



## Depuradoras del Alto Duero (Soria)

Vinuesa

Covaleda

Duruelo de la Sierra

Abejar

Molinos de Duero

## Waste water treatment plants in Alto Duero (Soria)

**E**l proyecto de depuración de las poblaciones del Alto Duero incluye la construcción de cinco nuevas estaciones depuradoras de aguas residuales en la provincia de Soria: Vinuesa, Covaleda, Duruelo de la Sierra, Abejar y Molinos de Duero.

Las cinco depuradoras prestan servicio a un total de más de 20.000 habitantes equivalentes en verano y casi 8.400 en invierno. Y en conjunto tienen una capacidad de tratamiento de 3.690 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales en verano y de 1.675 m<sup>3</sup> en invierno.

Estas obras están incluidas en el Plan Nacional de Depuración y Saneamiento, en el Plan Hidrológico Nacional y forman parte del Plan de Actuaciones Especiales para Soria puesto en marcha en 2005. La inversión realizada ha ascendido a casi 10 millones de euros, financiados por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino a través de la Confederación Hidrográfica del Duero. Su construcción fue adjudicada a la empresa DRACE medioambiente.

El proceso de depuración implementado en todas ellas tiene pocas diferencias, únicamente en el tratamiento biológico, ya que para las cuatro plantas depuradoras mayores se ha diseñado un sistema ABJ® ICEAS, mientras que en el caso de Molinos de Duero se trata de un proceso de oxidación prolongada con decantadores lamelares.

La puesta en marcha de estas depuradoras a lo largo de los últimos meses ha permitido mejorar la calidad de las aguas del embalse de La Cuerda del Pozo, del que se abastecen distintas localidades sorianas además de la propia capital, al evitar que las poblaciones situadas aguas arriba viertan sus aguas residuales directamente al río Duero y sus afluentes.

**T**he waste water treatment project for the towns of Alto Duero encompasses the construction of five new waste water treatment plants in the province of Soria: Vinuesa, Covaleda, Duruelo de la Sierra, Abejar and Molinos de Duero.

*The five plants service a total population equivalent of over 20,000 inhabitants in summer and almost 8,400 in winter. The plants have a combined treatment capacity of 3,690 m<sup>3</sup>/day of waste water in summer and 1,675 m<sup>3</sup> in winter.*

*These works are included in the National Sewerage and Water Treatment Plan, in the National Hydrological Plan and they form part of the Special Action Plan for Soria, which was put into operation in 2005. Total investment amounted to almost euro 10 million and the funding was provided by the Ministry of the Environment and Rural and Marine Affairs through the Hydrographical Confederation of the Duero. The contract for the construction of the plants was awarded to DRACE medioambiente.*

*The treatment processes at the five plants are very similar, with the only difference being in biological treatment. At the four largest plants, an ABJ® ICEAS system has been designed, while at the Molinos de Duero plant, an extended oxidation process with lamellar settlers is implemented.*

*The coming on line of these plants over the course of recent months has enabled an enhancement of the water quality of the La Cuerda del Pozo reservoir; from which different Soria towns and indeed the regional capital itself are supplied. This is because it avoids a situation in which upriver towns evacuate their waste water directly into the River Duero and its tributaries.*

# Nuestra actividad al servicio de la naturaleza

**DRACE**  
medioambiente

**Tratamiento de aguas potables · Desalación · Depuración y reutilización  
Procesos de biosólidos y residuos · Energías renovables · Tratamiento del aire  
O&M / Explotación · I+D + i**

DRACE *medioambiente*, cuenta con más de 30 años de experiencia en el campo del diseño, la construcción y la operación de todo tipo de instalaciones dedicadas tanto al tratamiento de aguas como al sector de los residuos.

Nuestra clave es la aplicación global de las innovaciones técnicas en el diseño, construcción y ejecución de proyectos ofreciendo un variado abanico de actividades y la obtención de la mayor calidad en los resultados.

## DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

En líneas generales, el proceso de tratamiento para las cinco depuradoras incluidas en este proyecto es similar. La mayor diferencia estriba en el tratamiento biológico; para las cuatro plantas de mayor capacidad (Vinuesa, Covalada, Duruelo y Abejar) se ha implementado el proceso ABJ® ICEAS, mientras que en el caso de Molinos de Duero el proceso consiste en una oxidación prolongada con decantadores lamelares.

Todos los elementos de cada estación depuradora, excepto los reactores biológicos, se cobijan en un único edificio de planta rectangular, que está convenientemente desodorizado. El centro de transformación se ubica en el exterior. La zona de control, los despachos, vestuarios, aseos, etc. se encuentran agrupados dentro del citado edificio.

Las instalaciones de cada EDAR se completan con las oportunas redes de agua potable e industrial, aire comprimido, vaciados, etc., los equipamientos precisos de taller, repuestos, mobiliario y elementos de seguridad, las instalaciones eléctricas correspondientes, instrumentación, sistema de control, etc. e incluso con un laboratorio centralizado en la EDAR de Vinuesa.

### Colectores e impulsores

Las aguas residuales procedentes de las diferentes poblaciones llegan a las depuradoras a través de una red de colectores e impulsiones de nueva construcción, que cuentan con una longitud total de casi 7.500 m, con un diámetro que oscila entre los 65 y 400 mm.

Para cada una de las EDAR se han dispuesto los siguientes colectores:

- Vinuesa: Los colectores recogen las aguas residuales del núcleo urbano,



el polígono industrial y un camping situado al norte de la población, y las conducen a dos estaciones de bombeo desde donde se impulsan hasta la planta.

- Covalada: Un único colector recoge los vertidos de un bar y servicios del camping situados en las proximidades de la planta y que no están conectados al colector general, finalizando en el pozo de entrada de la propia depuradora, el cual está equipado con una reja de 40 mm.
- Duruelo: Los colectores existentes del núcleo urbano se unen en uno solo que discurre hasta la obra de entrada de la EDAR. Existe un segundo colector para los vertidos del polígono industrial de Santa Ana.
- Abejar: Para captar y conducir las aguas residuales originadas en Abejar se dispone de dos colectores para recoger las aguas residuales originadas, por un lado, en el polígono y la vertiente urbana del oeste, y por otro, en la vertiente urbana del este y del polígono industrial antiguo.
- Molinos de Duero: En este caso se ha reemplazado la antigua fosa séptica por una estación de bombeo que las impulsa hasta la depuradora. Esta estación incluye, además de la cámara de bombas, un pozo de gruesos.

### Estaciones depuradoras

A continuación se describen conjuntamente las instalaciones de las cuatro depuradoras de mayor capacidad, citando las peculiaridades de cada una de ellas, y separadamente se describe la EDAR Molinos de Duero por tener un diseño diferente.

Es importante destacar que en la mayoría de las poblaciones existían antiguamente depuradoras que no funcionaban correcta y eficazmente, y por lo tanto han tenido que ser demolidas para implantar las nuevas instalaciones.

Vinuesa, Covalada, Duruelo y Abejar

### Línea de agua

#### Obras de conexión con la EDAR

Las obras de conexión con cada una de las EDAR se realiza mediante las oportunas obras de llegada, dotadas de aliviadero de seguridad para permitir evacuar el caudal sobrante que llega de los colectores y también realizar el by-pass total de las plantas.

El aislamiento general de cada planta se efectúa por medio de una compuerta que da paso al pozo de gruesos.

Tabla 1. Bases de partida y características del agua bruta en cada EDAR

|                       | Población servida<br>(hab. equivalentes) |        | Caudal medio<br>(m³/día) |        | Calidad del agua bruta |      |               |      |                         |      |                |      |              |      |
|-----------------------|--|--------|--------------------------|--------|------------------------|------|---------------|------|-------------------------|------|----------------|------|--------------|------|
|                       |  |        |                          |        | DBO5*<br>(mg/l)        |      | SS*<br>(mg/l) |      | DQO estimado*<br>(mg/l) |      | NTK*<br>(mg/l) |      | P*<br>(mg/l) |      |
|                       | Invierno                                 | Verano | Invierno                 | Verano | Inv.                   | Ver. | Inv.          | Ver. | Inv.                    | Ver. | Inv.           | Ver. | Inv.         | Ver. |
| EDAR Vinuesa          | 1.835                                    | 6.500  | 300                      | 1.130  | 365                    | 345  | 395           | 375  | 730                     | 690  | 60             | 60   | 12           | 12   |
| EDAR Covalada         | 3.080                                    | 5.950  | 560                      | 940    | 330                    | 380  | 360           | 410  | 660                     | 760  | 55             | 63   | 7            | 12   |
| EDAR Duruelo          | 2.250                                    | 3.000  | 450                      | 600    | 300                    | 300  | 310           | 310  | 600                     | 600  | 50             | 50   | 6            | 6    |
| EDAR Abejar           | 645                                      | 3.500  | 180                      | 700    | 215                    | 300  | 230           | 310  | 430                     | 600  | 35             | 50   | 7            | 10   |
| EDAR Molinos de Duero | 525                                      | 1.600  | 185                      | 320    | 170                    | 300  | 170           | 300  | 340                     | 600  | 30             | 50   | 6            | 10   |

\* Concentraciones medias

### Pozo de gruesos

El pozo de gruesos en cada una de las plantas se ha dimensionado con el mismo tamaño: 2,30 m de longitud, 1,60 m de anchura, 0,93 m de altura trapezoidal y 0,15 m de altura recta a caudal punta de verano, proporcionando un volumen total de 2,46 m<sup>3</sup>.

Todos ellos se han equipado con una cuchara bivalva hidráulica, marca Blug, para extraer los residuos sedimentados de gran tamaño, los cuales se evacúan a un contenedor.

A la salida de estos pozos se han dispuesto, además, rejas de gruesos con una luz de paso de 50 mm.

### Bombeo de agua bruta

Tras su paso por el pozo de gruesos, las aguas residuales que llegan a cada una de las depuradoras son impulsadas al siguiente paso de tratamiento mediante 3 bombas sumergibles cuyo caudal varía en cada planta. En el caso de Vinuesa se trata de bombas sumergibles de 50,00 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario a 7,40 mca, en Covaleda son de 40,00 m<sup>3</sup>/h a 7,80 mca, en Duruelo admiten un caudal unitario de 30,00 m<sup>3</sup>/h a 9,40 mca, y en Abejar 30,00 m<sup>3</sup>/h pero a una altura manométrica de 7,00 mca.

Todas las bombas instaladas tienen una potencia unitaria de 2,20 kW y su funcionamiento está regulado por variador de frecuencia y por medidor de nivel ultrasónico del pozo de bombeo.



### Tamizado de sólidos

El tamizado de sólidos finos se realiza en las cuatro plantas mediante 2 tamices rotativos autolimpiables de 2,50 mm de luz de malla. Un tornillo transportador-compactador los vierte a un contenedor de 800 l de capacidad.

El efluente resultante se conduce a continuación a una cámara de distribución que reparte el caudal a cada uno de los reactores biológicos, mediante válvulas motorizadas.

### Tratamiento biológico

En cada una de las cuatro depuradoras se ha configurado el tratamiento biológico en base al proceso biológico de fangos activos con aireación prolongada diseñado y patentado por ITT Sanitaire denominado ABJ® ICEAS (Sistema de Aireación Prolongada de Ciclo Intermitente). Se trata de un sistema biológico de tratamiento basado en el control de tiempos, sencillo de operar, totalmente automático, ampliable fácilmente, que responde a las variaciones de caudal y carga, y además produce un efluente de alta calidad. Los procesos de oxidación biológica, nitrificación, desnitrificación, eliminación de fósforo y separación de líquidos y sólidos, se llevan a cabo continuamente en un mismo reactor.

Cada planta cuenta con 2 reactores rectangulares cuyo volumen es el necesario para realizar el proceso de nitrificación-desnitrificación y, con la adición de cloruro férrico, conseguir la precipitación química del fósforo. No obstante, el sistema ha sido diseñado para poder tratar todo el flujo de agua con uno de los reactores fuera de servicio.

Las dimensiones de estos reactores difieren en cada una de las EDAR, quedando de la siguiente manera:

- Vinuesa: 23,60 m de longitud por 7,70 m de anchura y 5,93 m de altura útil, proporcionando un volumen unitario de 1.078,00 m<sup>3</sup> y una carga másica de 0,068-0,025 kg/día/kg MLSS, con lo que se consigue un rendimiento del 75%.
- Covaleda: 21,60 m x 5,40 m x 5,75 m, proporcionando un volumen unitario de 670,68 m<sup>3</sup> y una carga másica de 0,074 kg/día/kg MLSS, suficiente para alcanzar un rendimiento del 78%.
- Duruelo: 14,90 m x 5 m x 4,91 m, proporcionando un volumen unitario de 366 m<sup>3</sup> y una carga másica de 0,074 kg/día/kg MLSS. El rendimiento obtenido es de un 75%.
- Abejar: 16,80 m x 5,50 m x 4,92 m, proporcionando un volumen total de 455 m<sup>3</sup> y una carga másica de 0,074 kg/día/kg MLSS. El rendimiento también es de un 75%.

Cada reactor está dividido mediante una pared deflectora no hidrostática en dos zonas: reactor preliminar y reactor principal.

Las aguas residuales llegan continuamente hacia la zona preliminar aireada, que actúa como selector biológico para potenciar la proliferación de los organismos deseables (bacterias formadoras de flóculos) y minimizar al



mismo tiempo el crecimiento de las bacterias filamentosas -causantes del bulking y de la mala sedimentación-, además de distribuir el caudal de una manera homogénea y sin cortocircuitos hidráulicos.

Desde dicha zona preliminar, y a través de unas aberturas en la zona inferior de la pared deflectora, pasan al reactor principal, donde se produce la disminución de DBO y la nitrificación.

Con el objetivo de conseguir la correcta homogeneización del licor mezcla en los periodos anóxicos, los reactores disponen de agitadores sumergidos ITT Flygt, construidos totalmente en acero inoxidable.

La aportación de aire a los reactores biológicos se efectúa mediante 2 (1+1R) soplantes cuyo caudal unitario depende en cada una de las EDAR (960,00 Nm<sup>3</sup>/h a 7,00 mca en Vinuesa, 935 Nm<sup>3</sup>/h a 7,00 mca en Covaleda, 405 Nm<sup>3</sup>/h a 6 mca en Duruelo y 650,00 Nm<sup>3</sup>/h a 6,00 mca en Abejar.

La distribución de dicho aire por todo el reactor biológico se realiza por medio de parrillas de difusores de burbuja fina ITT Sanitaire de 9" de diámetro. El número de difusores instalados por reactor es: 258 en Vinuesa, 245 en Covaleda, 104 en Duruelo y 164 en Abejar. Con este sistema se consigue optimizar la transferencia de oxígeno en el agua, es decir, minimizar el consumo energético.

La purga de fangos se produce desde el reactor principal al final de la fase de vaciado, cuando la concentración de sólidos en el fango es mayor. Éstos se impulsan al espesador mecánico mediante 2 bombas sumergibles ITT Flygt (una por reactor) de 15,00 m<sup>3</sup>/h de caudal a 6 mca en el caso de Vinuesa, 13 m<sup>3</sup>/h a 6 mca en Covaleda, y 10 m<sup>3</sup>/h a 6 mca en Duruelo y Abejar.



EDAR de Duruelo de la Sierra

El agua clarificada que queda en la parte superior de los reactores se vacía con el decantador móvil ABJ, un equipo de construcción robusta en acero inoxidable que además dispone de un flotador para prevenir el arrastre de flotantes/espumas. Así, el efluente pasa a través de este decantador, cuyo motor dispone de un variador de frecuencia que adecua la velocidad de descarga, hacia la cámara de recogida de efluentes.

#### Eliminación del fósforo por vía química

Para la eliminación del fósforo por vía química se ha proyectado una instalación de almacenamiento y dosificación del cloruro férrico en cada una de las plantas. Constan básicamente de los siguientes elementos:

- 2 depósitos de almacenamiento en PVC de 1.000 l de capacidad en Vinuesa y Covaleda, y 450 l en Abejar. En Duruelo se ha instalado un único depósito de 450 l.
- 3 bombas dosificadoras de pistón-membrana de caudal unitario 1,5-15 l/h a 5 bar de contrapresión en Vinuesa, Covaleda y Abejar, y de 0,4-4 l/h a 5 bar en Duruelo.

#### Depósito y vertido de agua tratada

Por último, previamente a su vertido al río, el agua tratada se almacena en un depósito de las siguientes capacidades para cada una de las depuradoras: 21 m<sup>3</sup> en Vinuesa, 30 m<sup>3</sup> en Covaleda, 18 m<sup>3</sup> en Duruelo y 17 m<sup>3</sup> en Abejar. De estos depósitos aspiran las bombas de los grupos de agua a presión.

#### Línea de fangos

Los fangos producidos en el proceso de depuración se estiman en unos

### DESCRIPTION OF THE FACILITIES

*In general terms, the treatment process for the five plants in the project is similar. The greatest difference resides in the area of biological treatment. For the four plants with the highest capacity (Vinuesa, Covaleda, Duruelo y Abejar), the ABJ® ICEAS process has been implemented, whereas in the case of Molinos de Duero, the process consists of extended oxidation with lamellar clarifiers.*

*The following is a combined description of the four largest plants, with special mention for the characteristics that are specific to each one. Because of its different design, there is a separate description of the Molinos del Duero WWTP.*

*It is important to point out that most of the towns already had waste water treatment plants which did not function properly or efficiently and so had to be demolished to make way for the new facilities.*

#### Vinuesa, Covaleda, Duruelo and Abejar

#### Water line

*The large particle well at each of the plants has a total volume of 2.46 m<sup>3</sup> and is equipped with a hydraulic clamshell grab.*



Foto: ITT W&WW



Foto: CHD



# ITT

## Tratamientos de agua



Plantas modulares



Desinfección



Servicio Técnico



Tanques de tormenta



ABJ ICEAS



WEDECO



Nuestra continua inversión en I+D+I a través de nuestros "Centres of Excellence",  
mantienen a ITT Water & Wastewater en la vanguardia tecnológica.

## Experiencia y Servicio

ITT Water & Wastewater España S.A - Pol. Ind. Las Mercedes - C/ Belfast 25 - 28022 - Madrid  
Tel 902 160 652 - Fax 91 329 24 10 - [www.ittwww.es](http://www.ittwww.es) - [ittspain@itt.com](mailto:ittspain@itt.com)

1.200 kg/día en verano y 460 kg/día en invierno, para el conjunto de las cuatro depuradoras.

**Fangos en exceso**

Con el fin de regular y controlar la concentración de fangos en los reactores biológicos, en cada planta se ha instalado un sistema de extracción de los fangos en exceso para su envío a la línea de tratamiento de fangos, concretamente al espesador mecánico.

En cada depuradora se dispone de 2 bombas sumergibles (una por reactor) de los siguientes caudales unitarios: 15,00 m<sup>3</sup>/h a 6 mca en Vinuesa, 13 m<sup>3</sup>/h a 6 mca en Covalada y 10 m<sup>3</sup>/h a 6 mca en Duruelo y Abejar.

**Espesamiento de fangos**

Como se comentaba antes, el espesamiento de los fangos se efectúa en un espesador mecánico rotativo automático, de 15 m<sup>3</sup>/h de capacidad, con dosificación previa de polielectrolito en el reactor-floculador, lo que proporciona una concentración de salida del 3% al 5%.

El equipo de preparación automática de polielectrolito, del tipo Polypack A-700 de Milton Roy Europe, es compartido con la fase de deshidratación y tiene una capacidad de 700 litros.

Una vez espesados, los fangos descargan a través de una tolva cilíndrica al depósito de almacenamiento de fangos espesados. Por otra parte, los sobrenadantes obtenidos se recirculan a cabecera de la planta.

**Almacenamiento de fangos espesados**

Los fangos espesados se almacenan en un depósito de regulación que tiene el mismo volumen en las cuatro estaciones depuradoras: 21 m<sup>3</sup>.



Cada depósito lleva instalado un agitador sumergible que mantiene homogeneizado el fango.

Desde cada depósito aspiran las 2 (1+1R) bombas de tornillo helicoidal que impulsan los fangos a deshidratación.

**Deshidratación de fangos**

A continuación se procede al secado de los fangos, para lo que se ha instalado una centrifuga en cada EDAR que funciona una media de 3-4 días a la semana durante aproximadamente 6-8 horas. El equipo instalado en la depuradora de Vinuesa permite tratar un caudal máximo de 6 m<sup>3</sup>/h, mientras que las de Covalada, Duruelo y Abejar admiten un caudal máximo de 4 m<sup>3</sup>/h.

Finalmente, los fangos deshidratados caen sobre una tolva que descarga en un contenedor de 5 m<sup>3</sup>, donde los fangos permanecen hasta su recogida por un gestor autorizado.



*Subsequent to this stage, the waste water is sent to the following treatment phase by means of 3 submersible pumps regulated by frequency converters.*

*The filtering of fine solid particles is carried out at the four plants by means of self-cleaning rotary sieves with a mesh size of 2.50 mm. A screw conveyer-compacter sends them to a container with a capacity of 800 l.*

**Biological treatment**

*Biological treatment at each of the four plants is based on the IIT Sanitaire activated sludge with extended aeration process known as ABJ<sup>®</sup> ICEAS (Intermittent Cycle Extended Aeration System). This biological treatment system is time-based, easy to operate, completely automatic and easily expandable. It responds to variations in flow and load and produces a high-quality effluent. The processes of biological oxidation, nitrification, denitrification, phosphorous removal and separation of liquids and solids are carried out continuously in a single reactor.*

*Each plant has two reactors, the sizes of which vary according to the plant:*

- Vinuesa: 1,078.00 m<sup>3</sup>
- Covalada: 670.68 m<sup>3</sup>
- Duruelo: 366 m<sup>3</sup>
- Abejar: 455 m<sup>3</sup>

*Each reactor is divided into two zones: a pre-reactor, which acts as a biological selector and represents 12% of the total tank volume, and the main (or permanent) reactor, in which the processes of nitrification-denitrification and phosphorous removal takes place. To achieve the appropriate homogeneity of the mixed liquor in the anoxic stages, the reactors are fitted with submersible agitators.*

*Air is supplied to the bioreactors by means of 2 (1+1 backup) blowers and this air is distributed throughout the reactor by means*

El proceso ABJ® ICEAS es un proceso biológico diseñado y patentado por ITT Sanitaire con más de 2.000 referencias a nivel mundial para capacidades que van desde 1.000 hasta 1 millón de hab.eq. Se trata de una modificación y mejora del Reactor Secuencial por Lotes (SBR) estándar.

Se trata, por tanto, de un proceso biológico en el que en cada reactor se alternan las fases de aireación, decantación y vaciado, como en un SBR, pero permitiendo la alimentación ininterrumpida de aguas residuales al tanque, lo que no puede hacerse en un proceso "por lotes".

Al producirse la decantación y vaciado en el reactor biológico, no son necesarios decantadores secundarios ni el bombeo de recirculación de fangos, con lo que se reduce notablemente la obra civil, se simplifican la instalación mecánica y el mantenimiento, y disminuye la superficie de implantación. Esto se traduce en que el **coste de inversión de un ABJ es inferior a un proceso convencional** para la misma calidad de efluente.

El reactor ABJ ocupa más volumen que un reactor biológico convencional pero, sin embargo, ocupa un menor volumen que la suma del reactor más decantador de una planta convencional.

### Los ciclos del ABJ® ICEAS

Como ya se ha comentado, en los reactores biológicos de un proceso ICEAS (*Intermittent Cycle Extended Aeration System*) se alternan las siguientes fases:

## El proceso ABJ® ICEAS

- **Reacción:** Tras el pretratamiento, el agua entra en el reactor y se mezcla con el licor mixto. Durante esta fase, se pueden alternar periodos óxicos y anóxicos en función de los requerimientos de vertido.
- **Sedimentación:** Se interrumpe la aireación de modo que los sólidos sedimenten en la base del tanque y el agua clarificada se quede en la parte superior. El tanque sigue recibiendo en todo momento la alimentación, sin que ésta afecte a la sedimentación debido al diseño de la geometría del tanque.
- **Vaciado:** El agua ya clarificada se retira del tanque por medio de un decantador móvil, mientras que el influente sigue entrando en el tanque. Al final de esta fase se retira el exceso de fangos del sistema a la mayor concentración posible (0,85-1,0%).

En un SBR estándar, el tiempo de llenado depende directamente del caudal en ese periodo del día; por tanto, la duración del ciclo y de las diferentes fases puede ser diferente en cada tanque debido a las variaciones del caudal. Esto impide hacer variaciones globales al sistema y acaba provocando una biología distinta en cada reactor, obteniéndose efluentes no bien degradados. En realidad, se necesitan sistemas de control individuales para cada tanque.

Que la alimentación al tanque sea continua, es decir, que el influente llegue al tanque en todas las fases del ciclo, incluidas las de sedi-

mentación y decantación, permite controlar el proceso en función de tiempos en vez de en función de caudales, asegurando un reparto equitativo de caudales y cargas en todos los tanques, consiguiéndose obtener un biomasa más estable y homogénea.

Otra diferencia con el SBR es que el ABJ® ICEAS puede operar con un solo tanque. Este sistema no requiere válvulas de control automáticas para la alimentación, ni tanques adicionales para desviar el influente.

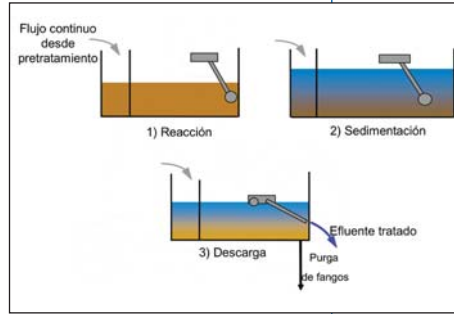
El sistema ICEAS puede ser diseñado con **capacidad suficiente para caudales punta de hasta 6 veces el caudal medio**, manteniendo la calidad del vertido a lo largo de la duración de un ciclo. Esta flexibilidad del sistema ICEAS se debe a su capacidad de recibir influente durante todas las fases del ciclo, debido a su capacidad de regulación de caudal por su mayor volumen de biológico.

### Diseño y operación del proceso ABJ® ICEAS

El sistema ABJ® ICEAS ofrece las siguientes opciones de proceso con el fin de maximizar la flexibilidad operacional de la planta y alcanzar los requerimientos deseados.

- **Proceso ICEAS-NIT:** Diseñado para la eliminación de DBO, SST y amonio.
- **Proceso ICEAS-NDN:** Diseñado para la eliminación de DBO, SST y nitrógeno total.

La eliminación de fósforo se puede realizar con un diseño



Ciclos del proceso ABJ. Fuente: ITT W&WW

específico con fases anaeróbicas o bien, lo más común, completarla mediante coagulación química.

Una gran ventaja del proceso ABJ es que, al trabajar por tiempos, permite variar la duración del proceso óxico y anóxico optimizándose de esta forma la eliminación de nitrógeno en comparación con un proceso convencional de fangos activados, en los que los volúmenes anóxicos y aerobios vienen fijados por la obra civil y son difícilmente ajustables una vez construida la planta.

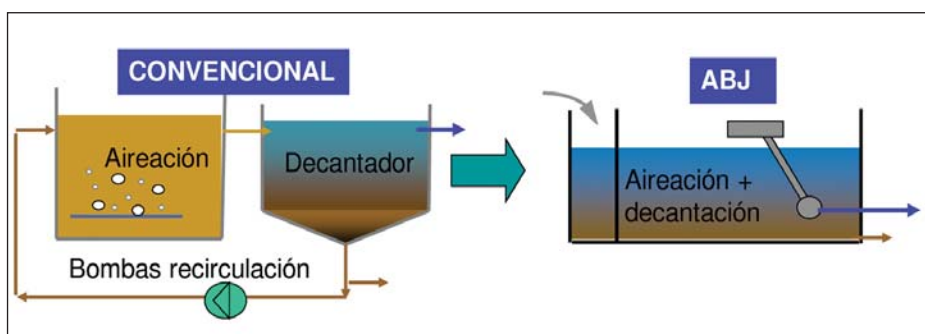
### Cargas hidráulicas

En el sistema ICEAS se diseña un ciclo normal para tratar el caudal medio y el punta en tiempo seco y un ciclo de tormenta para tratar los caudales durante periodos de lluvia. La duración del ciclo de tormenta es menor que la del ciclo normal para poder tratar caudales más elevados.

En general, el proceso ICEAS se diseña de modo que se puedan tratar caudales punta de 3 a 6 veces el caudal medio.

### Cinética del proceso

La diferencia frente a un sistema convencional de fangos activos reside básicamente en que al tener un mayor volumen de reacción, la velocidad ascensional se reduce considerablemente (mayor superficie de decantación) permitiendo trabajar a concentraciones de licor mixto superiores. Además no requiere un ratio de recirculación interna para mantener la biomasa necesaria/nitratos.



Esquema del proceso ABJ® ICEAS vs. convencional. Fuente: ITT W&WW

## Molinos de Duero

## Línea de agua

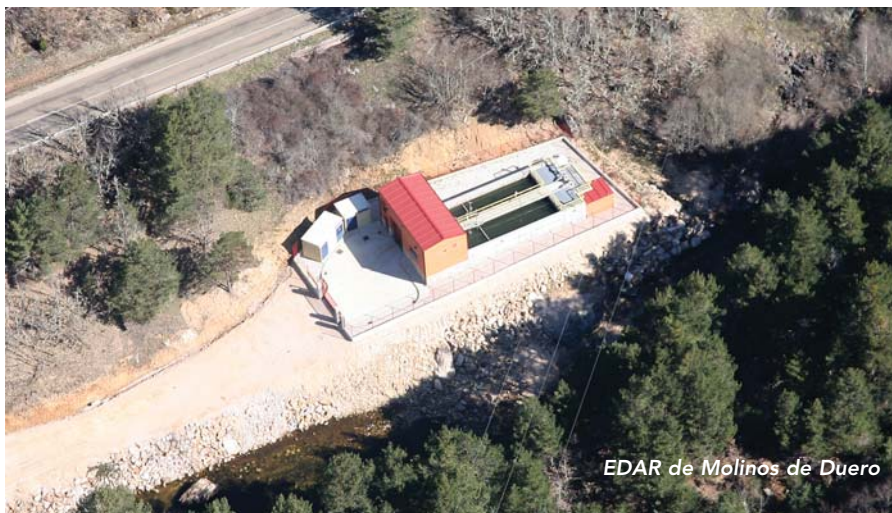
A unos 250 m de la planta se ubica el pozo de gruesos y el bombeo de agua bruta, por lo que en las instalaciones de esta depuradora no se ha contemplado la construcción de un pozo de gruesos ni una fase inicial de tamizado de sólidos gruesos y finos. Así, el agua accede directamente desde la estación de bombeo externa a tratamiento biológico. No obstante, previamente se lleva a cabo la medida de caudal en la tubería de llegada mediante un medidor de tipo electromagnético de 65 mm de diámetro. La regulación del caudal se realiza mediante válvulas motorizadas.

## Tratamiento biológico

La EDAR Molinos de Duero se ha configurado en base a dos reactores de oxidación con las siguientes dimensiones: 12 m x 3,50 m x 4,30 m, lo que supone un volumen total de aproximadamente 360 m<sup>3</sup> y una carga másica de 0,07 kg/día/kg MLSS en temporada de verano, más que suficiente para alcanzar un rendimiento en la DBO5 del 92%.

En la cabecera de cada reactor se ha dispuesto una cámara anóxica, de 3,00 m x 3,50 m x 4,30 m, proporcionando un volumen total de 90,30 m<sup>3</sup>. En esta cámara entra el agua bruta procedente de la impulsión y el bombeo de recirculación de fangos, con el fin de favorecer la desnitrificación y evitar que floten los fangos en la decantación secundaria. Además, cada cámara está equipada con un agitador sumergible de 1,5 kW de potencia para evitar posibles decantaciones.

La aportación de aire a los reactores se efectúa mediante 5 (4+1R) soplanes de 320 Nm<sup>3</sup>/h a 5,30 mca y una parrilla con 42 difusores de membrana elástica.



EDAR de Molinos de Duero

Los fangos de recirculación y exceso se toman de la parte final del reactor y se impulsan a las cámaras anóxicas y al espesador mecánico, respectivamente, mediante 4 (3+1R) bombas sumergibles de 10 m<sup>3</sup>/h de potencia unitaria a 4 mca. Estas bombas están ubicadas en un pozo de bombeo y disponen del juego de válvulas necesario para poder intercambiar las impulsiones.

## Eliminación del fósforo por vía química

Al igual que en las demás EDAR, en este caso también se cuenta con una instalación de almacenamiento y dosificación del cloruro férrico formada principalmente por un depósito de almacenamiento en PVC de 450 l de capacidad y 4 bombas dosificadoras de pistón-membrana de caudal unitario 0,4-6 l/h a 5 bar de contrapresión.

## Decantadores lamelares

La fase de decantación secundaria está formada por dos decantadores rectangulares de lamelas, de longitud 2,50 m, 3,50 m de anchura y 4,10 m de altura útil, proporcionando un volumen unitario de 35,88 m<sup>3</sup> y un tiempo de retención de 5,38 horas a caudal medio de 13,33 m<sup>3</sup>/h en verano.

El suministro y montaje de los módulos lamelares y de la perfilera de sujeción han sido realizados por la empresa ECOTEC (Ecología Técnica, S.A.). En total fueron suministrados 13,19 m<sup>3</sup> de lamelas modelo FS41.84, con una superficie específica de 6,25 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

Los módulos son autoportantes, fabricados en PVC, con una elevada resistencia mecánica que los hace indeformables. Estos bloques no requieren de bastidores metálicos

*of ITT Sanitaire fine bubble diffuser grilles of 9" in diameter. The number of diffusers installed (per reactor) is as follows: 258 at Vinuesa, 245 at Covalada, 104 at Duruelo and 164 at Abejar.*

*The excess sludge is taken from the lower part of the reactor and sent to the mechanical thickener by means of 2 submersible pumps (one per reactor). The clarified water remaining in the upper part of the reactors is emptied using the ABJ® settling system.*

*Prior to its evacuation to the river, the treated water is stored in a tank, with the following capacities for each of the waste water treatment plants: 21 m<sup>3</sup> at Vinuesa, 30 m<sup>3</sup> at Covalada, 18 m<sup>3</sup> at Duruelo and 17 m<sup>3</sup> at Abejar.*

## Sludge line

*Subsequent to polyelectrolyte dosing, the excess sludge extracted from the bioreactors is first sent to the automatic mechanical rotary drum thickener, which has a capacity of 15 m<sup>3</sup>/b. It is then discharged by means of a cylindrical bopper into the thickened sludge storage tank, while the supernatants obtained are re-circulated to the head of the plant. From this tank, 2 (1+1 backup) helical screw pumps send the sludge to the dewatering stage. Dewatering is carried out by means of centrifuge.*

*Finally, the dehydrated sludge falls into a hopper, which feeds it into a 5-m<sup>3</sup> container, where the sludge is kept until it is collected by an authorised management company.*

## Molinos de Duero

## Water line

*Due to its characteristics, the facilities at this waste water treatment plant do not include a large-particle well or an initial filtering phase for large and fine solid particles. The water goes directly from the*

## INGENIERÍA Y CALDERERÍA PLÁSTICA

www.tecoplas.com

**TECOPLAS**<sup>®</sup>

UNE-EN-ISO 14001 UNE-EN-ISO 9001  
**IAC** **IAC**  
 EMPRESA CERTIFICADA EMPRESA CERTIFICADA

- Ingeniería y diseño
- Calderería
- Desodorización
- Instalación de tuberías
- Mantenimiento y Suministro
- Cubas, Depósitos y Reactores
- Absorción, ventilación y lavado de gases

Pol. Industrial TRAPAGA-CAUSO Pab. 16-17 (TRAPAGARAN)

Crta San Vicente, s/n - Tel. 944 922 292 Fax. 944 922 352



### Instalaciones eléctricas

El suministro de energía eléctrica a las plantas se realiza con línea subterránea desde el punto de entronque designado por la compañía suministradora hasta la conexión con el centro de transformación en el caso de las EDAR de Vinuesa (40 m) y Covaleda (20 m). En la EDAR de Duruelo el punto de entronque está situado a unos 200 m de la parcela, a 800 m para la EDAR de Abejar y en la EDAR de Molinos de Duero se encuentra a unos 400 m.

### Sistema de control

El sistema de control propuesto para cada una de las depuradoras está basado en autómatas locales, con total autonomía de funcionamiento y sistema de supervisión SCADA, compuesto por un ordenador servidor central basado en un ordenador tipo PC de altas prestaciones.

En cada depuradora se ha instalado un cuadro de control junto al CCM, encargado de recoger todas las señales, tanto digitales como analógicas, de todos los equipos.

### Laboratorio

Los trabajos de laboratorio para el conjunto de las depuradoras se centralizan en un laboratorio ubicado en la EDAR de Vinuesa, suministrado por Hach Lange.

En él se incluyen, además de material fungible y reactivos, balanzas, agitadores, etc., los siguientes equipos: sistema de DBO de 6 puestos DBO Trak; colorímetro DR890 para 90 parámetros; bloque termostático DRB200; pHmetro portátil Sension 1; conductímetro portátil Sension 5; oxímetro portátil Sension 6; turbidímetro portátil 2100P ISO y 4 tomamuestras portátiles, 2 SIGMA 900 y 2 SD900.

Las instalaciones auxiliares descritas a continuación son similares en cada una de las cinco depuradoras del Alto Duero.

#### Desodorización

El tratamiento de olores en todas las depuradoras se lleva a cabo en una instalación mediante columnas de lavado a contracorriente, con relleno de carbón activo, y fabricadas en PEHD (polietileno de alta densidad). Cada una de estas instalaciones, cuyas especificaciones se resumen en la tabla, tiene capacidad para tratar un caudal de 5.000 m<sup>3</sup>/h de aire viciado. La empresa Tecoplas fue responsable de su diseño, suministro y montaje.



## Instalaciones auxiliares

### Características de las instalaciones de desodorización en las EDAR del Alto Duero

|                                     | Covalada   | Vinuesa  | Duruelo de la Sierra                                 | Abejar   |
|-------------------------------------|--|--|--|--|
| <b>Tipo</b>                         | TECAR 2.35   | TECAR 2.35   | TECAR 2.35   | TECAR 2.35   |
| <b>Temperatura</b>                  | 30 °C  | 30 °C  | 30 °C  | 30 °C  |
| <b>Fluido</b>                       | Aire+gases edificio proceso                          | Aire+gases edificio proceso                          | Aire+gases edificio proceso                          | Aire+gases edificio proceso                          |
| <b>Diámetro torres</b>              | 2.350 mm   | 2.350 mm   | 2.350 mm   | 2.350 mm   |
| <b>Altura aproximada</b>            | 2.080 mm   | 2.080 mm   | 2.080 mm   | 2.080 mm   |
| <b>Caudal</b>                       | 5.000 m <sup>3</sup> /h                              | 5.000 m <sup>3</sup> /h                              | 5.000 m <sup>3</sup> /h                              | 5.000 m <sup>3</sup> /h                              |
| <b>Mat. seleccionado</b>            | PEHD   | PEHD   | PEHD   | PEHD   |
| <b>Elemento filtrante</b>           | Carbón activado impregnado con NaOH                  | Carbón activado impregnado con NaOH                  | Carbón activado impregnado con NaOH                  | Carbón activado impregnado con NaOH                  |
| <b>Cantidad de relleno</b>          | 950 Kg   | 950 Kg   | 950 Kg   | 950 Kg   |
| <b>Cantidad torres Ventiladores</b> | 1 ud<br>Centrífugo carcasa y rodete en material PP-H | 1 ud<br>Centrífugo carcasa y rodete en material PP-H | 1 ud<br>Centrífugo carcasa y rodete en material PP-H | 1 ud<br>Centrífugo carcasa y rodete en material PP-H |

#### Agua industrial

La instalación de agua industrial de cada depuradora consta de los siguientes equipos principales:

- 2 (1+1R) bombas de caudal unitario 15

m<sup>3</sup>/h a 60 mca (6,00 m<sup>3</sup>/h a 60 mca en el caso de Molinos de Duero).

- 1 filtro autolimpiable de anillas de 15 m<sup>3</sup>/h de capacidad (6,00 m<sup>3</sup>/h en la EDAR de Molinos de Duero) con una luz de malla de 200 micras.

- 1 depósito a presión de membrana.

#### Red de vaciado

Los reactores biológicos pueden vaciarse por medio de las bombas sumergibles de fangos en exceso ya mencionadas.

La sala de agua industrial dispone de una bomba de achique y drenaje, disponible para cualquier necesidad.

#### Aire de servicio

Consta de un grupo motocompresor de caudal de aire efectivo 290 l/min con una presión de trabajo de 6-8 Kg/cm<sup>2</sup>, un refrigerador horizontal de haz tubular de caudal 2 Nm<sup>3</sup>/h a 10 Kg/cm<sup>2</sup> de presión.

Un filtro separador cerámico de caudal 144 m<sup>3</sup>/h a 7 Kg/cm<sup>2</sup> de presión y un secador frigorífico de 120 m<sup>3</sup>/h a 7 Kg/cm<sup>2</sup>, así como todos los accesorios necesarios.

La instalación de aire de servicio en Molinos de Duero se compone también de un grupo motocompresor, en este caso de caudal de aire efectivo 130 l/min con una presión de trabajo de 6-8 Kg/cm<sup>2</sup>, y un filtro separador cerámico similar a los anteriores.



para rigidización del conjunto, con lo que el sistema lamelar está exento de corrosión. La perfilera de sujeción está construida en PRFV pultrusionado totalmente anticorrosivo.

La extracción de los fangos se realiza mediante válvulas, que purgan del fondo de las pocetas de concentración, y están situadas en la arqueta de bombeo de recirculación y exceso.

Por otro lado, el agua clarificada se recoge mediante canales perimetrales de acero inoxidable perforados, que vierten a un canal general con destino final en el depósito de agua tratada.

#### Depósito de agua tratada

El agua tratada procedente de los clarificadores secundarios se recoge en un depósito cilíndrico de 6 m<sup>3</sup> de volumen, del que aspiran las bombas del grupo de agua a presión.

### Línea de fangos

#### Recirculación y fangos en exceso

Para la recirculación de fangos se han instalado 3 (2+1R) bombas sumergibles de 10,00 m<sup>3</sup>/h a de caudal unitario a 4 mca, las cuales permiten



recircular el 150% del caudal medio en condiciones punta, sin incluir la unidad de reserva.

Con respecto a la extracción de fangos en exceso, se efectúa mediante 2 (1+1R, esta última común con recirculación) bombas sumergibles, también de 10 m<sup>3</sup>/h a 4 mca, que impulsan los fangos al espesador mecánico.

#### Espesamiento de fangos

El proceso de espesamiento de fangos en la EDAR Molinos de Duero es similar a las instalaciones descritas anteriormente, pues se lleva a cabo en un espesador mecánico rotativo automático de 15 m<sup>3</sup>/h de capacidad, con dosificación previa de polielectrolito en el reactor-floculador por medio de 2 (1+1R) bombas dosificadoras.

#### Almacenamiento de fangos espesados

A continuación, los fangos espesados se descargan, mediante una tolva cilíndrica, a un depósito de almacenamiento de 10 m<sup>3</sup> de capacidad y equipado con un agitador sumergible.

Al lado del depósito y aspirando de él, se ubican las dos bombas de tornillo helicoidal (una en reserva) que impulsan los fangos a deshidratación.

#### Bombeo de sobrenadantes

Los sobrenadantes del espesamiento se conducen hasta la arqueta de sobrenadantes, compuesta por 2 (1+1R) bombas sumergibles de caudal unitario 8 m<sup>3</sup>/h a 4 mca, que impulsan a la entrada del tratamiento biológico.

#### Deshidratación de fangos

De igual forma que las anteriores depuradoras, en ésta se ha instalado una centrífuga convencional para proceder al secado de fangos durante 2 días a la semana con un promedio de funcionamiento de 6 h/día. Este equipo admite un caudal máximo de 2,50 m<sup>3</sup>/h y proporciona una sequedad superior al 20%.

Una vez deshidratados, los fangos se conducen finalmente hasta una tolva que descarga en un contenedor de 5 m<sup>3</sup>.

Las fotos de este reportaje son cortesía de la empresa DRACE medioambiente.



*external pumping station to biological treatment.*

*The biological treatment at the Molinos de Duero WWTP is set up around two oxidation reactors with a total volume of approximately 360 m<sup>3</sup>.*

*The raw water is sent to a 90,30-m<sup>3</sup> anoxic chamber, fitted with a submersible agitator, situated at the head of each reactor and sludge re-circulation is carried out by means of pumping. The reactors are supplied with air by means of 5 (4+1 backup) blowers of 320 Nm<sup>3</sup>/h and a grille with 42 flexible-membrane diffusers.*

*The re-circulated and excess sludge is taken from the lower part of the reactor and is sent respectively to the anoxic chambers and to the mechanical thickener.*

*Finally, secondary settling takes place in two rectangular lamellar settlers, each with a volume of 35.88 m<sup>3</sup>. Sludge extraction is carried out by means of valves which drain from the bottom of the concentrated sludge catch pits. The clarified water is collected and sent to its final destination, the treated water tank.*

#### Sludge line

*3 (2+1 backup) submersible pumps of 10.00 m<sup>3</sup>/h are fitted for the re-circulation of sludge. Extraction of excess sludge is carried out by means of 2 (1+1 backup, the latter is the same as for recirculation) submersible pumps also with a capacity of 10 m<sup>3</sup>/h, which send the sludge to the mechanical thickener.*

*The sludge-thickening process at the Molinos de Duero WWTP is similar to the facilities previously described. Subsequent to polyelectrolyte dosing, sludge thickening takes place in an automatic mechanical rotary drum thickener with a capacity of 15 m<sup>3</sup>/h.*

*Like the other treatment plants, Molinos de Duero is equipped with a conventional centrifuge for the drying of sludge. When the sludge is dewatered it is then sent to a 5-m<sup>3</sup> container.*