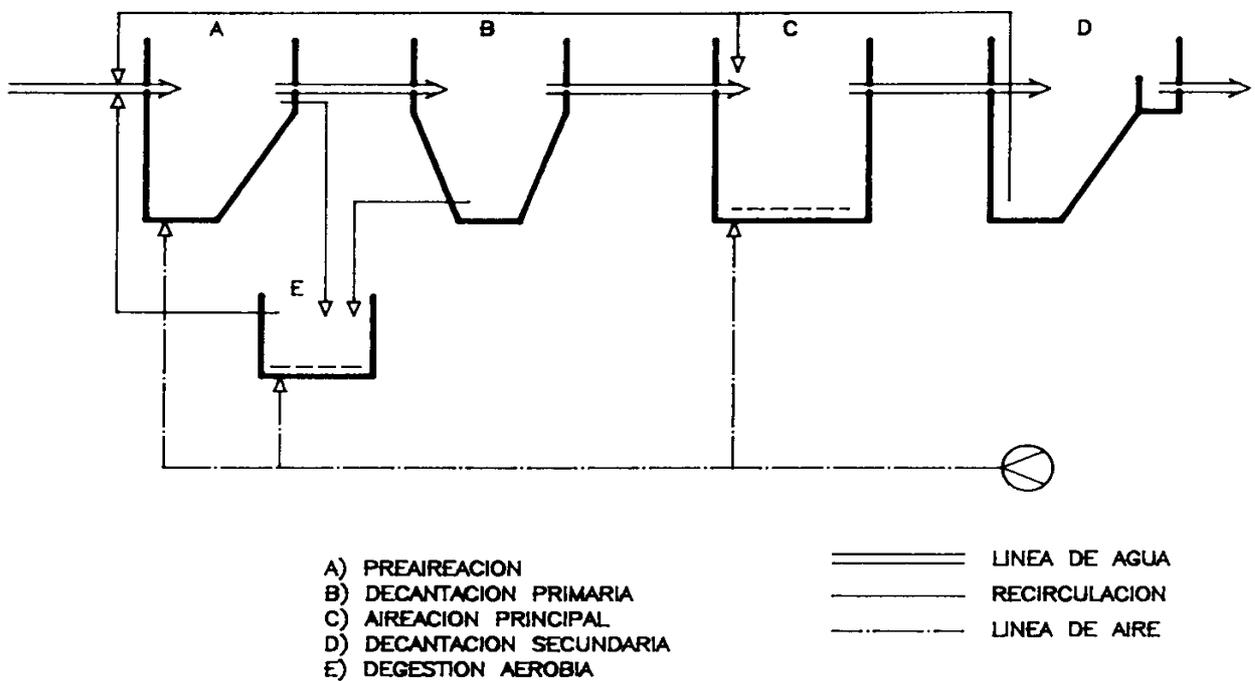
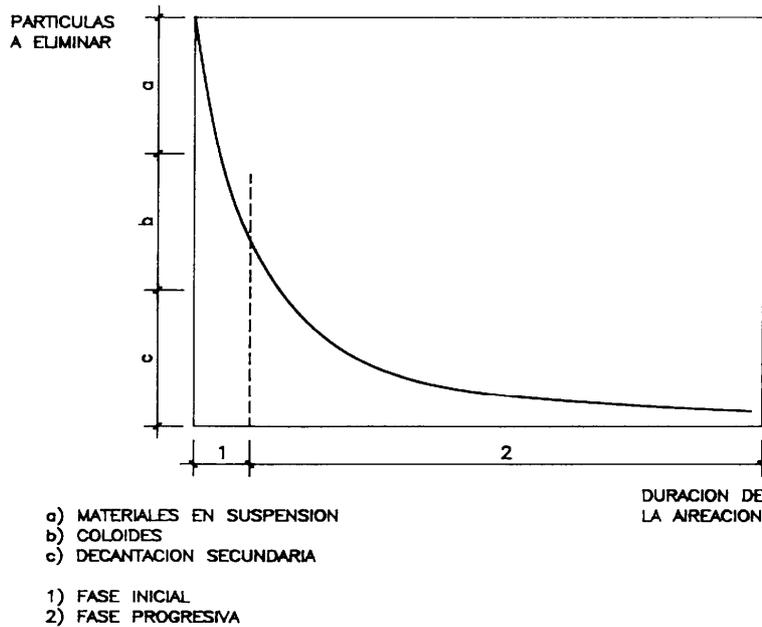


FIGURA 5

**Figura 5.-** Esquema del proceso de tratamiento de doble etapa.

La eficacia de la primera etapa puede superar un 60% mediante procesos físico químicos, que permiten reducir el volumen necesario para el tratamiento y minimizar el consumo energético, obteniendo un proceso de alta carga, de gran estabilidad y un efluente de baja concentración de carga orgánica.

El proceso de tratamiento de un agua residual, en un experimento por etapas demuestra que dicho proceso se produce en dos etapas (Fig. 6).



**FIGURA 6**

**Figura 6.-** Ensayo por etapas

1. Un proceso de depuración inicial, el cual consiste principalmente en una absorción y almacenaje de la materia orgánica en suspensión por el fango activado. Esta etapa se consigue con solamente 10 minutos de tiempo de contacto.
2. Un proceso de depuración avanzado, que radica en la degradación de la materia orgánica y de los compuestos orgánicos disueltos produciendo sustrato celular nuevo, CO<sub>2</sub>, y agua. En comparación con el inicial, el proceso precisa un tiempo mucho mayor.

El efecto del rapidísimo proceso inicial ha sido ya demostrado por varios experimentos.

El resultado, es que, se puede alcanzar un rendimiento de eliminación de la  $DBO_5$  situada entre el 60 y el 80 % mediante un tiempo de aireación muy corto, una alta carga orgánica y una elevada carga de fango. En definitiva se trata de un proceso de alta carga, en el que un incremento de la carga de fango conlleva una disminución de la descomposición biológica de la materia orgánica y la eliminación de la carga orgánica es fundamentalmente debido a procesos físico-químicos.

Este fenómeno es la base del sistema de tratamiento doble etapa, que fue demostrado por los experimentos desarrollados por Whurmann, quien llegó a la siguiente conclusión.

“Con una carga de fango superior a unos 5 Kg  $DBO_5$ /Kg SSVLM se puede obtener una eliminación del carbón orgánico mediante procesos independientes de la producción de fango, lo que significa que los procesos físico-químicos tales como floculación, coagulación y, eventualmente, adsorción, son los responsables del tratamiento”

En el sistema de Doble Etapa, el fango se utiliza como una sustancia floculante y parcialmente adsorbente. El exceso de fango de la segunda etapa, junto con el sobrenadante del digestor se utilizan para este propósito.

Este fango tiene unas buenas condiciones de decantabilidad en el decantador primario debido al elevado grado de mineralización que presenta el fango procedente del digestor. Además en la preaireación se produce un ahorro energético favorecido por el alto contenido de oxígeno disuelto procedente del digestor.

Mediante una operación discontinua durante las horas puntas de carga y una extracción del sobrenadante del digestor durante las horas de baja carga (generalmente nocturnas) es posible alcanzar un cierto empaquetamiento o compacidad del fango en el digestor, que es necesario para ahorrar volumen.

El fango activado de las plantas de tratamiento mediante este sistema de doble etapa tiene una avanzada edad y una alta actividad específica, ya que las sustancias no activas son eliminadas en la primera etapa.

Esta avanzada edad del fango posibilita el desarrollo de los microorganismos autótrofos y de crecimiento lento, con lo que se favorece la nitrificación y la descomposición de las sustancias degradables a largo tiempo.

Otras ventajas del sistema de Doble Etapa son su gran capacidad de absorber puntas de carga orgánica, que son laminadas en la primera etapa gracias al elevado rendimiento, con incremento de la carga orgánica de forma que la carga de la segunda etapa sufra pequeñas variaciones.

Para el decantador secundario se ha previsto la colocación de lamelas que permiten ahorrar volumen y superficie.

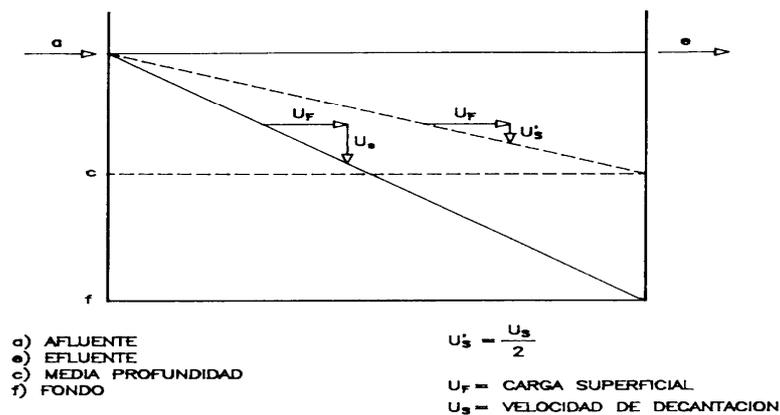
Para ilustrar la función de las lamelas, se deben estudiar los principios que rigen la separación de las partículas del agua.

Dos factores son los más significativos (figura 7):

1. La velocidad de decantación de las partículas debe ser mayor que la carga superficial.
2. Las partículas quedan retenidas si su trayectoria incide contra uno de los separadores o límites del decantador, como por ejemplo el fondo del decantador.

En el caso de la figura 7, las partículas retenidas son aquellas cuya velocidad de decantación es "Ms". Si a este decantador se añade una placa intermedia a la mitad de la profundidad, las partículas que se separan son las que tienen una velocidad de decantación  $M_s = M_s/2$ .

**Figura 7.-** Decantabilidad de las partículas.



**FIGURA 7**

La importancia de esta placa intermedia fue demostrada por Hazen, que concluyó que la distancia entre las placas intermedias puede estar en el rango de los centímetros.

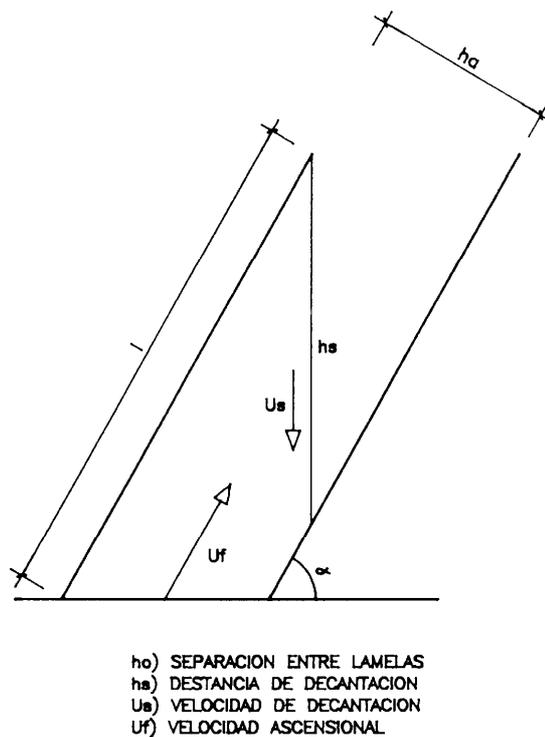


FIGURA 8

La aplicación de esta idea a la tecnología del tratamiento del agua residual tardó mucho tiempo en llevarse a cabo. No fue hasta hace unos 10 años que la aplicación de las lamelas se ha empezado a desarrollar.

**Figura 8.-** Aplicación de las lamelas en la decantación

El efecto de separación de las lamelas se obtiene de la ecuación siguiente:

$$M_s = \frac{h_0 \cdot 4F}{W5d}$$

El resultado de esta ecuación es que la capacidad de separación es una función de la relación entre la distancia entre lamelas y la longitud de las lamelas, lo que significa que la capacidad de separación aumenta con la disminución de la distancia entre placas y con un incremento de la longitud de las lamelas. O dicho de otro modo, la eficacia disminuye si la pendiente aumenta.

Debido a las características del fango activado de una planta de tratamiento de aguas residuales, el ángulo de las lamelas con la horizontal de  $60^\circ$  para garantizar que el fango desliza hacia el fondo y no produce incrustaciones ni obturaciones.

La doble etapa favorece que en el sistema de Doble Etapa exista sólo fango activo biológico, que debe estar continuamente en circulación para mantener la concentración del líquido de mezcla en el tanque de aireación. Por tanto, no se precisa la función de almacenamiento temporal de fango que usualmente desempeña el decantador secundario. Este hecho junto con la aplicación de las lamelas proporciona una reducción tanto de volumen como de superficie.

**Tabla 1.** Comparación entre la aireación prolongada y el sistema de Doble Etapa.

| Proceso                       | $B_r$<br>(Kg DBO/m <sup>3</sup> ) | $B_{ts}$<br>(Kg DBO/kg SSVLM) | $\eta$<br>(%) | $V$<br>(m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------|
| <u>Aireación Prolongada</u>   |                                   |                               |               |                          |
| Aireación                     | 0,26                              | 0,05                          | 95            | 48,0                     |
| <u>Sistema de Doble Etapa</u> |                                   |                               |               |                          |
| Preaireación                  | 6,0                               | 1                             | 60            | 2,0                      |
| Decantación primaria          |                                   |                               |               | 2,5                      |
| Aireación                     | 0,5                               | 0,15                          | 85            | 9,6                      |
| Digestor                      |                                   |                               |               | 4,9                      |
|                               |                                   |                               | Total:        | 19,0                     |

$B_r$  = Carga orgánica  
 $B_{ts}$  = Carga de fango  
 $\eta$  = Rendimiento  
 $V$  = Volumen

Como ejemplo, se comparan las necesidades de volumen y superficie de la aireación prolongada y el sistema de doble etapa, sin considerar la decantación secundaria que en ambos casos puede realizarse con o sin lamelas.

Tal como se puede apreciar en la tabla 1, se puede considerar que el proceso general de tratamiento de agua residual que se ha estado describiendo anteriormente persigue esencialmente reducir el volumen de tratamiento.

Esta reducción del volumen permite instalar el proceso de tratamiento en un contenedor, dentro de unos costes asequibles.

Todos los equipos necesarios para el proceso se colocan en el contenedor, con lo que la obra civil se reduce a la excavación.

Los sistemas especiales de control facilitan las operaciones de explotación y mantenimiento, que se reducen a la limpieza periódica de la instalación y a la extracción de fango del digestor de vez en cuando, que puede ser utilizado como fertilizante.

**ASPECTOS PRACTICOS**

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta exposición se centrará en los aspectos prácticos del sistema de tratamiento de Doble Etapa, cuyos pormenores teóricos acabamos de comentar.

Los puntos principales que se tratarán son:

- Los aspectos constructivos.
- Los equipos.
- La explotación y mantenimiento.

## ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

El sistema de tratamiento de Doble Etapa, por lo ya comentada reducción de superficie respecto al tratamiento convencional por aireación prolongada, y por la necesaria conectividad entre los distintos compartimentos, puede instalarse en una planta compacta.

Como su nombre indica, la planta compacta consiste en un tanque con divisiones interiores de modo que la separación entre compartimentos sea mínima, por lo que la superficie total ocupada es también mínima.

Esta gran ventaja de la compacidad se puede aprovechar tanto en obra civil como en plantas prefabricadas contenerizadas.

Los aspectos constructivos de las plantas en obra civil, tanto las compactas como las extendidas, son parecidos.

De entre los detalles más relevantes, cabe destacar:

1. Un recubrimiento de 5 cm para proteger la armadura especialmente en el paramento interior donde el ambiente es muy agresivo.
2. Un vibrado minucioso y un curado generoso, para garantizar un buen acabado de hormigón, en particular en la zona del recubrimiento.
3. Un encofrado metálico o con madera de primera calidad y uso, para asegurar una superficie del hormigón totalmente lisa.
4. Una cuidada colocación de las cintas de PVC en la formación de las juntas, tanto de hormigonado como de dilatación, caso de que se precisen.

5. Una correcta disposición de dichas juntas, evitando las aristas verticales por la dificultad de colocación que entrañan, pero sin rehuir la horizontal que queda entre la solera y los paramentos verticales.
6. Una continuada comprobación de las cotas, tanto de coronación y fondo, como de los pasamuros.
7. Una gran horizontalidad de los fondos de los tanques aireados (preaireación, aireación y digestor), con el fin de facilitar el montaje de la parrilla de difusores.

Si bien es cierto que todos estos detalles constructivos son aplicables a la obra civil de cualquier planta de tratamiento, no lo es menos que cobran especial importancia en el sistema de Doble Etapa.

Por lo que a las plantas prefabricadas se refiere, en la actualidad son de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con un esqueleto formado por perfiles laminados en acero debidamente protegido con pintura de poliéster. Todas las tuberías son de acero Inoxidable.

Las ventajas del poliéster son:

Los productos Y subproductos producidos durante el proceso de tratamiento no alteran las propiedades del poliéster.

1. Inatacabilidad.
2. Larga duración. El poliéster no se oxida.
3. Ausencia de mantenimiento específico.
4. Impermeabilidad absoluta.
5. Bajo peso.
6. Gran adaptabilidad a formas y dimensiones.

El proceso constructivo que se sigue en las instalaciones de SANIFUTUR para la fabricación de una planta prefabricada contenerizada compacta, se expone a continuación.

En primer lugar, se construye un entramado con perfiles metálicos de acero laminado en caliente, formando la base y los paramentos verticales del futuro contenedor. A continuación se pintan estos perfiles y posteriormente se recubren con poliéster reforzado con fibra de vidrio, con el fin de evitar su oxidación.

Posteriormente, se colocan las placas de poliéster que formarán los depósitos propiamente dichos y en definitiva garantizarán la estanqueidad del contenedor.

Finalmente se pinta el poliéster para darle un acabado de mejor aspecto estético.

Una vez construido el contenedor o la obra civil, se montan todos los equipos, tuberías, válvulas que en el caso del contenedor quedan solidariamente fijados a él. Además, la caseta de mando y control va ubicada dentro del contenedor.

Las ventajas de las plantas de tratamiento prefabricadas compactas son, además de las derivadas de la utilización del poliéster son:

1. La obra civil queda reducida a la excavación.
2. La instalación es muy sencilla y de rápida ejecución.
3. El reducido espacio que ocupan.
4. La posibilidad de cambiarla de ubicación, si en un lugar ha dejado de prestar servicio.
4. La adaptabilidad de puertas y rejillas de ventilación.

A continuación se expondrán y mostrarán los equipos más usualmente utilizados en este tipo de plantas.

## **EQUIPOS**

En primer lugar cabe diferenciar según el tamaño las plantas pequeñas de las grandes, que también se refleja en su equipamiento. A continuación se comentarán los equipos a instalar en una planta de tratamiento grande, haciendo mención especial para las pequeñas cuando la diferencia sea notable.

Siguiendo la línea de agua, y sin considerar la necesidad o no de un bombeo previo, el primer proceso unitario es el desbaste.

En él, según el tamaño de la planta se instalan o bien dos rejías, una de gruesos y una de finos, o bien una reja de gruesos y un tamiz, a ser posible estático.

Las ventajas del tamiz estático son:

1. La ausencia de partes móviles sumergidas.
2. La retención de sólidos de menor tamaño.
3. Un efectivo y alto rendimiento de eliminación  $DBO_5$
4. Un mantenimiento de bajo coste.

A continuación, el desarenador-desengrasador va equipado con difusores y bombas de emulsión, todo ello aprovechando el aire suministrado por los soplantes.

Los tanques donde se produce la preaireación, la aireación y la digestión aerobia, van provistas de una red de distribución de aire formado por tubos de barras de acero galvanizado en caliente y por difusores de membrana expandible acero inoxidable. Cada una de las bajantes va provista de válvula para facilitar la uniformidad de burbuja en cada uno de los tanques, Los difusores que se utilizan tienen la sección transversal. La gran ventaja de estos difusores radica en la sencillez de un montaje y consecuentemente su recambio. Son difícilmente obturables y proporciona una burbuja fina.

En los decantadores, tanto el primario como el secundario, se instalan bombas de emulsión para la recirculación del fango, que se automatiza mediante electro válvulas reguladas por tiempo.

Quedan por comentar los equipos generales. De entre ellos cabe destacar:

1. Los grupos soplantes.

Opcionalmente puedan instalarse los siguientes equipos:

2. Soplante de reserva.
3. Un medidor de caudal, situado tras el desarenador para evitar que las arenas interfieran en la sección del canal de medida.
4. Medidores de oxígeno disuelto, provistos de una sonda autolimpiante que alarga el tiempo entre calibrados.
5. Dos convertidores de frecuencia, capaces de regular la velocidad de los soplantes a partir de la medida de oxígeno disuelto, ajustando el aporte de aire en función de las necesidades reales de oxígeno. La consecuencia es un ahorro energético.

En la línea de fango, independiente del sistema de Doble Etapa, se suele instalar un puente rascador en el espesador y un filtro banda para secado del fango. En plantas pequeñas que no exista línea de fangos se incorporará un espesador de fango de poliéster. Mediante cuba se retirará el fango para llevar a tratar en otra planta.

Este filtro incorpora el centrado automático de telas, el lavado de las mismas, y la regulación de la compresión, Junto con el filtro banda se coloca un depósito mezclador donde preparar el polielectrolito y una bomba dosificadora.

Por lo que a cuadros eléctricos se refiere, además de las protecciones fijadas por la normativa vigente, se incluye:

- Temporizadores para las electro válvulas.
- Un cuadro sinóptico (En pequeñas plantas es opcional)
- En las plantas que se aplica control informático, un sistema automático de aviso de alarma mediante llamada telefónica o vía radio en caso de que no haya nadie en la planta de tratamiento.
- Un ordenador que registra los valores de los parámetros medidos y las incidencias ocurridas.

## **EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO**

El objetivo principal de la instalación de todos los equipos mencionados radica en la reducción de los costes de mano de obra en la explotación y el mantenimiento, gracias al alto grado de automatización de la planta.

Las operaciones básicas de explotación y mantenimiento se reducen a:

1. Limpieza general de la planta (D).
2. Inspección visual del correcto funcionamiento de todos los equipos, observación realizada en el cuadro sinóptico (D).
3. Operación del filtro banda (D).
4. Revisión de los niveles de aceite de los soplantes (S).
5. Estudio de los valores registrados de los parámetros medidos (S).
6. Análisis (S).
7. Pruebas de todos los equipos de reserva, así como de todas las alarmas (M).

En las plantas de pequeños municipios, estas operaciones se reducen a la limpieza, la inspección visual directa, la revisión de los niveles, los análisis y las pruebas de los equipos de reserva.

**VENTAJAS DEL SISTEMA DE DOBLE ETAPA**

Las ventajas del sistema de Doble Etapa se resumen a continuación:

1. Funcionamiento automatizado.
2. Mínimo espacio ocupado.
3. Capacidad de absorber ciertas puntas de caudal y de carga, sin perjuicio notable del fango.
4. Sencillez de explotación y mantenimiento.
5. Bajo coste de explotación, comparado con tratamientos tradicionales.
6. Buen aprovechamiento del oxígeno aportado.
7. Difusores de bajo mantenimiento no obturables, incluso frente a paradas estacionales.
8. Alto rendimiento de eliminación de la DBO<sub>5</sub> disuelta, incluso frente a variaciones de la carga afluente.
9. Excelente relación rendimiento - volumen ocupado.
10. Ausencia de partes móviles en contacto con el líquido de mezcla.
11. Producción mínima de fango.

**VENTAJAS DE LAS PLANTAS EN CONTENEDOR**

Para las plantas compactas contenerizadas, se pueden añadir las siguientes ventajas:

1. Caseta, compresores y cuadro de mandos incorporados.
2. Tiene una forma rectangular que facilita el transporte y un mejor aprovechamiento del espacio ocupado.
3. Tanques interiores rectangulares que permiten una disposición homogénea de los difusores.
4. Facilidad de ampliación del servicio implantando dos o tres módulos para el mismo tratamiento.
5. Posibilidad de cambio de emplazamiento de la planta.
6. Gran durabilidad del equipo por su calidad.