



MÁSTER EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MASTER

**PROPUESTA DE MEJORAS EN EL PROCESO DE
ESPESADO DE FANGOS PRIMARIOS DE UNA
EDAR**

MARÍA EUGENIA BERZAL QUIÑONES
SEPTIEMBRE, 2012

Raúl Muñoz, profesor del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Valladolid, y Roberto Torio Acha, Director Técnico de Socamex S.A en Valladolid.

INFORMAN:

Que Dña. María Eugenia Berzal Quiñones ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Master titulado "**Propuesta de Mejoras en el Proceso de Espesado de Fangos Primarios de una EDAR**".

Valladolid, 23 de Agosto de 2012

Rm

Fdo. Raúl Muñoz

SOCAMEX, S.A.U.
NIF A - 47211214

C/ Cobalto, 12
Polígono San Cristóbal
47211 VALLADOLID

Fdo. Roberto Torio Acha

Reunido el Tribunal designado por el Comité Académico del Master en Gestión y Tecnología Ambiental, para la evaluación de Trabajos Fin de Master, y después de estudiar la memoria y atender a la defensa del trabajo **“Propuesta de Mejoras en el Proceso de Espesado de Fangos Primarios de una EDAR”**, presentado por el alumno Dña. María Eugenia Berzal Quiñones, decidió otorgarle la calificación de _____.

Valladolid, 11 de Septiembre de 2012

El Presidente

El Secretario

Fdo.:

Fdo.:

Vocal

Fdo.:

INDICE

1. RESUMEN	1
1.1. NOTA	1
1.2. RESUMEN	1
2. ANTECEDENTES GENERALES	2
2.1. SOCAMEX	2
2.1.1. <i>Ámbito de Actuación</i>	3
2.1.2. <i>Acreditación y Certificaciones</i>	4
2.2. MEDIOS MATERIALES E INSTALACIONES	4
3. OBJETIVOS	6
3.1. OBJETIVO GENERAL	6
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
4. METODOLOGÍA	6
5. DESARROLLO DEL ESTUDIO	9
5.1. DATOS DE PARTIDA	9
5.1.1. <i>Diagrama de la Situación Actual</i>	9
5.1.2. <i>Toma de Muestras</i>	10
5.2. PARÁMETROS DE OPERACIÓN IDEALES	11
5.2.1. <i>Carga Hidráulica</i>	11
5.2.2. <i>Tiempo de Retención Hidráulico (TR)</i>	12
5.2.3. <i>Concentración de Fango Espesado</i>	14
5.2.4. <i>Carga de Sólidos</i>	15
5.3. ANÁLISIS DE OPERACIÓN	16
5.3.1. <i>Evolución de la Carga de Sólidos que Retornan a Cabecera con los Escurridos ...</i>	16
5.3.2. <i>Evolución de la Carga de sólidos que retornan a cabecera con el escurrido del espesado por gravedad y el Tiempo de Retención Hidráulico en el mismo</i>	17
5.3.3. <i>Evolución de la Carga de Sólidos de Entrada al Espesador y la Velocidad de Entrada</i>	18
5.3.4. <i>Evolución de la Carga de Sólidos de la entrada del Espesador y la Carga de Sólidos del Escurrido de Espesados</i>	21
5.3.5. <i>Evolución del Rendimiento de Eliminación de SS en Decantación Primaria</i>	22
5.4.6. <i>Evolución de la Carga de Sólidos en el Sobrenadante del Espesado y la Carga Hidráulica</i>	23
5.4. ESTUDIOS ADICIONALES	24
5.5. MEJORA PROPUESTA	25
5.5.1. <i>Presupuesto de la Mejora Propuesta</i>	27
6. DISCUSIÓN	28
7. JUICIO CRÍTICO	29
8. BIBLIOGRAFIA	30
9. ANEXOS	31

1. RESUMEN

1.1. NOTA

El presente documento recoge el trabajo realizado en una empresa privada. El proyecto original y los datos de los informes correspondientes al espesado de fangos primarios de la EDAR son información confidencial sometida a secreto profesional cuya divulgación fuera del ámbito empresa-cliente está prohibida en virtud de la legislación vigente. Por ello, esta memoria recoge el trabajo que la empresa ha autorizado al autor a revelar, ocultándose el nombre de la depuradora en estudio y aquellas partes cuya difusión no ha sido autorizada.

Cualquier opinión contenida en éste documento es exclusiva de su autor y no expresa necesariamente la opinión de la empresa.

1.2. RESUMEN

Los fangos originados en la etapa de tratamiento primario de la EDAR en estudio, son un residuo extremadamente líquido, presentando un contenido de agua superior al 95%, por lo que ocupan volúmenes importantes, siendo además, habitualmente putrescibles. Todo ello hace que sea necesario someterlos a un tratamiento para modificar sus características y permitir unas condiciones tales que su evacuación y disposición final sean óptimas, tanto desde el punto de vista sanitario y medioambiental, como su manejo. El interés primordial en este proceso es, por lo tanto, incrementar la eficacia y economía de procesos posteriores.

Para cumplir estos objetivos, los fangos pasan primeramente a través de un sistema de tamices rotativos para eliminar los sólidos de mayor tamaño, evitando así las posibles obstrucciones en las conducciones de transporte de fangos.

Posteriormente son conducidos a una etapa de espesamiento por gravedad, con el objetivo de conseguir una concentración del fango espesado de al menos un 6%, y así optimizar las condiciones de funcionamiento de la etapa de digestión anaerobia.

La etapa de espesado cuenta con dos espesadores de tracción perimetral alimentados a través de dos tuberías, una en superficie de Ø250 y otra a media altura de Ø300; la salida del fango espesado se realiza mediante una poceta central, mientras que la salida del clarificado se realiza mediante un desagüe situado en superficie.

Una vez reducido el contenido de humedad de los fangos primarios y de los fangos secundarios, se unifican en un tanque de fangos mixtos para su posterior envío a la etapa de estabilización por procesos de digestión anaerobia. Puesto que el rendimiento del proceso de digestión está asociado, entre otros, al parámetro tiempo de residencia hidráulico en digestión, la reducción previa de volumen de fangos a impulsar a dicha etapa,

mediante la eliminación del agua sobrante, constituye un factor crucial para garantizar la eficacia de la misma y también para reducir el volumen de digestores, con los consiguientes ahorros en costes de inversión.

En los últimos tiempos, los resultados analíticos obtenidos sobre el funcionamiento de espesado de fangos primarios arrojan resultados desviados con respecto a su diseño. Esto es producto de un incorrecto e ineficaz diseño de la fase de pretratamiento¹, sumado al ínfimo estado de conservación de los equipos en las diversas etapas, que implica que los sólidos que deberían ser eliminados en el pretratamiento sean arrastrados al espesado, el funcionamiento del espesador sea ineficaz y en consecuencia el fango enviado a digestión sea de mala calidad.

Es por ello, y dada la importancia del espesamiento en el proceso de depuración, el presente informe expone los motivos asociados a la problemática actual existente. Para esto, se hace un análisis comparativo de los parámetros ideales de operación con respecto a los parámetros de operación reales en el año 2011 hasta la fecha, los cuales serán agrupados por semanas (78 en total, 52 semanas en el año 2011 y 16 semanas en el año 2012) para obtener un correcto cierre del balance. Una vez detectados los parámetros implicados en el proceso con repercusiones negativas, se plantean propuestas para la mejora de la operatividad de la depuradora.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1. SOCAMEX

La empresa vallisoletana SOCAMEX nació en 1988 con una clara orientación hacia el medio ambiente y el servicio público. Su nombre en un inicio hacía alusión a “Sociedad Castellana de Mantenimiento y Explotación”, aunque posteriormente la empresa cambió su denominación social debido a la expansión de su área de negocio, pasando a denominarse “SOCAMEX SA”.

Comenzó su actividad estando estrechamente ligada a la factoría Renault como empresa mantenedora y explotadora de sus instalaciones. En poco tiempo, estas actividades centradas en Renault se expandieron a otros mercados dentro del área de la ingeniería del agua, comenzándose a realizar trabajos para otros clientes privados así como para distintas administraciones públicas.

Actualmente y desde 2003, pertenece al Grupo URBASER, dependiente de ACS, siendo su marca especializada en aguas a través de la cual se gestionan todos los contratos de gestión del agua a nivel nacional e internacional, compitiendo con las empresas de más alto nivel del mercado.

¹ Ver plano de pretratamiento en apartado de Anexos

El organigrama actual se muestra en la *Figura 1*:

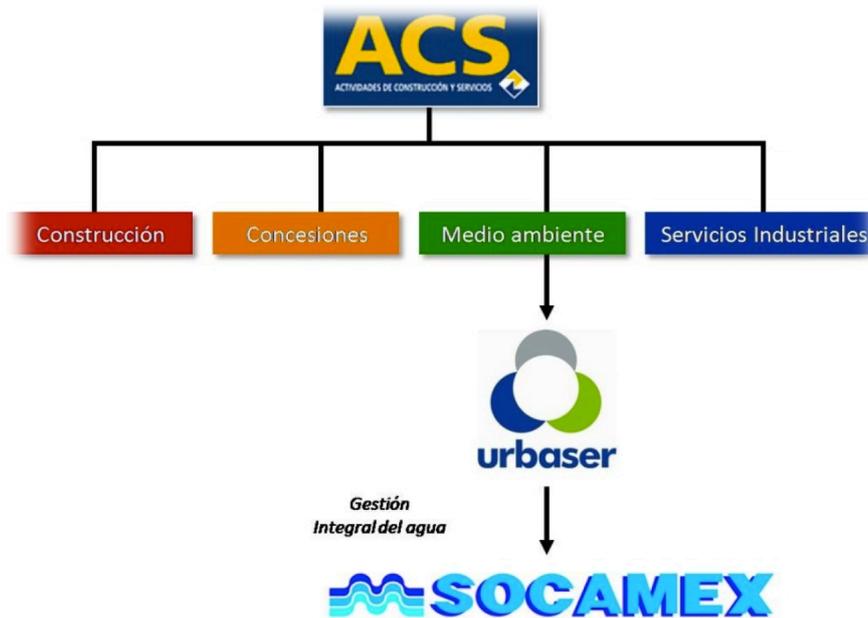


Figura 1: Organigrama de la Empresa

2.1.1. *Ámbito de Actuación*

Trabaja tanto con las distintas administraciones públicas como con clientes privados, ofreciendo sus servicios en el campo de la ingeniería y gestión integral del agua, realizando tareas de diseño, construcción, mantenimiento y explotación de plantas depuradoras y potabilizadoras, instalaciones de tratamiento de aguas y tratamiento de residuos, así como de asistencia técnica a empresas, municipios, y comunidades.

Opera servicios relacionados con todos los aspectos del "Ciclo Integral del Agua", como son:

- ✓ Tratamiento de agua potable y depuración de aguas residuales urbanas y/o industriales.
- ✓ Gestión integral del agua.
- ✓ Planes de inversiones.
- ✓ Redes de saneamiento.
- ✓ Redes de captación, conducción y distribución de agua potable.
- ✓ Plantas desaladoras y regeneración de aguas.
- ✓ Gestión comercial de usuarios de servicios de aguas.
- ✓ Gestión de lodos de plantas de tratamiento de aguas

- ✓ Explotación y mantenimiento de plantas de tratamiento.
- ✓ Control analítico de aguas.
- ✓ Regeneración de aguas.
- ✓ Desarrollo de proyectos I+D+i.

2.1.2. Acreditación y Certificaciones

En el ámbito de la calidad, está certificado según la norma UNE EN ISO 9001:2008 de Sistemas de Gestión de la Calidad, referente internacional para la implantación de sistemas de gestión de la calidad en las organizaciones. Este Sistema de Gestión de la Calidad es aplicable al diseño, instalación, montaje, mantenimiento y explotación de plantas de tratamiento de aguas, limpieza industrial mediante equipos electromecánicos de aspiración-impulsión; Gestión para la recogida, transporte y entrega de residuos; Ensayos, control analítico de aguas residuales y potables y análisis de fangos.

Además, está certificado según la Norma de Gestión Ambiental ISO 14001:2004, que tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones un modelo de Sistema de Gestión Ambiental, y establece los requisitos que debe cumplir una organización en material de Gestión Ambiental. Esta certificación es aplicable a los ámbitos anteriormente citados.

Actualmente está en proceso de implantación del Sistema de Prevención de Riesgos Laborales OHSAS 18001:2007.

En cuanto a la realización de ensayos analíticos, el laboratorio está acreditado en la UNE-EN ISO/IEC 17025, para la realización de Ensayos en el Sector Ambiental. Por su parte, posee título de Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica, regulado por la Orden MAM/985/2006, de 25 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las EECC de la Administración Hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de vertidos al dominio público hidráulico.

Los proyectos de investigación realizados por la empresa se llevan a cabo cumpliendo los requisitos de la Norma UNE-EN 166002:2006, de Gestión de la I+D+i, certificada a Urbaser por AENOR en 2006 en Desarrollo e Innovación en gestión Ambiental de Residuos y Aguas.

2.2. MEDIOS MATERIALES E INSTALACIONES

SOCAMEX dispone de delegaciones repartidas por toda España, con una amplia presencia nacional, incluyendo las islas Baleares y Canarias.

Las prácticas se han realizado en la sede central de SOCAMEX, la cual se encuentra situada en Valladolid, desde donde se realizan los trabajos centralizados de la empresa. El edificio cuenta con 600 m² en tres plantas con nave - almacén de 280 m² en calle Cobalto N° 12, Polígono Industrial San Cristóbal de Valladolid, código postal 47012.



Figura 2: Sede Central de SOCAMEX, situada en Valladolid

Esta sede está dividida en varios departamentos para la realización de los diferentes tipos de trabajo que desarrolla: dirección de explotación, dirección general, oficina técnica, departamento administrativo, departamento de limpiezas, laboratorio, nave-almacén. El trabajo de prácticas se ha realizado en la planta baja de la sede, en el departamento correspondiente a la oficina técnica, contando con todos los medios materiales necesarios para el desarrollo de las mismas (ordenador, impresora, bolígrafos, papel, etc.).

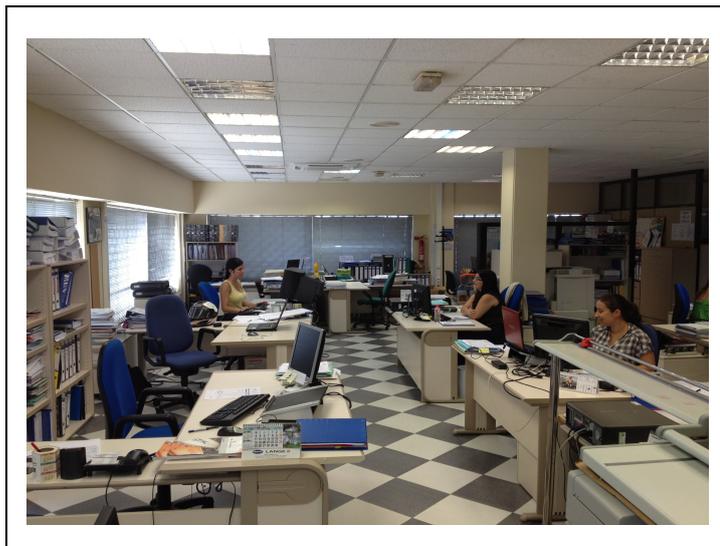


Figura 3: Zona sin Divisiones que Concentra las Secciones de Oficina Técnica y Responsable de CAPMA

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer mejoras en la etapa de espesado de fangos primarios de una EDAR con el fin de optimizar el funcionamiento de la misma.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar las diversas etapas que comprende la depuración de la planta en cuestión.
- ✓ Analizar los informes diarios registrados en la planta para diagnosticar deficiencias del proceso, agrupando los datos en 78 semanas.
- ✓ Realizar el balance correspondiente al periodo mencionado.
- ✓ Llevar a cabo un análisis crítico de los parámetros de operación más importantes y su relación con las incidencias más significativas.
- ✓ Plantear una alternativa de diseño técnicamente viable.
- ✓ Dibujar los planos en AutoCAD.
- ✓ Desglosar un presupuesto que se ajuste a las limitaciones económicas del cliente.

4. METODOLOGÍA

Las prácticas se desarrollaron en varias fases, destinando el tiempo requerido en función de la labor encomendada. La duración de las mismas ha sido desde el 11 de Junio del 2012 hasta el 1 de Agosto de 2012, cumpliendo un horario de 8:30 a 14:30 horas, para cubrir un total de 225 horas.

Las actividades se desarrollaron siguiendo el orden cronológico que muestra la *Tabla 1*:

FECHA	ACTIVIDAD
11/06/2012	<p><i>De 8:30 a 9:30 horas:</i> Familiarización con la empresa. El tutor de la empresa da a conocer su entorno laboral por medio de un recorrido por los departamentos, presentando al personal, mostrando medios materiales a disposición, etc.</p> <p>Se lleva a cabo una reunión con el tutor de empresa y con Laura García (responsable de ingeniería), para explicar la problemática general existente en la EDAR en estudio, de manera introductoria. Se abordan los posibles temas a desarrollar. Por su parte, facilitan un espacio físico y medios materiales para el correcto desempeño de las actividades de práctica.</p> <p><i>De 10:30 a 11:00 horas:</i> Salida al descanso. Diariamente se hace aproximadamente</p>

FECHA	ACTIVIDAD
	<p>a la misma hora. Las salidas se hacen por grupos para contar siempre con la presencia de personal en las instalaciones.</p> <p><i>De 11:00 a 14:30 horas:</i> Se lleva a cabo la lectura del informe sobre la situación actual de la depuradora.</p>
12/06/12	<p><i>De 8:30 a 10:30 horas:</i> Elaboración del diagrama de bloques y diagrama de flujo del proceso, de acuerdo a los conocimientos adquiridos el día anterior.</p> <p><i>De 11:00 a 12:00 horas:</i> Se visualizan los planos disponibles de de la EDAR.</p> <p><i>De 12:00 a 14:30 horas:</i> Lectura de los tomos sobre el funcionamiento y parámetros de operación de la EDAR según pliego de condiciones.</p>
13/06/2012	<p><i>De 08:30 a 9:00 horas:</i> Reunión con Laura para plantear el trabajo de la jornada. Se pide la realización del balance de la línea de aguas y de fangos de la EDAR. Se proporciona el balance existente en Excel utilizado por el personal de explotación para tener una guía a seguir.</p> <p><i>De 9:00 a 10:30 horas:</i> Inicio del cálculo del balance másico. Se disponen de datos diarios del influente, de la infraestructura y los parámetros analíticos en todos los puntos del proceso.</p> <p><i>De 11:00 a 14:30 horas:</i> Lectura del manual del Cedex, recomendado por Laura.</p>
14/06/2012	<p>Durante la jornada se ha continuado el balance empezado el día anterior. Se concluye la línea de aguas y se empieza la de fangos.</p>
15/06/2012	<p>Durante la jornada se ha concluido el balance de la línea de fangos. Se plantea una reunión para el próximo día para aclarar dudas sobre el balance realizado.</p>
18/06/2012	<p>Se leen documentos pendientes sobre las problemáticas del histórico de la EDAR. A las 13:00 horas se lleva a cabo una reunión con Roberto y Laura, en la que se propone la realización de un documento propio con el balance de lo real y la previsión.</p>
19/06/2012	<p>Durante la jornada se ha realizado una hoja de Excel con el balance propio.</p>
20/06/2012 al 26/06/2012	<p>Se continúa el balance y se redacta un documento en Word con las explicaciones del balance realizado.</p>
27/06/2012	<p>Se lleva a cabo una reunión con el tutor de prácticas para revisar los trabajos realizados.</p>
28/06/2012	<p>Suministro de nuevo material que incluye un informe realizado con anterioridad por Socamex, sobre el espesado del fango primario de la EDAR. Durante toda la jornada se ha realizado la lectura del mismo, y se han apuntado los aspectos más relevantes.</p>
29/06/2012	<p>Se analizan los datos de la lectura del nuevo informe.</p> <p><i>De 13:00 a 13:30 horas:</i> se lleva a cabo una conferencia telefónica con los responsables de la depuradora en estudio, y se concreta el enfoque que debe tener</p>

FECHA	ACTIVIDAD
	el trabajo de prácticas a aportar a la empresa.
02/07/2012 al 06/12/2012	Se construye una hoja en Excel con los datos de los informes diarios, promediando los valores agrupados en 78 semanas (para el correcto cierre del balance), para cada caudal y concentración.
09/07/2012 al 11/07/2012	Con el balance de las 78 semanas, se estudian los puntos débiles y se procede a realizar gráficas que ilustran como opera la planta. Con estas gráficas se inicia la redacción del informe solicitado por Socamex.
18/07/2012 al 26/07/2012	El día 16/07/2012 se lleva a cabo una reunión con el tutor de la universidad, para aclarar dudas. Se concluye la redacción del informe de la mejora del espesado. Se realiza el plano en AutoCAD con la mejora propuesta. Se envía el informe por correo electrónico al tutor de la empresa para su revisión.
27/07/2012	<i>Reunión con el tutor de empresa:</i> Se aclaran las dudas finales y se indican los cambios a incluir en el informe. Se plantea la necesidad de hacer un estudio adicional con cloruro de litio para contrastar los resultados.
30/07/2012 al 31/07/2012	<i>Modificación del informe:</i> Se corrigen los puntos indicados por el tutor de empresa.
01/08/2012	Se lleva a cabo la última reunión con el tutor. Éste se compromete a enviar los datos del resultado del análisis con cloruro de litio en un plazo no mayor a dos semanas.

Tabla 1: Resumen de las Actividades Desarrolladas Durante las Prácticas

5. DESARROLLO DEL ESTUDIO

5.1. DATOS DE PARTIDA

5.1.1. Diagrama de la Situación Actual

Para analizar el problema en el espesado por gravedad, nos vamos a centrar en el esquema de la *Figura 4*².

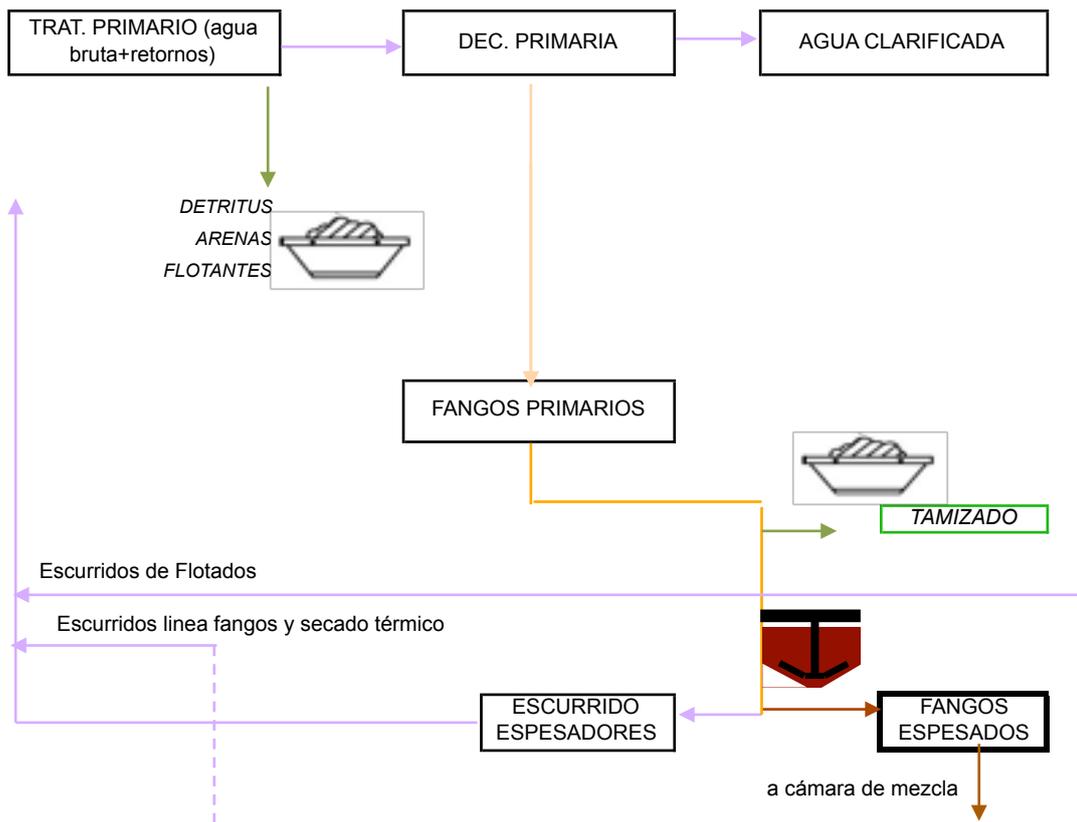


Figura 4: Esquema de Pretratamiento y Espesado por gravedad de Fangos Primarios de la EDAR

Para el balance de materia, se considera que el caudal de retornos incluye³:

- ✓ Caudal proveniente del escurrido de los espesadores del fango primario (Q_{EE}).
- ✓ Caudal producto del escurrido de la flotación del fango de la purga de la decantación secundaria (Q_{EF}).
- ✓ Caudal producto del escurrido de la decantación secundaria de digestión anaerobia (Q_{ED}).

² Ver Esquema completo en Apartado de Anexos.

³ Ver Diagrama de Bloques en Apartado de Anexos, en el que se incluyen los retornos.

✓ Caudal proveniente del escurrido de la centrifuga (Q_{EC}) y Caudal del escurrido del proceso de secado (Q_{ES}).

Así, tendremos lo siguiente:

$$Q_{\text{retorno}} = Q_{EE} + Q_{EF} + Q_{ED} + Q_{EC} + Q_{ES} \quad \text{Ec.1}$$

5.1.2. Toma de Muestras

De acuerdo al diagrama mostrado anteriormente, procedemos a mencionar como se han tomado las muestras en los puntos de estudio. Conocer el procedimiento nos permitirá interpretar posibles errores en las medidas. Así, tenemos:

Influente

La obtención de la muestra se hace por medio de un tomamuestras automático, cada 60 minutos, localizado en el canal de entrada. Se analizan las muestras compuestas de las 24 horas, y en caso de detectar indicios de vertido incontrolado se analizan por separado con el objeto de localizar la hora en la que tuvo lugar dicho vertido.

Salida de Decantación Primaria

La obtención de la muestra se hace por medio de un tomamuestras automático, cada 60 minutos, localizado en el canal de salida de decantación primaria.

Purga de Primario

La obtención de la muestra se hace de forma manual, se analiza una muestra compuesta por 4 unidades de tomas cada 8 horas, que se realiza de forma puntual una vez por turno (de domingo a jueves) a la entrada del fango al espesador.

Salida de Fango del Espesador por Gravedad

La obtención de la muestra se hace de forma manual, se analiza una muestra compuesta por 4 unidades de tomas cada 8 horas, que se realiza de forma puntual una vez por turno (de domingo a jueves) en la tubería de salida de fango.

Reboses de Fango del Espesador por Gavedad

La obtención de la muestra se hace de forma manual, se analiza una muestra compuesta formada por tres tomas correspondientes a los turnos (de domingo a jueves) en la arqueta de rebose del espesador.

5.2. PARÁMETROS DE OPERACIÓN IDEALES

Los parámetros que tendremos en cuenta en el diseño de la etapa de espesado por gravedad son los siguientes:

5.2.1. Carga Hidráulica

La carga hidráulica de fangos primarios admisible se calcula de acuerdo a la *Ecuación 2*:

$$Ch \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{.h)} = \text{Caudal de fangos primarios (m}^3\text{/h)} / \text{Superficie espesador (m}^2\text{)} \quad \text{Ec.2}$$

Numero de espesadores operativos	2
Superficie de espesado unitaria (m²)	962
Superficie de total de espesamiento (m²)	1.924
Volumen por espesador (m³)	3.848
Volumen total de espesado (m³)	7.696

Tabla 2: Especificaciones de los Espesadores en la EDAR

Comprobamos la carga hidráulica en los espesadores de gravedad actual, tomando como datos el caudal máximo, mínimo y medio de fangos primarios purgados obtenido de la serie de datos recabados en la explotación durante los meses de Enero a Diciembre de 2011 y de Enero a Julio de 2012⁴, tal y como se muestran en la *Tabla 3*. Por tanto:

	Máximo (m ³ /d)	Medio (m ³ /d)	Mínimo (m ³ /d)
Caudales Diarios	15.923,3	9.906,8	3.228,3

Tabla 3: Caudales Máximo, Medio y Mínimo de Fango Primario en la EDAR, durante las 78 semanas

Con estos datos los valores de Carga Hidráulica obtenidos en este periodo son los que muestra la *Tabla 4*:

	Máximo (m ³ /m ² .d)	Medio (m ³ /m ² .d)	Mínimo (m ³ /m ² .d)
Carga	8,3	5,1	1,7
Hidráulica	Máximo (m ³ /m ² .h)	Medio (m ³ /m ² .h)	Mínimo (m ³ /m ² .h)
	0,3	0,2	0,1

Tabla 4: Carga Hidráulica en los Espesadores de Acuerdo a Caudales Mínimo, Medio y Máximo.

Comprobamos que la carga hidráulica oscila entre 10 y 20 m³/m².d, que será el límite fijado para la explotación en este parámetro de acuerdo al diseño.

⁴ En el apartado de anexos se incluye la tabla de valores de caudales y concentraciones para el periodo en estudio.

	Máximo (m ³ /m ² .h)	Medio (m ³ /m ² .h)	Mínimo (m ³ /m ² .h)
Carga Hidráulica	0,83	-	-

Tabla 5: Carga Hidráulica Máxima de Diseño en la EDAR

En la *Figura 5* se observa la evolución para las 78 semanas en estudio. Con esto se observa que se cumple con el requerimiento máximo de diseño.

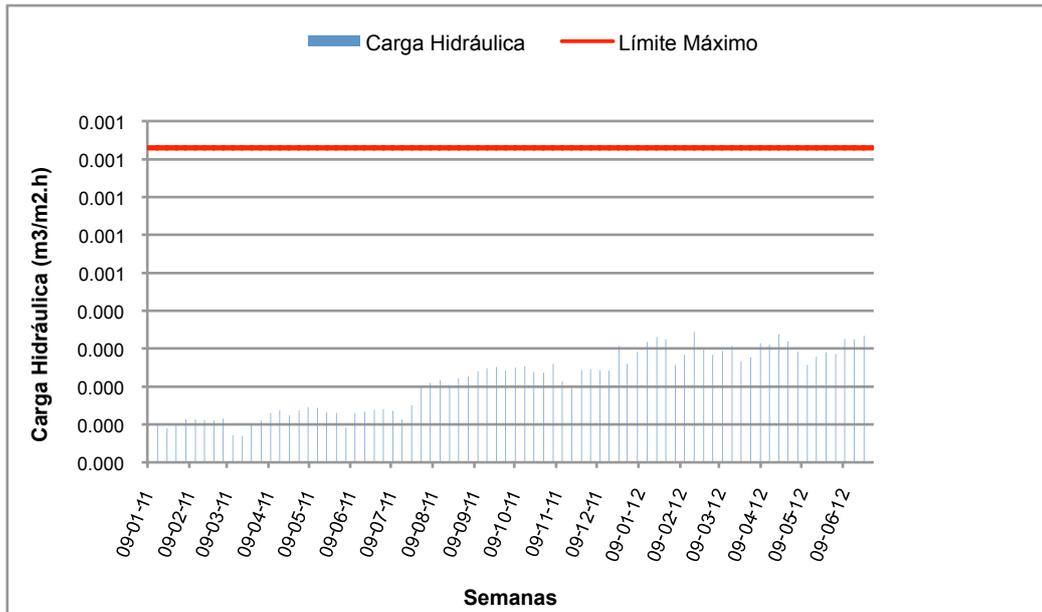


Figura 5: Carga Hidráulica del Espesado por Gravedad de los Fangos Primarios de la EDAR, durante las 78 semanas.

Este parámetro influye en la cantidad de sólidos del sobrenadante, más adelante estudiaremos su relación. De cualquier modo es importante tener en cuenta que una alta carga hidráulica puede causar que escapen muchos sólidos en el sobrenadante y, por el contrario, una carga hidráulica excesivamente baja puede dar lugar a que se formen condiciones sépticas en el espesador, debido a un alto tiempo de retención de los fangos en el mismo.

5.2.2. Tiempo de Retención Hidráulico (TR)

El tiempo de retención hidráulico es la relación existente entre el volumen útil de espesamiento y el caudal fangos primarios purgados del sistema. Este tiempo debe ser el adecuado para que se produzca un aumento del porcentaje de sequedad requerido, teniendo en cuenta que unos tiempos de retención inadecuados influyen en la calidad del fango primario producido y por tanto influye en la eficacia del tratamiento posterior (digestión anaerobia).

Los valores que se obtienen fijando como base de cálculo los caudales de la *Tabla 3* se muestran en la siguiente tabla:

	A Caudal Máximo (h)	A Caudal Medio (h)	A Caudal Mínimo (h)
Tiempo de Retención	11,6	18,6	57,2

Tabla 6: Tiempo de Retención Hidráulico a Caudales mínimo, medio y máximo, durante las 78 semanas

Comprobamos que el tiempo de retención a caudal mínimo es superior al establecido en diseño de 24 horas, que será el límite fijado para la explotación en este parámetro:

	A Q Máximo (h)	A Q Medio (h)	A Q Mínimo (h)
Tiempo de Retención	-	-	24

Tabla 7: Tiempo de Retención Hidráulico a Caudal Mínimo, Fijado por Diseño

En la siguiente gráfica se observa la evolución para el periodo de las 78 semanas en estudio.

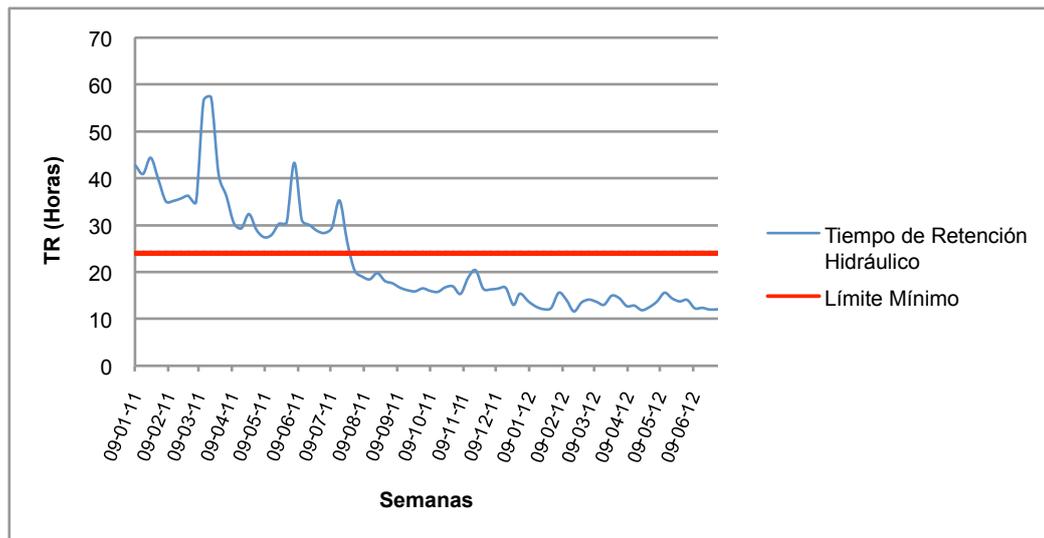


Figura 6: Tiempo de Retención Hidráulico en el Espesado por Gravedad de los Fangos Primarios de la EDAR, durante las 78 semanas.

Se observa que el tiempo de retención hidráulico en el espesador presenta valores elevados entre los meses de Enero y Julio del 2011, originado por la menor cantidad de caudal de fango primario impulsado a la etapa de espesado. Ha de considerarse que cuando se incrementa ese caudal de alimentación disminuye la altura del manto del fango, que es uno de los principales parámetros de control del proceso, y por tanto, se genera una mayor cantidad de SS que se escapan con el sobrenadante, y como consecuencia de ello se consigue una menor concentración. Más adelante veremos la relación existente entre los SS del sobrenadante y el TR para la EDAR en estudio.

5.2.3. Concentración de Fango Espesado

La concentración mínima del fango primario espesado se ajustará a lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas del Contrato para el Servicio de Explotación de la E.D.A.R., siendo este valor 60 g/l (6%).

Por tanto se fijan los límites a mantener para el valor de concentración de la purga en los espesadores de gravedad de acuerdo a la *Tabla 8*:

	Máximo (%)	Medio (%)	Mínimo (%)
Concentración	7	6,5	6

Tabla 8: Límites de Concentración de Fango Espesado Fijados por Diseño

La elección del valor máximo se ha hecho considerando la posibilidad de fermentaciones en el interior del espesador, puesto que valores mayores de concentración van asociados a tiempos de residencia más altos. Por tanto, la concentración atenderá al valor mínimo señalada anteriormente con control de pH en el fango espesado para evitar problemas en la etapa posterior. En la *Figura 7* se observa la evolución de la concentración del fango espesado para el periodo en estudio.

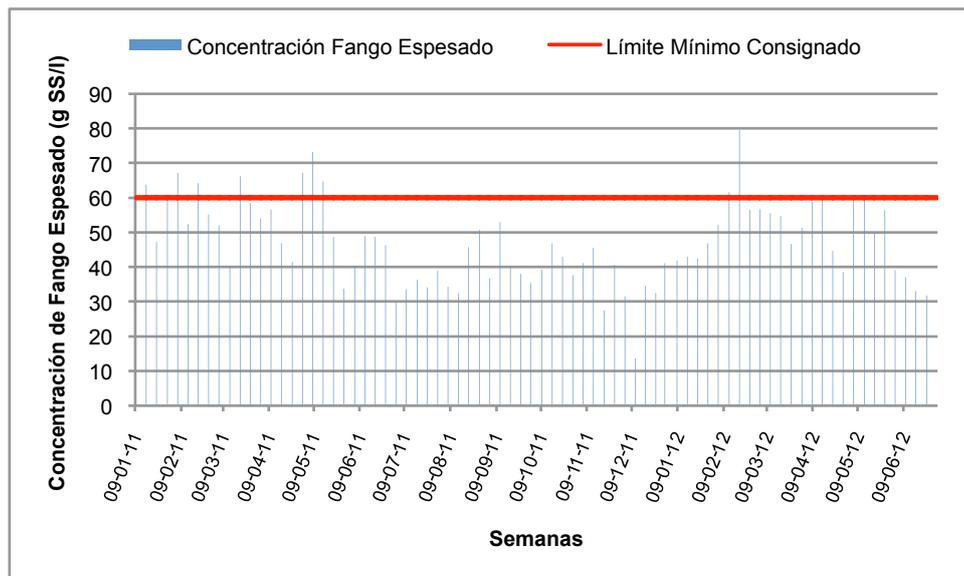


Figura 7: Concentración de Fango Espesado en la EDAR durante las 78 semanas.

Se observa que un porcentaje elevado de valores (el 84,4%) se encuentran por debajo del límite mínimo establecido por el cliente. Estableciendo una media para el periodo en estudio, obtenemos un valor de concentración de espesado del 47,4 g/l (4,7%). Hay que tener en cuenta que la reducción del volumen por espesamiento se traduce en economía en costos de inversión y explotación, y en este caso no es lo suficientemente eficaz.

5.2.4. Carga de Sólidos

Este parámetro nos permite establecer la relación entre la carga de sólidos influente al espesador y la capacidad de éste para absorberla,

$$C_m \text{ (kg/d.m}^2\text{)} = Q \text{ f prim (m}^3\text{/d)} \times S \text{ f prim (g/l)} / \text{Superficie espesador (m}^2\text{)} \quad \text{Ec.3}$$

Siendo $Q \text{ f prim}$ el caudal de fango primario impulsado a espesado y $S \text{ f prim}$ la concentración del mismo.

Comprobamos la carga de sólidos en los espesadores de gravedad actuales, tomando el caudal máximo, mínimo y medio de fangos primarios purgados de la *Tabla 3*. La concentración será el valor medio de la concentración de purga de los decantadores primarios (7,74 g/l). Con estos datos los valores obtenidos en este periodo son:

	Máximo (kg/m ² /d)	Medio (kg/m ² /d)	Mínimo (kg/m ² /d)
Carga de Sólidos	64,06	39,85	12,98

Tabla 9: Carga de Sólidos en el Espesado por Gravedad de la EDAR, durante 78 semanas

Comprobamos que la carga de sólidos con el caudal máximo registrado es algo superior a la establecida en diseño de 60 kg/m²/d, que será el límite fijado para la explotación en este parámetro, según muestra la *Tabla 10*:

	Máximo (kg/m ² /d)	Medio (kg/m ² /d)	Mínimo (kg/m ² /d)
Caudales Diarios	60	-	-

Tabla 10: Carga de Sólidos Máxima Establecido por Diseño

En el siguiente grafico se observa la evolución de la carga para el periodo de estudio.

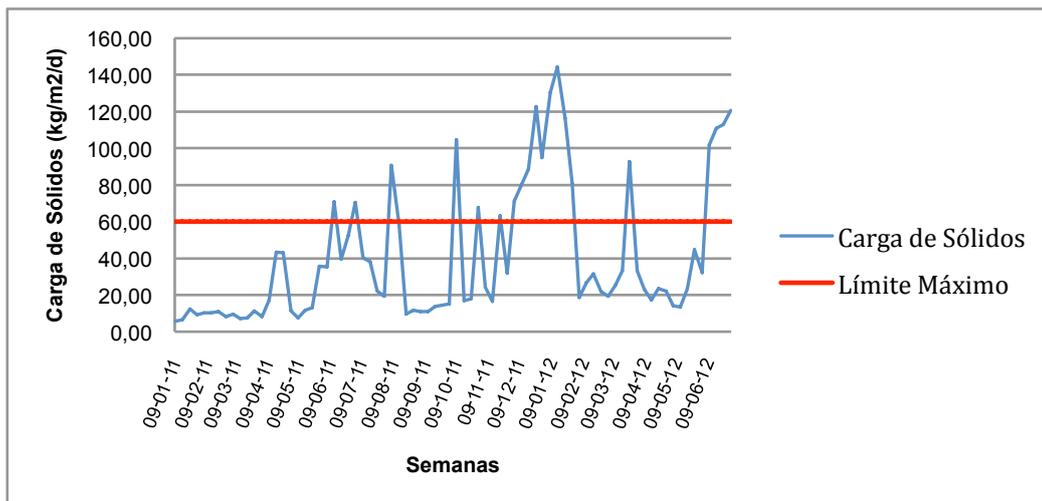


Figura 8: Carga de Sólidos que Entren al Espesado por Gravedad en la EDAR, durante las 78 semanas

Se observa que algunos valores exceden el máximo fijado por diseño (el 24,4% del total de valores). Además, en la *Tabla 9* obtuvimos la carga máxima de 64,06 kg/m²/d, sin

embargo, en la *Figura 8* vemos valores exceden ese máximo calculado porque se tomó una concentración media de la purga de fangos primarios.

5.3. ANÁLISIS DE OPERACIÓN

En este apartado analizaremos la evolución de los parámetros del proceso para el periodo en estudio. Para ello estudiaremos los siguientes puntos:

5.3.1. Evolución de la Carga de Sólidos que Retornan a Cabecera con los Escurridos

A continuación se muestra la evolución de la carga másica de los sobrenadantes que retornan a cabecera de toda la línea de depuración, durante las 78 semanas de estudio.

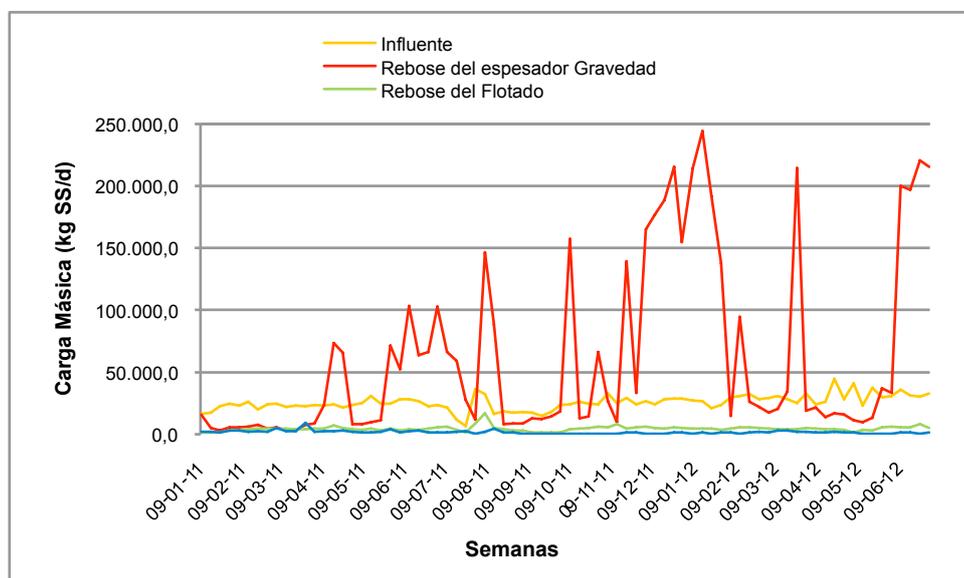


Figura 9: Evolución de SS en Cabecera debido a Reboses en la EDAR durante las 78 semanas.

Se observa como **la carga másica de sólidos procedentes del espesado por gravedad representa el mayor porcentaje de retorno a cabecera**. Para las semanas de estudio, la media de aportación del espesado del fango primario es del 90.6% del total, mientras que el rebose procedente de la flotación es del 6.7% y el de la centrífuga un 2.6% (No se ha considerado el valor del escurrido del secado debido a que es despreciable con respecto a los mencionados anteriormente).

Esto nos conduce a suponer que, al retornar el escurrido a cabecera, la decantación primaria recibe fangos de mala capacidad de espesado por la presencia de las partículas más ligeras, con lo cual se reducen los rendimientos en los espesadores, tal y como veíamos en el punto de *Parámetros de Operación Ideales*. Además, ese aumento de carga de sólidos en el escurrido podría ser el resultado del mal comportamiento hidráulico del fango en el espesador. Así, el producto del mal espesado, sumado al mal

funcionamiento de los tamices, implica que el fango enviado a digestión sea de una calidad inferior a la deseada, disminuyendo la producción del biogás y aumentando la energía necesaria para el calentamiento de los mismos debido a su mayor concentración de agua.

Si detallamos la gráfica adjunta, se observa un primer pico en las semanas 14, 15 y 16 (del 4 de abril al 24 de abril de 2011). De los datos del balance se obtuvo que durante la semana 14 la carga másica de la purga de primarios pasa de 16.026 kg/día a 33.189 kg/día, aun cuando la carga másica del influente se muestra casi invariable con respecto a la semana 13. De las incidencias se conoce que durante la semana 13 hubo ciertos problemas de operación en la decantación primaria, sin embargo, el rendimiento de decantación aumentó con lo cual el funcionamiento no fue malo a pesar de los inconvenientes. Vemos además como la concentración de escurridos pasa de 1.8 g/l a 4.1g/l, de la semana 13 a 14, y en las siguientes semanas a 12.4 y 12.2 g/l. Es aquí donde podemos concluir que **no se trata de un problema en la decantación primaria, sino en el espesado** o en parte al mal funcionamiento de los rototamices, lo que se traduce en un aumento en el retorno que se suma a la carga del influente. No se tienen incidencias en este sentido, pero como se ha dicho anteriormente, las partículas que retornan a cabecera podrían estar formadas por las que peor sedimentan dada su ligereza y se van acumulando.

El pico más importante se observa el 15 de Enero del 2012, que coincide con la presencia de un caudal mayor que el habitual en la depuradora, y a continuación se muestra un descenso bastante importante, que coincide con un ajuste de la purga de primarios el 29 de Enero, dado que se rompe la cuna de teflón del tonillo de transporte de residuos de los rototamices 3 y 4, y por tanto, se ajustó a la capacidad de los rototamices 1 y 2. Es así como el escurrido de espesados desciende de 147.142 kg/día a 15.093 kg/día.

5.3.2. Evolución de la Carga de sólidos que retornan a cabecera con el escurrido del espesado por gravedad y el Tiempo de Retención Hidráulico en el mismo

La *Figura 10* muestra como ha evolucionado la carga de sólidos y su relación con el tiempo de retención para el periodo de estudio.

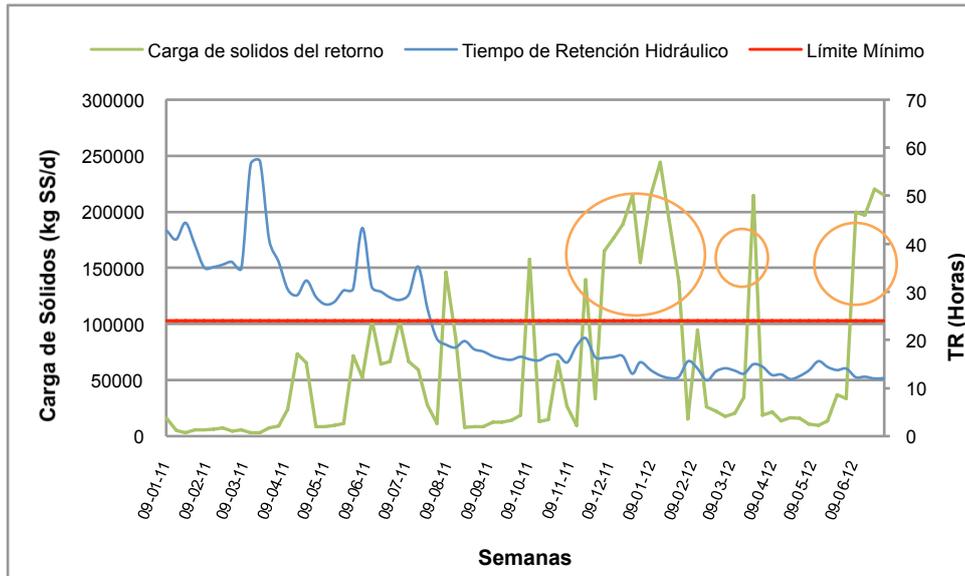


Figura 10: Carga de Sólidos que Retornan a Cabecera y Tiempo de Retención Hidráulico en el Espesador por Gravedad de la EDAR, durante las 78 semanas

De la gráfica observamos como el tiempo de retención en los espesadores disminuye en la medida que pasan los meses, siendo éste inferior a las 24 horas recomendadas para el correcto espesado. El hecho de obtener un tiempo cada vez menor está vinculado a la al flujo de la decantación primaria, que al ser mayor obliga a incumplir con el criterio óptimo de operación, y por tanto, disminuye la altura del manto del fango espesado por gravedad. Esto se traduce en un mayor escape de SS con el sobrenadante.

Es así como la carga de sólidos de retornos presenta variaciones importantes a lo largo del periodo estudiado. La carga más preocupante la observamos dentro de los círculos ilustrados en la gráfica, que además se encuentra dentro de los periodos en los que el tiempo de retención está por debajo de 24 horas, y en los que seguramente el espesador presenta la peor distribución de tiempos de residencia (DTR), en cuyo caso su comportamiento hidráulico es malo. Esta interpretación habría que contrastarla con un estudio adicional, lo cual veremos mas adelante.

5.3.3. Evolución de la Carga de Sólidos de Entrada al Espesador y la Velocidad de Entrada

La *Figura 11* muestra como ha evolucionado la carga de sólidos que entran al espesador y su relación con la velocidad de entrada para el periodo de estudio.

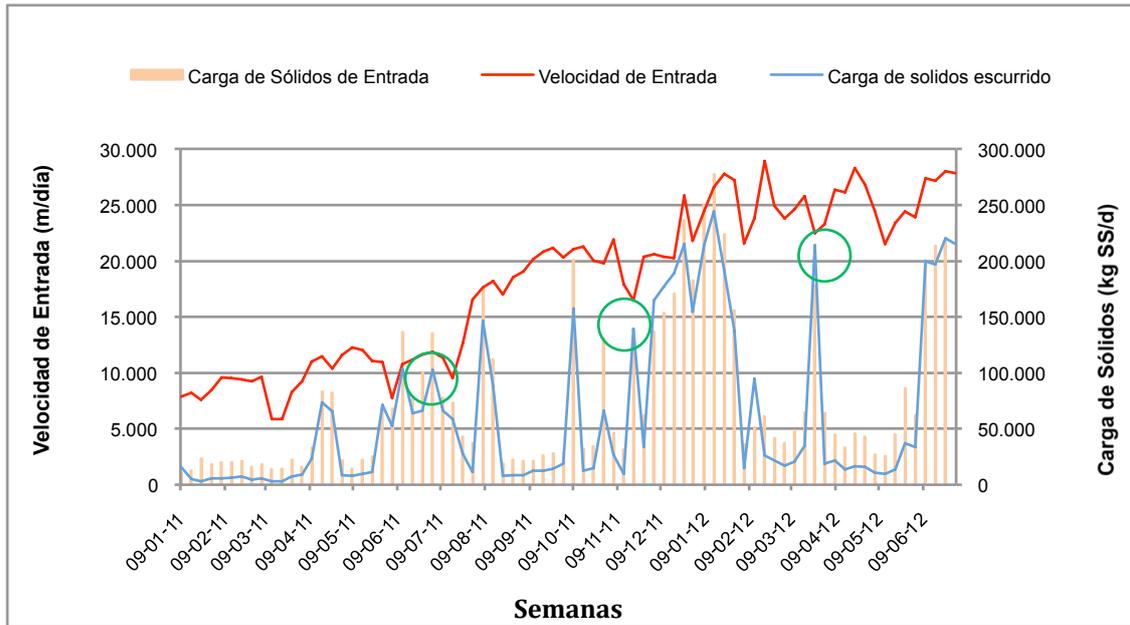


Figura 11: Evolución de la Carga de Sólidos que Entran al Espesado y su Velocidad de Entrada, en la EDAR durante las 78 semanas.

El resultado de la relación de extracción obtenida, es decir, la cantidad de sólidos que se escapan con el sobrenadante en relación con los sólidos totales que se introducen en el sistema de espesamiento por gravedad es inadecuada. En este sentido, vemos a lo largo del periodo en estudio como la carga procedente de la decantación primaria tiene una media de 77.915 kg/día, mientras que la carga del sobrenadante del espesado por gravedad que tiene una carga másica media de 62.116 kg/día.

Este mal comportamiento hidrodinámico del espesador podría atribuirse, en parte, al diseño de la entrada por superficie del fango primario a través de la tubería de Ø250, la cual se encuentra ubicada muy próxima a la salida del clarificado (ubicado en superficie), tal y como se muestra en las fotos adjuntas.

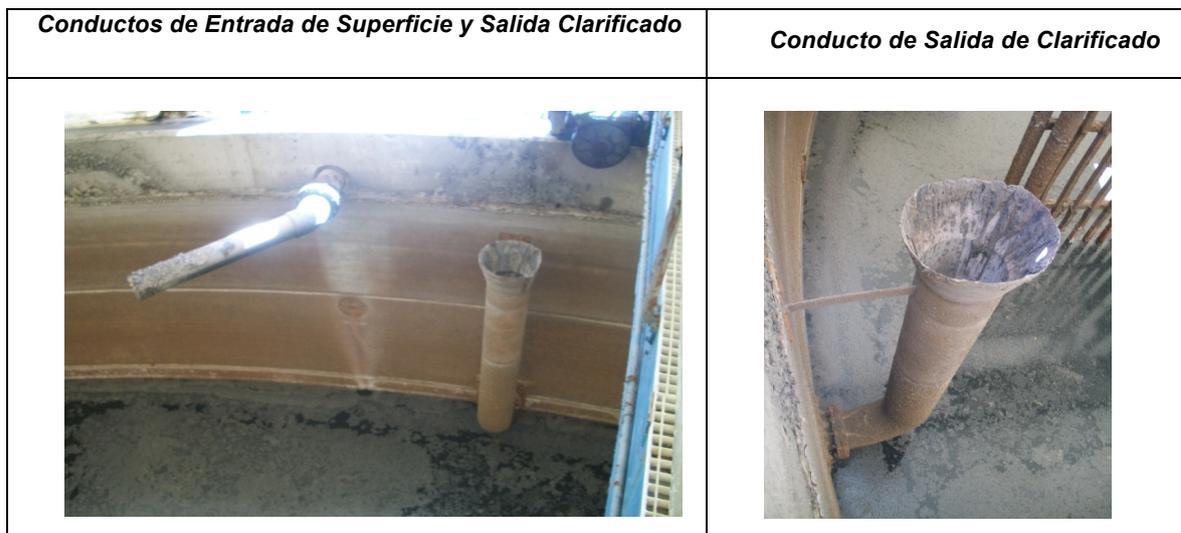


Figura 12: Espesador 1



Figura 13: Espesador 2

De este diseño podríamos incluir una mejora que nos permitiese tener una zona anexa a dicho desagüe con objeto de recoger el clarificado. Con ello conseguiríamos que las partículas que entran sedimenten correctamente, sin verse afectadas por el efecto de embudo (por la reducción de sección transversal) que ocasiona que parte del fango que entra se aproxime al conducto de salida del clarificado sin haberse producido la sedimentación. La siguiente foto muestra la salida del clarificado.



Figura 14: Conducto de Salida del Clarificado del Espesador Lleno

Por otra parte, vemos puntos en los cuales la carga de entrada es inferior a la del sobrenadante, hecho que puede atribuirse a la toma de la muestra justo en un momento

pico, y por tanto, es el resultado de un valor no representativo de la muestra porque se desvía mucho de la media de los valores de la semana⁵.

En cuanto a la velocidad, observamos a modo general que tiene tendencia a aumentar porque el tiempo de retención disminuye en la medida que pasan las semanas, entra más caudal de retornos de manera relativamente proporcional. La media de la velocidad de entrada alcanza un valor de 0.21 m/s, lo cual significa que se trabaja a una velocidad adecuada para la concentración por gravedad para el periodo (por debajo de 1 m/s).

5.3.4. Evolución de la Carga de Sólidos de la entrada del Espesador y la Carga de Sólidos del Ecurrido de Espesados

La siguiente gráfica muestra como ha evolucionado la carga de sólidos que entran al espesador y su relación con la carga que sale con el escurrido del mismo. Esta gráfica es similar a la anterior, pero se ha incluido la línea de carga máxima establecida para el espesador.

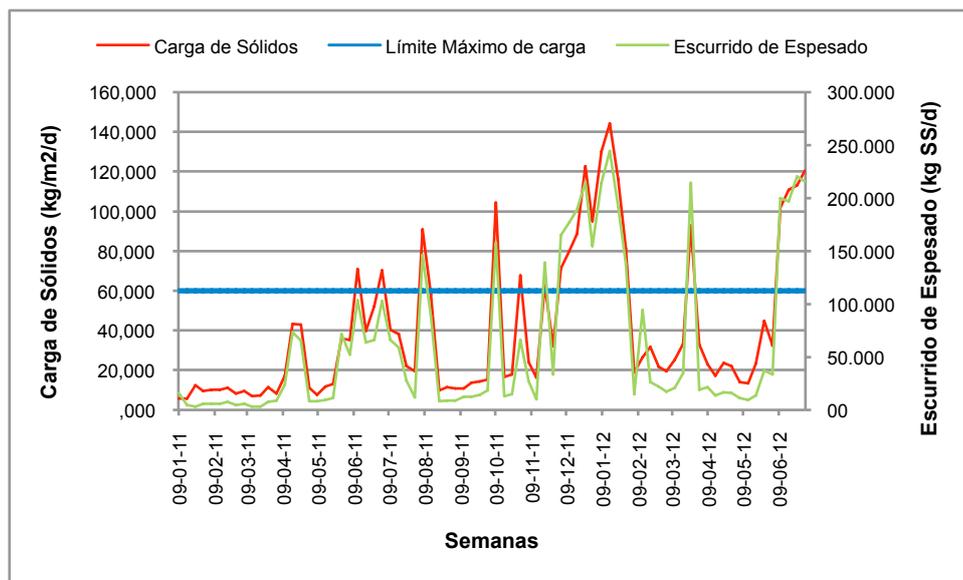


Figura 15: Evolución de la Carga de Sólidos que entran al Espesado y el Ecurrido del Espesado, en la EDAR durante las 78 semanas.

Como hemos dicho en el apartado 4.4, el 24.4% de los valores exceden la carga máxima.

Si analizamos los puntos que están por debajo del límite máximo, se puede establecer una relación directa con las incidencias.

⁵ No se ha considerado el ajuste de las medias a través de medias recortadas.

Observamos por ejemplo, para el periodo comprendido entre el 19 de marzo y el 22 de mayo del 2012, como la carga de entrada es mucho mayor que la carga del escurrido, con respecto al resto del periodo en estudio. Estudiando las incidencias coincide con un periodo de lluvias continuas, que aunque suponen un volumen muy pequeño con respecto al tratado, coincide con aumento de caudal y además una purga de primarios más diluida. Es por ello, que al tener menos carga de sólidos a la entrada del decantador, el escurrido resulta menos concentrado y a su vez el rendimiento de espesado mejora proporcionalmente (del 52% de media). Una vez cesadas las lluvias, las semanas siguientes presenta un rendimiento de espesado de media del 38%.

5.3.5. Evolución del Rendimiento de Eliminación de SS en Decantación Primaria

La *Figura 16* muestra como ha evolucionado la eliminación de SS en la decantación primaria. Se incluyen dos líneas que ilustran los rendimientos para: sólo la carga de influentes, y otra que incluye influente más retornos de escurridos.

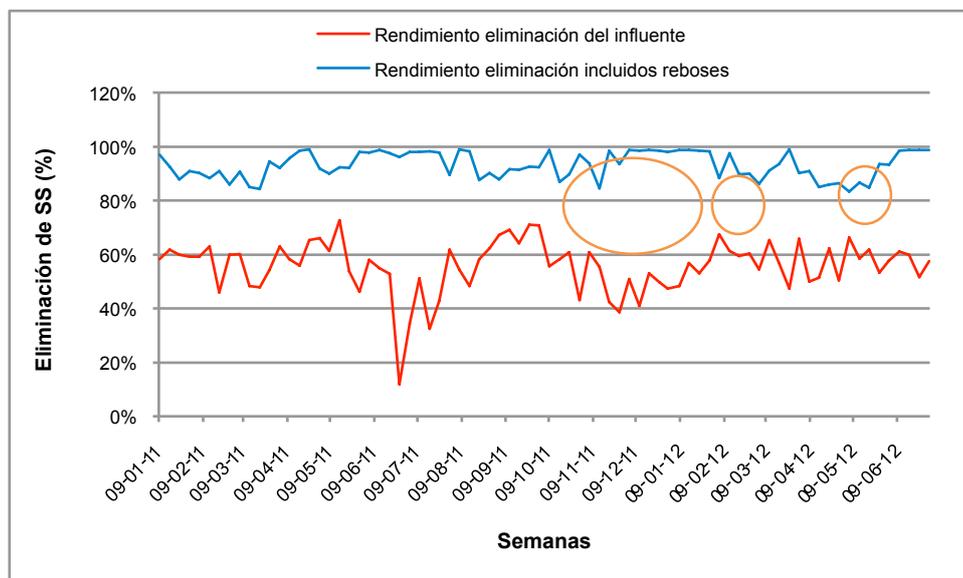


Figura 16: Evolución del Rendimiento de Eliminación de SS de la Decantación Primaria en la EDAR durante las 78 semanas.

Podemos visualizar cómo en los periodos en los cuales tenemos más retorno de carga de sólidos el rendimiento de eliminación de los decantadores es relativamente bueno (los segmentos encerrados en círculos). Además, si consideramos el rendimiento para únicamente la carga influente, se obtiene una media del 55,6 %, que es un valor muy cercano al considerado a efectos de diseño para un decantador convencional (del 60%).

Vemos que la línea roja presenta un punto donde el rendimiento es el más bajo del periodo (con un valor del 11.9%), el cual coincide con paradas del bombeo del fango primario los días 20, 21 y 22 de junio, ocasionadas por averías en los rototamices. Es por ello que a la salida del clarificado se obtuvo el valor más alto de concentración de SS para las 78 semanas estudiadas (197 mg/l). El 29 de junio se detiene nuevamente el

bombeo del fango primario, durante más de 5 horas, debido a la necesidad de realizar trabajos en los reboses generales; esta incidencia coincide con la semana donde el punto de la gráfica presenta un bajo rendimiento (34%). Del mismo modo, se presentan diversas incidencias en el bombeo del fango primario durante los días 16 y 17 de julio, ocasionadas por atascos en las bombas producto de la gran cantidad de trapos y fibras presentes, con lo cual el rendimiento presenta nuevamente una caída al 32%.

Por su parte, el fango procedente de la decantación primaria presenta concentraciones muy por debajo del 10% de ST (el valor menor es de 1.9 g/l y el mayor es de 22.9 g/l), lo que significa que el incremento de la carga de sólidos que vemos en la grafica del punto 5.2 y 5.3 no debiera atribuirse, en principio, a un problema de manejo y bombeo en la decantación primaria.

De aquí podemos concluir que a pesar de las incidencias **los decantadores presentan un funcionamiento adecuado para poder tratar la carga influente.**

5.4.6. Evolución de la Carga de Sólidos en el Sobrenadante del Espesado y la Carga Hidráulica

La siguiente gráfica muestra como ha evolucionado la carga de sólidos en el sobrenadante en función de la carga hidráulica para el periodo de estudio.

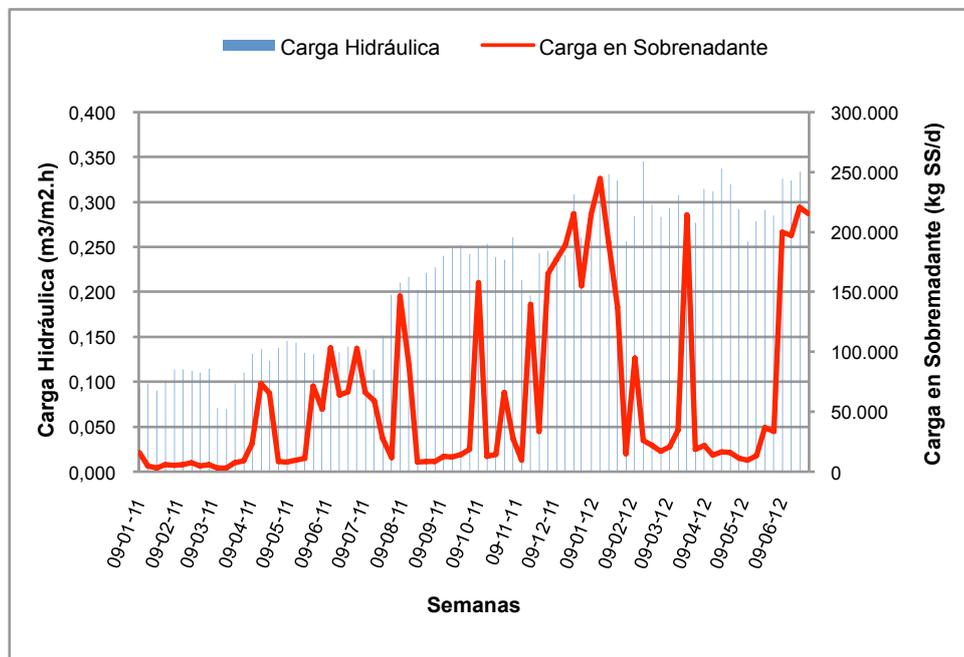


Figura 17: Evolución de la Carga de Sólidos en el sobrenadante producto del Espesado y su Carga Hidráulica, en la EDAR durante las 78 semanas.

Vemos que a medida que la carga hidráulica aumenta tenemos picos en los se escapan muchos sólidos por el sobrenadante.

5.4. ESTUDIOS ADICIONALES

Para poder contrastar que la problemática se atribuye, entre otras cosas, al mal funcionamiento hidráulico del espesado, se deberá realizar un estudio de trazabilidad de los sólidos que se espesan por gravedad. Con esto, conoceríamos el comportamiento de las partículas y podríamos demostrar que el espesamiento no se realiza correctamente.

Por lo tanto, a continuación se propone la realización de una serie de análisis basados en la distribución de tiempos de residencia de los sólidos (DTR), para así conocer el funcionamiento hidráulico de los espesadores de fangos primarios existentes en la depuradora.

Estos ensayos se basan en el estudio de la desviación del comportamiento hidrodinámico en el espesador con respecto de la idealidad, mediante la técnica de Distribución de Tiempos de Residencia (DTR). La DTR es una curva que se determina experimentalmente mediante la técnica estímulo-respuesta que consiste en introducir una sustancia químicamente inerte (trazador), en el reactor a un tiempo dado ($t=0$) y midiendo la concentración de esta sustancia a la salida como función del tiempo.

Los trazadores a usar deben cumplir una serie de características:

- ✓ Fácil detección.
- ✓ Inerte.
- ✓ Baja Toxicidad.
- ✓ Miscible (que no se transporte a fases distintas de la acuosa).
- ✓ Barato.

Como trazador se utilizará **cloruro de litio (LiCl)**, puede realizarse mediante diferentes tipos de entrada, en impulso, en escalón o cíclica. La más común y que se utilizará en este caso es la entrada en impulso, en la que en un momento determinado se introduce instantáneamente un trazador.

La ejecución de estos análisis permitirá: Verificación del tiempo hidráulico de residencia real del fango en el espesador; Comprobación de la existencia de zonas muertas y caminos preferenciales; Conocer el grado concentración alcanzado.

Muestreo

Es importante la correcta conservación de la muestra, el tipo de trazador (LiCl) y el procedimiento de medida que se vaya a realizar. En nuestro caso se hará por medio de ICP óptico, modelo Varian 710-ES, disponible en el laboratorio de Socamex, tal y como muestra la imagen siguiente.



Figura 18: Equipo ICP óptico, Varian 710-ES, disponible en Socamex

El procedimiento de toma de muestras contempla los siguientes pasos:

- ✓ Se prepara 500g de litio en disolución (agua destilada para evitar interferencias). Se deberá considerar que la solubilidad del litio es de 600 kg/m^3 .
- ✓ Se registran los caudales del fango primario y el caudal de fango espesado, cada hora durante 48 horas en total. El caudal del sobrenadante se obtiene por la diferencia de los anteriores.
- ✓ Se suministra todo el litio en disolución a la salida de los rototamices y antes de la entrada al espesador.
- ✓ Se toman muestras cada hora a la salida del espesador y en el sobrenadante, durante 48 horas.
- ✓ Se envía al laboratorio para su estudio.

Resultados

Socamex no ha realizado el ensayo propuesto por falta de tiempo en la planta. De cualquier modo, es muy importante contar con este ensayo para contrastar las conclusiones de este estudio.

5.5. MEJORA PROPUESTA

Después de analizar todos los datos disponibles, vemos como el rendimiento de espesado no es el ideal, debido en gran medida a las modificaciones de diseño a las que se ha visto sometido el espesador. La alimentación de sólidos se debería realizar en la zona central y desde ella distribuir los fangos; posteriormente se debería recoger los espesados en el

fondo y el sobrenadante ser retirado en la zona superior por medio de un vertedero. Sin embargo, para paliar los problemas existentes por la antigüedad de la planta, se incluyeron modificaciones que hacen que no se forme adecuadamente la zona de interface entre los sólidos y el sobrenadante. Como se ha mencionado en otros apartados del informe, a fecha de hoy la alimentación del fango se lleva a cabo por medio de dos tuberías instaladas en un lateral del espesador (en superficie y a media altura) y la recogida del sobrenadante no se hace de forma perimetral sino por medio de un desagüe en superficie. Estos hechos provocan perturbaciones en los flujos de alimentación y de evacuación, que son las que se intentarán de reducir.

Para favorecer la sedimentación por zonas y reducir la problemática existente, se debe buscar aumentar la superficie de los vertederos para así reducir la velocidad lineal de entrada/salida de fangos. Con ello conseguiríamos disminuir el efecto succión y por tanto, el espesamiento.

Al operar con dos espesadores de estas características especiales debemos optar por dar una solución individualizada y de fácil implementación que modifique el diseño de la salida del clarificado, sin que esto suponga consumos energéticos a mayores ni una inversión significativa.

Instalación de Tramo de Canal Perimetral en Espesador

Partiendo de que el flujo de fangos alimentará el espesador como lo ha venido haciendo, nos hemos centrado en mejorar el vertedero de salida, intentando incrementar la superficie por medio de una chapa perimetral, que por un lado van a permitir que parte del fango que va hacia la superficie choque contra las laminas, perdiendo energía y volviendo a caer al fondo, y por otro lado, vamos a incrementar la superficie de salida del sobrenadante, disminuyendo así la velocidad de este en la entrada del desagüe y evitando perturbaciones, que son las que impiden el correcto funcionamiento del espesador.

Así, la mejora propuesta consiste en la instalación de un tramo de canal perimetral para retener las espumas y flotantes y recoger el clarificado resultante de la operación de espesado. Se trata de instalar un canal perimetral en la zona anexa a dicho desagüe con objeto de sobretodo la recogida de clarificado. Esta actuación implica el suministro e instalación de los siguientes elementos:

- ✓ **Dos vertederos-aliviaderos perimetrales** construidos en chapa AISI 316L de 0,4×0,25 (de ancho por alto). Fijados a la pared perimetral de hormigón por medio de grapas de fijación, para facilitar la nivelación del vertedero. Las grapas se anclarán al hormigón por medio de pernos de anclaje.

- ✓ **Dos cajones de recogida de sobrenadantes** construidos en chapa AISI 316L de 0,7×0,85 (de ancho por alto). Instalados al final de los vertederos, conectarán éstos con la tubería de desagüe de sobrenadantes existente.

Las partículas sedimentarán cayendo al fondo. El agua clarificada va tomando altura hasta rebosar en el canal perimetral superior, de donde sale por la tubuladura del canal de rebose.

Para ello, la instalación se hará de forma escalonada, primero en uno de los espesadores y luego en el otro. Durante la ejecución de las mejoras se operará únicamente con uno de los equipos, vaciándose el otro para realizar el trabajo, y se operará así mientras duren las reformas.

5.5.1. Presupuesto de la Mejora Propuesta

Ud	Descripción	CanPres	Precio Unitario	Precio Coste
Ud	Tramo de canaleta de 6 m de desarrollo aproximado, de sección según mejora propuesta, incluyendo soportes, construida en chapa AISI-316L	2	4000	8000
			TOTAL	8000

Tabla 11: Presupuesto de la Mejora Propuesta

MEJORA INVIABLE ECONOMICAMENTE

Sustituir los Espesadores Actuales por unos de Tracción Central con Alimentación por la Corona Central⁶

Ésta mejora propuesta es inviable económicamente, pero se plantea como la mejor solución a la problemática existente. Consiste en la reforma de los espesadores existentes para convertirlos en espesadores de tracción central, para lo cual se aprovecharán algunas de los actuales equipos y se suministrará:

- ✓ Dos grupos de accionamiento central.
- ✓ Dos estructuras giratorias centrales, construidas en perfiles laminados electrosoldados.
- ✓ Dos estructuras de barrido de fondo construidos en celosía triangular, provistos de piquetas de espesamiento en perfil LPN, separadas 0.5 m, hasta 1/3 de la altura cilíndrica.
- ✓ Rasquetas de fondo en disposición espina de pez, con remate en neopreno. Acabado en galvanizado en caliente con tornillería en AISI-316L.

⁶ Ver plano 5 en el apartado de Anexos

- ✓ Rasqueta en el cono de evacuación del fango concentrado. Acabado en galvanizado en caliente con tornillería en AISI-316L.
- ✓ Campana tranquilizadora central para alimentación de fango sin crear turbulencia. Acabado en galvanizado en caliente con tornillería en AISI-316L. Diámetro:5m y altura:1,5m.

Además la mejora conlleva:

- ✓ Refuerzo de las estructuras-pasarelas actuales.
- ✓ Línea de alimentación hasta la campana central.
- ✓ Montaje y desmontaje de la cubierta de los espesadores.

El fango alimentado superficialmente, decantará por gravedad y se dirigirá al centro del tanque, por medio del sistema de barrido de fondo, equipado de rasquetas suspendidas regulables, que girarán lentamente por impulsado por el motor.

La evacuación de los gases y el espesamiento se realizarán por medio de un entramado (reja) vertical fijado a la estructura de tracción, que girará solidario con éste impulsado por el motor de accionamiento central.

El movimiento circular y lento del espesador es realizado por un equipo de motor acoplado al eje central que apoyará sobre la estructura de hormigón existente.

6. DISCUSIÓN

A lo largo de las 78 semanas estudiadas se han realizado operaciones de explotación con el objetivo de establecer un punto óptimo, intentando mantener una buena calidad de servicio y cumplir con los compromisos adquiridos con el cliente. Por esta razón, observamos que cada vez que una incidencia se abre, se buscan soluciones que permitan cubrir los requerimientos de consigna.

A partir de las incidencias registradas y los cambios en la operación de la EDAR, se han podido detectar los principales factores que influyen en la problemática de la alta carga de sólidos de retorno a cabecera. Al respecto, entre las conclusiones más importantes, podemos destacar las siguientes:

- ✓ Los SS provenientes del espesado por gravedad representan el mayor porcentaje de retorno a cabecera de entre todas las etapas. Esos SS que se escapan con el sobrenadante son mayoritariamente las partículas más ligeras (partículas fibrosas y sólidos finos orgánicos e producto del deficiente pretratamiento), con lo cual se reducen los rendimientos en los espesadores.

- ✓ Cuando se incrementa el caudal de alimentación al espesador, disminuye la altura del manto del fango primario espesado por gravedad y se genera una mayor cantidad de SS que se escapan con el sobrenadante, y como consecuencia de ello se consigue una menor concentración. Esto, sumado a la cantidad de SS que escapan debido al diseño ineficiente de la entrada del fango primario a través de la tubería de superficie de Ø250 y a la forma de la tubería de salida del clarificado del espesador, ocasiona que parte del fango que entra se aproxime al conducto de salida del clarificado sin haberse producido la sedimentación.
- ✓ Suponemos que el problema no se debe atribuir a la decantación primaria, sino al mal comportamiento hidrodinámico en el espesador, porque los rendimientos de decantación primaria se mantienen dentro de los óptimos (a excepción de alguna incidencia puntual).
- ✓ Se trabaja a una velocidad adecuada para la concentración por gravedad en el espesado, para el periodo (por debajo de 1 m/s).

Por tanto, se concluye que la entrada de parte de la corriente a los espesadores por el medio de las conducciones existentes introduce perturbaciones y resta eficacia a la operación de espesado por gravedad que en ellos tiene lugar. De cualquier modo, para contrastar esto, se deberán contemplar los estudios adicionales propuestos en este informe.

La mejora se propone para optimizar el espesado de fangos, hecho que se traduce en un incremento del rendimiento global del funcionamiento de la planta, obteniéndose así que:

- ✓ El fango espesado tendrá una mayor concentración de sólidos; lo que implica un aumento de la producción de biogás en la planta, así como la reducción de la energía necesaria para el calentamiento de los mismos debido a su menor concentración de agua. Esto repercute en un aumento de la energía producida por las reacciones exotérmicas que tienen lugar y la producción de biogás proporcionales ambos a la materia orgánica alimentada a los reactores en régimen mesófilo.
- ✓ Reducción de la cantidad de fango primario que se recircula a cabecera de la EDAR debido a los reboses de la operación de espesado.
- ✓ Mejora la estabilidad de los reactores.

7. JUICIO CRÍTICO

El desarrollo de las prácticas en SOCAMEX S.A. ha sido una experiencia positiva, sobretudo desde el punto de vista de aprendizaje, ya que se han adquirido los conocimientos prácticos que no aporta la enseñanza puramente teórica. Se ha establecido un primer contacto con el

mundo laboral del medio ambiente, adquiriendo cualidades, conocimientos y habilidades profesionales que exigen las empresas para acceder a un puesto de trabajo, lo cual resulta de gran utilidad de cara al futuro.

En lo que respecta a la formación personal, se ha podido:

- ✓ Aplicar los conocimientos adquiridos en el master desde una perspectiva real de la mano de expertos en el sector.
- ✓ Adquirir nuevas competencias relacionadas con el medio ambiente, gracias a la participación en la realización de un proyecto de mejora de una EDAR, con datos reales de funcionamiento.
- ✓ Enfrentarse a situaciones y problemas multidisciplinares, permitiendo además desarrollar un juicio crítico en cuanto al proceso de depuración de aguas. Esto ha sido muy enriquecedor por el hecho de haber trabajado con una depuradora con múltiples problemas de funcionamiento, y por lo tanto, ha resultado interesante establecer un diagnóstico por medio de interpretaciones de datos analíticos e incidencias.
- ✓ Conocer los condicionantes del trabajo actual.
- ✓ Ajustar las actitudes y comportamientos al mundo laboral.
- ✓ Contar con el apoyo de un tutor de prácticas por parte de la universidad y de la empresa.

En cuanto a las ventajas para la inserción laboral:

- ✓ Conseguir un plus de formación en el currículum.
- ✓ Obtener una visión privilegiada sobre el mercado laboral.
- ✓ Adquirir una red de contactos personales.
- ✓ Ratificar o contrastar la orientación profesional.
- ✓ Conocer cuáles son las competencias más valoradas por las empresas.
- ✓ Ensayar para la futura búsqueda de empleo.

8. BIBLIOGRAFIA

XXVI Curso sobre Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras. Tomos de cursos de Cedex, Madrid 2008.

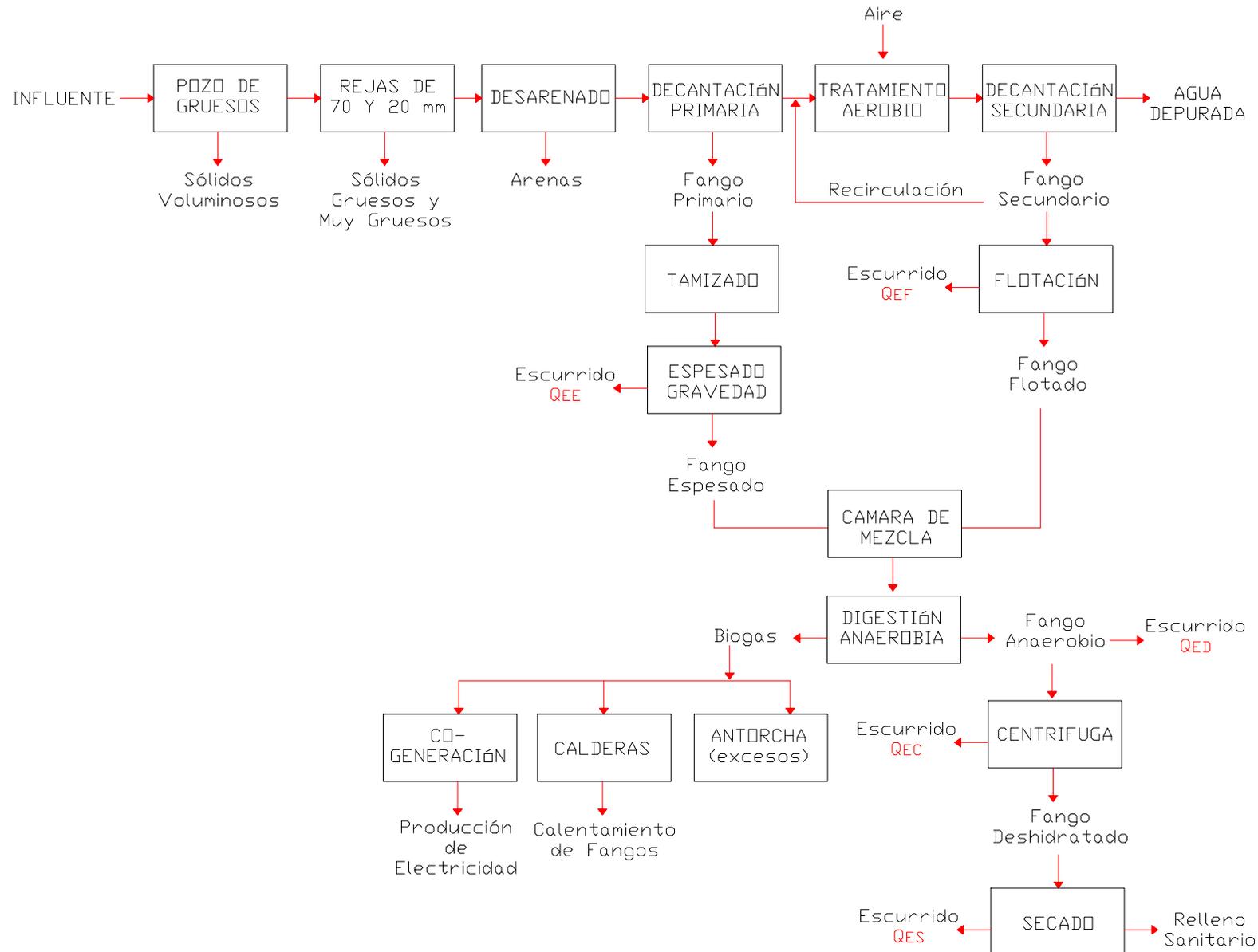
9. ANEXOS

Tabla 12. Caudal y Concentración de Purga de Fangos Primarios

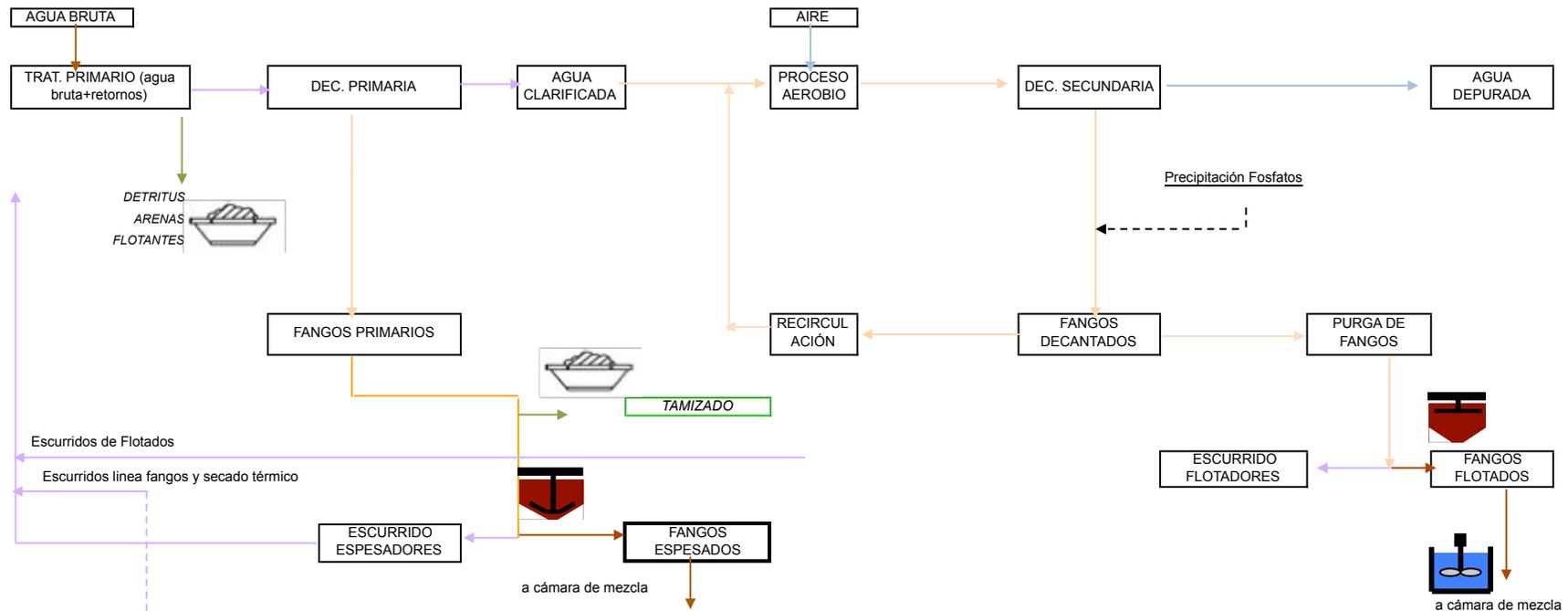
SEMANAS (2011-2012)			PURGA DE FANGOS PRIMARIOS	
			m ³ /d	g/l
1	2-ene	9-ene	4.325,7	2,6
2	10-ene	16-ene	4.513,8	2,7
3	17-ene	23-ene	4.161,9	5,7
4	24-ene	30-ene	4.637,1	3,9
5	31-ene	6-feb	5.260,7	3,8
6	7-feb	13-feb	5.253,6	3,8
7	14-feb	20-feb	5.176,4	4,1
8	21-feb	27-feb	5.095,4	3,2
9	28-feb	6-mar	5.293,8	3,5
10	7-mar	13-mar	3.267,3	4,2
11	14-mar	20-mar	3.228,3	4,4
12	21-mar	27-mar	4.536,1	4,9
13	28-mar	3-abr	5.087,9	3,2
14	4-abr	10-abr	6.061,9	5,5
15	11-abr	17-abr	6.299,5	13,2
16	18-abr	24-abr	5.707,0	14,5
17	25-abr	1-may	6.369,8	3,4
18	2-may	8-may	6.734,7	2,1
19	9-may	15-may	6.613,2	3,4
20	16-may	22-may	6.090,4	4,1
21	23-may	29-may	6.031,0	11,4
22	30-may	5-jun	4.265,5	15,9
23	6-jun	12-jun	5.937,1	23,0
24	13-jun	19-jun	6.145,9	12,4
25	20-jun	26-jun	6.411,6	15,7
26	27-jun	3-jul	6.520,0	20,8
27	4-jul	10-jul	6.260,6	12,4
28	11-jul	17-jul	5.239,0	14,0
29	18-jul	24-jul	6.969,7	6,1
30	25-jul	31-jul	9.099,1	4,1
31	1-ago	7-ago	9.712,3	18,0
32	8-ago	14-ago	10.015,4	11,2
33	15-ago	21-ago	9.343,4	2,0
34	22-ago	28-ago	10.211,4	2,2
35	29-ago	4-sep	10.497,6	2,0
36	5-sep	11-sep	11.091,0	1,9
37	12-sep	18-sep	11.462,7	2,3
38	19-sep	25-sep	11.634,0	2,4
39	26-sep	2-oct	11.187,0	2,6
40	3-oct	9-oct	11.570,6	17,4
41	10-oct	16-oct	11.716,4	2,8
42	17-oct	23-oct	11.032,3	3,1
43	24-oct	30-oct	10.901,1	12,0
44	31-oct	6-nov	12.049,9	3,9

SEMANAS (2011-2012)			PURGA DE FANGOS PRIMARIOS	
			m ³ /d	g/l
45	7-nov	13-nov	9.853,1	3,2
46	14-nov	20-nov	9.067,3	13,4
47	21-nov	27-nov	11.221,3	5,5
48	28-nov	4-dic	11.344,1	12,1
49	5-dic	11-dic	11.211,1	13,7
50	12-dic	18-dic	11.129,1	15,3
51	19-dic	25-dic	14.221,6	16,6
52	26-dic	31-dic	12.003,8	15,2
53	2-ene	8-ene	13.469,1	18,6
54	9-ene	15-ene	14.643,7	19,0
55	16-ene	22-ene	15.295,0	14,6
56	23-ene	29-ene	14.965,4	10,4
57	30-ene	5-feb	11.852,1	3,1
58	6-feb	12-feb	13.101,6	3,9
59	13-feb	19-feb	15.923,3	3,8
60	20-feb	26-feb	13.704,3	3,1
61	27-feb	4-mar	13.085,1	2,9
62	5-mar	11-mar	13.544,3	3,6
63	12-mar	18-mar	14.193,6	4,5
64	19-mar	25-mar	12.353,7	14,4
65	26-mar	1-abr	12.798,9	5,0
66	2-abr	8-abr	14.513,9	3,1
67	9-abr	15-abr	14.387,9	2,3
68	16-abr	22-abr	15.574,4	2,9
69	23-abr	29-abr	14.751,4	2,9
70	30-abr	6-may	13.475,0	2,0
71	7-may	13-may	11.848,0	2,2
72	14-may	20-may	12.856,0	3,5
73	21-may	27-may	13.447,1	6,4
74	28-may	3-jun	13.145,0	4,7
75	4-jun	10-jun	15.059,1	13,0
76	11-jun	17-jun	14.944,7	14,3
77	18-jun	24-jun	15.404,3	14,1
78	25-jun	1-jul	15.320,0	15,1
		MÁXIMO	15.923,3	
		MEDIO	9.906,8	7,7
		MÍNIMO	3.228,3	

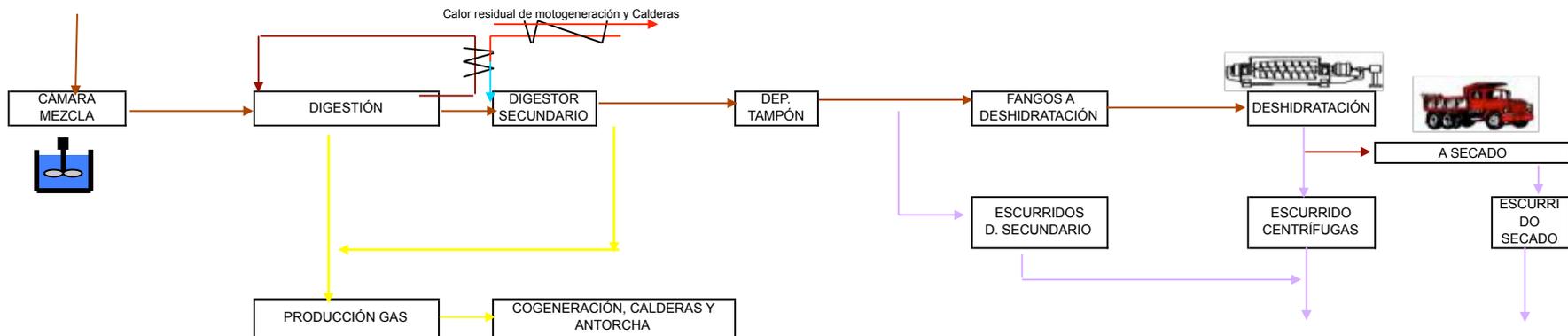
Diagrama de Bloques de la EDAR



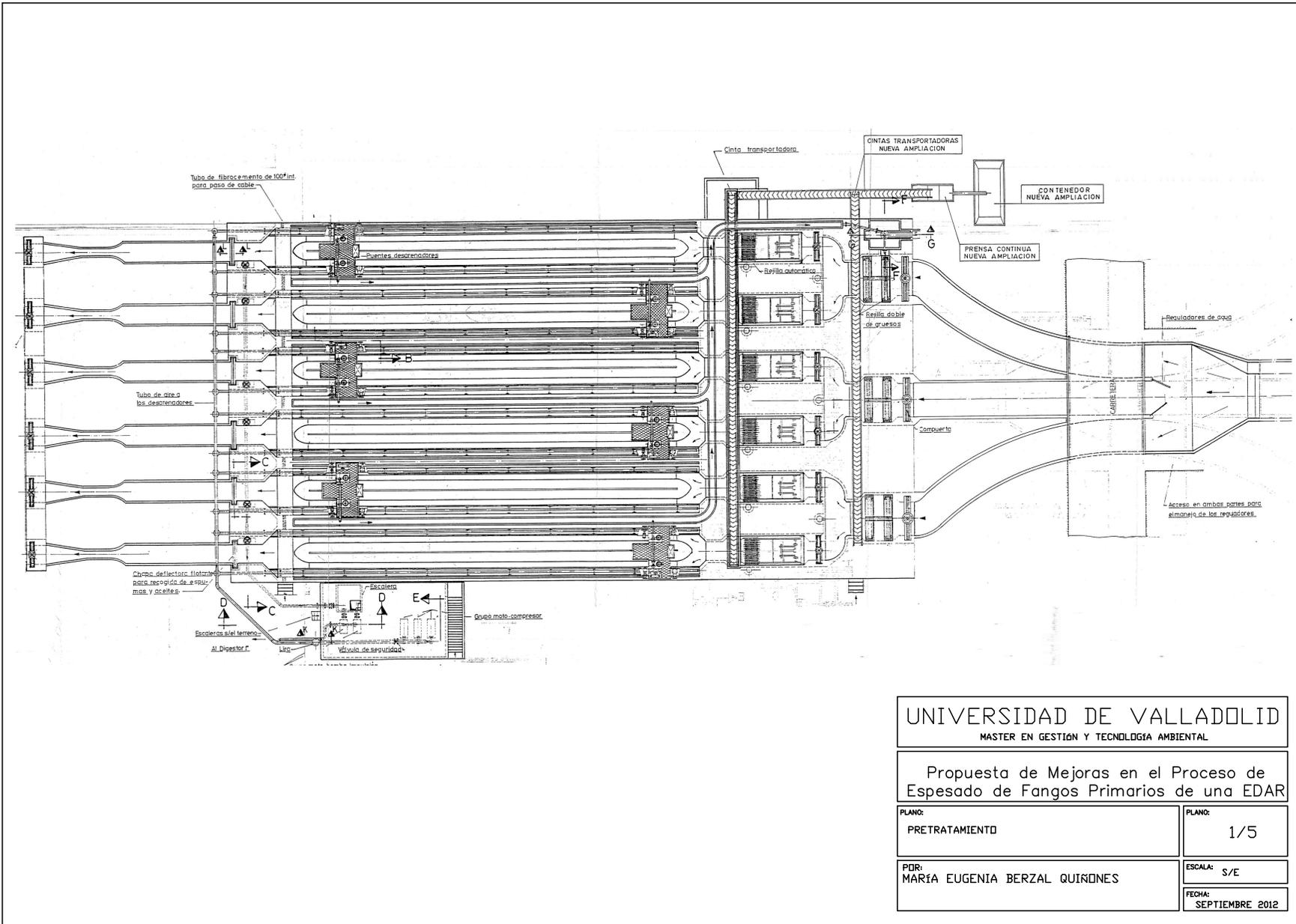
Esquema de la Línea de Aguas de la EDAR



Esquema de la Línea de Fangos de la EDAR

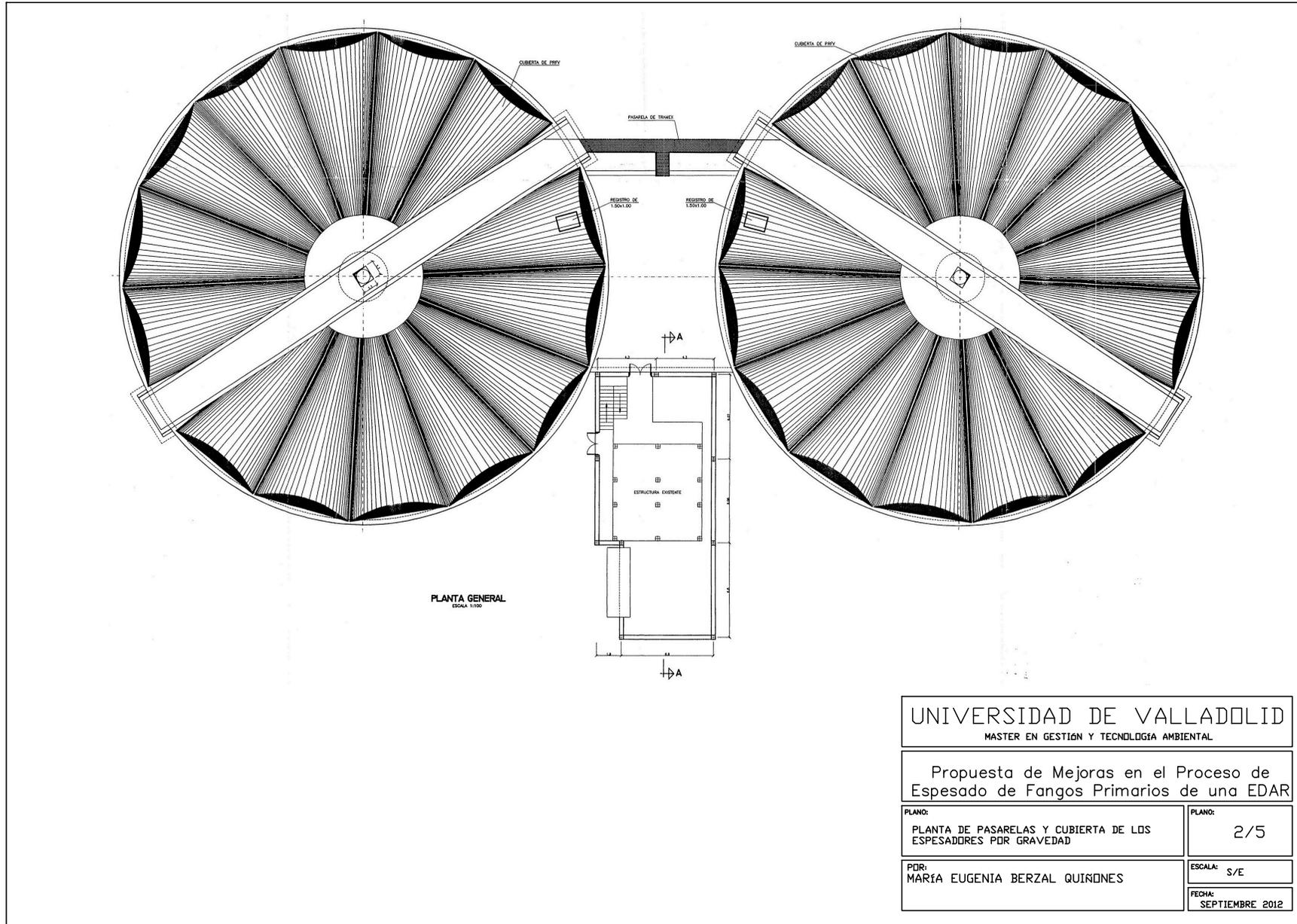


Plano 1. Planta de Pretratamiento de la EDAR

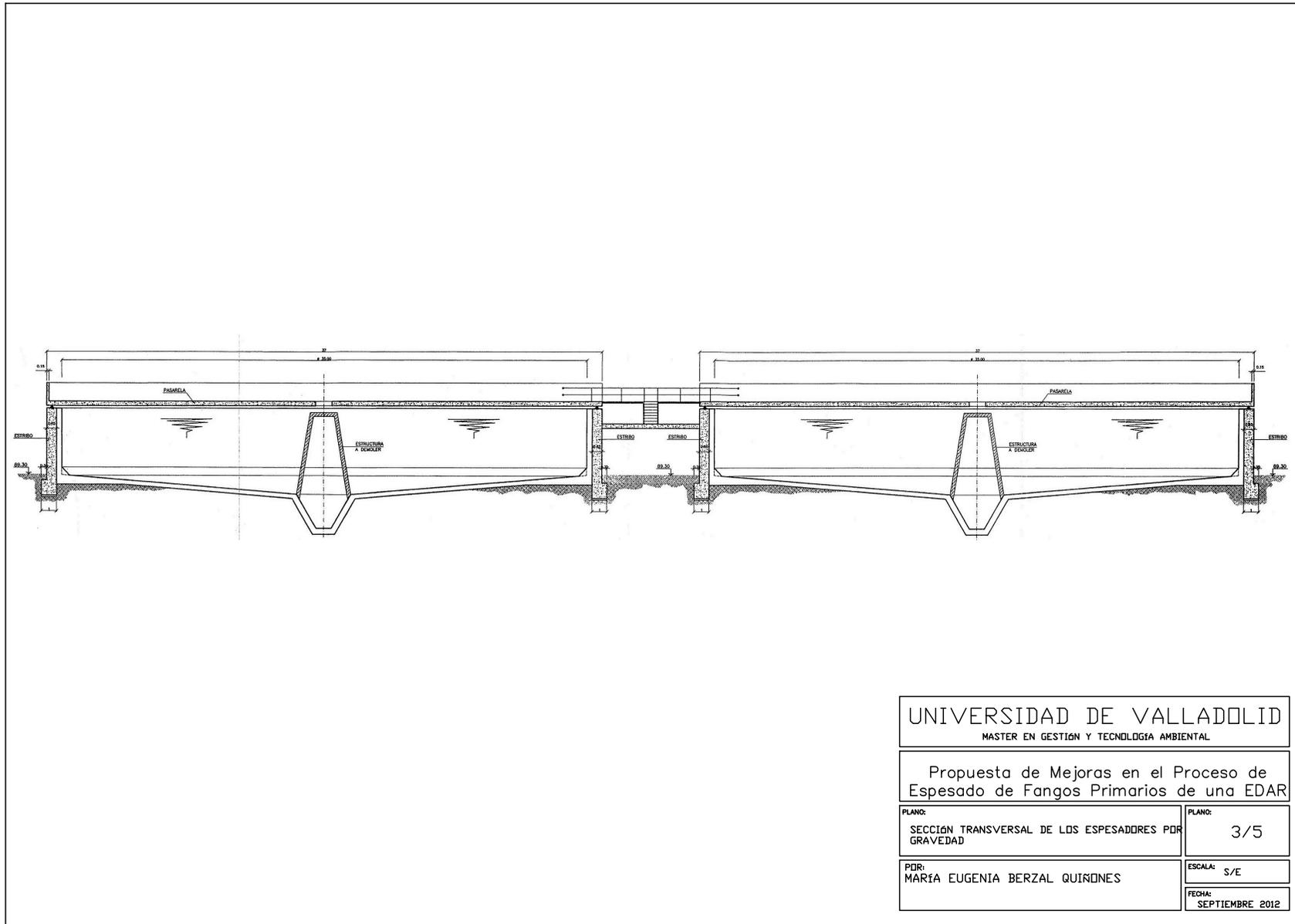


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	
MASTER EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL	
Propuesta de Mejoras en el Proceso de Espesado de Fangos Primarios de una EDAR	
PLANO: PRETRATAMIENTO	PLANO: 1/5
PDR: MARÍA EUGENIA BERZAL QUINONES	ESCALA: S/E
	FECHA: SEPTIEMBRE 2012

Plano 2. Planta de las Pasarelas y la Cubierta de los Espesadores

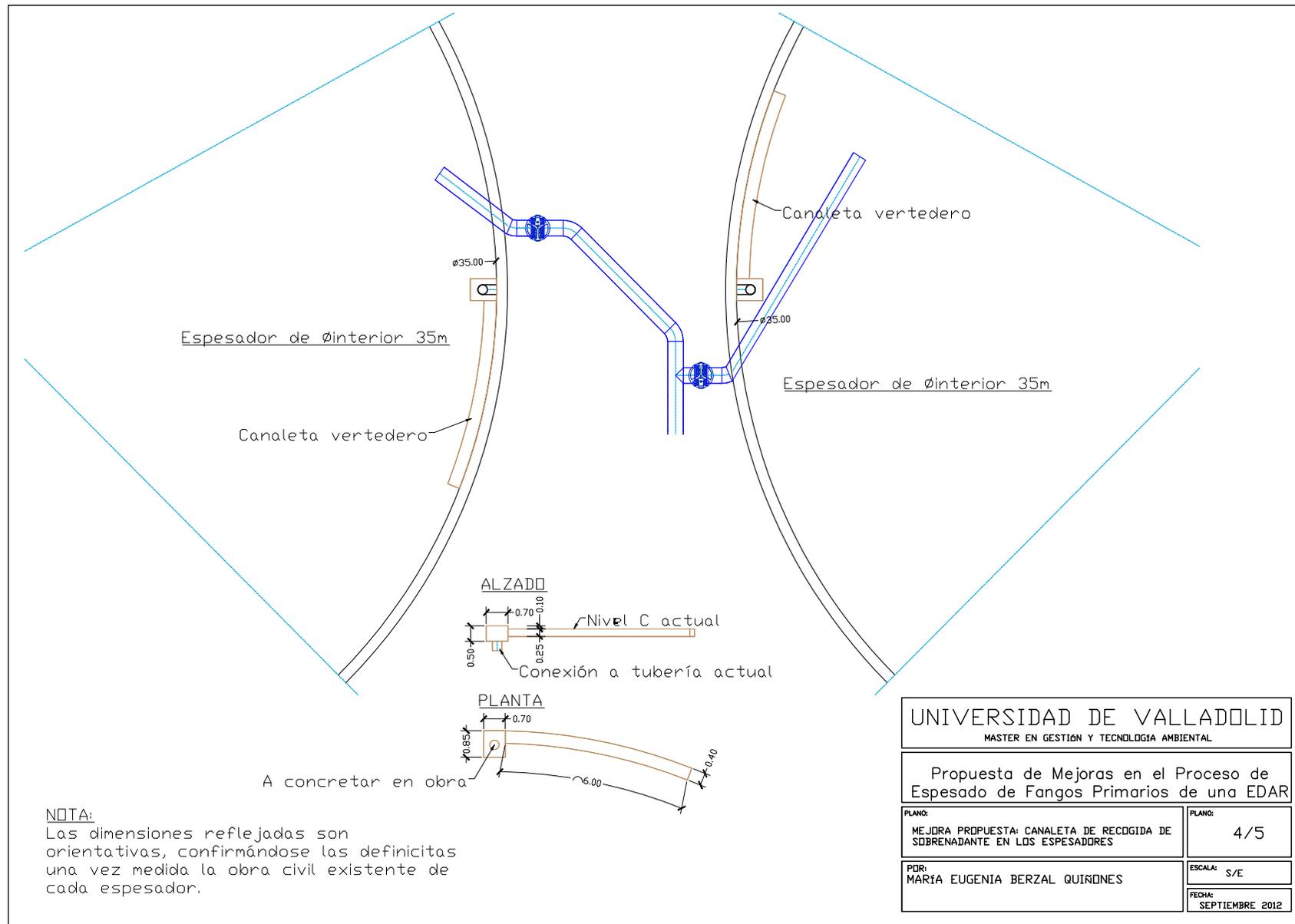


Plano 3. Sección Transversal de los Espesadores



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID MASTER EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL	
Propuesta de Mejoras en el Proceso de Espesado de Fangos Primarios de una EDAR	
PLANO: SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS ESPESADORES POR GRAVEDAD	PLANO: 3/5
PDR: MARÍA EUGENIA BERZAL QUINONES	ESCALA: S/E
	FECHA: SEPTIEMBRE 2012

Plano 4. Mejora Propuesta



Plano 5. Mejora Inviabile Económicamente

