



MÁSTER EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MASTER

**PRÁCTICAS DE FIN DE MÁSTER EN LA E.D.A.R.I.
DE HEINEKEN QUART DE POBLET (VALENCIA)
POR LA EMPRESA CADAGUA S.A.**

ROBERTO FERNÁNDEZ MORELLÁ

SEPTIEMBRE, 2013

RAÚL MUÑOZ TORRE, profesor/a del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente de la Universidad de Valladolid, y CARLOS VALERO VAÑO, jefe de planta EDARI Heineken – Quart de Poblet (Valencia) de la empresa CADAGUA S.A.

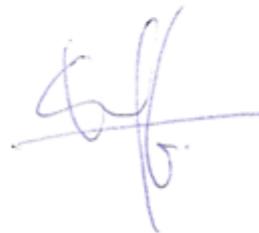
INFORMAN:

Que D. ROBERTO FERNÁNDEZ MORELLÁ ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Master titulado *Prácticas de fin de máster en la E.D.A.R.I. de Heineken Quart de Poblet (Valencia) por la empresa Cadagua S.A.*

Valladolid, 11 de Septiembre de 2013


Raúl Muñoz Torre


Fdo. Raúl Muñoz Torre



Fdo. Carlos Valero Vaño

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 "*Prácticas de fin de máster en la E.D.A.R.I. de Heineken Quart de Poblet (Valencia) por la empresa Cadagua S.A.*", presentado por el alumno D. Roberto Fernández Morellá, decidió otorgarle la calificación de _____.

Valladolid, 11 de Septiembre de 2013

El Presidente

El Secretario

Fdo.:

Fdo.:

Vocal

Fdo.:

INDICE

1. RESUMEN	6
2. ANTECEDENTES GENERALES	7
3. OBJETIVOS.....	8
OBJETIVOS GENERALES	8
3.1. Objetivos de la empresa	8
3.2. Objetivos de la universidad	8
3.3. Objetivos del alumno	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. METODOLOGIA	9
4.1. Descripción del proceso industrial de la planta.	9
4.1.1. Línea de agua	9
4.1.2. Línea de fango	20
4.1.3. Línea de gases.....	21
4.2. Rendimientos de eliminación de los diferentes parámetros de análisis a lo largo del proceso de depuración de las aguas residuales.....	22
4.3. Descripción de las tarea realizadas por el alumno en prácticas.	24
Toma de muestras y análisis diario	24
Procedimiento para cada tipo de muestreo	25
5. DISCUSION	30
6. JUICIO CRITICO.....	31
7. BIBLIOGRAFIA	32
8. ANEXOS	33
ANEXO 1.....	34
ANEXO 2.....	36
ANEXO 3.....	39
ANEXO 4.....	42

1. RESUMEN

El siguiente informe está realizado con la finalidad de hacer un resumen sobre las actividades, tareas y conocimientos adquiridos en la realización de las prácticas de fin de máster en empresa. Dichas prácticas se encuentran dentro del plan de estudios del Master Oficial en Gestión y Tecnología Ambiental impartido por la Universidad de Valladolid, con el objetivo principal de poner en contacto a los estudiantes con el mundo laboral.

La experiencia adquirida en las prácticas en la empresa Cadagua S.A., perteneciente al grupo Ferrovial desde 1985, ha tenido lugar en la Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales (EDARI) de la empresa Heineken.

La duración de las practicas es de un total de 225h, cuyo periodo de realización fue de 10/06/2013 a 19/07/2013, de lunes a viernes desde las 9:00 a las 18:00h, permitiendo poner en práctica los conocimientos teórico-técnicos y prácticos aprendidos en el master, correspondientes al área de tratamiento y depuración de aguas residuales industriales y gestión de los fangos.

2. ANTECEDENTES GENERALES

La EDARI donde se realizaron las prácticas en empresa, está ubicada en el Km 343 de la A-3 Madrid-Valencia, en el lado opuesto a la fábrica de producción de Heineken, junto a la rambla del Poyo donde vierte sus aguas residuales una vez tratadas. Pertenece al polígono industrial "El Oliveral" ubicado en el término municipal de Quart de Poblet (Valencia).

Ferrovial, creado en 1952, es uno de los principales grupos a nivel mundial en infraestructuras, abarcando cuatro grandes divisiones, aeropuertos, autopistas, servicios y construcción, siendo este último donde entraría a formar parte Cadagua en temas de obra civil, edificación y sector industrial.

Por otro lado, Cadagua es una referencia en el tratamiento de aguas residuales, desalación y potabilización, prestando servicios de mantenimiento y explotación en las más de 200 plantas que ha diseñado y construido y otras como en el caso de Heineken Valencia que explota desde hace 6 años.

3. OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

3.1. Objetivos de la empresa

- Tener a disposición de la empresa una persona cualificada en el área correspondiente a las tareas realizadas diariamente en la planta, con el consiguiente apoyo.

3.2. Objetivos de la universidad

- Permitir a los alumnos formados bajo su titulación de Master Oficial, acabar de tener una formación complementaria a los conocimientos teóricos-técnicos aprendidos durante la realización del mismo y poner así en contacto a estos alumnos con los trabajos a los que optarán en un futuro cercano como profesionales del sector ambiental.

3.3. Objetivos del alumno

- Poner en práctica todos o parte de los conocimientos aprendidos y desarrollados tanto en las clases teóricas como las prácticas en laboratorio.

- Tener un contacto profesional específico en el área ambiental elegida, tanto a nivel de empresa, como personal con los empleados de la empresa y toma de decisiones a los problemas planteados y/o surgidos.

- Obtener los créditos necesarios y obligatorios que marca la Universidad de Valladolid para la obtención del título de Máster Oficial en Gestión y Tecnología Ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realización de muestreo diario de aguas residuales y análisis físico-químico.

- Manejo de los datos y anticipación de los acontecimientos por medio de la obtención previa de conclusiones.

- Apoyo al Jefe de planta en el funcionamiento y supervisión de los procesos.

4. METODOLOGIA

En este punto se tienen en cuenta varios apartados como:

- Descripción del proceso industrial de la EDARI Heineken Quart de Poblet (Valencia) y explicación de las diferentes líneas de tratamiento.
- Rendimientos de eliminación de los diferentes parámetros de análisis a lo largo del proceso de depuración de las aguas residuales.
- Descripción de las tareas realizadas por el alumno durante la realización de las prácticas.

4.1. Descripción del proceso industrial de la planta.

La EDARI de Heineken gestionada por la empresa Cadagua, consta de tres líneas de proceso, tratamiento del agua residual del proceso de fabricación de la cerveza, los fangos generados como consecuencia de la eliminación de materia orgánica por medio de microorganismos más desbaste de finos y gestión y tratamiento de biogás generado en los digestores anaerobios.

En la presente memoria nos centraremos en la línea de aguas por su mayor complejidad y total y correcto funcionamiento, ya que la línea de fangos es relativamente sencilla y la línea de gas no se encuentra actualmente en uso.

4.1.1. Línea de agua

Comprenden todas las etapas por las que el agua residual proveniente de la fábrica pasa desde la llegada a la EDARI y hasta que es evacuada finalmente al río como agua tratada (AT), junto con agua limpia (AL), formando conjuntamente la llamada agua de vertido final al río (VFR).

Los caudales con los que trabaja la EDAR en época estival varían entre 60-95 m³/h, siendo lo más habitual a lo largo del día 75 m³/h.

NOTA: el agua limpia (AL) es el caudal de agua que sale de fábrica como rechazo. Este rechazo es la parte de agua no utilizada en la elaboración de la cerveza y que contiene el exceso de nitratos, sulfatos y demás iones que se eliminan por electrodiálisis del agua que será utilizada como materia prima.

A) Llegada del agua de proceso

El agua residual bruta procedente de los excedentes de limpieza de tanques, restos de levaduras, mosto y otros compuestos viene impulsado por bombas, a través de una tubería que recorre cerca de 1km, desde la fábrica a un lado de la autovía A-3, hasta la otra parte donde se encuentra la EDARI junto a la rambla del Poyo donde vierte sus aguas una vez tratadas.

Una vez dentro de la instalación, el agua puede tomar tres caminos, tanque de emergencia grande, tanque emergencia pequeño o entrar directamente al proceso, con previo paso por los tamices que eliminan gran parte de los restos sólidos que se encuentran en el agua y que difícilmente serían degradados debido a la relación entre el tamaño y el tiempo de residencia en el proceso. Además podría producir sedimentaciones importantes en el fondo de algunos emplazamientos como las balsas del sistema A₂O que carecen de agitadores sumergidos.

B) Tamices rotativo

Los tamices que hay instalados son dos, de tipo rotatorio, y se encuentran como pretratamiento del agua bruta antes de entrar al homogeneizador, de donde pasarán directamente al primer tanque donde existe un proceso biológico de degradación, el tanque de acidificación/recirculación y los digestores anaerobios.

Su capacidad de trabajo es de 80 m³/h cada uno, y puede operar en unas concentraciones de SST de 200 – 800 mg/L. El rendimiento que estos tamices consiguen en planta es aproximadamente de 50 - 70 % según las especificaciones técnicas del manual de operación y mantenimiento de estos equipos.

Los residuos que retiran los tamices rotativos principalmente son las cascarras de la cebada que fueron retirados al principio del proceso de elaboración de la cerveza en la industria, y en menor medida restos de tierra, piedras y espigas resultantes de la limpieza inicial comentada. La gestión que se hace de ellos es recogida de un contenedor por gestor autorizado.

C) Homogeneizadores

En la planta existen dos homogeneizadores de idénticas dimensiones, que trabajan de forma simultánea y continua. El volumen de cada uno de ellos es de 1000 m³, de manera que tienen unos TRH aproximados de 13h para un caudal típico de 75 m³/h.

Estos tanques disponen de un agitador sumergido cada uno, que permite tener una buena mezcla en todo el recinto, de manera que las cargas instantáneas que entran en ellos se vean disminuidas, favoreciendo el crecimiento microbiano de las bacterias que se encuentran en el proceso secundario o también conocido como biológico, y donde tiene lugar la eliminación mayoritaria de la materia orgánica soluble y fácilmente biodegradable.

Un factor a tener en cuenta es que, los homogeneizadores no deben superar el 85% de su capacidad, de manera que esto se debe prever desde el equipo directivo de la planta, para no tener posibles problemas de acumulación de gases en el habitáculo, de manera que la extracción de gases no se vea superada por la generación *in situ* que ocurre en estos tanques si se reduce el volumen de acumulación de estos (zona libre de agua) y que se ve acelerado en época estival por las considerables temperaturas alcanzadas (33-36°C). Así pues, cuando estos valores se alcanzan, se detecta en los monitores de la sala de control y ordena el desvío manualmente al tanque de emergencia pertinente.

Cabe comentar que el agua bruta que llega al homogeneizador se acidifica como consecuencia de la rotura de la materia orgánica por el proceso de hidrólisis. Las sustancias orgánicas se rompen en otras más simples y ácidos grasos volátiles (AGV), lo que provoca resultados de pH más ácidos en la SH que en la llegada del AB como se puede ver en la tabla 8 (Anexo 4).

D) Tanque de emergencia grande

Es un tanque nuevo, que fue reconvertido en una balsa de desastres adicional a la que existía anteriormente por que las situaciones de limpieza de tanques en fábrica no eran bien absorbidas por el tanque de emergencia pequeño.

Su volumen es de 2.000 m³ y permite al jefe de planta pedir de manera relativamente periódica (varía en función de la producción de cerveza en fabrica) cierta cantidad de cerveza a fábrica, que es evacuada al colector y que oscila entre 100-140 m³/mes. Una vez captadas las aguas, normalmente de carácter básico por la sosa de limpieza o con altísimas cargas orgánicas por el contenido en levadura, se va laminando poco a poco al homogeneizador para reducir más aun su impacto en el sistema biológico de la depuradora.

La medición del nivel de este tanque se hace de manera visual por el operario de la planta, fijándose en el número de escalones que quedan al descubierto, escalones que permiten acceder al fondo del tanque cuando se hacen labores de limpieza y mantenimiento.

E) Tanque de emergencia pequeño

Es el tanque existente desde el primer momento de la depuradora y su uso ha quedado reducido a ocasiones excepcionales en las que el tanque grande está lleno. Su volumen es de unos 300 m³.

Al igual que el tanque de emergencia grande, en este se mide el nivel de llenado de forma visual, ya que no dispone de sistema de nivel.

F) Tanque de acidificación/recirculación

Es el emplazamiento previo a los digestores anaerobios, y donde se produce la corrección del pH del agua para entrar en unos intervalos lo más neutros posibles (consigna de 6 – 7, con un valor típico de 6'85). Esta neutralización se hace por medio de ácido clorhídrico (HCl) o hidróxido sódico (NaOH), en función de si el pH del agua de salida de homogeneizadores (SH) es de carácter ácido o básico respectivamente. Sin embargo, recibe el nombre de tanque de acidificación porque en situaciones normales el pH de llegada del agua bruta (AB) es alto. Ver datos de la tabla 8 (Anexo 4), donde este oscila entre 6-11, siendo la media de Junio de pH 9.

Este tanque tiene por lo tanto una doble función, producir la acidificación del agua para reducir variaciones de pH a la entrada a digestores anaerobios y permitir la recirculación del agua desde la salida de estos. El agua de salida se junta con la de entrada y permite que la carga volumétrica (entendida como kgDQO/m^3) disminuya, al igual que la carga másica ($\text{kgDQO}/\text{kgSSV} \times \text{día}$). Nuevamente se busca que las variaciones en la carga y en el caudal influente a los UASB sea lo más constante posible, de manera que las bacterias trabajen linealmente.

G) Digestores anaerobios (UASB)

En la EDARI existen dos digestores de tipo UASB con fango suspendido, y un tercer tanque que no está finalizado (falta cerramiento superior) con posibilidad de acabar en caso de necesitar más eliminación de materia orgánica en tiempos venideros. Los dos digestores que funcionan actualmente, lo hacen de forma alterna, de manera que normalmente el llamado Digestor 1 (D1) funciona de lunes a viernes, y el Digestor 2 (D2) es utilizado parte del viernes y durante el fin de semana.

Cada uno de los dos digestores tiene diez válvulas de entrada de agua que se van abriendo y cerrando cada día, de manera que el manto de lodos se remueva bien, quedando homogéneamente repartido en el digestor durante un periodo de 15-20 minutos. A lo largo del día esta operación se realiza entre dos y tres veces.

La variedad de bacterias presentes en digestores anaerobios de este tipo y las características cinéticas hacen este proceso algo sensible a ciertos cambios y situaciones. A continuación se destacan las cosas más importantes a tener en cuenta a la hora de operar:

La T^a óptima de funcionamiento está entre $35,5$ y 36°C , pero cuando esta temperatura alcanza los 38°C , el rendimiento desciende de manera importante y se pone en peligro la supervivencia de los microorganismos, de manera que la entrada de agua a los UASB se para de forma automática por medio de cerramiento de válvula.

Sensibilidad a las variaciones de pH, tolerando mejor las condiciones ligeramente básicas (debe estar entre 6,5 y 8), ya que el grupo de bacterias conocidas como metanogénicas son extremadamente sensibles a la acidificación del medio, que suele ocurrir cuando en el tanque entran cargas orgánicas mayores de las que estas bacterias pueden soportar. Este problema deriva del lento crecimiento y capacidad de eliminación del componente orgánico, respecto a los otros grupos bacterianos que trabajan en pasos anteriores de la degradación y que producen diferentes tipos de ácidos como el butírico y propiónico entre otros, y que son la materia prima de las metanogénicas, pero que a su vez, una acumulación provoca la inhibición. La acumulación de AGV de cadena corta acidifica el medio y las bacterias productoras de metano ven inhibido su crecimiento por las condiciones desfavorables que esto les produce.

Concentraciones elevadas de SST en el digestor tampoco son favorables para el proceso biológico, de manera que la recirculación de agua tratada (salida de digestor), junto con el agua entrante que viene de homogeneizadores, diluye tanto la concentración de sólidos como la carga orgánica, que produciría lo descrito anteriormente.

Los THR deben estar en un intervalo que permita a las bacterias anaerobias eliminar la materia orgánica fácilmente biodegradable, ya que su crecimiento es mucho más lento que las aerobias por las condiciones energéticas que supone degradar la materia en metano en lugar de dióxido de carbono.

Los detergentes: compuestos que no toleran y que cuando el agua bruta los contiene se desvía al tanque de emergencia, para más tarde poder reintroducirlo en el proceso a través del homogeneizador poco a poco.

En cuanto a los rendimientos que se obtienen de la degradación bacteriana en estos digestores son bastante buenos, aproximadamente 70%, según datos analíticos de muestras entre entrada y salida a lo largo del mes de Junio:

$$(Entrada - Salida) / Entrada = Rendimiento \%$$

$$[(Q_{ED} \times DQO_{ED}) - (Q_{D1} \times DQO_{D1})] / Q_{ED} \times DQO_{ED}$$

$$[(75m^3 \times 2110kgDQO/m^3) - (75m^3 \times 647kgDQO/m^3)] / 75m^3 \times 2110kgDQO/m^3$$

$$(158.250kgDQO - 48.525kgDQO) / 158.250kgDQO = 0,693 \times 100 = 69,3\%$$

Rendimiento de eliminación de digestores anaerobios 69,3%

H) Sistema combinado de eliminación de materia orgánica y nutrientes (N y P).

El avance legislativo ambiental en cuanto a restricciones en los valores límite de vertido para las aguas residuales, tanto en el ámbito urbano como industrial, llevo a la planta a una remodelación parcial que permitiera alcanzar los nuevos valores establecidos por la normativa correspondiente que empezaba a exigir controlar la cantidad nutrientes como N y P en las aguas tratadas. Las dos balsas de fangos activos de que disponía inicialmente, fueron reconvertidas en dos sistemas de eliminación combinada de materia orgánica y nutrientes, concretamente el tipo de proceso elegido fue el A₂O de tres etapas. Actualmente solo se utiliza uno de ellos por la baja producción de la ARI que llega a planta desde fábrica, estando el otro parado desde hace aproximadamente tres años.

A continuación se muestra una tabla con los datos de partida de caudales y parámetros utilizados para el diseño del A₂O que se tomaron del proyecto de acondicionamiento de la planta:

PARAMETROS	UNIDADES	AGUA BRUTA EN HOMOGENEIZ.	SALIDA UASB	EDR
Caudal	m ³ /h	354	354	75
DQO total	mg/L	2800	600	15
DQO soluble	mg/L	2200	232	15
DQO particul.	mg/L	600	368	0
SST	mg/L	400	400	10
SSV	%	28	28	-
DQOP/SSV	-	5,36	3,29	-
DBO ₅	mg/L	1375	231	0
NKT	mgN/L	27	27	0
NH ₄	mgN/L	0,1	8,3	0
NO ₃	mgN/L	0	0	46
P total	mgP/L	7	7	0
P soluble	mgP/L	3,52	3,52	0
Sulfatos	mgS/L	54	52	400
T ^a min	°C	22	18	18
T ^a med	°C	30	30	20
T ^a max	°C	36	36	25

Los valores para los que se rediseño la planta y que debe de cumplir son los siguientes:

PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE
Fosforo	mgP/L	≤2
Nitrógeno nítrico	mgN/L	≤10
Nitrógeno amoniacal	mgN/L	≤1

Los valores de N-NO₃ del rechazo de la EDR permitidos son de 46 mg N/L. Se toma para los caudales de diseño, que el efluente de la balsa aerobia requeriría alcanzar un valor de N-NO₃ inferior de 2'5 mgN/L, de manera que si se consiguen estos valores, el rechazo de la EDR no sería necesario incluirlo en el tratamiento, ya que al mezclarse los caudales de este rechazo y el caudal de agua tratada del A₂O darían unos valores que cumplirían los límites.

Por último el vertido final que queda es VFR:

Efluente EDARI + Vertido EDR = Vertido Final Rio

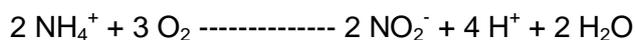
	EFLUENTE EDARI	VERTIDO EDR	MEZCLA FINAL
Caudal (m ³ /h)	354	75	429
Fosforo (mg P/L)	0,9	0	< 0,9
N-NO ₃ (mg N/L)	2,5	46	< 10
N-NH ₄ (mg N/L)	1	0	< 1

Los parámetros garantizados son los que marca la Autorización Ambiental Integrada (AAI) correspondiente para el efluente final de la EDARI (ver tabla 2, Anexo 1)

DESCRIPCION DE LA SOLUCION TECNICA ELEGIDA

A) Nitrificación

Es el proceso biológico por el cual el N amoniacal es transformado en nitratos a través de dos etapas consecutivas y complementarias, llevadas a cabo cada una por un grupo de microorganismos (m.o.) autótrofos diferentes: nitrosomonas y nitrobacter.



El nitrógeno orgánico biodegradable del agua residual es hidrolizado por m.o. heterótrofos transformándose en N amoniacal que a su vez sufre la nitrificación.

Es un proceso estrictamente aerobio por lo que tiene lugar en las balsas de aireación del sistema A₂O, y dicha oxidación implica unos consumos y nuevas sustancias generadas. Así, 1g de N amoniacal produce 1g de N nítrico y consume 4,57g de oxígeno. Por otro lado, la oxidación de cada 14g de N amoniacal produce 2 iones hidronio, que consumen 2 equivalentes de alcalinidad, como bicarbonato, del agua residual.

La tasa de crecimiento de estas bacterias aerobias estrictas, se ve reducido cuando la concentración de oxígeno disuelto en el agua de las balsas es inferior a 2 mg/L. Son fuertemente sensibles también a la T^a, disminuyendo a valores bajos, y a pH menores de 7, ya que la nitrificación conlleva un consumo de alcalinidad importante.

El parámetro más importante de control es la edad del fango o tiempo de retención celular (SRT ó TRC). De esta forma, para un agua, una T^a y un SRT determinado, la concentración de nitrógeno amoniacal en el efluente depende única y exclusivamente del SRT hasta el punto que este TRC necesario para nitrificar es 8 veces mayor que el necesario para eliminar materia orgánica rápidamente biodegradable. (Manual de Cadagua “Descripción de ejecución de la eliminación de N y P en el depuradora de la factoría Heineken en Quart de Poblet”).

La biomasa nitrificante existente en el proceso es poco significativa respecto a la masa volátil total, siendo menor del 5% del total para relaciones DQO/NKT típicas.

B) Desnitrificación

Es el proceso por el cual el nitrato es convertido en N atmosférico (gas) mediante m.o. facultativos heterótrofos en condiciones anóxicas. De este proceso se encargan las mismas bacterias que en las condiciones aerobias producen la degradación de materia orgánica. Como heterótrofas que son, la fuente de energía y carbono celular es la propia materia orgánica presente en el agua y el aceptor de electrones utilizado los nitratos. Ocurre así la eliminación de DQO utilizando los nitratos en lugar de oxígeno.

Al igual que la nitrificación conllevaba algunos consumos y generación de sustancias, la desnitrificación implica también reacciones.

La eliminación de 1g de N-nitrato consume 2,86g de oxígeno.

El consumo de 14g de N- NO_3 produce un equivalente de alcalinidad (OH^-). Por tanto se producen 3,57g de CaCO_3 por cada gramo de N- NO_3 desnitrificado.

Las bacterias heterótrofas son algo menos sensibles que las nitrificantes a la T^a y el pH. También puede disminuir el proceso cuando hay algo de oxígeno disuelto, ya que es preferentemente utilizado frente a los nitratos por ser energéticamente mejor.

La recirculación interna es necesaria cuando la externa de fangos no aporta la cantidad suficiente de nitratos para conseguir elevadas eliminaciones de estos.

Durante la desnitrificación se recupera parte del oxígeno, con 2,86g de oxígeno generado por cada gramo de N- NO_3 eliminado.

C) Eliminación biológica de fósforo.

En procesos utilizados de forma habitual como los fangos activos, el contenido típico de fósforo es 1,5-2% sobre la materia seca (SST), de manera que la purga de fangos puede resultar una eliminación del fósforo entrante al sistema en torno a un 10-30%. Pero cuando el influente tiene una cantidad suficiente que no permite llegar a los límites de vertido establecidos por la confederación hidrográfica o la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR), hay que tomar alternativas de tratamiento como el sistema A_2O .

Aprovechando el conocimiento microbiológico de las bacterias heterótrofas conocidas como PAO, las cuales pueden liberar fósforo en condiciones anaerobias y acumularlo en condiciones aerobias en mayores cantidades, se toma como opción muy positiva frente a la precipitación química. Los procesos biológicos son normalmente más económicos, más respetuosos con el medioambiente y más aceptados por la sociedad. Estas bacterias se identifican como Acinetobacter, anaerobias de crecimiento lento y gran avidez por sustratos rápidamente biodegradables como los ácidos grasos volátiles (AGV) de cadena corta. El proceso en el que actúan tiene los siguientes pasos:

1. Fermentación. La DBO se convierte en AGVs por los m.o. heterótrofos facultativos.
2. Los AGVs son transferidos a las bacterias PAO y almacenados como polihidroxibutirato (PHB). La energía necesaria la obtienen de la hidrólisis de polifosfatos acumulados, liberándose fosfatos al medio acuoso.
3. En la zona aerobia se produce la captación de fosfatos y formación de polifosfatos. El PHB es utilizado como fuente de sustrato para el crecimiento de las PAO.
4. Eliminación de fósforo. Esta tiene lugar a través de la purga de fangos. Una bacteria aerobia contiene aproximadamente un 2,5% de P como peso seco, mientras que una bacteria PAO bien cargada de polifosfatos puede contener un 35% de su peso seco en forma de fosforo.

Los parámetros más relevantes para el diseño en la eliminación de fósforo son el SRT y dimensionado de la zona anaerobia, que depende de las características del agua residual y de los requerimientos en el efluente.

Se sabe que para eliminar 1g de fósforo hacen falta entre 7 y 9g de DQO fácilmente biodegradable, siempre que los nitratos entrantes en el reactor anaerobio sean prácticamente nulos (manual de Cadagua comentado anteriormente)

Hay que tener cuidado con el SRT, ya que al aumentarlo la eliminación de fósforo disminuye por la mayor respiración endógena, liberándose de nuevo al medio.

La concentración total en el efluente es la suma de los fosfatos y del fosforo asociado a los SST que escapan por el efluente. Esto hace que haya que tener en cuenta los valores límite establecidos de SS y P.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA A₂O

Anaerobio (volumen de 720 m³)

El agua proveniente de los digestores entra al primer tanque del sistema, el tanque anaerobio, aquí la materia orgánica apenas sufre cambios significativos pero es donde las bacterias PAO comentadas anteriormente, liberan fosfatos al medio. Hay que destacar que el agua que entra a este compartimento es la suma del agua de digestores anaerobios en su mayoría, pero a la que se le añade una parte de agua bruta, que es impulsada por las

bombas blending con el fin de suministrar materia orgánica fácilmente biodegradable para las PAO. A estas dos corrientes de agua, hay que añadir el agua sobrenadante del espesador de fangos, el agua de escurrido de la deshidratación de los fangos y la recirculación externa, aportando esta última bacterias desde el tanque aerobia y permitiendo que el TRC sea el idóneo y permita a las bacterias crecer y realizar su degradación.

Anóxico (volumen de 360m³)

Aquí ocurre la degradación de gran parte de la materia orgánica con ayuda de los nitratos producidos en la balsa de aireación como sustrato aceptor de electrones, como oxidante. Los nitratos alimentados desde la balsa de aireación por medio de la recirculación interna son utilizados por las bacterias, reduciéndose a nitrógeno gas y liberándose a la atmosfera.

Aerobio (volumen de 1960m³)

La aireación del agua residual en estos tanques se realiza por medio de aireadores superficiales accionados por bombas que giran las espas. Así el amoniaco procedente de la hidrolisis de compuestos nitrogenados orgánicos es oxidado a nitritos y finalmente a nitratos, al igual que una parte de la materia orgánica que no consiguiera hacerlo en el anóxico. Por otro lado se produce la captación de fosfatos solubles en mayor cantidad de la que fueron liberados por las bacterias en el tanque anaerobio, formándose polifosfatos y reduciendo fuertemente la cantidad de fósforo soluble en el agua. Para la correcta eliminación del P del agua, se debe hacer una purga de los fangos que permita sacar este nutriente de la depuradora, entendida como sistema.

Precipitación química de fósforo.

Cuando las cantidades de P en agua son bastante altas, el sistema biológico es útil, pero en ocasiones no es suficientemente eficaz como para alcanzar los VLE establecidos por la AAI. De esta forma, cuando esto ocurre se acude a la eliminación de este nutriente por la vía química de forma complementaria.

A principio de Junio el personal de planta llevaba varios meses viendo que los niveles de P entrantes a la EDARI como de salida del agua tratada estaban siendo mas altos que en la situación normal, de manera que estudiaron la posibilidad de adicionar una sal que actuara como precipitador químico de este ion fosfato.

A mediados de Junio el cloruro férrico empezó a utilizarse en la planta, tras una estimación que se realizó en laboratorio donde se estuvo haciendo una serie de analíticas para tratar de reducir desde 7 mgP/L hasta 2 mgP/L la concentración en la salida de las balsas aerobias.. Según los resultados obtenidos, se sabe que la adición de FeCl₃ debe ser aproximadamente de 0'2ml/L de agua residual, lo que supone para la bomba utilizada, trabajar a un 35% de su capacidad, valor que será modificado periódicamente dependiendo de los resultados de las analíticas de P_T del agua tratada.

PLAN DE ANALISIS

Se llevará un control periódico del proceso de eliminación de N y P de forma biológica, de manera que los resultados obtenidos de la simulación realizada en el periodo de realización del proyecto sean similares a los resultados obtenidos. Para ello se analizan los parámetros que influyen en el proceso:

Eliminación N

Parámetros: nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrógeno total (N_T).

Punto de muestreo: Entrada balsas (salida UASB + Bombas blending) y salida decantadores

Tipo de muestra: integrada durante 24h con tomamuestras automático.

Periodicidad: diaria

Será necesaria tomar medidas del oxígeno disuelto.

Eliminación de P

Parámetros: fosforo total (P_T) y DQO soluble

Punto de muestreo: Entrada balsas (salida UASB + B. blending) y salida decantadores

Tipo de muestra: integrada durante 24h con tomamuestras automático.

Periodicidad: diaria

I) Decantadores secundarios

La planta cuenta con dos decantadores de tipo circular correspondientes a los dos sistemas A_2O que hay en la instalación y están en funcionamiento los dos decantadores. El uso de uno de los dos A_2O viene marcado por el gran consumo energético que suponen los aireadores de la balsa aerobia, de manera que, aunque el caudal se sale un poco de los valores establecidos, como los parámetros de vertido cumplen correctamente, se decidió hace tres años hacer uso de uno sólo. Sin embargo, sí que se utilizan los dos decantadores, de manera que se asegure un vertido con contenidos de sólidos bajo, por los THR que existe en cada uno de ellos, pero controlando los demás parámetros de N_T , P_T y DQO que puede verse afectado si se producen reacciones propias de la respiración endógena.

Estos cuentan con un sistema de limpieza superficial que elimina algunos sólidos que crecen en la superficie, concretamente la lenteja de agua, muy típica en épocas estivales por los altos contenidos en nutrientes. Estos residuos son recogidos manualmente de la poza de descarga existente por el personal de mantenimiento y se tiran al contenedor de fangos, que se gestiona por medio de un gestor autorizado, dado su pequeño volumen y periodicidad en el tiempo.

El volumen de cada decantador es de 1478m^3 , lo que supone una THR aproximadamente de 17 – 23h para caudales típicos de operación de entre 65 y $85\text{ m}^3/\text{h}$.

J) Vertido final de agua tratada.

Una vez el agua rebosa por los vertederos del sedimentador es recogida por el canal exterior desde donde es dirigida al canal de vertido final, pasando por un canal Parshall antes de salir a río, permitiendo hacer medidas visuales en caso de ser necesario. En este mismo canal, se encuentra un tomador de muestras automáticos que realiza recogida de muestras cada hora del día, acumulándolo en un recipiente y siendo la llamada muestra integrada de agua tratada (AT) a partir de la que se hacen las muestras analíticas de este punto de la EDARI.

En este mismo punto existe una salida de agua limpia (AL) que se junta con el AT y conjuntamente forman la llamada agua de vertido final a río (VFR). La procedencia del AL, es directamente de fábrica como agua de rechazo de la utilizada para elaborar la cereza y de pluviales, que no tiene ningún tipo de tratamiento, ya que al juntarse con el agua tratada, alcanzan valores en todos los parámetros correctos para el vertido según el documento establecido por la Autorización Ambiental Integrada.

4.1.2. Línea de fango

Esta parte del proceso, es de gran importancia también en la gestión y explotación de una EDAR, porque hay que deshacerse de los lodos generados (bacterias) de la mejor manera posible, de forma económica y sin ocasionar problemas colaterales en el proceso biológico como se comenta a continuación.

El primer paso que se hace en esta línea es el bombeo del fango secundario sedimentado en el fondo del decantador, que por medio de tubería es bombeado a un espesador que opera por gravedad. Este tanque tiene un volumen de 450 m^3 y una altura media de 4m. La purga se hace por medio de una de las dos bombas de fangos existentes, que tienen una capacidad de bombeo de $26\text{ m}^3/\text{h}$ cada una. Por medio del sistema de control de la depuradora (Scada) se establece que la purga se hace entre 1800-2100 segundos, lo que supone 30 - 35', es decir una purga de $13\text{-}15\text{ m}^3/\text{h}$. El THR que tiene el espesador está comprendido en 30-35h, valores típicos de espesadores por gravedad.

Una vez que el nivel de fango en el espesador es de 2-2'5m se pone en marcha la extracción del fango espesado hacia el equipo de deshidratado de la planta, los filtros banda.

Antes de la llegada del lodo al equipo de filtrado, los fangos pasan por una cámara donde se mezcla con agua y el polielectrolito en la cantidad establecida en función del caudal, como se comentó anteriormente.

Una vez mezclado se producen flóculos gracias a la desestabilización de cargas que este polielectrolito produce y pasa a los filtros donde se prensa, obteniéndose un fango deshidratado y un escurrido que es devuelto al tanque anaerobio del A₂O junto con el sobrenadante del espesador, de manera que hay que tener cuidado con esta dosificación de poli, que puede producir floculaciones y apelmazamientos en este sistema. Como consecuencia de esto se producen problemas en la liberación y captura de fosforo, la degradación de materia orgánica y nitrificación/desnitrificación debido a la formación de grandes flóculos formados que disminuyen la relación superficie/volumen de actuación de las bacterias.

No conviene tener un nivel de fango muy grande en el espesador, pues esto produce escapes de sólidos por el sobrenadante, lo que supone reintroducción de SST al proceso biológico con el consecuente aporte de nutrientes contenidos en las bacterias.

El fango seco sale de los filtros y es transportado por medio de cintas hasta los contenedores de almacenamiento de lodos que son retirados por un gestor autorizado.

4.1.3. Línea de gases

Es relativamente pequeña y actualmente se encuentra fuera de servicio por una avería técnica en el scrubber y una fuga de biogás en el D1.

Los diferentes procesos y equipos que componen la línea de gas de la EDARI Heineken Quart de Poblet:

- Digestores anaerobios (UASB)
- Gasómetro
- Scrubber o lavador de gases
- Antorcha

Los digestores anaerobios son los tanques que reciben el agua bruta que procede de fábrica, previo paso por los tamices que eliminan gran cantidad de los SST y por los homogeneizadores que regulan las cargas y caudales.

Dado que es el primer tanque donde se produce degradación biológica, la carga másica (kgDQO/m³ de agua) entrante es muy alta y las comunidad de microorganismos anaerobios que permiten eliminar la materia orgánica transformándola en metano (CH₄), agua, calor y nuevos organismos, generan grandes cantidades de gases que son conocidos como biogás, dado el origen de los mismos. El gas está compuesto mayoritariamente por metano (CH₄), CO₂, H₂S, NH₃ y otros gases en cantidades traza.

La recogida de este biogás se hace por medio de extracción de vapores de las cámaras de los digestores, siendo transportados hacia el gasómetro, donde es acumulado durante un periodo de tiempo relativamente pequeño y desde el que se manda hacia la torre scrubber.

Aquí el principal proceso que se busca es hacer un lavado con agua que permita eliminar el sulfuro de hidrogeno en el biogás ya que es un compuesto altamente corrosivo para los equipos de cogeneración de energía eléctrica. También se busca eliminar amoniaco. El biogás se hace pasar por unas torres donde se les lava con agua a contracorriente, mejorando la transferencia de materia del H_2S al agua que será gestionada como residuo al final de línea.

4.2. Rendimientos de eliminación de los diferentes parámetros de análisis a lo largo del proceso de depuración de las aguas residuales.

AGV – Tabla 3, Anexo 4

Entre los valores de AGV de SH y ED hay una reducción media de un 33%, que viene dada por la mezcla del efluente de los digestores D1 ó D2 con el agua bruta que llega a estos pasando por el tanque de acidificación/recirculación, permitiendo disminuir la carga orgánica así como posibles compuestos tóxicos o inhibidores por efecto de la dilución.

La eliminación de los ácidos grasos volátiles de cadena corta a su paso por los digestores es muy alta (95%), entendida esta como material orgánica fácilmente biodegradable.

La entrada a balsas en contra de lo que se podría pensar, tiene un mayor contenido en AGV que los valores de salida digestores anaerobios de donde viene el agua. Este hecho es debido a la mezcla de esta agua con otra agua bruta (desde la salida homogeneizador, haciendo el by-pass a los digestores anaerobios) permitiendo que las bacterias PAO tengan suficiente materia para desarrollar correctamente su metabolismo de liberación/captación de fósforo.

DQO – Tabla 4, Anexo 4

Entre el AB y la SH hay un pequeño descenso de la carga debido a la eliminación de algunos solidos suspendidos al paso del agua por los rototamicos.

La diferencia entre la SHy ED es debida al efluente recirculado de los digestores (comentado anteriormente) y permite bajar cerca de un 38% la DQO de entrada a estos.

El rendimiento de los UASB son de aproximadamente 70% como mostraba el cálculo realizado en el la pagina 12 de este informe.

Al igual que en los AGV, la entrada a balsas tiene unos valores de DQO mucho mayores que a la salida de los digestores, debido a la reintroducción de materia orgánica, como bacterias, en el inicio del sistema A_2O .

A continuación se puede ver una gran bajada de DQO entre la EB y el AT, es decir, una vez ha pasado el agua por las balsas de aireación y por los decantadores, donde por oxidación la balsa elimina compuestos que a la entrada formaban parte de la DQO y que a la salida ya no lo son por estar en su máxima estado de oxidación (CO_2). Los decantadores, separan los

SST al fondo, del agua, permitiendo eliminar microorganismos que en las analíticas de laboratorio implican consumos de oxígeno y aumentos de N y P cuando mueren y lisan.

Los resultados de descarga del efluente (48 mgDQO/L) están muy por debajo de lo establecido por la normativa ambiental de aguas residuales y la AAI que se le aplica a la instalación (125 mgDQO/L).

SST – Tabla 5, Anexo 4

El paso de la SH a la ED tiene una pequeña reducción de sólidos, que viene marcada por la recirculación del agua tratada de los digestores. Sus valores de reducción son menores que en AGV y DQO porque en este caso existe un crecimiento de microorganismos dentro del reactor.

Los SST presentan una disminución entre el contenido de entrada y de salida del 28-30% debido a la eliminación por parte de la microbiota de los UASB.

La EB en este caso vuelve a aumentar debido a la recirculación externa desde el decantador con una concentración de sólidos considerable.

Por último se muestra la concentración de sólidos en el licor mezcla de la balsa y su respectiva recirculación desde el decantador, y de donde se puede concluir que la concentración del fango, como principal función del decantador, no está siendo efectiva, ya que su concentración aumenta de 6,4 gSST/L a 7 gSST/L y teniendo en cuenta que están en funcionamiento los dos sedimentadores secundarios, permitiendo tener unos tiempos de decantación mayores. Este hecho puede ser debido a la gran concentración de sólidos que existe en la balsa, que sobrepasa los valores estipulados como máximos y que se cifran en torno a 3,5-4 mgSST/L, para que posteriormente la decantación ocurra eficazmente.

La cantidad de ST del lodo deshidratado, conocido también como materia seca, está en los valores típicos teóricos que marcan próximos al 25%, siendo en este caso del 21%.

pH – Tabla 6, Anexo 4

El agua entrante al proceso puede apreciarse que tiene un ligero pH básico, como consecuencia normalmente de la limpieza de tanques con NaOH.

En el primer tanque donde permanece un tiempo almacenada son los homogeneizadores, con THR de 13h para caudales típicos de operación. Aquí se empiezan a producir las primeras reacciones de hidrólisis por las cuales la materia orgánica presente en el agua se convierte en AGV, proceso que acidifica el agua por la formación de protones H^+ , dando valores de salida SH más ácidos.

NITROGENO – Tabla 7, Anexo 4

El rendimiento total de eliminación de la planta en su conjunto respecto al N total y el N-NO₃ son de 86% y 12%, ya que la forma de nitrógeno que escapa y que representa mayor parte es el nitrógeno en forma de nitratos, debido al último proceso de aireación, donde el nitrógeno orgánico hidrolizado a amoníaco, es oxidado a nitratos, y estos son los que escapan al no ser eficaz al 100% el proceso biológico de eliminación del nitrógeno.

FOSFORO – Tabla 8, Anexo 4

El rendimiento total de eliminación de la EDARI para el caso del fósforo total es de 88%, haciendo pasar en el sistema A₂O principalmente las formas solubles a formas solidas (bacterias) y en los sedimentadores permitiendo la extracción del sistema de depuración.

SULFATOS (SO₄) – Tabla 9, Anexo 4

El rendimiento total de eliminación del proceso de depuración con el que cuenta la planta permite disminuir los valores en un 80%, en su mayor parte como asimilación bacteriana, y otra parte como H₂S en el biogás generado en los digestores anaerobios.

4.3. Descripción de las tareas realizadas por el alumno en prácticas.

Toma de muestras y análisis diario

Dependiendo del día de la semana en que nos encontremos se hacen unos muestreos de los diferentes puntos de la EDARI, que se analizarán a continuación en el laboratorio de la depuradora por el Técnico de Análisis de Laboratorio (Laura Marcos – estudiante de Licenciatura en Químicas) y el Personal de Apoyo al Laboratorio (Roberto Fernández – Licenciado Ciencias Ambientales).

El tipo de muestras a analizar se basa en la tabla 1 (Anexo 1), donde viene especificado claramente punto, tipo de muestra y periodicidad del análisis.

A partir de estos datos de análisis del laboratorio y de otros datos obtenidos en tiempo real de lecturas directas en planta y mostrados por el programa Scada, el jefe de planta sabe en qué valores se encuentra cada parámetro, tanto en el momento como lo que va a ir circulando por el resto del proceso a lo largo del día. Esto le permite adelantarse a los acontecimientos y tomar las decisiones oportunas, que permitan optimizar el proceso, tanto en términos económicos (consumos energéticos, materiales auxiliares como polielectrolito y cloruro férrico) como en términos de rendimientos bacterianos, que va mejorar los valores de vertido del agua tratada final. A continuación se citan los parámetros que el programa de monitorización de la planta mide directamente in situ de la EDARI:

- Lectura de parámetros en SCADA
- Niveles en tanques de homogeneización y digestores anaerobios.

- T^a de los tanques de homogeneización y digestores anaerobios.
- pH de digestores anaerobios.
- Nivel de oxígeno en balsa aerobio del sistema A₂O.

Procedimiento para cada tipo de muestreo

DQO

Se toman las muestras correspondientes de los puntos de la planta en que se desea hacer la analítica y se toman las muestras directamente o realizando las diluciones estimadas para que la lectura por medio de espectrofotómetro (ver foto 1, Anexo 2) no se salga del rango de trabajo. Así, realizaremos diluciones por norma general de las muestras de agua bruta (X3), salida homogeneizador (X3) y entrada a digestores (X2). Para el resto de puntos como salida digestores y entrada a balsas no se hace ningún tipo de dilución, y el rango en que puede trabajar el fotómetro utilizado es el correspondiente a 150-1650 mgDQO/L.

El procedimiento para la medición de la DQO es el siguiente: 1º) se prepara la mezcla que reaccionará con la materia orgánica del agua en un vial por medio de dos disoluciones; 2º) Disolución A: 4,8g K₂Cr₂O₇ + 6g Ag₂SO₄ + 20,2ml agua destilada + enrasar hasta 500ml con H₂SO₄; 3º) Disolución B: 4g HgSO₄ + 50ml de agua destilada + 20,4ml H₂SO₄ + enrasar hasta 100ml con agua destilada; 4º) se añade 1ml de disolución A y 1ml de disolución B; 5º) para el caso del blanco se añaden 2ml de agua destilada y se preparará uno cada lunes, válido para toda la semana. Para las muestras se añade 2ml del agua residual diluida o no en cada caso; 6º) se agita con cuidado de no quemarse por la gran temperatura que desprende esta reacción exotérmica; 7º) se pone en un calentador de muestras (ver foto 1, Anexo1) durante 120' a 150°C; 8º) se saca, agita y deja enfriar; 9º) se limpia el cristal del vial de posible suciedad que alteraría la lectura; 10º) se lee en el espectrofotómetro y multiplica en el caso de ser dilución de alguna muestra.

Sin embargo, para las muestras de agua tratada, agua limpia y vertido final a río los rangos de lectura son entre 0-150 mgDQO/L. El procedimiento en este caso es a través de un kit que se compra a empresa externa y que está preparado y explicado paso a paso, realizando la lectura en un espectrofotómetro de menor rango (ver foto 1, Anexo 2), correspondiente al intervalo de DQO de 15-150mgDQO/L.

pH

El valor que se anota en la hoja diaria de analíticas es el primero que se hace por el personal cualificado de laboratorio a la hora de entrada (7:00h) con el ph-metro, calibrado previamente. El procedimiento es el siguiente: 1) se agita el bote; 2) se introduce el pH-metro (ver foto 3, Anexo2) en el bote midiendo en continuo; 3) una vez estabilizado el valor, anotar.

AGV

Una vez cogidas las muestras en los botes de plástico se procede al siguiente procedimiento: 1º) medir el pH del agua del bote sin centrifugar y anotar; 2º) se ponen en unos botes de base redonda y capacidad aproximada de 60ml; 3º) llevar a centrifugadora (ver foto 2, Anexo2) durante 5' a 2500rpm; 4º) se vierten 50ml del líquido libre de sólidos con cuidado en una bureta y de esta a un vaso de precipitados; 5º) se introduce un imán y el pH-metro con el modo de lectura en continuo; 6º) agitar la muestra haciendo girar el imán con el agitador y anotar el pH; 7º) hacer valoración con ácido sulfúrico 1N hasta que el pH de la muestra alcanza 5,1 y anotar de la bureta (ver foto 2, Anexo 2) el volumen consumido; 8º) seguir echando hasta que el pH llegue a 3,5 y anotar el volumen consumido; 9º) anotar los valores en una hoja Excel que nos indica por medio de unas fórmulas que tiene asociadas los AGVs y el TAC.

SST

El día de antes preparar los filtros haciendo pasar 25ml de agua destilada a través de estos haciendo vacío con una pequeña bomba y repetir el procedimiento tres veces hasta haber filtrado un total de 75ml cada filtro. A continuación poner en la estufa durante 24h aproximadamente.

Al día siguiente, sacar de la estufa y dejar enfriar en el recipiente de cristal (ver foto 4, Anexo 2) con sílice que permite absorber la humedad del habitáculo, pesar (P1) en la balanza analítica (ver foto 4, Anexo 2) y anotar.

Una vez preparado, se lleva a filtrar cada muestra por acción de vacío al igual que en el caso anteriormente descrito. Los volúmenes de filtrado son 25ml para todas las muestras, excepto para agua tratada, agua limpia y vertido final a río que son 100ml. Para las muestras que se haya realizado dilución, será esta la que se filtrará. Por último se llevan los filtros a la estufa durante 24h para eliminar la humedad y al día siguiente se dejaron secar y pesar nuevamente (P2).

El cálculo de mgSST/L de cada muestra se hace por medio de la fórmula:

$$\left(\frac{P2-P1}{V_{filtrado}}\right) \times D \quad ; D = \text{dilución}$$

SFV

La determinación de la fracción volátil de los sólidos se lleva a cabo una vez finalizado el pesado final de los SST en la balanza y tras dejarlos enfriar. Entonces se llevan a un horno mufla durante 2h a 550°C y una vez transcurrido el tiempo, se dejan enfriar los filtros y se pesa, siendo este valor el P4.

Para el cálculo de la materia volátil se utiliza la siguiente formula:

$$SFV = \frac{P4-P3}{P3-P1} \times 100$$

P4: peso tras la mufla P3: peso seco tras la estufa
P2: peso del filtro húmedo P1: peso filtro limpio

V30

Se realiza de varios puntos de la EDAR para conocer la sedimentabilidad de los sólidos suspendidos y sedimentables presentes en esta.

Los V30 de la balsa aerobia (B1) y la recirculación externa de fangos (R1) que van desde el decantador secundario al tanque anaerobio del sistema A₂O se hacen cogiendo el agua en una probeta de 1L de volumen y dejándolos reposar durante 30' y anotando el volumen que ocupan los sólidos. Ver foto 5, Anexo 2.

Los V30 de salida de homogeneizador (SH), entrada a digestores (ED) y salida digestores (SD1 ó SD2) se hacen llenando unos conos invertidos llamados Imhoff que permite hacer una lectura mucho más precisa en este tipo de aguas con menor carga de sólidos, ya que a volúmenes pequeños el detalle es mucho mayor. Se deja reposar igualmente 30 minutos y se anota el volumen ocupado por los sólidos que han decantado. Ver foto 5, Anexo 2.

SSLM

Esta analítica se hace de los sólidos suspendidos en el licor mezcla de la balsa aerobia (B1) y de la recirculación externa de fangos (R1). A partir de las probetas de la foto 5, Anexo 2.

A partir de la muestra tomada en una la probeta de 1L utilizada para los V30, se pasa a una botella donde se agita para volver a mezclar bien los sólidos en el agua, para obtener una muestra lo más homogénea posible y a continuación se vierte una cierta cantidad de agua en los crisoles previamente pesados (P1) en la balanza. Se pesa una vez llena de la muestra (P2) y se lleva a la estufa a 105°C durante 24h. Al día siguiente se saca, se deja enfriar en el recipiente de cristal al igual que los filtros de los SST y finalmente se pesa (P3).

Una vez recopilados los diferentes pesos, se introducen en una hoja Excel que calcula la concentración de SSLM del tanque de aireación y de la recirculación de los fangos.

Esta analítica se hace de los sólidos suspendidos en el licor mezcla de la balsa aerobia (B1) y de la recirculación externa (R1) que va desde el decantador secundario al inicio del sistema A₂O, tanque anaerobio.

Oxígeno

Es un parámetro que se mide in situ en la balsa de aireación del sistema A₂O por medio de un sensor de oxígeno disuelto que lleva el oxímetro. Los resultados aparecen en la pantalla del ordenador mediante el programa Scada y permite saber en tiempo real en que valores se mueve la concentración de la balsa, de manera que se puede saber si ha llegado alguna carga orgánica no detectada anteriormente, si hay exceso de agitación lo que permitirá bajar la velocidad de los agitadores y con ello el consumo. La concentración fijada que la balsa debe tratar de mantener es 60%, lo que significa que de 3ppm que pueden conseguirse, un 1,8ppm (mgO₂/L es suficiente) para que se den las condiciones óptimas aerobias.

Conductividad

Se lleva a cabo únicamente sobre el AT diariamente y el AL y VFR cuando se requiere. 1) Se pone la muestra de agua que se desea medir en un vaso de precipitados; 2) se sumerge la sonda del conductímetro (ver foto 6, Anexo 2); 3) se configura para la lectura; 4) anotar el resultado.

N total

El procedimiento de este parámetro (macronutriente) se realiza siguiendo los pasos del kit correspondiente al análisis del nitrógeno total, donde viene claramente detallado. El utilizado es de la marca Lange y tiene un rango de trabajo de 1 – 16 mgN_{TOTAL}/L para análisis de agua tratada y vertido final a río.

N-NO₃⁻

El procedimiento de este parámetro se realiza siguiendo los pasos del kit correspondiente al análisis del nitrógeno presente en agua en forma de nitratos, donde viene claramente detallado. El utilizado es de la marca Lange y tiene un rango de trabajo de 22 – 155 mgNO₃/L, de manera que la parte que se encuentra como N-NO₃ es de 5 – 35 mg/L para análisis de agua tratada y vertido final a río.

N-NH₄⁺

El procedimiento de este parámetro se realiza siguiendo los pasos del kit correspondiente al análisis de nitrógeno presente en forma de amonio, donde viene claramente detallado. El kit utilizado es de la marca Lange y tiene un rango de medida de 0,02 – 2,5 mgNH₄⁺/L, de manera que la parte correspondiente al N contenido en el amonio es 0,02 – 1,94 mg/L para análisis de agua tratada y vertido final a río.

P total

El procedimiento de este parámetro (macronutriente) se realiza siguiendo los pasos del kit correspondiente al análisis de fósforo total, donde viene claramente detallado. El kit utilizado es de la marca Lange y tiene un rango de medida de 0,05 – 1,5 mgP_{TOTAL}/L para análisis de agua tratada y vertido final a río.

SO₄

El procedimiento de este parámetro (macronutriente) se realiza siguiendo los pasos del kit correspondiente al análisis de sulfatos, donde viene claramente detallado. El kit utilizado es de la marca Lange y tiene un rango de medida de 150 – 900 mgSO₄/L para análisis de agua tratada y vertido final a río.

5. DISCUSION

Una vez analizados todos los datos recopilados y organizados durante las 8 semanas de prácticas en la empresa, se pueden sacar algunas conclusiones del funcionamiento de la E.D.A.R.I. Heineken Valencia.

A pesar de no contar con tecnología de última generación, cumple de forma correcta y completa con los VLE establecidos por la ley de aguas.

Por un lado en la línea de aguas, debería tenerse más controlada en épocas de calor, la temperatura de las aguas de salida que van a cauce, estableciéndose algún plan de actuación cuando se prevea que puede superar la temperatura fijada, implantando algún sistema de refrigeración que controle este parámetro o poniendo en marcha el sistema con que ya cuentan los digestores anaerobios. Otra opción propuesta, podría ser instalar unas estructuras metálicas que cubran una parte importante o la totalidad de la superficie de los decantadores por efecto sombra, de manera que en este emplazamiento donde permanece estancada el agua durante algunas horas, pudiera enfriarse antes de su vertido.

Otro aspecto importante a tener en cuenta debería ser el mayor control de la adición de polielectrolito al fango espesado, de manera que sea de la forma más eficaz posible y evitando que una parte de este vuelva al A_2O provocando floculación de gránulos bacterianos como los que se pueden ver en ocasiones en el tanque anóxico. Este efecto de floculación disminuye la relación superficie/volumen que a su vez influye directamente en la eficacia de contacto con la materia orgánica y la degradación, sin olvidar los términos económicos.

Los fangos generados en la depuradora son eliminados y gestionados por un gestor autorizado de residuos. Una alternativa de eliminación de este subproducto, podría ser el acuerdo con agricultores de la zona que se encargaran de ir a por él a la planta y llevarse sin ningún tipo de coste, con el fin del uso agrícola debido al gran contenido en nutrientes que tienen, con una estabilización bien química (cal) o bien biológica previa, que debería de estudiarse para ver la viabilidad económica de este tratamiento frente al continuo pago mensual que se hace a gestor para su retirada continua diariamente.

En cuanto a la línea de gases generados en el proceso es un tema que desde la dirección de la EDARI se debería de plantear la posibilidad de ponerse de acuerdo con la dirección de la fábrica Heineken Quart de Poblet (Valencia) para llevar a cabo el arreglo de esta línea, tanto la fuga existente en el digestor 2 como el scrubber, que actualmente están fuera de servicio. Este aprovechamiento del biogás supondría un importante ahorro energético dada la gran cantidad de materia orgánica que contiene este tipo de agua y pasar a ser parcialmente autosuficiente en términos energéticos, en periodo estival para demandas eléctricas de equipos de la planta y en invierno para calentar el agua de los digestores anaerobios, permitiendo a las bacterias trabajar a temperaturas más estables y cálidas mejorando su rendimiento de eliminación.

6. JUICIO CRITICO

El desarrollo de las prácticas en la Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales (E.D.A.R.I.) de Heineken Valencia ha sido una experiencia positiva, sobre todo desde el punto de vista del aprendizaje, ya que en estas el alumno ha adquirido muchos de los conocimientos prácticos que no se aportan en la enseñanza teórica del máster. Así, ha permitido al alumno tener un primer contacto con el mundo laboral del sector de las aguas residuales, una de las principales áreas para las que se forma en el postgrado realizado. La adquisición de cualidades, conocimientos y experiencias laborales que exigen las empresas al personal cualificado con el que quieren contar para su plantilla es un punto importante de este tipo de experiencias.

En lo que respecta a la formación personal cabe destacar:

- Poder aplicar conocimientos aprendidos en el máster junto a expertos del sector y con experiencia en ello.
- Enfrentar problemas y situación complejas, diversas y distintas a las que cualquier alumno esperaría de un jefe de planta, como solución de problemas no relacionados con la depuración de aguas como eliminación de incrustación en el colector de agua de fábrica a la depuradora, solución de rotura de tuberías, alternativas al mal funcionamiento de las cintas que transportan el fango de la salida de los filtros banda a los contenedores, etc.
- Conocer los condicionantes del trabajo actual, la situación laboral en que se encuentra el sector y ajustar las condiciones y actitudes al mundo laboral.

7. BIBLIOGRAFIA

- Barat, R.; Acevedo, B.; Borrás, L.; Ferrer, J.; Seco, A., 2008. *Cuando las bacterias PAO se visten de GAO en el proceso de eliminación biológica de fósforo*. Pág 1-3. Disponible en <https://www.google.es/#q=bacterias+PAO>
- Olga, Ch., Universidad del Valle, Colombia. Julio 2013. Relación AGV-alcalinidad. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/000866/000866d.pdf>
- EL PROCESO DE FANGOS ACTIVOS. Principios de Funcionamiento y Parámetros de control. Julio 2013. Disponible en http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Procesos_biol%C3%B3gicos_aerobios
- Metcalf & Eddy, Inc., “Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización”. 3º Edición. Editorial Mc Graw-Hill. USA. (1990).
- Fdez-Polanco, M.; García, P.; Fdez-Polanco, F. Fecha desconocida. *Depuración anaerobia de aguas residuales. Tratamiento integrado anaerobio/aerobio*. (54): 46–48.

8. ANEXOS

ANEXO 1

PUNTOS Y PARAMETROS DE MUESTREO.

MUESTRA	TIPO	pH	DQO total	DQO solub.	DBO ₅	O ₂	AGV	TAC	SST	SFV	V30	N total	P total	SO ₄	NO ₃	Conduct.
Agua bruta	Punt.	D	D		Mierc.				D			Juev.	Juev.	M		
Salida homogeneiz.	Punt.	D	D	D					D		D					
Entrada digestores	Punt.	D	D	D	Mierc.				D		D					
Salida digest. 1	Punt.	D	D	D	Mierc.				D		D					
Salida digest. 2	Punt.	D	D	D	Mierc.				D		D					
Entrada blasas	Integr.	Ma/Ju	Ma/Ju	Ma/Ju					Ma/Ju			Ma/Ju	Ma/Ju		juev	
Agua tratada	Integr.	D	D		2S	D	Ma/Ju	Ma/Ju	D			Ma/Ju	Ma/Ju	2M	juev	D
Agua limpia	Punt.	M	M						M			M			M	M
Vertido final rio	Punt.	Juev.	Viern.		Juev.				Jue.		2M	Juev.	Juev.	2M	juev	juev
Licor mezcla balsa 1	Punt.	2S							2S	2M	D					
Licor mezcla balsa 2	Punt.	2S							2S	2M	D					
Recirc. lodos balsa 1	Punt.								2S	2M	D					
Recirc. lodos balsa 2	Punt.								2S	2M	D					
Lodos salida espesad.																
Lodo deshidratado									M							

Tabla 1: Puntos de muestreo y periodicidad del análisis.

Punt. = puntual

Integr. = integrada

D = diaria

M = mensual

2S = 2 semanales

VALORES LIMITE DE EMISION AUTORIZADOS POR LA AUTORIZACION AMBIENTAL INTEGRADA (AAI)

PARAMETRO FISICO-QUIMICO	V.L.E. AUTORIZADO
pH	5,5 – 9,5
Sólidos en suspensión (mg SST/L)	60
Material sedimentable (mg/L)	0,5
Sólidos gruesos (mg/L)	Ausencia
DBO ₅ (mg/L)	25
DQO (mg/L)	125
Temperatura (°C)	<25
Color	Incoloro
Boro (mg B/L)	2
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	250
Sulfatos(mg SO ₄ ⁻ /L)	250
Fósforo total (mg P/L)	2
Amoniaco (mg N-NH ₄ ⁺ /L)	7
Nitrógeno total (mg N/L)	15
Aceites y grasas (mg/L)	10
Detergentes (mg/L)	2

Tabla 2: Valores máximos admisibles de descarga según la autorización concedida.

ANEXO 2

EQUIPOS DE MUESTREO DEL LABORATORIO



Foto 1. Izda: espectrofotómetro de rango bajo (0- 150mgDQO/L);
Centro: espectrofotómetro de rango medio (150-1650mgDQO/L);
Derecha: calentador de muestras de rango medio con temporizador.



Foto 2. Centrifugadora



Foto 3. Izda: pH-metro; Derecha: agitador magnético y bureta de valoración



Foto 4. Izda: Recipiente de enfriamiento y de eliminación de humedad. Derecha: balanza analítica (precisión 0,1mg)



Foto 5. Conos Imhoff de 1L para SH, ED, D1 y D2. Derecha: probetas de 1L para R1-R2 y B1-B2



Foto 6. Izda: Conductímetro y sonda (roja). Derecha: calentador de muestras de bajo rango.

ANEXO 3

EQUIPOS DEL PROCESO DE DEPURACION DE LA E.D.A.R.I.



Foto 7. Tamices rotativos



Foto 8. Sistema combinado de eliminación de materia org. y nutrientes.



Foto 9. Tanque grande de emergencia y decantador secundario



Foto 10. Espesador de fangos por gravedad



Foto 11. Nave de deshidratación de los fangos



Foto 12. Filtros banda deshidratadores de lodo



Foto 13. Tolva de almacenamiento de polielectrolito.



Foto 14. Sensor dotado de fotocélula que permite medir altura de lodo en espesador.



Foto 15. Canal de vertido final con un Parshall.



Foto 16. Bombas blending a la salida del homogeneizador



Foto 17. Zona de recogida selectiva de residuos con su correcto etiquetaje.



Foto 18. Scrubber o lavador de gases y antorcha.

ANEXO 4

PARAMETROS ANALITICOS (JUNIO)

En las distintas tablas se muestra la media del mes y el intervalo en que se varía el parámetro.

	SALIDA HOMOGEN. (SH)		ENTR. DIGEST. ANA. (ED)		SAL. DIGEST. (D1 ó D2)		ENTR. BALSAS (EB)	
	AGV (mg/L)	TAC (mgCaCO ₃ /L)	AGV (mg/L)	TAC (mgCaCO ₃ /L)	AGV (mg/L)	TAC (mgCaCO ₃ /L)	AGV (mg/L)	TAC (mgCaCO ₃ /L)
01/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
02/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
03/06/2013	27,4	8,15	15,05	25,9	2,06	44,51	-	-
04/06/2013	18,7	2,65	9,86	24,93	2,93	34,22	5,25	29,87
05/06/2013	19,28	11,31	11,63	20,69	0,24	36,04	-	-
06/06/2013	15,57	9,44	11,38	19,77	0,46	36,29	4,04	29,78
07/06/2013	15,59	12,11	9,72	21,16	-0,56	35,24	-	-
08/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
09/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
10/06/2013	16,32	18,05	9,38	28,87	-0,17	43,84	-	-
11/06/2013	17,55	17,87	10,94	24,41	0,34	38,14	5,3	32,75
12/06/2013	14,41	16,79	11,26	24,05	-0,39	40,17	-	-
13/06/2013	16,55	11,49	10,69	20,55	-0,5	35,17	2,16	31,9
14/06/2013	18,22	9,61	12,67	18,79	-0,65	36,8	-	-
15/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
16/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
17/06/2013	18,19	23,74	9,67	32,44	-0,67	46,86	-	-
18/06/2013	15,44	22,68	10,84	25,27	-1,13	42,24	2,53	38,09
19/06/2013	17,7	7,2	14,13	18,13	1,32	44,11	-	-
20/06/2013	20,2	7,86	13,87	16,38	0,21	33,63	3,62	29,77
21/06/2013	16,47	11,16	10,53	18,31	0,06	32,83	-	-
22/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
23/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
24/06/2013	16,07	6,55	9,51	18,5	1,25	30,01	-	-
25/06/2013	17,36	20,04	14,62	21,51	1,79	36,98	5,35	33,68
26/06/2013	17,71	7,84	14,34	19,91	1,35	38,21	-	-
27/06/2013	18,6	8,92	12,96	17,12	1,27	32,43	6,16	26,42
28/06/2013	14,47	3,71	11,82	13,56	1,19	29,11	-	-
29/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
30/06/2013	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIA	17,6	11,9	11,7	21,5	0,5	37,3	4,3	31,5
INTERVALO 90%	14,5 – 20,2		9,5 - 14,6		[-0,7] - 2,1		2,2 - 6,2	

Tabla 3: Datos de laboratorio para el mes de Junio de ácidos grasos volátiles (AGV) y alcalinidad total (TAC) medido como carbonato cálcico en ppm, en diferentes puntos de la planta.

	AGUA BRUTA (AB)	SALIDA HOMOGEN. (SH)	ENTR. DIGEST. ANA. (ED)	SAL. DIGEST. (D1 ó D2)	ENTR. BALSAS (EB)	AGUA TRATADA (AT)	AGUA LIMPIA (AL)	VERT.FINAL RIO (VFR)
	DQO total (mgO₂/L)							
03/06/2013	7815	4120	2535	621		61,9		
04/06/2013	4224	3360	1707	458	1650	65,8	16,3	
05/06/2013	4552	3464	2084	517		89,8		
06/06/2013	4908	3384	1968	583	1148	67,9	19,2	53,8
07/06/2013	2924	3392	1950	629		71,3		
10/06/2013	2220	3147	1658	388		78,8		
11/06/2013	4017	3927	2066	833	1860	69,5	17,4	
12/06/2013	2898	3483	2326	746		75,5		
13/06/2013	3387	3630	2282	653	1020	66,3	36,8	44,7
14/06/2013	3678	3795	2318	862		80,2		
17/06/2013	3765	3468	1994	451		61,9		
18/06/2013	4950	3840	2516	801	1317	63,4	15,8	
19/06/2013	3165	4140	2694	442		76,4		
20/06/2013	2780	2656	1742	532	996	72,8	13,7	46,3
21/06/2013	3216	2615	1572	600		62,8		
24/06/2013	2337	1752	1024	388		44,8		
25/06/2013	2868	3804	2445	992	1650	68,3	13,8	
26/06/2013	3630	3600	2338	686		65,1		
27/06/2013	4950	3990	2598	987	1668	63,8	13,6	47,2
28/06/2013	3252	3375	2388	765		78,7		
MEDIA	3777	3447	2110	647	1414	69	18	48
INTERVALO 90%	2337 - 4950	2615 - 4120	1572 - 2598	388 - 987	996 - 1860	62 - 80	13,6 - 36,8	54 - 45

Tabla 4: Datos analíticos de la demanda química de oxígeno (DQO) en mg/L, a lo largo del mes de Junio.

	AGUA BRUTA (AB)	SALIDA HOMOG. (SH)	ENTR. DIG. ANA. (ED)	SALIDA DIG. (D1 ó D2)	ENTRADA BALSAS (EB)	AGUA TRATADA (AT)	AGUA LIMPIA (AL)	VERTIDO FINAL RIO (VFR)	SSLM BALSA AEROB. (B1)	SSLM RECIRC. B1	LODO DESHIDRATADO
	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	SST (mg/L)	ST (%)
03/06/13	460	920	708	532	-	23	-	-	6007	9401	-
04/06/13	736	320	684	268	1004	25	-	-	6846	6462	-
05/06/13	687	543	632	371	-	19	-	-	7022	6870	-
06/06/13	693	516	632	381	721	16	7	14	7072	7403	-
07/06/13	678	558	614	397	-	18	-	-	7244	10170	-
10/06/13	324	876	692	332	-	22	-	-	8139	8778	-
11/06/13	318	597	642	328	704	17	-	-	8130	9953	19,88
12/06/13	324	828	576	456	-	18	-	-	5398	8843	-
13/06/13	660	684	520	284	372	15	10	13	7094	8177	-
14/06/13	492	657	540	316	-	16	-	-	7316	6293	-
17/06/13	396	876	576	372	-	15	-	-	6106	5082	-
18/06/13	372	876	568	360	1016	16	-	-	5526	5090	-
19/06/13	216	516	456	316	-	19	-	-	6296	5791	-
20/06/13	372	468	540	432	1004	20	15	17	6696	6496	-
21/06/13	444	372	408	376	-	18	-	-	6225	7268	-
24/06/13	384	684	344	272	-	19	-	-	4980	4800	-
25/06/13	492	1092	608	700	998	14	-	-	4845	5136	21,7
26/06/13	516	492	472	524	-	16	-	-	5240	4932	-
27/06/13	456	588	704	932	800	20	14	17	5783	6847	-
28/06/13	464	702	888	488	-	21	-	-	5852	6086	-
MEDIA INTERVALO	474	658	590	422	827	18	12	15	6391	6994	21
90%	318 - 693	372 - 920	408 - 708	272 - 700	372 - 1016	15 - 23	jul-15	13 - 17	4980 - 8130	4932 - 9953	20 - 22

Tabla 5: Datos analíticos de los sólidos suspendidos totales (SST) en los diferentes puntos de la depuradora para Junio.

	AGUA BRUTA (AB)	SALIDA HOMOGEN. (SH)	ENTR. DIG. ANAER (ED)	SALIDA DIG. (D1 ó D2)	ENTRADA BALSAS (EB)	AGUA TRATADA (AT)	AGUA LIMPIA (AL)	VERTIDO FINAL RIO (VFR)	SSLM BALSA AEROBIA
	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH
03/06/13	5,78	6,59	6,82	7,01	-	8,4	-	-	-
04/06/13	10,12	5,93	6,68	6,92	6,29	8,64	7,31	-	8,93
05/06/13	11,26	7,09	7,22	7,4	-	8,59	-	-	-
06/06/13	6,7	6,85	7,1	7,3	7,41	8,61	7,34	8,24	7,96
07/06/13	9,83	6,73	6,83	7,2	-	8,54	-	-	-
10/06/13	8,97	7,34	7,21	7,27	-	8,53	-	-	-
11/06/13	9,95	7,58	7,14	7,39	7,44	8,43	7,69	-	7,28
12/06/13	10,53	7,36	7,09	7,48	-	8,21	-	-	-
13/06/13	10,77	6,87	6,94	7,37	7,39	8,75	7,56	8,35	8,43
14/06/13	7,2	7,03	7,1	7,42	-	8,83	-	-	-
17/06/13	7,85	7,51	7,26	7,54	-	8,61	-	-	-
18/06/13	8,28	8,93	6,92	7,45	7,56	8,75	7,73	-	8,59
19/06/13	10,65	6,5	6,99	7,6	-	8,96	-	-	-
20/06/13	9,72	6,44	6,58	7,01	7,05	8,37	7,07	7,85	8,51
21/06/13	6,69	6,71	6,9	7,08	-	8,4	-	-	-
24/06/13	9,46	6,54	6,91	6,95	-	7,98	-	-	-
25/06/13	5,96	7,41	6,78	7,15	7,26	8,34	7,89	-	7,91
26/06/13	10,13	6,26	6,73	7,08	-	8,1	-	-	-
27/06/13	9,23	6,34	6,58	6,95	6,93	8,47	7,48	7,76	8,06
28/06/13	11,5	5,86	6,38	6,87	-	8,32	-	-	-
MEDIA INTERVALO 90%	9,0 6 - 11,3	6,9 5,9 - 7,6	6,9 6,6 - 7,2	7,2 6,9 - 7,5	7,2 6,3 - 7,6	8,5 8,1 - 8,8	7,5 7,1 - 7,9	8,1 7,8 - 8,4	8,2 7,3 - 8,9

Tabla 6: Datos analíticos del pH presente en el agua de cada punto de la planta para el mes de Junio.

	AGUA BRUTA (AB)		ENTRADA BALSAS (EB)			AGUA TRATADA (AT)			AGUA LIMPIA (AL)		VERTIDO FINAL RIO (VFR)		
	Nt	NO ₃	Nt	NO ₃	NH ₄	Nt	NO ₃	NH ₄	Nt	NO ₃	Nt	NO ₃	NH ₄
Ma 04/06/2013	-		106	-	-	8,9	-	-	-	-	-	-	-
J 06/06/2013	68,1	11,4	91,6	9,14	51,6	9,1	8,8	0,062	83,4	78,2	9,8	9,3	0,056
Ma 11/06/2013	-		88,9	-	-	8,8	-	-	-	-	-	-	-
J 13/06/2013	67,2	10,3	80,6	6,3	-	8,4	7,5	-	53,9	-	9,2	8,7	0,01
Ma 18/06/2013	-		89,7	-	-	9,4	-	-	-	-	-	-	-
J 20/06/2013	58,2	7,6	70,9	6,62	-	8,2	8,2	-	109	63,4	9,7	9,8	0,107
Ma 25/06/2013	-		76,3	-	-	9,1	-	-	-	-	-	-	-
J 27/06/2013	55,2	8,07	68,4	9,28	-	8,2	8,5	-	90,4	64,1	9,8	8,9	0,05
MEDIA	62,2	9,3	84,1	7,8	51,6	8,8	8,3	0,1	84,2	68,6	9,6	9,2	0,1
INTERVALO	55 - 68	8 - 11	68 - 106	6 - 9	-	8 - 9	7,5 - 8,8	-	54 - 109	63 - 78	9 - 10	9 - 10	0,01 - 0,1

Tabla 7: Datos analíticos del N es sus diferentes formas exigidas por la AAI (como nitrógeno total, contenido en nitratos y en amoniaco, todos en mg/L).

	AGUA BRUTA (AB)	ENTR. BALSAS (EB)	AGUA TRATADA (AT)	VERTIDO FINAL RIO (VFR)
	P total (mgP/L)	P total (mgP/L)	P total (mgP/L)	P total (mgP/L)
Ma 04/06/2013	-	18,5	1,95	-
J 06/06/2013	18,27	16,3	1,97	1,92
Ma 11/06/2013	-	12,7	1,96	-
J 13/06/2013	15,7	11,2	1,95	1,78
Ma 18/06/2013	-	14,82	1,98	-
J 20/06/2013	15,2	14,39	1,96	1,93
Ma 25/06/2013	-	14,5	1,88	-
J 27/06/2013	14,1	12,7	1,86	1,88
MEDIA	15,8	14,4	1,9	1,9

Tabla 8: Datos analíticos del mes de Junio para le fosforo total en los puntos de mayor importancia. Unidades mg/L

	AGUA BRUTA (AB)	AGUA TRATADA (AT)	AGUA LIMPIA (AL)	VERTIDO FINAL RIO (VFR)
	SO₄ (mgSO₄/L)	SO₄ (mgSO₄/L)	SO₄ (mgSO₄/L)	SO₄ (mgSO₄/L)
J 04/06/2013	-	-	597	94,1
J 11/06/2013	305	55,3	400	114
J 18/06/2013	-	-	697	139
J 25/06/2013	257	58,7	671	119
MEDIA	281	57	591,3	116,5

Tabla 9: Datos analíticos de sulfatos contenidos en los puntos necesarios para el correcto funcionamiento.