

## 1 MEMORIA

### 1.1. ANTECEDENTES.

Con fecha 3 de febrero de 2007 se publica en el B.O.E. 030 la Resolución relativa al concurso, por procedimiento abierto, de la **Redacción del Proyecto, la Ejecución de las obras y la realización de pruebas de funcionamiento y mantenimiento durante tres meses de los colectores y Estación Depuradora de Aguas Residuales de Camarena, Arcicóllar y Camarenilla**, con plazo para la presentación de ofertas hasta el día 30 de marzo de 2007.

La adjudicación del concurso se efectúa a favor de la empresa ISOLUX INGENIERIA, S.A., el 4 de junio de 2007

De acuerdo con lo anterior, el presente Proyecto tiene por objeto el precisar las obras e instalaciones necesarias para realizar la depuración de las aguas residuales generadas, así como la puesta a punto y las pruebas de funcionamiento conjunto de los colectores y de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Camarena, Arcicóllar y Camarenilla, situada en el Termino Municipal de Camarenilla, de forma que la calidad de las aguas vertidas al cauce receptor cumpla todos los requerimientos establecidos por la legislación vigente.

### 1.2. OBJETO DEL PROYECTO.

La filosofía que impregna el presente proyecto es ofrecer a la Administración las ideas más adecuadas para solucionar la problemática existente con la máxima calidad y respeto al Medio Ambiente.

Las premisas sobre las que se ha basado el diseño proyectado han sido:

- Dar la solución idónea respecto a la línea de proceso adoptada, dimensionando en sentido amplio las unidades que componen la estación, para que puedan absorber las pequeñas variaciones que pudieran presentarse sobre los parámetros básicos establecidos y previendo el espacio suficiente en el diseño de la implantación de la E.D.A.R. para una posible ampliación futura hasta un caudal doble del inicial.
- Realizar una correcta distribución de los diversos elementos de la estación atendiendo a la secuencia lógica del proceso, a las características topográficas y

geotécnicas del terreno y la obtención de una fácil y eficaz explotación, con unos gastos de mantenimiento reducidos.

- Dotar a las instalaciones de la flexibilidad suficiente para facilitar las maniobras de operación.
- Modular las instalaciones teniendo en cuenta las posteriores ampliaciones.
- Se ha proyectado la Estación Depuradora de manera que forme un conjunto armónico, tanto en aparatos como en acabado de edificios.

### 1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

#### DATOS DE PARTIDA

##### Caudales de dimensionamiento

Se consideran para el dimensionamiento de la planta los caudales previstos en el pliego de bases.

CAUDALES	DISEÑO	FUTURO
Caudal medio diario	2.597,00 m <sup>3</sup> /d.	5.194,00 m <sup>3</sup> /d.
Caudal medio horario	108,21 m <sup>3</sup> /h	216,42 m <sup>3</sup> /h
Caudal punta	200,19 m <sup>3</sup> /h	400,37 m <sup>3</sup> /h
Caudal máximo pretratam.	541,04 m <sup>3</sup> /h	1.082,08 m <sup>3</sup> /h
Caudal máximo biológico	216,42 m <sup>3</sup> /h	432,84 m <sup>3</sup> /h
Caudal máx. tto. Qaliviados	324,63 m <sup>3</sup> /h	649,25 m <sup>3</sup> /h

### Características de la contaminación

Se consideran para el dimensionamiento de la planta los datos de contaminación previstos en el pliego de bases.

DBO <sub>5</sub>	315,00 mg/l
DQO	630,00 mg/l
Sólidos en suspensión	394,00 mg/l
NTK	45,00 mg/l
P	8,00 mg/l.

### Resultados a obtener

#### Características del agua depurada

Como mínimo el agua depurada, analizada de acuerdo con lo que señala el Pliego de Bases, tendrá las siguientes características:

- DBO<sub>5</sub>: ≤ ..... 25 mg/l.
- Sólidos en suspensión ≤ ..... 35 mg/l.
- DQO ≤ ..... 125 mg/l.
- N total a 12°C ≤ ..... 15 mg/l.
- P total ..... <2 mg/l.
- PH ..... entre 6 y 9.

Además de ello, el agua será razonablemente clara, no detectándose vertido en el cauce receptor y no tendrá olor desagradable.

### **Características del fango**

Como mínimo, el fango procedente de la depuración, después de tratado y analizado de acuerdo con lo que señala el Pliego de Bases, tendrá las siguientes características:

- Sequedad (% en peso sólidos secos) > 22% tras la deshidratación.
- Estabilidad (% en peso de sólidos volátiles) < 60 %.

### **EMPLAZAMIENTO Y TOPOGRAFÍA**

La parcela de la E.D.A.R se encuentra situada en la localidad toledana de Camarerilla, situada a 3.5 km del casco urbano, por el camino a Bargas.

La E.D.A.R. está situada al sur de Camarenilla, en la margen derecha del arroyo de Camarenilla (Canta el gallo), por encima del camino de Las Acerolas y lindando con éste (paraje Cerro de la Cueva).

El terreno tiene una topografía en ladera suave, con cota máxima 491,50 y mínima 487,50.

### **CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS**

Se ha realizado la ejecución de distintos elementos constructivos, a diferentes cotas de cimentación, desde edificios superficiales hasta los 5 metros del reactor biológico.

Tomando como datos de partida los valores de las penetraciones dinámicas y de los SPT en los sondeos, se observa una relativa uniformidad en la resistencia sin aumentar con la profundidad, hasta llegar a la zona de las arenas arcósicas donde tenemos rechazo de forma casi inmediata pero a profundidades que varían entre 8 y 11 metros según el caso.

Según esto, considerando todos los datos y cálculos, se considera factible la cimentación superficial mediante zapatas o losas armadas con una tensión admisible no superior a 1,4 Kg/cm<sup>2</sup> apoyando siempre por debajo de 1 metro de profundidad desde el terreno natural, sobre los materiales areno-arcillosos.

La estabilidad de una cimentación depende principalmente de la capacidad de carga del suelo bajo la cimentación y del asentamiento del suelo bajo cimientos. Este asentamiento ha sido calculado en el punto 2.4. FORMULACIÓN Y CÁLCULOS tanto para el caso de zapatas como de losas. El resultado obtenido según el método de Burland y Burbridge para una zapata cuadrada de no más de 2,0 m de lado, situada a 1,0 m de profundidad y que ejerza sobre el

terreno una tensión de 1,4 kg/cm<sup>2</sup> será de 2,87 mm. Mientras que para una losa tipo de no más de 16 metros de lado situada a unos 4,0 m de profundidad, resulta un asiento de 4,65 mm. Con lo cual, ambos asientos se consideran prácticamente despreciables, para las cargas previstas.

Respecto al nivel freático, éste se ha detectado en los tres sondeos, en el momento de su finalización, a unos 7,5 metros desde la superficie actual. Con lo cual, no se espera que afecte a los elementos a cimentar.

Se ejecuta una explanación a la cota 489 de forma que la parcela queda parte en desmonte y parte en terraplén.

Se realiza el cálculo de la estabilidad del talud de excavación considerando la realización del vaciado sin sostenimiento previo de ningún tipo. De esta forma se ejecuta el desmonte permanente con un talud no inferior a 1H:1V dada la pequeña altura del mismo y para vaciados provisionales un talud no inferior a 1H:2V, siempre sin cargas en cabeza.

Los taludes para la zona de terraplén no serán inferiores a 3H:2V con un resguardo para la aplicación de cargas en cabeza, equivalente a la altura del talud.

Por otro lado, los suelos analizados no contienen sulfatos significativos por lo que la agresividad frente al hormigón será inferior a débil. De esta forma, y sin tener en cuenta otras consideraciones de durabilidad por el uso y destino de los elementos hormigonados, la clase de exposición y el tipo de ambiente a las que va a verse sometido el hormigón de las cimentaciones son las siguientes:

- Clase general de exposición: IIa
- Clases específicas de exposición: No hay
- Tipo de ambiente. IIa
- 

Según el artículo 37.3.4. de la Instrucción EHE, no será necesario el uso de cemento resistente a los sulfatos para la elaboración de hormigones.

A efectos del posible aprovechamiento de los materiales excavados en la zona de desmonte de la propia parcela, para la formación de rellenos tipo terraplén, se siguen las recomendaciones de PG-3.

De esta manera, según los ensayos realizados y atendiendo a sus características intrínsecas, los materiales encontrados en la parcela de estudio se clasifican como "suelos tolerables" aptos para su empleo en cimiento y núcleo de terraplén.

### **CONSIDERACIONES AMBIENTALES**

Para el diseño de las instalaciones incluidas en el presente proyecto se han seguido las indicaciones del Estudio de Impacto Ambiental, incluyéndose las medidas de Protección Medioambiental previstas.

En este proyecto se definen las características iniciales del medio, así como la situación final una vez que las EDAR se hayan puesto en funcionamiento. Seguidamente se describen los efectos de las acciones previstas, acompañando la descripción de las medidas correctoras y protectoras adoptadas, así como por una valoración de dichas repercusiones.

En los presupuestos parciales se incluye la valoración de las medidas correctoras de impacto ambiental previstas.

### **PREVISIÓN PARA FUTURAS AMPLIACIONES**

Se ha reservado el espacio necesario en la parcela de la E.D.A.R. para la construcción de una tercera línea de tratamiento biológico y un tratamiento terciario.

### **1.3.1. CRITERIOS DE DISEÑO**

Las obras que comprende el proyecto son las siguientes:

- Construcción de los Colectores y de la nueva Estación Depuradora de Aguas Residuales para realizar el tratamiento de las aguas residuales generadas en el los municipios de Camarena, Arcicóllar y Camarenilla.
- Definir la Puesta a Punto y las Pruebas de Funcionamiento Conjunto de los Colectores y de la Estación Depuradora de Aguas Residuales definida anteriormente.

Se diseña un pretratamiento seguido de un proceso de oxidación prolongada de baja carga mediante reactores del tipo canal de oxidación con zonas óxicas y anóxicas para permitir los procesos de nitrificación y desnitrificación mediante aireación por soplates con variación de velocidad y difusores de burbuja fina. Tras los reactores biológicos se proyectan 2 decantadores secundarios.

El tratamiento de fangos consiste en un espesado en espesador de gravedad seguido de deshidratación con centrifugas.

Su línea de tratamiento constará de los siguientes elementos.

### **LÍNEA DE AGUA**

La línea de tratamiento del agua residual consta de los siguientes procesos y/u operaciones unitarias:

- By-pass general con vertedero equipado con tamiz
- Pozo de gruesos
- Reja de gruesos
- Bombeo de agua bruta y medición de caudal

- Tamices rotativos
- Desarenado-desengrasado.
- Medida de caudal de agua pretratada y regulación de caudal a tratamiento biológico.
- Alivio de caudal.
- Medida de caudal de agua aliviada y regulación de caudal a tratamiento de caudales aliviados.
- Decantación de caudales aliviados.
- Alivio de caudal a by-pass general.
- Tratamiento biológico por fangos activos de baja carga con eliminación de nitrógeno por vía biológica (nitrificación-desnitrificación) y eliminación de fósforo por vía química.
- Decantación secundaria.
- Medida de caudal de agua tratada.
- Depósito de agua tratada.
- Vertido del efluente al cauce.

## **LÍNEA DE FANGOS**

La línea de tratamiento de los fangos producidos constará de los siguientes procesos y/u operaciones unitarias:

- Recirculación de los fangos secundarios a los reactores biológicos.
- Extracción de los fangos biológicos en exceso y bombeo de los mismos a espesamiento.



- Extracción de los fangos decantados en el tratamiento de caudales aliviados y bombeo de los mismos al biológico.
- Espesamiento por gravedad de los fangos.
- Acondicionamiento químico y deshidratación de fangos espesados.
- Almacenamiento de los fangos deshidratados.

### **OBRAS COMPLEMENTARIAS**

Como obras complementarias se pueden citar las siguientes:

- Tratamiento de olores por vía química.
- Red de vaciados.
- Centro de transformación.
- Líneas de fuerza y mando.
- Instrumentación y sistema de telecontrol.
- Alumbrado exterior e interior de los edificios.
- Urbanización y cerramiento

### **1.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

El colector general parte de Camarena, recoge el vertido de Arcicollar y Camarenilla, continuando hasta alcanzar el emplazamiento de la E.D.A.R. situada al sur de Camarenilla, y tiene una longitud total de 12.388 m. En todos los entronques con puntos de vertido se dispone un aliviadero de emergencia.

El colector se inicia en Camarena, captando mediante la construcción de una arqueta-aliviadero (Nº2) el vertido del núcleo urbano y del polígono sur en un único punto y discurre a lo largo del arroyo Gadea en tubería Ø 500 mm y tiene una longitud de 3058,56 m hasta su conexión con el ramal que capta el vertido Arcicollar.

El núcleo urbano de Arcicollar dispone de un único punto de vertido situado en el arroyo Canta El Gallo. La urbanización Camorro perteneciente a Arcicollar desagua también al arroyo Canta El Gallo, aguas abajo del vertido del pueblo por la margen derecha. En la conexión de ambos puntos se realiza por un pozo de registro con aliviadero. Al otro lado del arroyo se ha previsto una arqueta ( Nº3) donde se juntan los dos vertidos , del que sale un colector en tubería Ø 400 mm de 666 m de longitud hasta ser captado por el colector general.

Desde la incorporación del vertido de Arcicollar y urbanización, el colector cambia su sección a Ø 600 mm y continúa con esta sección hasta su conexión con los vertidos de Camarerilla, finalizando en la obra de llegada de la E.D.A.R.

Materiales y elementos de que consta:

- Tubería: de POLIPROPILENO. corrugado de doble pared SN8.
- Pozos de registro: prefabricados; con bases de pozo, anillos y conos en hormigón armado.

### **1.3.3. LÍNEA DE AGUA**

#### **Colector hasta la obra de llegada**

Se realiza la llegada del colector procedente de la unificación de vertidos de las localidades de Camarena, Arcicóllar y Camarenilla, mediante una conducción de 600 mm de diámetro, a un pozo previo situado dentro de la parcela de la E.D.A.R. con una cota de rasante de 486,23 m.

Desde dicho pozo, el agua residual se conduce por gravedad hasta la obra de llegada situada en el edificio de proceso mediante una conducción de 600 mm de diámetro con una cota de rasante de 486,18 m en su acceso a la misma.

#### **Obra de llegada y by-pass general**

Para introducir el agua bruta en la E.D.A.R. y permitir la derivación general de la misma, se dispone una obra de llegada.

Dicha obra de llegada está formada por dos canales paralelos de 1,50 m y 1,30 de ancho, respectivamente y 2,50 m de longitud recta, uno de entrada a la E.D.A.R. y otro de derivación general.

Como medida de seguridad se dispone un vertedero longitudinal de derivación de 2,00 m de longitud. Sobre dicho vertedero se dispone un tamiz formado por barras de acero liso pretensadas con una luz de paso de 4 mm, de manera que se puedan utilizar largos barrotes de escasa sección, y así utilizar de manera óptima la superficie del tamiz. Los carros de limpieza están situados en el lado de la salida del agua y están guiados por los carriles. Los carros llevan los rastrillos de limpieza del tamiz y lo sujetan a éste. Este tamiz mantiene los sólidos retenidos en el canal de entrada a la planta, para ser retirados en la instalación posterior de desbaste.

Para facilitar el aislamiento general de la planta se instala una compuerta mural de 0,60 x 0,60 m de accionamiento motorizado construida en acero inoxidable AISI-316 L.

#### **Pozo de gruesos**

Se realiza la instalación de un pozo de gruesos con forma troncopiramidal dotado de una cuchara bivalva de 100 l de capacidad para la extracción de los residuos, que irá sostenida en un polipasto que permitirá la fácil evacuación de los residuos a un contenedor.

En el pozo de gruesos se instalará una reja de gruesos manual con una luz de paso de 50 mm. La reja de gruesos se limpiará con la ayuda de la cuchara bivalva. Además, en la superficie del fondo del pozo de gruesos se dispondrán unos carriles empotrados en el hormigón de tal forma que estos constituyan una protección del fondo ante la acción de la cuchara bivalva.

El pozo de gruesos se ha dimensionado con unos parámetros de diseño tal que el tiempo de estancia mínimo es de 1 minuto para el caudal máximo. El pozo de gruesos tendrá las siguientes características:

- Largo.....4,50 m.
- Ancho.....2,50 m.
- Altura recta a caudal máximo ..... 1,00 m.
- Altura trapecial .....0,6 m.
- Pendiente de la parte trapecial .....60°.

Con estas características se cumplen los siguientes parámetros de diseño:

- Tiempo de permanencia a caudal máximo .....60 seg.
- Carga superficial a caudal máximo .....96,50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h

### **Elevación de agua bruta**

La instalación de elevación de agua bruta está formada por dos grupos de bombas centrífugas sumergibles, con dos bombas cada grupo (2+2). El primer grupo está definido para los caudales medios de entrada a la planta, con un punto de diseño de 135,50 m<sup>3</sup>/h a una altura manométrica de 9,0 m.c.a. Cada una de las bombas llevará un variador de frecuencia para regular automáticamente el caudal impulsado en función del nivel de agua en el pozo. El segundo grupo está constituido por dos bombas de 271 m<sup>3</sup>/h a 9,0 m.c.a, capaces de bombear el caudal máximo de diseño de esta fase ( 5Qm).

Se ha previsto un sistema que permite la rotación automática de las unidades instaladas en el pozo de bombeo, a fin de conseguir que funcionen un tiempo semejante.

El pozo de bombeo se ha dimensionado para 8 Ciclos/hora en arranque o parada de las bombas y un tiempo de estancia máxima de dos (2) horas a caudal mínimo.

El medidor del nivel que regule los arranques de las bombas será de tipo radar, complementado por la instalación de boyas de nivel para el caso de avería de aquel, que permita la regulación por tramos.

En la configuración del pozo se han evitado las zonas muertas mediante el diseño de las paredes en la proximidad del fondo con una inclinación de 45 grados.

Para evitar interferencias mutuas en el funcionamiento de las unidades de bombeo, éstas irán dispuestas con una distancia entre ejes de las mismas mayor o igual a un metro, y siempre igual o superior al recomendado por el fabricante.

Para la extracción de las bombas para su reparación o mantenimiento, se ha dispuesto un polipasto eléctrico. Las bombas están dotadas de sistema de extracción y montaje adecuado.

Las tuberías individuales de cada equipo se han dimensionado de tal forma que no se superan velocidades superiores a 1,5 m/s.

Las bombas instaladas impulsan la totalidad del caudal al canal de entrada al desbaste de sólidos mediante colectores individuales. Se ha dimensionado el pozo de bombeo para la instalación futura de una (1) bomba de las mismas características que las bombas de pluviales, de manera que se pueda elevar el caudal máximo que pueda llegar a la planta en un futuro.

Se dotará la arqueta previa al desbaste de un rebosadero de alivio para que en caso de averías no se produzcan inundaciones.

## Medida de caudal

La medida de caudal de agua bruta se realiza en el colector común a las cuatro bombas de bombeo de agua bruta, con un medidor electromagnético de caudal de diámetro nominal 300 mm. De esta forma es posible conocer el caudal entrante en la planta en cualquier momento.

## Tamizado

Se adopta el tamizado de agua bruta con tres tamices rotativos de 3 mm de paso, uno de ellos de reserva, para un caudal unitario de 271 m<sup>3</sup>/h.

La impulsión de las bombas descarga en un colector común del que salen tres ramales uno a cada tamiz rotativo.

Se dispone un aliviadero de seguridad que conecta el canal de descarga de los tamices rotativos con el pozo de bombeo, que funcionaría en caso de maniobra de cierre errónea de este canal de descarga.

Los tamices rotativos son autolimpiables. Los residuos extraídos de las rejillas se vierten sobre un tornillo transportador- compactador común que transporta los desechos hasta un contenedor.

Se ha dimensionado el tamizado para la instalación futura de un (1) tamiz de las mismas características que los actuales, de manera que se pueda tratar el caudal máximo que pueda llegar a la planta en un futuro.

Los residuos extraídos son almacenados en un contenedor de 1 m<sup>3</sup> de capacidad.

## Desarenado-desengrasado

Se han realizado dos (2) unidades de desarenador-desengrasador, de funcionamiento combinado, tipo "canal" con preaireación, separación de grasas, y extracción de arenas.

Los parámetros de dimensionamiento de estas unidades han sido:

- Carga superficial a caudal máximo .....< 35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga superficial a caudal medio.....< 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Velocidad transversal en la zona de desarenador .....< 0,10 m/s.
- Tiempo de retención a caudal medio .....> 15 minutos.

- Tiempo de retención a caudal máximo ..... > 6 minutos.

En esencia, cada desarenador, se compone de 2 canales paralelos de 8,00 m. de longitud separados por un tabique central de 0,3 m. de espesor, uno de 2,0 m. de anchura que actúa como desarenador y otro de 0,50 m. de anchura, que funciona como desengrasador, por lo que en adelante los denominaremos canal desarenador y canal desengrasador respectivamente.

La altura recta útil es de 2,00 m y la altura trapezoidal de 1,30 m. La superficie unitaria es de 20,20 m<sup>2</sup> y el volumen unitario es de 54,56 m<sup>3</sup>. Con estas características de desarenador se obtienen los siguientes valores de los parámetros para el caudal de diseño actual:

- Unidades en funcionamiento ..... 2 Ud.
- Carga Superficial a caudal medio ..... 2,70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga superficial a caudal punta ..... 5,41 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga superficial a caudal máximo ..... 13,53 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Velocidad de circulación a Qmax ..... 0,011 m/s.
- Tiempo de retención a caudal medio ..... 60,50 min.
- Tiempo de retención a caudal punta ..... 30,25 min.
- Tiempo de retención a caudal máximo ..... 12,10 min.

La alimentación de agua a las unidades se realiza por la parte frontal, siendo aislable mediante la correspondiente compuerta de canal de accionamiento motorizado.

Dada la especial disposición del muro del canal desengrasador, la superficie de éste queda libre de la agitación que se produce en el canal desarenador, como consecuencia de la aireación, estableciéndose una zona de tranquilización en la que se recoge la grasa desmenuzada que pasa del canal central al lateral a través de unas almenas practicadas en el muro de separación, mediante chapa metálica.

Para la salida del efluente, se instala un vertedero por unidad de 2,10 m. de longitud, para evitar variaciones de calado entre el caudal máximo y mínimo superiores a 6 cm, que puedan afectar al funcionamiento del sistema de extracción de flotantes.

El vaciado del desarenador se realiza por tubería de 150 mm de diámetro que lo conduce al pozo de gruesos, aislada con válvula de compuerta manual.

La preaireación se ha diseñado para que aporte un caudal de 8 Nm<sup>3</sup>/h de aire por metro cuadrado de superficie del canal de desarenado, lo que significa un caudal de aire necesario para los caudales de dimensionamiento de 327, 0 Nm<sup>3</sup>/h. Con esto se asegura el movimiento helicoidal en el canal de desarenado y el desmenuamiento de las grasas.

El caudal de aire necesario se suministra mediante tres (3) soplates de émbolos rotativos, una de ellas en reserva, de 164 Nm<sup>3</sup>/h de caudal unitario a 3,50 m.c.a. Cada una de las unidades dispondrá de una carcasa de insonorización.

La inyección de aire en cada desarenador se realiza mediante una (1) parrilla equipada con 20 difusores de burbuja fina.

### **Extracción y separación de arenas**

Sobre el desarenador-desengrasador, se dispone de un puente móvil, soporte del bombeo de arenas y del sistema de rasquetas de superficie, dotado de movimiento longitudinal mediante motorreductor, y dirigido en su sentido de desplazamiento por unos inversores de marcha.

Se prevé un contenido de arena en el agua bruta de 150 gr/m<sup>3</sup> que con una concentración del 0,50 % significa un caudal de agua-arena de 390 m<sup>3</sup>/d. Para la extracción de la mezcla se proyecta la instalación de dos (2) bombas centrífugas verticales, una por desarenador, especial para arena, instalada en el puente viajante. Las bombas tendrán un caudal unitario de 10 m<sup>3</sup>/h a 3 m.c.a.

La mezcla agua-arena es bombeada y llevada a un clasificador de tornillo que descargará las arenas en un contenedor de 5 m<sup>3</sup> de capacidad para su posterior transporte a vertedero. El sobrenadante así como su vaciado, se conducirán al pozo de gruesos.



### Extracción y separación de grasas y flotantes

Por otra parte las grasas, una vez ya en la zona lateral de tranquilización del desarenador-desengrasador, es decir, en el canal desengrasador, son arrastradas por las rasquetas superficiales del puente hacia un canal transversal con fuerte pendiente hacia un lateral. La mezcla de agua y grasa es enviada a un tanque metálico con separador de rasquetas. Este tanque tendrá unas dimensiones de 3,50 m x 1,00 m x 1,70 m de largo x ancho x alto.

Se ha centralizado en este separador, para mayor facilidad de mantenimiento, la retirada de grasas y flotantes de los decantadores.

### Medida de caudal y aliviadero de aguas en exceso

La medida de caudal del agua bruta se realiza mediante un medidor electromagnético en tubería Ø 250 mm que regula el agua a aliviar mediante una una señal enviada a la válvula situada a la salida del pretratamiento. Esta señal de 5 a 20 mA regulará la apertura de la válvula regulando la entrada de caudales al tratamiento biológico. El caudal máximo a aliviar será la diferencia entre el caudal máximo de pretratamiento y el punta admisible en el tratamiento biológico.

Para ello, previo a la medida de caudal se realiza un aliviadero de excesos que permitirá desviar el caudal excedente sobre el punta del tratamiento biológico a la decantación de caudales aliviados.

### Tratamiento de caudales aliviados

Para el tratamiento de los caudales aliviados a la salida del desarenador-desengrasador, se dispone un (1) decantador de gravedad circular.

Los parámetros de diseño de dicho decantador han sido:

- Carga superficial a caudal medio .....<1,35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga superficial a caudal máximo .....<2,50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Tiempo de retención a caudal medio .....>3,50 h
- Tiempo de retención a caudal máximo .....>2,00 h
- Caudal unitario por metro de vertedero a caudal medio < 20 m<sup>3</sup>/h/ml.

- Carga unitaria por metro de vertedero a caudal punta < 30 m<sup>3</sup>/h/ml.

El decantador circular consta de un diámetro de 13,00 m de diámetro, con un calado 3,75 m, lo que da una superficie unitaria de 132,67 m<sup>2</sup>.

Para la recogida del agua decantada se dispone un canal perimetral exterior al muro del depósito, de 0,40 m de ancho, en el que se dispone un vertedero metálico con entallas triangulares.

La alimentación de agua al depósito se realiza por el interior de la columna central soporte del sistema de barrido mediante tubería diámetro 500 mm.

La extracción de fangos se realiza mediante un sistema de rasquetas de barrido, sujetas al puente giratorio, que lo conducen hasta una poceta situada en la parte central del aparato. Desde aquí es conducido hasta la arqueta de bombeo de fangos mediante tubería de 250 mm de diámetro en fundición.

Para la recogida de flotantes, el puente lleva incorporada una rasqueta superficial, que arrastra, dichas flotantes, hasta un deflector instalado previo al vertedero en el muro del depósito. Aquí son recogidas por una rasqueta oscilante, también anclada al puente, que conduce las flotantes hasta una caja de extracción situada en un punto determinado del muro exterior.

La caja de recogida de espumas se encuentra ligeramente sumergida en el agua, aislada por una válvula automática de guillotina de accionamiento motorizado, instalándose válvulas manuales de compuerta para su aislamiento y by-pass.

La apertura y cierre de la válvula esta comandado por dos contactores accionados por el puente barredor a su paso por la zona de recogida. Los flotantes generados durante el ocasional funcionamiento del decantador de aliviados serán conducidos por gravedad a la arqueta de bombeo de flotantes de los decantadores.

El tanque de tormentas está diseñado para poder funcionar como un decantador secundario, cuando alguno de los decantadores reales este fuera de servicio. Considerando los dos escenarios de trabajo posibles se bombearán los caudales del tanque, cuando se utiliza como tanque de tormentas se bombeará agua-fango con la bomba de recirculación a biológico y cuando se utiliza como decantador se bombeará fango con la bomba de fango en exceso a espesador.

## Tratamiento biológico

Para el tratamiento biológico se ha adoptado un proceso de fangos activados con baja carga de fangos ( $< 0,1 \text{ Kg DBO}_5/\text{día por Kg de SS en el reactor}$ ) en modalidad de aireación prolongada. La forma del reactor adoptada será de tipo carrusel.

El tratamiento biológico está formado por dos (2) líneas en la situación de diseño, dejando espacio suficiente para una línea adicional en el futuro. Se proyectan como dos líneas independientes puras, para un funcionamiento alternativo y paralelo, y tendrán como misión fundamental la estabilización del fango.

Cada línea está formada por una zona óxica y otra zona anóxica, permitiendo así los procesos de nitrificación-desnitrificación y la absorción de parte del fósforo presente en el agua bruta en los fangos.

## Reactor biológico

El tratamiento biológico costa de dos (2) líneas con forma carrusel, de acuerdo con los criterios siguientes:

- El volumen total del tratamiento biológico es de  $3.899 \text{ m}^3$ .
- La carga másica, es aproximadamente  $0,06 \text{ Kg DBO}_5/\text{d/Kg MLSS}$ .
- La concentración de sólidos en suspensión en el reactor, aproximadamente a efecto de cálculos es de  $3.500 \text{ mgSS/l}$ .
- El tiempo de retención total a caudal medio es de  $36,03 \text{ h}$ .

Las dimensiones de cada reactor son:

- Unidades.....2 ud
- Longitud recta: .....21,75 m.
- Ancho de canal: .....6,00 m.
- Calado máximo: .....4,50 m.

En la entrada a cada reactor se dispone una zona anóxica con un volumen equivalente al 30% del volumen total del reactor.

El oxígeno necesario se calculó teniendo en cuenta las siguientes demandas: la debida a la oxidación carbonosa, la respiración endógena de la biomasa y la correspondiente a la eliminación de nitrógeno. En el cálculo de la demanda real se tuvo en cuenta la punta de DBO5 y el coeficiente de transferencia. La demanda de O2 media total en condiciones standard es de 110 kgO2/h y la demanda de O2 punta en condiciones standard de 146,4 kgO2/h.

### **Producción de aire y agitación**

La producción de oxígeno costa de difusores de burbuja fina y soplantes. Los difusores se sitúan en la zona óxica de cada reactor.

Esta instalación costa de 180 unidades de difusor por balsa de 11'

Para proporcionar el aire a las balsas se instalan tres (2+1) soplantes en la situación actual, una de ellas en reserva, de 1.250Nm<sup>3</sup>/h de caudal unitario, para una altura manométrica de 5,00 m.c.a.

Las soplantes se equipan con variador electrónico de frecuencia para regular el aire introducido en función de la medida de oxígeno disuelto en las balsas.

Para mantener los sólidos en suspensión en las zonas anóxicas del reactor, se instalan un (1) agitador sumergible por cámara de 3,00 Kw de potencia y un ratio de agitación de 1,54 w/m<sup>3</sup>.

### **Precipitación química del fósforo**

Se ha incluido una instalación de dosificación de cloruro férrico, para permitir la precipitación del fósforo.

Para ello se dosifica cloruro férrico, que se añade en la arqueta de alimentación a los reactores biológicos, produciéndose junto a la recirculación de fangos una buena mezcla antes de entrar al reactor biológico.

La recirculación de fangos permite aprovechar la capacidad de absorción de los precipitados formados para una mayor eliminación del fósforo.

Además se igualan las oscilaciones del contenido de fósforo en la entrada.

Sobre la base de unos consumos medios de 3,65 mg/l y máximos de 35,11 mg/l (siempre de reactivo puro) la dosificación se realizará mediante dos (1+1) bombas dosificadoras (una en reserva), de caudal variable entre 1 y 15 l/h.

Para el almacenamiento del reactivo se utiliza un depósito de poliéster de 300 l de capacidad que da una autonomía de 18 días.

### Decantación secundaria

Para la decantación secundaria costa la instalación de dos (2) decantadores de gravedad, dejando espacio suficiente para un decantador adicional en la situación de futuro.

Los parámetros de diseño de dicho decantador han sido:

- Carga superficial a caudal medio .....< 0,60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga superficial a caudal punta.....< 1,15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga de sólidos a caudal medio ..... < 2,00 Kg/h/m<sup>2</sup>.
- Carga de sólidos a caudal punta ..... < 3,60 kg/h/m<sup>2</sup>.
- Tiempo de retención a caudal medio ..... > 4,0 horas.
- Carga unitaria por metro de vertedero a caudal medio < 6 m<sup>3</sup>/h/ml.
- Carga unitaria por metro de vertedero a caudal punta< 10 m<sup>3</sup>/h/ml.

En base a los parámetros indicados se proyectan dos (2) decantadores circulares en la situación de diseño, de 13,00 m de diámetro, con un calado 3,75 m, lo que da un volumen unitario de 527 m<sup>3</sup> y una superficie unitaria de 133 m<sup>2</sup>, siendo los tiempos de retención y carga hidráulica los indicados a continuación:

- Carga superficial a caudal medio .....0,41 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga superficial a caudal punta.....0,82 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga de sólidos a caudal medio .....0,71 Kg/h/m<sup>2</sup>.
- Carga de sólidos a caudal punta ..... 1,43 kg/h/m<sup>2</sup>.
- Tiempo de retención a caudal medio ..... 9,73 horas.

- Carga unitaria por metro de vertedero a caudal medio.  $0,66 \text{ m}^3/\text{h}/\text{ml}$ .
- Carga unitaria por metro de vertedero a caudal punta.  $1,32 \text{ m}^3/\text{h}/\text{ml}$ .

Para la recogida del agua decantada se dispone un canal perimetral exterior al muro del depósito, de 0,40 m de ancho, en el que se dispone un vertedero metálico con entallas triangulares.

La alimentación de agua al depósito se realiza por el interior de la columna central soporte del sistema de barrido mediante tubería diámetro 350 mm.

La extracción de fangos se realiza mediante un sistema de rasquetas de barrido, sujetas al puente giratorio, que lo conducen hasta una poceta situada en la parte central del aparato. Desde aquí es conducido hasta la arqueta de bombeo de fangos mediante tubería de 200 mm de diámetro en fundición.

Para la recogida de flotantes, el puente lleva incorporada una rasqueta superficial, que arrastra, dichas flotantes, hasta un deflector instalado previo al vertedero en el muro del depósito. Aquí son recogidas por una rasqueta oscilante, también anclada al puente, que conduce las flotantes hasta una caja de extracción situada en un punto determinado del muro exterior.

La extracción de fangos a espesador de cada decantador es independiente y se realizará mediante el empleo de 1 bomba centrífugas sumergible de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  y una altura manométrica de 12 m.c.a.

La recirculación de fangos de cada decantador es independiente y se realizará mediante la utilización de una (1) unidad de bomba centrífuga sumergible de  $110 \text{ m}^3/\text{h}$  y una altura manométrica de 3 m.c.a. Estos fangos se introducirán en cabecera del reactor biológico de una línea. Se ha diseñado un sistema de conducciones y válvulas, para que sea posible bombear independientemente, desde cualquier bomba de recirculación, indistintamente a los dos reactores biológicos

El vaciado del aparato se realiza desde el colector de purga de fangos mediante las bombas de fangos en exceso al espesamiento.

Las flotantes así recogidas son enviadas a una (1) arqueta de recogida de hormigón, con fuerte pendiente hacia el fondo, de donde aspiran dos (2) bombas sumergibles, una en reserva. Estas bombas impulsan un caudal de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  a 10 m.c.a. a la cabecera del desarenador en el pretratamiento.

El control del arranque y parada de las bombas se realiza por nivel en la arqueta de aspiración, detectado por un interruptor de nivel capacitivo, con tres puntos de consigna, instalado en el centro de la arqueta.

### **Medidor de caudal**

A la salida de la decantación se instala una medida de caudal en tubería mediante un medidor electromagnético. Este medidor será de Ø 250 mm.

### **Depósito de almacenamiento de agua tratada**

Posteriormente a la medida de caudal de agua tratada se recoge en un depósito de agua tratada de 30 m<sup>3</sup> volumen, de donde aspirará el grupo de agua a presión que suministra agua de servicios a la planta.

### **Restitución de agua tratada**

El vertido del agua tratada se realiza en el arroyo de Canta el Gallo, utilizando para ello una conducción de 600 mm de diámetro que parte desde el último pozo de la planta, siendo su cota de fondo la 4484,30 m.

### 1.3.4. LÍNEA DE FANGOS

#### **Purga de fango del decantador de caudales aliviados**

La extracción de fangos del decantador de caudales aliviados se realiza en continuo, por tubería de fundición de Ø 80 mm. de diámetro, que lo conduce hasta la arqueta de bombeo de fangos.

#### **Bombeo de fangos de decantación de caudales aliviados**

Los fangos purgados del decantador de caudales aliviados en pretratamiento pueden ser enviados, bien a cabecera del tratamiento biológico o bien al espesador de gravedad.

La recirculación de fangos de cada decantador es independiente y se realizará mediante la utilización de una (1) unidad de bomba centrífuga sumergible de 110 m<sup>3</sup>/h y una altura manométrica de 3 m.c.a. Estos fangos se introducirán en cabecera del reactor biológico de una línea. Se ha diseñado un sistema de conducciones y válvulas, para que sea posible bombear independientemente, desde cualquier bomba de recirculación, indistintamente a los dos reactores biológicos. El funcionamiento de las bombas está comandado desde el PLC por temporización programable.

Los caudales aliviados, así impulsados, se conducen mediante tubería de Ø 200 mm a los reactores biológicos.

El fango en exceso es impulsado a espesamiento mediante un colector de 80 mm de diámetro.

#### **Purga de fangos de los decantadores secundarios**

La extracción de fangos de los decantadores secundarios se realiza en continuo, independientemente para cada decantador, por tubería de fundición de Ø 250 mm. de diámetro, que lo conduce hasta la arqueta de bombeo de fangos asociada.



### **Bombeo de recirculación de fangos**

Para mantener la concentración de diseño en el reactor biológico se ha realizado una recirculación de fangos desde el decantador. Las dos líneas de tratamiento sean diseñado totalmente independientes, incluyendo el reactor, decantador y bombeo de recirculación de fangos.

El caudal de recirculación es función del caudal medio sobre 24 h., de la concentración a mantener en el reactor, del índice volumétrico de fangos y de la concentración del fango en el decantador. Se ha adoptado como caudal de recirculación el 150% del caudal medio.

La recirculación de fangos de cada decantador es independiente y se realizará mediante la utilización de una (1) unidad de bomba centrífuga sumergible de 110 m<sup>3</sup>/h y una altura manométrica de 3 m.c.a. Estos fangos se introducirán en cabecera del reactor biológico de una línea. Se ha diseñado un sistema de conducciones y válvulas, para que sea posible bombear independientemente, desde cualquier bomba de recirculación, indistintamente a los dos reactores biológicos. El tiempo de funcionamiento se ha previsto de 24 h pudiéndose, a través de PLC, realizar una temporización del funcionamiento de los grupos de bombeo.

El fango, así impulsado, se conduce mediante tubería de Ø 200 mm al reactor biológico asociado.

### **Bombeo de fangos en exceso**

La extracción de fangos a espesador de cada decantador es independiente mediante el empleo de 1 bomba centrífuga sumergible de 10 m<sup>3</sup>/h y una altura manométrica de 12 m.c.a. El funcionamiento de las bombas está comandado desde el PLC por temporización programable en ciclos de 48 h.

El fango en exceso es impulsado a espesamiento mediante un colector de 80 mm de diámetro.

Con los caudales indicados el tiempo de funcionamiento de las bombas es de 5,0h/d.

### **Espesamiento**

Para el espesamiento de los fangos costa de un (1) espesador de gravedad, dejando el espacio necesario para un 2º espesador de las mismas dimensiones para el futuro.

Los parámetros de diseño de esta instalación han sido:

- Concentración de fangos a la entrada: .....0,80 %
- Concentración de fangos espesados: .....3,00 %
- Carga hidráulica, menor de:..... 0,30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga de fangos, menor de: .....30 Kg/m<sup>2</sup>/día
- Tiempo de retención de fangos superior a:..... 48,00 h
- Tiempo de retención hidráulica superior a: ..... 24,00 h

La alimentación de los fangos al espesador, se realiza en la parte central siendo equirrepartido y dirigido por un cilindro central.

La concentración de fangos se realiza por gravedad, favorecida por la fuerte pendiente del fondo del aparato y por el arrastre de las rasquetas de fondo del mecanismo espesador.

Los fangos espesados son purgados desde el fondo del aparato, mientras que el caudal sobrante es recogido en su parte superior para su reincorporación a cabecera de planta.

Se instala un espesador de hormigón con cubierta de PRFV para favorecer su desodorización.

El espesador de gravedad tienen un diámetro de 7,00 m con una altura recta útil de 3,50 m y una altura cónica de 0,41 m, lo que proporciona un volumen útil unitario de 140 m<sup>3</sup> y una superficie unitaria de 38 m<sup>2</sup>.

Las dimensiones del espesador proporcionan los siguientes parámetros de funcionamiento:

- Carga hidráulica:..... 0,38 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.
- Carga de fangos: .....20,00 Kg/m<sup>2</sup>/d.
- Tiempo de retención de fangos:..... 3,96 d

## **Deshidratación de fangos**

### **Bombeo de fangos a deshidratación**

Los fangos espesados son purgados del depósito a través de conducciones que conectan con las aspiraciones de los grupos motobomba para elevación al proceso de secado. Mediante esta aspiración directa se reducen los problemas de atascamiento en estas conducciones.

La instalación de bombeo se compone de tres (2+1) bombas de tornillo helicoidal, con un caudal unitario variable entre 1 y 5 m<sup>3</sup>/h. y una presión de 15 m.c.a, una de ellas en reserva. Las bombas dispondrán de un variador manual de velocidad, para ajustar el caudal con los equipos de deshidratación.

### **Centrifugadora**

En esta solución se proyecta realizar el secado de lodos mediante centrifugadora, con los que se espera obtener una concentración de fangos a la salida del 22 %.

Las instalaciones de secado se han proyectado para las cargas de lodos que se producen en la estación depuradora con capacidad para su tratamiento en un período de operación de cinco (5) días a la semana, durante siete (7) horas al día.

Para acondicionamiento químico de este tipo de lodos se utiliza polielectrolito catiónico. Para ello se utilizan dos bombas dosificadoras de tornillo helicoidal, con una en reserva, con un rango de caudales de 40 a 400 l/h y 20 m.c.a.

Se ha instalado dos (1+1) centrifugadoras de corriente directa, una en reserva, con capacidad para tratar un caudal unitario de 5 m<sup>3</sup>/h. La centrifugadora es un equipo que, aprovechando la fuerza centrífuga que obtienen girando a grandes revoluciones, separa la fase sólida de la líquida en los fangos floculados.

El factor de diseño en la carga de sólidos que el equipo puede admitir en función de las características cuantitativas y cualitativas del mismo delimitará los tiempos de retención en función de la sequedad que se pretende lograr.

Estos equipos han experimentado con la regulación hidráulica de la velocidad diferencial del tornillo frente al motor (velocidad relativa que viene en función del Par), permite obtener unos rendimientos similares a los filtros banda, con una mayor flexibilidad de la instalación.

A lo largo del proceso de secado mediante centrifugadoras el fango a tratar se encuentra completamente oculto sin que haya agresiones al medio ambiente que deterioren las condiciones de trabajo del personal.

A la salida de la descarga de cada una de las centrifugadoras se instala (1) bomba de tornillo helicoidal, especiales para fangos deshidratados, de 1,50 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario, que impulsan el fango deshidratado al silo de almacenamiento.

#### **Almacenamiento de fango deshidratado**

Con objeto de posibilitar el almacenamiento del fango seco, se instala una (1) tolva de capacidad unitaria 18 m<sup>3</sup>, resultando un tiempo de almacenamiento de 3,89 días en la situación de diseño. De este silo se extraerá el fango y se llevará mediante la utilización de camiones a vertedero.

### **1.3.5. INSTALACIONES VARIAS**

#### **Sistema de desodorización**

Se dispone un sistema de desodorización por carbón activo de 15.000 Nm<sup>3</sup>/h de capacidad de tratamiento para el edificio de proceso, el espesador de gravedad, centrifugadoras, concentrador de grasas y sala de deshidratación y el depósito de almacenamiento de fangos espesados.

#### **Abastecimiento de agua**

La toma de agua potable se realizará desde el punto más cercano posible a la red municipal, disponiendo de un contador y los elementos auxiliares necesarios.

La conducción es de polietileno de alta densidad. El diámetro será de 64 mm. de 10atm. y una longitud aproximada de 3000 m

#### **Red de agua de servicios**

La red de agua de servicios que permite disponer de agua para la limpieza en todos los puntos de la instalación. Esta red tiene caudal y presión suficiente para desobstruir las tuberías de fangos, limpiar las rejas, red de incendios, etc. así como para riegos de ajardinamientos. Para ello cuenta con un grupo de agua a presión para servicio de agua industrial a la planta de 8 m<sup>3</sup>/h a 4 Kg/cm<sup>2</sup>.

El grupo de presión, tomará el agua tratada de la arqueta de salida de la planta.

#### **Red de vaciados**

El vaciado de todos los elementos de la planta se conducen hasta una arqueta de bombeo que impulsará los caudales de vaciados hasta la obra de llegada. En dicha arqueta se instalan dos bombas centrífugas sumergibles, una de ellas en reserva, con un caudal unitario de 35 m<sup>3</sup>/h a 10 m.c.a.

#### **Protecciones**

La planta cuenta con los elementos necesarios para dar una protección adecuada a toda la instalación y al personal de explotación. Para ello se ha previsto un botiquín de emergencia, extintores adecuados a las distintas zonas de la planta, mangueras contra incendios, máscaras

personales, cinturones de seguridad, salvavidas, carteles indicadores, luces de emergencia, etc.

## **ELECTRICIDAD GENERAL Y ALUMBRADO**

### **SUMINISTRO DE ENERGÍA A LAS INSTALACIONES**

El suministro de energía eléctrica a las instalaciones de la EDAR se realiza desde la línea aérea de media tensión a 15 kV, FUS 702 (subestación de Fuensalida) propiedad de Unión Fenosa, desde el apoyo N° TE0418-A HV-250-R12 C/S LA-110. Dicha línea discurre sensiblemente paralela a la carretera que une Camarerilla con Villamiel. Desde el apoyo mencionado hasta el centro de transformación de la E.D.A.R., se estima una longitud aproximada de 2.750 mts, los cuales deben ser salvados mediante línea de media tensión aérea formada por apoyos metálicos y de hormigón de 12 mts de altura y cable LA-56 hasta un apoyo de paso de línea aérea a subterránea para alimentar posteriormente al centro de transformación de la E.D.A.R.

La línea de acometida subterránea al centro de transformación estará compuesta por tres conductores unipolares 1 x 150 mm<sup>2</sup> tipo RHZ1-12/20 kV. La longitud aproximada de esta línea es de 170 metros.

### **CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

El centro de transformación se aloja en un edificio prefabricado independiente del edificio de proceso, junto al perímetro de la parcela y la puerta de acceso, y en el se alojan los siguientes equipos:

- 1 Celda de entrada con interruptor seccionador.
- 1 Celda de protección equipada con interruptor combinado con fusibles y relé de protección tipo RPTA.
- 1 Celda de medida de tensión.
- 1 Transformador de 400 kVA.
- Armario de contadores

### **Celdas de alta tensión**

Las celdas de maniobra y protección del centro de transformación son de tipo modular con aislamiento integral y corte en SF6, cada función dispone de su propia envolvente metálica que alberga una cuba de acero inoxidable llena de gas SF6.

Las celdas se han previsto para una tensión nominal de 24 kV, una intensidad nominal en barras y elementos de corte de 400 A y 16 kA de intensidad de cortocircuito.

La protección propia de los transformadores se realiza con dispositivos DGPT2, para detectar emisión de gases del líquido dieléctrico, descensos del nivel de líquido dieléctrico, aumentos excesivos de presión, alta temperatura del líquido aislante y visualización del nivel de líquido. El neutro de los transformadores se conectará rígidamente a tierra.

### **Transformadores de potencia**

Se ha ejecutado la instalación de un transformador de potencia trifásico de 400 KVA, conexión Dyn11, tensión primaria 15.000-20.000  $\pm 2,5\% \pm 5\%$  V y 400 V de tensión secundaria, en baño de aceite, equipado con conmutador bajo tapa, ruedas de transporte, y dispositivo de protección contra calentamiento, sobrepresión y descenso del nivel del líquido aislante.

La potencia de transformación se encuentra incrementada en un 30% de la potencia total necesaria para el correcto uso de las instalaciones.

### **Armario de contadores**

La medida de la energía eléctrica se realiza en 15 kV, mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida de compañía del centro de seccionamiento.

El equipo de medida cumple los requisitos establecidos por la Cía. Suministradora y dispone de los siguientes elementos: Contador electrónico combinado (activa + reactiva + tarificación) multifunción para red trifásica de 4 hilos con conmutación remota vía RS-232, 4 salidas y dos entradas de impulsos configurables

### **Puesta a tierra**

En el centro transformación se ha ejecutado una red equipotencial para herrajes de A.T. y celdas, puesta a tierra independiente del neutro de los transformadores y un pozo de tierras para puertas, ventanas y armarios metálicos; de esta forma establecemos tres sistemas independientes de las tierras. La resistencia de estos circuitos será inferior a 10 ohmios.

La red equipotencial esta constituida por conductor de cobre desnudo de 95 mm<sup>2</sup> de sección y las mallas están abrazadas por una grapa de conexión. Se dejan arquetas para conexión de los tres circuitos de toma de tierra. El tercer circuito estará unido a piquetas o placas de tierra a través de una grapa de conexión, situada fuera de las celdas, con cable de Cu de 95 mm<sup>2</sup> de sección.

## **FUERZA EN BAJA TENSIÓN**

### **Centro de control de motores**

Se instala un centro de control de motores que estará alojado en la sala de cuadros eléctricos del edificio de explotación.

El centro de control de motores esta formado por paneles metálicos en chapa de acero, debidamente pintados, accesibles por su parte anterior en donde se encuentran las acometidas y salidas con sus correspondientes interruptores automáticos. El cuadro esta construido para soportar los esfuerzos electrodinámicos correspondientes a la posibles corrientes de cortocircuito que puedan presentarse.

La acometida al cuadro desde el transformador de potencia y el grupo electrógeno se realiza a través de interruptores automáticos de corte omnipolar, mando motorizado, con relés magnetotérmicos y protección diferencial. Además de los interruptores automáticos de protección, las acometidas llevarán tres transformadores de intensidad y un analizador de redes para supervisión de los principales parámetros eléctricos. Desde el embarrado de este armario se alimentan los distintos motores, la batería de condensadores para mejora del factor de potencia y el cuadro general de alumbrado, por medio de líneas independientes y protegidas por medio de interruptores automáticos de corte omnipolar con relés magnetotérmicos.

El centro de control de motores es de ejecución fija y está formado por una serie de paneles construidos en chapa de acero, pintados en color previo desengrasado y tratamiento contra la corrosión. Grado de protección IP-43.

En cada una de las acometidas y a continuación del interruptor general se han colocado tres transformadores de intensidad relación X/5 A y un analizador de redes para supervisión de los principales parámetros eléctricos. A partir del embarrado general se acomete a los distintos motores a través del aparellaje de mando y protección de cada motor, constituido por:



- Interruptor automático tripolar de motor, con relés magnéticos.
- Contactor tripolar, arrancador estático o variador de frecuencia.
- Bloques con tres relés, térmico, compensado y diferencial con dispositivo contra la marcha en monofásico.
- Transformador toroidal y relé diferencial de 300 Ma

El arranque de motores de potencia superior a 18,5 kW se realizará mediante arrancadores progresivos equipados con relés electrónicos de protección de motor y arrancador integrados en los mismos.

En aquellos equipos correspondientes a procesos que requieren regulación de caudal se han instalado variadores de frecuencia.

Los variadores de frecuencia disponen de tarjetas de electrónica barnizadas y para potencias superiores a 7,5 kW están equipados con filtros de armónicos.

Los variadores de frecuencia y arrancadores estáticos incluirán protecciones integradas ante sobrecarga, fallo de fase, defecto a tierra, bloqueo inversión de fases, subcarga y térmica a través de CTP (para motores de potencia superior a 18,5 KW)

### **Cableado de Fuerza de Armarios a Receptores**

La Sección mínima empleada para fuerza en los receptores ha sido 2,5 mm<sup>2</sup> y para los elementos auxiliares tales como pulsadores in situ, finales de carrera limitadores de paro ha sido 1,5 mm<sup>2</sup>.

Los conductores utilizados son de cobre del tipo RV 0,6/1 kV con aislamiento en polietileno reticulado y cubierta de PVC.

Para los equipos dotados de variador de frecuencia o arrancador estático, la alimentación se realizará con cable apantallado tipo RVKV 0,6/1 KV.

Desde los armarios hasta los elementos receptores los cables discurren por bandeja de PVC con tapa o bajo tubo de PVC. En todos ellos se ha tenido en cuenta que la caída de tensión sea inferior al límite admisible según ITC-BT-19, desde el origen de la instalación.

## VARIADORES DE FRECUENCIA Y ARRANCADORES ESTÁTICOS

En aquellos casos en los que se precisa el control continuo de la velocidad de los elementos accionados por los motores, se instalan variadores de frecuencia.

Se instalarán los siguientes:

- 2 variadores de 0,75 kW (bombas dosificadoras de poli)
- 3 variadores de 2,2 kW (bombas recirculación fango)
- 2 variadores de 7 kW (bombas agua bruta)
- 3 variadores de 15 kW (1 bomba agua pluviales, 2 centrifugas de fango)
- 2 variadores de 30 kW (soplantes de aire a biológico)
- 1 arrancador de 30 kW (soplante de aire a biológico)

## ALUMBRADO GENERAL

### Cableado de alumbrado exterior y de reparto hasta Armario Locales

Desde el centro de control de motores y a través de un conductor apropiado, se acomete a un armario de distribución de alumbrado situado en el hall del edificio de control.

En este armario, se aloja un interruptor automático magnetotérmico general, así como los interruptores automáticos magnetotérmicos que alimentarán los cuadros secundarios de alumbrado. Estos van equipados con automático diferencial de In adecuada y 300 mA de sensibilidad.

La iluminación de los edificios se hace a base de equipos fluorescentes 2 x 36 W. En los locales húmedos se emplearán equipos estancos de 2 x 36 W. En la zona de gran altura del edificio de explotación se han incluido luminarias cerradas para colgar de Vapor de Mercurio de 250 W.

La instalación de alumbrado interior de las distintas dependencias de los edificios se realiza bajo tubo de PVC rígido en superficie y en las zonas nobles se realiza bajo tubo empotrado tipo corrugado.

La iluminación exterior de viales se hace con báculos de 4 metros de altura contruidos en acero galvanizado en caliente y luminarias cerradas equipadas con lámparas de vapor de sodio de 150 W.

La iluminación exterior de equipos se realiza con columnas de 10 metros de altura contruidas en acero galvanizado en caliente y dos proyectores cerrados equipados con lámparas de vapor de sodio de 250 W.

La instalación de alumbrado exterior se hace con cable tipo DN 0,6/1 KV de 6 mm<sup>2</sup> de sección mínima. Estos cables discurrirán bajo tubería de PVC enterrado a 0,50 m de profundidad.

### **Alumbrado de emergencia**

Se ha instalado alumbrado de emergencia, dicha iluminación se concentrará exclusivamente en puertas, escaleras, pasillos y en general en zonas de escape o paneles en los que hubiera que realizar alguna maniobra de inspección o medida. El sistema de alumbrado de emergencia es autónomo y cumple con las prescripciones establecidas en las normas UNE 20062 y 20392, e instrucciones complementarias del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Sus características son difusor de vidrio, acumulador estanco de Níquelcadmio con cargador que asegura la recarga de los acumuladores en menos de 24 h, con nivel medio de 5 lux para todos los pasos a iluminar en emergencia.

### **Empalmes y derivaciones**

Todos los empalmes y derivaciones de la red de alumbrado, se realiza en los cuadros y en las cajas de registros, que serán de dimensiones adecuadas a la sección del cable, por medio de bornas de apriete y rigidez eléctrica adecuada, con el fin de evitar calentamiento y pérdidas de aislamiento.

## **GRUPO ELECTRÓGENO**

Se dispone de un grupo electrógeno para alimentación de emergencia en caso de fallo de la alimentación principal con conmutación automática. Tendrá una potencia de 225 kVA, 180 kW suficiente para alimentar todos los elementos de la planta.

El grupo electrógeno se encuentra instalado en un edificio prefabricado preparado con la ventilación necesaria, anexo al centro de transformación.

El grupo electrógeno dispondrá de un depósito de combustible con capacidad suficiente para funcionar unas 8 horas independiente y automáticamente, en caso del fallo de la alimentación eléctrica habitual.

## **INSTALACIÓN GENERAL DE TIERRAS**

Además de las tierras propias del centro de seccionamiento y del centro de transformación, que esta constituida por red de malla independiente, se ha instalado una red general de tierras.

Estará formada por pozos equipados de una pica de acero-cobre de 2 m de longitud, y 18 mm de diámetro colocándose una en las inmediaciones de cada armario. Las tomas de tierra estan formadas a base de picas con cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> para la red de tierra general y desde esta red se deriva con cable de 35 mm<sup>2</sup> para las masas metálicas.

## **SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO**

En la cubierta del edificio de explotación se encuentra una instalación de pararrayos con un radio de acción de 100 m. El pararrayos será con dispositivo de cebado, es decir, producirá una ionización dirigida hacia la nube, canalizando en su origen la posible descarga eléctrica.

El sistema estará formado por el pararrayos propiamente dicho montado sobre un mástil, cable de cobre grapado a la pared y protegido, un contador de rayos donde quede registrado el nº de descargas, una arqueta de polipropileno y un sistema de tierra formado por picas de acero cobreado con un puente de comprobación de tierras.

## **AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y SUPERVISIÓN.**

### **CONTROL DEL PROCESO**

A continuación se describe la filosofía del sistema de control y supervisión de la EDAR de Camarena, en apartados posteriores se definen los equipos de control previstos y la arquitectura del sistema previsto. Asimismo.

El sistema de control permitirá el funcionamiento automático de la estación de tratamiento con la máxima fiabilidad, facilitará al personal encargado de la explotación y gestión de la planta toda la información precisa para conocer el estado de la misma y permitirá que se pueda actuar sobre el proceso.

El seguimiento, control y proceso de las instalaciones estará gobernado por un autómata programable que recogerá el estado de las señales digitales y analógicas procedentes de los equipos e instrumentos de la planta, procesará las instrucciones de acuerdo con lo establecido en el programa de usuario y generará las salidas de proceso, procesando la información obtenida sobre todo el sistema con el fin de coordinar los automatismos de la planta y permitir el seguimiento del proceso.

El sistema de Control y Supervisión está basado en autómata local con total autonomía de funcionamiento y un sistema de supervisión SCADA (Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos).

El equipo propuesto para control y comunicaciones es un equipo industrial, diseñado para trabajar en continuo y con muy alta disponibilidad y baja tasa de fallos (elementos con Tiempo Medio Entre Fallos MTBF, del orden o superiores a las 500.000horas=57 años).

El equipo es de última generación y CPU con procesador a 32 bits a 28,7 MHz, 8 MB de RAM. Así la capacidad de ampliación de entradas/salidas y programación son muy superiores al 25% y 200 % respectivamente.

## ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de supervisión y control consta de los siguientes niveles de control:

Nivel cero, o nivel de adquisición de datos y control manual. Este nivel correspondería a la instrumentación y control de campo.

Este nivel corresponde con la emisión de señales, y el manejo manual por parte del operador. Para esto ha de desplazarse localmente, ver los datos locales (puede verlos en los equipos directamente) y tomar las decisiones oportunas y ordenar la marcha/paro, apertura/cierre de los equipos localmente.

Para esto todos los equipos dispondrán de un selector de mando Automático-0-Manual, con el que se selecciona el funcionamiento a través del controlador, estado Fuera de Servicio, o de forma local con los pulsadores o selectores disponibles.

Para posibilitar el control a través de los sistemas automáticos, los equipos deben haber sido probados en manual y deben funcionar previamente de forma correcta.

El funcionamiento manual incluye las protecciones básicas eléctricas y de proceso (v.g. niveles de líquidos en bombas) para que no se produzcan averías innecesarias.

Estas protecciones básicas, enclavan el hardware de forma que imposibiliten una maniobra o una acción tanto en modo Manual como en Automático.

El primer nivel, o control, corresponde al autómata programable. Sus funciones son:

- Adquisición de datos (lectura de las variables analógicas y estados de los equipos)
- Generación de eventos y alarmas (en función de las Entradas de proceso y de las variables analógicas medidas)
- Vigilancia de los enclavamientos y secuencias de funcionamiento (con generación de alarmas ante situaciones no compatibles)
- Marcha/paro, apertura/cierre de equipos. Con vigilancia de los enclavamientos. Estas órdenes pueden realizarse bien en función del programa interno del PLC o bien en función de una orden desde el sistema de supervisión central.
- Lazos de regulación

Este nivel funciona autónomamente, esto es, funciona aún sin comunicaciones, tomando sus propias decisiones programadas.

En nuestro caso este nivel consiste en el autómatas programable.

Segundo nivel, o SUPERVISIÓN, este nivel es realizado en la sala de control central a través del PC de Supervisión y el software Scada.

Desde este nivel se puede:

- Visualizar todos los elementos de campo (estados, valores analógicos, ...)
- Visualización de datos históricos (tendencias, alarmas,...)
- Cambio de datos, consignas o parámetros de proceso
- Orden remota a equipo de campo
- Informes
- Información de equipos y sistemas (esquemas eléctricos, hoja de incidencias,...) a través de enlace con la aplicación de gestión.

Para este segundo nivel se ha propuesto el software de Supervisión Micro Scada.

En la Sala de Control se ha procedido a la colocación de 1 Ordenador para Servidor de datos y Estación de Operación de Planta, con una licencia de software SCADA de 2.000 Entradas/Salidas al Sistema.

Existe un tercer nivel, en cuanto a los equipos de control que es la gestión de mantenimiento y tratamiento estadístico de datos. En este nivel ofrecemos una aplicación a medida para gestión de almacén y gestión histórica de datos enlazados con la aplicación SCADA

Asimismo, la instalación en el ordenador de supervisión de un Software de simulación analítico predictivo de los procesos principales de la EDAR para poder tomar decisiones que optimicen el funcionamiento de la misma

## **CENTRO DE CONTROL DE LA E.D.A.R.**

El centro de control general de la E.D.A.R. esta dotado de los siguientes elementos:

- Cuadro sinóptico, que será de tipo mosaico y representará de forma simplificada toda la red de tratamiento, estará dotado de todos los accesorios necesarios. Incluirá señalización mediante pilotos luminosos, indicaciones de estado, alarmas, etc., estos datos le serán enviados desde los autómatas de zona. Asimismo incluirá displays para señalización de todas las variables más representativas del funcionamiento de la planta, con indicación de fallo y protección de la señal de entrada. Se registrarán en totalizadores electrónicos de impresión, todos los caudales acumulados a una hora preseleccionada. Las medidas de instrumentación de campo, se introducirán a través del autómata de sinóptico a las estaciones de operación, que coordinarán los automatismos de la planta.
- Estación de operación. En lo que respecta a la Estación de Operación, se incluye 1 ordenador. Desde este puesto de operador se podrá realizar el control y supervisión de las instalaciones a través del ordenador de proceso mediante órdenes de pantalla. Incluirá un dispositivo de enclavamiento que permita operar la planta desde el puesto de operador a través del ordenador sólo a personal autorizado.

Asimismo se instala una impresora láser color para impresión de informes y una impresora de tipo matricial para alarmas.

## **INSTRUMENTACIÓN.**

En todos aquellos puntos de los distintos circuitos de la Estación Depuradora donde los fluidos manejados pueden sufrir variación en algún parámetro físico (presión, nivel, velocidad, temperatura, etc.), se instala los instrumentos de indicación local correspondientes (manómetros, niveles, rotámetros, termómetros, etc.).



La instrumentación de los parámetros físico-químicos más importantes de la Estación Depuradora, incluirá además de indicación local, transmisión de las mediciones efectuadas para su control, con indicación en centro de control, registro y procesado.

Para el control del proceso y facilitar las labores de explotación de la E.D.A.R., se dispone los siguientes instrumentos de campo:

**A) LINEA DE AGUA**

- 1 medidor de nivel tipo radar en el pozo de bombeo de agua bruta
- 6 interruptores de nivel en pozo de bombeo de agua bruta
- 1 medidor de temperatura agua bruta
- 1 medidor de pH agua bruta
- 1 medidor de pH agua tratada
- 3 interruptores de nivel en pozo bombeo flotantes
- 1 medidor de caudal magnético en tubería de bombeo a tamices
- 1 medidor de caudal magnético en tubería de agua a biológico
- 4 medidores de oxígeno disuelto en reactores biológicos
- 1 medidor de caudal magnético en tubería salida agua tratada

**B) LÍNEA DE FANGOS**

- 1 medidor de caudal de fangos en exceso
- 2 medidores de caudal en la impulsión de la recirculación de fangos 2º
- 2 medidores de caudal de fangos a deshidratación
- 1 medidor de nivel tipo radar en tolva de fangos deshidratados.
- 9 interruptores de nivel en arquetas de recirculación y fangos en exceso.

### **C) REACTIVOS**

- 2 interruptores de nivel en depósito de hipoclorito sódico.
- 2 interruptores de nivel en depósito de hidróxido sódico.
- 2 interruptores de nivel en depósito de ácido sulfúrico.
- 2 interruptores de nivel en depósito de cloruro férrico.

## **CONEXIONES CON EL EXTERIOR**

### **ACCESO A LA PARCELA**

El camino de acceso a la planta se apoya en parte del Camino de Bargas y en parte del camino de la Casa de Acerolas. El estado de dichos caminos necesita un acondicionamiento, en unos 3.000 m de longitud. Se ha previsto el escarificado y la compactación del terreno natural y un terraplenado, para alcanzar la cota de explanación de la parcela. Además se ha procedido a la colocación de 25 cm de zahorra artificial y un doble tratamiento superficial y se ha proyectado una cuneta de tierra a todo lo largo del camino.

### **TOMA DE AGUA POTABLE**

Para el abastecimiento de agua potable se ha derivado una conducción desde la red existente en el municipio, mediante 3.000 m de tubería de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro, que discurrirá paralela al colector general.

### **CONEXIÓN TELEFÓNICA**

Al no disponer de una línea de conexión para la E.D.A.R., esta será por vía móvil, previéndose la misma en los costes de explotación.

## 1.4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

### 1.4.1. COLECTORES

#### CRITERIOS DE DISEÑO

Para el diseño de los colectores y emisarios se tienen en cuenta los siguientes criterios:

El diámetro mínimo es de 300 mm.

El caudal máximo a transportar por los colectores es el correspondiente a diez (10) veces el caudal medio de aguas residuales al año horizonte.

La pendiente máxima será la correspondiente a que no se sobrepasen velocidades superiores a 5 m/s en tuberías de plástico y de 3 m/s en las de hormigón. En casos excepcionales en que la topografía no permita estas pendientes, se podrán optar otras, debidamente justificadas. La velocidad mínima será superior a 0,50 m/s.

Se diseñan aliviaderos en los puntos de conexión con el saneamiento municipal, o en cualquier otro punto que presente problemas de ejecución, acceso y funcionamiento, siempre que la longitud de los colectores hasta la EDAR supere los 200 m. Estos aliviaderos deben ser capaces de limitar el caudal aguas abajo, al caudal máximo a transportar indicado anteriormente.

La ubicación de los aliviaderos se ha tenido en cuenta que se evite la entrada de las aguas de los cauces a los cuales vierta. Se limita la salida de sólidos por el aliviadero mediante una chapa deflectora en acero inoxidable y se deja prevista una tajadera de acero inoxidable con sus guías, con el fin de poder cerrar el paso de las aguas al colector, por motivos de tener que realizar cualquier tipo de reparación.

Los pozos de registros prefabricados y totalmente estancos, se colocan en los siguientes puntos: cambios de alineación, cambios de pendientes fuertes, cambios de sección, confluencia de colectores. Normalmente se consideran pozos de registro cada 50 m.

Cuando se produzcan saltos en la rasante de más de 0,5 m y menos de 1,5 m se construirán pozos de registro de caída, reforzando las zonas susceptibles de erosión. Evitar siempre los sifones.

En los cambios de dirección, los pozos deberán contar con la transición adecuada para reducir las pérdidas de carga y evitar sedimentaciones.

Los pates son de alma de acero recubierta de polipropileno, con resaltes y entalladuras que evitan el deslizamiento, y colocados a una distancia de unos 35 cm.

Los marcos y tapas tienen una resistencia suficiente para soportar las cargas previstas según su emplazamiento. Las tapas son normalizadas, para que sea fácil su sustitución, de hormigón armado de 62,5 cm de diámetro.

El recubrimiento mínimo de los tubos es de 1 m. En aquellos casos excepcionales donde no se pueda cumplir esta condición, se procede al refuerzo de la sección mediante hormigón.

El ancho mínimo de zanja es de (D+0,60) m y los taludes son los obtenidos de acuerdo con las características del terreno.

El material de la tubería se selecciona en función de la agresividad del vertido, las velocidades adoptadas, las características del terreno, las cargas exteriores incluidas las ejercidas durante la ejecución de las obras, la impermeabilidad en ambos sentidos, accesos a las obras, las presiones interiores durante los trabajos de limpieza y mantenimiento, y cualesquiera otros aspectos que se considere con base a la experiencia.

Las tuberías de plástico se apoyan en una cama de arena de al menos 10 cm

## VELOCIDADES ADMISIBLES

En colectores de residuales, la existencia de unos caudales mínimos que pueden provocar sedimentaciones y retenciones, obliga a conseguir unas velocidades mínimas que eviten estas situaciones.

Por tanto, en el diseño de colectores se han fijado:

Las pendientes mínimas con las que se consiguen las velocidades mínimas admisibles (para un caudal mínimo obtenido en los aforos).

En base al replanteo sobre el terreno, se ha decidido la solución más adecuada para los casos en que no sea posible alcanzar esos valores límite.

En la norma alemana ATV-110, se dice que el paso a través de un colector de un caudal superior al mínimo, al menos una vez al día, es suficiente para limpiar las tuberías de las sedimentaciones que puedan haberse producido. En base a la experiencia y a consideraciones teóricas, se establece que para que esa limpieza tenga lugar, los colectores deben diseñarse para que con un calado del 50% (sección circular) y los diferentes diámetros, se alcancen las velocidades críticas contempladas en la tabla nº 1, garantizándose la autolimpieza para calados superiores al 20% del nominal.

Si las condiciones topográficas no permiten alcanzar estas velocidades mínimas, se adopta el criterio de fijar como mínimas las velocidades de la tabla nº 2, calculadas para el caudal medio de diseño. Si aún así no se alcanzaran, habrá que aumentar el diámetro del colector o ir a otro tipo de soluciones (cámaras de descarga, bombeos, etc) que permitan alcanzar esos límites.

**TABLA Nº 1**

<b>VELOCIDAD DE AUTOLIMPIEZA PARA UN CALADO = 50% DN</b>			
<b>DIÁMETRO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD CRÍTICA (m/s)</b>	<b>DIÁMETRO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD CRÍTICA (m/s)</b>
300	0,56	1.400	1,34
400	0,67	1.500	1,39
500	0,76	1.600	1,44
600	0,84	1.800	1,54
800	0,98	2.000	1,62
1.000	1,12	2.200	1,72
1.200	1,24	2.400	1,79

**TABLA Nº 2**

<b>COEFICIENTE DE CONVERSIÓN PARA CUALQUIER CALADO</b>	
$V_{CRIT} = a \times V_{CRIT.50\%}$	
<b>GRADO DE LLENADO (d/DN)</b>	<b>a</b>
<0,1	1,37
0,10	1,22
0,20	1,10
0,30	1,04
0,40	1,01
0,50	1,00
0,60	0,99
0,70	1,00
0,80	1,01
0,90	1,04
1,00	1,15

## **MATERIAL**

El material seleccionado para los colectores y emisarios es el PVC.

Se utilizan tuberías corrugadas de PVC (interior liso y exterior corrugado) con sistema de unión mediante copa (parte interior) lisa y junta elástica montada en el cabo del tubo.

Para diámetros  $\geq 300$  mm, la rigidez (RCE) es de 8 kN/m<sup>2</sup>.

## **DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO**

Se realiza utilizando la fórmula de Manning con un coeficiente de rugosidad  $n = 0,01$ .

Para determinar las variaciones de caudales y velocidades en función de la altura de llenado, se utiliza la fórmula de Thormann y Franke.