



MÁSTER EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PRÁCTICAS EXTERNAS DE EMPRESA EN LA
DEPURADORA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE**

**JOSÉ ÁNGEL FRANCHY DÍAZ
SEPTIEMBRE, 2012**

MARÍA DEL MAR PEÑA MIRANDA, profesora del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Valladolid, y DOMINGO GONZÁLEZ DE CHAVES ROJO, jefe de planta de Canaraqua S.A.

INFORMAN:

Que D. JOSÉ ÁNGEL FRANCHY DÍAZ ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Máster titulado "Prácticas externas de empresa en la depuradora de Santa Cruz de Tenerife".

Valladolid, 3 de septiembre de 2012



Fdo. María del Mar Peña Miranda



Fdo. Domingo González de Chaves Rojo

Reunido el Tribunal designado por el Comité Académico del Máster en Gestión y Tecnología Ambiental, para la evaluación de Trabajos Fin de Máster, y después de estudiar la memoria y atender a la defensa del trabajo “*Prácticas externas de empresa en la depuradora de Santa Cruz de Tenerife*”, presentado por el alumno D. *José Ángel Franchy Díaz*, decidió otorgarle la calificación de _____.

Valladolid, once de septiembre de 2012

El Presidente

El Secretario

Fdo.:

Fdo.:

Vocal

Fdo.:

Contenido

1. RESUMEN	11
2. ANTECEDENTES GENERALES	11
2.1. LA DEPURACIÓN DE AGUAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE TENERIFE	11
2.2. EMPRESA.....	13
2.2.1. UBICACIÓN	13
2.2.2. INSTALACIONES Y CAPACIDADES.....	15
2.2.3. RECURSOS HUMANOS	18
2.2.4. OTRAS INSTALACIONES.....	19
3. OBJETIVOS	19
4. PRÁCTICAS REALIZADAS	20
4.1. TRABAJO DE LABORATORIO	20
4.2 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE DIVERSOS PARÁMETROS DE LA LÍNEA Terciaria.....	22
4.3. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES	28
4.3.1. DESMONTAJE Y MONTAJE DE HÉLICE DE BOMBAS CENTRÍFUGAS DE RECIRCULACIÓN DE FANGOS	28
4.3.2. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE DESODORIZACIÓN.....	29
4.3.3. REPARACIÓN DE CENTRIFUGADORA.....	30
4.4. REALIZACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LA PLANTA	31
5. JUICIO CRÍTICO	34
6. BIBLIOGRAFÍA	34

1. RESUMEN

Durante el periodo comprendido entre el día 12 de junio de 2012 y el 25 de julio de 2012 se han realizado prácticas de empresa en la E.D.A.R. de Santa Cruz de Tenerife. Durante esa estancia en la empresa CANARAGUA S.A. se han llevado a cabo diferentes labores, entre las que se destacan:

- Trabajo de laboratorio.
- Seguimiento y control de diversos parámetros del agua tratada en la línea terciaria.
- Mantenimiento de equipos e instalaciones.
- Realización de Evaluación de Riesgos Laborales de la planta.

Todas estas actividades han sido coordinadas y supervisadas por el jefe de planta y han servido al alumno para comprender de forma totalmente práctica el funcionamiento de una E.D.A.R.

2. ANTECEDENTES GENERALES

En este apartado se comentarán de manera resumida las principales variables que influyen en la depuración de aguas de la E.D.A.R. de Santa Cruz de Tenerife.

2.1. LA DEPURACIÓN DE AGUAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE TENERIFE

Tenerife ocupa una extensión de 2.034,38 km², siendo la mayor isla del Archipiélago Canario. Junto con las islas de La Palma, El Hierro y La Gomera conforma la provincia de Santa Cruz de Tenerife. La capital de dicha provincia es la ciudad de Santa Cruz de Tenerife.

Según el padrón de 2011 la población de la isla alcanza los 908.555 habitantes y la de la capital asciende a 222.643 habitantes. No obstante, el área metropolitana de Santa Cruz de Tenerife (incluyendo los municipios aledaños de San Cristóbal de La Laguna, El Rosario y Tegueste) supera ampliamente los 400.000 habitantes.

Cabe destacar que aunque el área metropolitana está físicamente unida existen diferencias muy grandes entre la climatología de la zona costera de la misma y la de la zona alta. Mientras en San Cristóbal de La Laguna (550 msnm) se tiene una precipitación media anual de 557 l/m² con 66 días de lluvia al año, en Santa Cruz de Tenerife (4 msnm) precipitan 214 l/m² en 31 días de lluvia al año.

En el área metropolitana se encuentran algunas industrias relevantes como la Compañía Cervecera de Canarias, la fábrica de DANONE o la refinería de Santa Cruz de Tenerife, teniendo cada una de estas industrias su propio sistema de depuración de

aguas residuales. Por tanto, se puede decir que las aguas que deben ser tratadas son aguas residuales urbanas.

Es de suma importancia indicar que no se dispone de una red separativa de aguas residuales y pluviales por lo que ambas se mezclan, aumentando considerablemente el caudal a tratar durante los días de lluvia.

Los colectores de la zona alta del área metropolitana (la mayor parte de la población de La Laguna y parte de la de Santa Cruz) recogen las aguas residuales y las conducen hasta la E.D.A.R de Santa Cruz de Tenerife. Mientras tanto, las aguas residuales que se generan en la zona baja del área metropolitana son canalizadas a una estación de bombeo y pretratamiento situada en Cabo Llanos (zona de expansión de la ciudad).

A groso modo, se puede estar hablando de unos 25.000m³ diarios tratados en la depuradora y otros 25.000m³ diarios tratados en la estación de Cabo Llanos.

Además, existen otras 5 estaciones de pretratamiento básico y bombeo de los barrios más alejados de la ciudad (San Andrés, Cueva Bermeja, Ácoran, Los Moriscos y Valleseco) hacia la estación de Cabo Llanos.

Es decir, aproximadamente el 50% del agua residual generada en el área metropolitana es tratada en la E.D.A.R. de Santa Cruz de Tenerife (en siguientes apartados se dará cuenta de su funcionamiento) y el otro 50% es tratado en la estación periférica de Cabo Llanos. Las aguas residuales de la parte baja del área metropolitana son conducidas hacia esa planta, donde deben ser elevadas hasta la superficie (varios metros de altura) mediante 2 grandes tornillos de Arquímedes. Una vez en superficie las aguas residuales se someten a un desbaste con rejillas y luego son vertidas sin ningún otro tratamiento al mar mediante un emisario situado al suroeste de la ciudad. Dicho emisario avanza unos 300 metros perpendicularmente a la costa y desemboca a unos 40 metros de profundidad. Ni que decir tiene el grave perjuicio ecológico que se ha causado a esta parte de la franja costera de Tenerife. Hay que destacar que la empresa concesionaria cuenta con la preceptiva autorización de vertido emitida por la autoridad competente.

Todas las instalaciones de las que se ha hablado son propiedad del Excmo. Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife. Dicha entidad creó en su momento la empresa semipública EMMASA que se encargaría de la gestión del Ciclo Integral del Agua en todo el municipio de Santa Cruz de Tenerife. La gestión de la E.D.A.R. y de las estaciones periféricas fue subcontratada a CANARAGUA S.A. mediante una concesión que aún sigue vigente. No obstante, dicha concesión expira el próximo año, por lo que la continuidad de CANARAGUA S.A. al frente de las estaciones de tratamiento de aguas residuales de la capital no está asegurada.

2.2. EMPRESA

La empresa CANARAGUA S.A. está participada mayoritariamente por Aguas de Barcelona (Grupo AGBAR). Se encarga de la gestión integral del ciclo del agua en varios municipios de Canarias, prestando servicios a casi 1 millón de personas en más de 20 municipios a lo largo de dicha Comunidad.

La Universidad de Valladolid firmó un convenio de prácticas con CANARAGUA S.A. para que el alumno José Ángel Franchy Díaz hiciese prácticas de empresa en la E.D.A.R. de Santa Cruz de Tenerife. Dichas prácticas tuvieron una duración efectiva de 225 horas, habiéndose realizado entre el día 12 de junio de 2012 y 25 de julio de 2012.

En este documento se explicarán de manera clara y concisa las diferentes actividades que se han realizado durante las prácticas en la E.D.A.R. de Santa Cruz de Tenerife, dejando al margen (salvo alguna apreciación) el resto de instalaciones que gestiona CANARAGUA S.A. en Tenerife.

2.2.1. UBICACIÓN

La E.D.A.R. de Santa Cruz de Tenerife está ubicada al suroeste de la ciudad, en el polígono industrial Costa Sur en la calle Anatolio de Fuentes García s/n. Dicha calle enlaza con la Autopista del Sur TF-1 y con la Autopista del Norte TF-5, por lo que se puede decir que la estación tiene una conectividad terrestre inmejorable.

Cabe destacar que en ese polígono industrial está enclavada la Refinería CEPSA de Santa Cruz de Tenerife por lo que se está hablando de una de las zonas industriales más importantes de la Isla.

Alrededor de dicho polígono se levantan algunos barrios residenciales como Chamberí, Buenos Aires, etc. Esto implica que en muchas ocasiones los vecinos de esos barrios emitan multitud de quejas por los malos olores o la presencia de gran cantidad de mosquitos. Como se verá más adelante, la depuradora ha tomado diversas medidas para reducir al máximo los malos olores y así evitar el malestar de los vecinos. No obstante, los sedimentadores y las cubas están al aire libre por lo que las medidas para reducir la emisión de olores se limitan a la zona de tratamiento de fangos (desodorización). Además, en múltiples ocasiones los vecinos confunden el olor a "huevos podridos" derivados de las emisiones de sulfhídrico de la refinería con el olor propio del tratamiento de aguas residuales, por lo que desde la depuradora se intenta explicar la diferencia a las personas afectadas.

A continuación se representa la ubicación del polígono industrial Costa Sur en la isla de Tenerife:



Ilustración 1: Situación del polígono industrial Costa Sur en la Isla de Tenerife.

En la siguiente ortofoto se puede observar la planta depuradora y los barrios aledaños, así como la refinería:



Ilustración 2: Situación de la planta depuradora dentro del polígono industrial.

Por último, en la siguiente ortofoto se representan las diferentes estaciones periféricas que gestiona CANARAGUA S.A. en Santa Cruz de Tenerife.



Ilustración 3: Situación de las diferentes estaciones periféricas en Santa Cruz de Tenerife.

2.2.2. INSTALACIONES Y CAPACIDADES

La E.D.A.R. de Santa Cruz de Tenerife fue diseñada para tratar un caudal diario de unos 50.000m^3 , aunque actualmente solo se tratan 25.000m^3 . Las instalaciones fueron construidas a principios de la década de los años 70, con lo que se puede decir que están obsoletas.

En un principio solo operaba la línea de aguas, no existiendo línea de fangos. Con el paso de los años se incorporó dicha línea, se construyó una línea de tratamiento terciario para la reutilización de parte de las aguas tratadas en el riego de jardines y se puso en funcionamiento un sistema de desodorización, entre las actuaciones más destacadas.

El inconveniente más importante que posee la planta (aparte de su obsolescencia) es la carencia de un depósito de homogenización. Esto hace que se produzcan variaciones constantes del caudal a tratar modificando continuamente los tiempos de residencia (por la noche son mucho mayores que por el día) e implica que en caso de algún vertido tóxico nos enteremos cuando ya está dentro del proceso, etc.

A continuación se va a describir de manera breve el proceso de depuración que se lleva a cabo en la planta:

El agua residual entra a la unidad de pretratamiento conducida por un canal de hormigón armado. En dicha unidad (existen dos unidades paralelas de las que una de ellas está por seguridad y para mantenimiento) se le hace pasar por unas rejas

autolimpiantes y se deposita en un desarenador. Mediante estas operaciones se eliminan los gruesos y las arenas.

A continuación el agua se deposita en unos decantadores primarios circulares de hormigón armado. Tal y como se ha dicho, el tiempo de residencia del agua en estos depósitos es variable en función del caudal de entrada (diferencia día/noche, lluvia...). Se utilizan dos decantadores quedando un tercero para cuando se realicen operaciones de mantenimiento en otro. De ahí, el agua se distribuye por gravedad a tres cubas de aireación situadas a una cota inferior.



Fotografía 1: Decantador primario vacío.

Las cubas son rectangulares y están fabricadas de hormigón armado (ver fotografía). Para airear el depósito se utiliza unas turbinas (4 por cada cuba) que no utilizan variador de frecuencia para controlar su velocidad de giro sino que este control se realiza según la conexión a la red eléctrica que se lleve a cabo (solo tienen dos velocidades posibles). Es importante comentar que se trata de motores con más de 35 años de antigüedad. Al igual que en los decantadores, el tiempo de residencia del agua en las cubas depende del caudal de entrada a la planta.



Fotografía 2: Cubas de aireación.

Por último, el agua es conducida a unos decantadores secundarios circulares (3) que están situados en una cota inferior. De estos depósitos sale el agua ya clarificada hacia el depósito de almacenamiento.

Una parte del agua depurada se hace pasar por un tratamiento terciario para ser usada en el riego de jardines en la ciudad. El tratamiento consiste en hacer pasar el agua por unas torres filtrantes autolimpiantes, donde se le incorpora un coagulante y un desinfectante. A continuación se almacena el agua filtrada en un depósito desde el que mediante cubas se traslada a los depósitos de cabecera de riego situados en la parte alta de la ciudad. Aproximadamente se tratan en el terciario unos 3.000m³ diarios.



Fotografía 3: Torres de filtrado del sistema de tratamiento terciario.

El resto del agua tratada se envía a una estación de tratamiento terciario propiedad del Cabildo de Tenerife. En siguientes apartados se hará una reseña sobre esta instalación.

Para completar el resumen de la instalación es necesario hablar de la línea de fangos. Los fangos obtenidos de los decantadores son conducidos al espesador de fangos situado en la parte izquierda de la planta. Desde ahí se impulsan hasta un reactor anaerobio de hormigón armado. Del reactor se obtiene metano (se almacena en un gasómetro) que es utilizado en un generador para producir energía y fangos que son llevados a unas centrifugadoras (2) que eliminan la mayor parte de agua (devolviéndola al proceso) y expulsan fango hacia el depósito donde se almacena hasta su traslado a vertedero.



Fotografía 4: Centrifugadora de fangos.

Cabe destacar que en la nave donde se encuentran las centrifugas existe gran cantidad de malos olores. Por eso, hace unos años se decidió instalar un sistema de desodorización a base de ácido sulfúrico e hipoclorito sódico, debido principalmente a las quejas de los vecinos de los barrios aledaños.



Fotografía 5: Sistema de desodorización.

En la parte alta de la planta se encuentra el edificio principal de 3 plantas donde se encuentran las oficinas de los técnicos, el laboratorio de seguimiento, los talleres, los aseos y el comedor.

2.2.3. RECURSOS HUMANOS

En la planta se distinguen varios departamentos, todos ellos supervisados por el jefe de planta y por el jefe de servicio (número 2 de la planta). Por una parte se encuentra el departamento de explotación que trabaja por turnos y consta de unos 10 trabajadores. Este departamento, como su nombre indica, se encarga de gestionar todos los procesos. Encontramos también el departamento de mantenimiento, en el que trabajan unas 6 personas y se ocupa de mantener y reparar todas las

instalaciones. Por último, está el departamento de laboratorio en el que trabaja una sola persona que está dirigida por el jefe de servicio directamente. Tanto el departamento de explotación como el de mantenimiento tienen una persona encargada.

2.2.4. OTRAS INSTALACIONES

Se dijo anteriormente que de los 25.000m³ diarios tratados, a 3.000m³ se les aplicaba un tratamiento terciario para reutilizar el agua en el riego de los jardines de la ciudad. El resto del agua se deriva a una estación de tratamiento terciario del Cabildo de Tenerife (BALTEN) situada a escasos metros de la depuradora. En esa estación, mediante torres de filtrado, se tratan los 22.000m³ de agua diarios que son utilizados para el riego de fincas en el sur de la Isla.

El agua, una vez tratada, es impulsada mediante unas gigantescas bombas (ver fotografía) de 1.000CV (tensión de 6.000V) a unos depósitos de cabecera situados a una cota de 300 msnm en El Tablero (El Rosario). A partir de ahí, el agua fluye por gravedad a través de una tubería de gran diámetro hasta el sur de la Isla, regando las zonas agrícolas por donde transcurre. La longitud de la tubería alcanza aproximadamente unos 70km.



Fotografía 6: Bomba de impulsión (1.000CV) situadas en las instalaciones de BALTEN.

3. OBJETIVOS

Los objetivos generales de las prácticas externas de empresa radican en que el alumno pueda poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el máster. Para ello, el tutor de prácticas en la empresa ha diseñado un calendario de trabajo durante el cual se incidirá en gran parte de las actividades que se realizan a diario en la estación, entre las que destacan: estancia en el laboratorio, seguimiento de la calidad del agua de la línea terciaria, operaciones de mantenimiento de máquinas e instalaciones y realización de una Evaluación de Riesgos Laborales de la planta.

4. PRÁCTICAS REALIZADAS

Durante el periodo de prácticas anteriormente descrito se han realizado diferentes actividades siguiendo siempre las directrices marcadas por el Jefe de Planta y tutor. A groso modo se puede decir que las prácticas se dividieron en 4 bloques: trabajo de laboratorio, seguimiento y control de diferentes parámetros de la línea terciaria, observación in situ en labores de mantenimiento y realización de una Evaluación de Riesgos Laborales de la planta. A continuación se expone de manera resumida lo que se hizo en cada bloque.

4.1. TRABAJO DE LABORATORIO

Durante la primera semana del periodo de prácticas, del 12 al 15 de junio, se trabajó en el laboratorio de la planta. En dicho laboratorio se hacen los análisis pertinentes para llevar un control de los procesos, pero también se realizan múltiples pruebas solicitadas por la empresa que subcontrata a CANARAGUA (EMMASA).

En general se analizan parámetros básicos como la DQO, DBO₅, turbidez, etc., en función del tipo de análisis que se esté haciendo. A continuación se describen los tipos de análisis que se realizan en el laboratorio (González, 2006):

- Puntual: Todos los días (de Lunes a Viernes) se recoge, según el protocolo de recogida, una muestra de agua a las 11AM de las siguientes unidades:
 - Entrada de Agua Bruta
 - Decantador primario.
 - Cubas de aireación (una muestra de cada una de las tres cubas).
 - Decantador secundario.
 - Depósito del Terciario.
 - Recirculación de fangos.

Una vez se tienen todas las muestras en el laboratorio se procede a analizar los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Oxígeno disuelto (excepto recirculación y terciario), volumen sedimentado (solo cubas de aireación y recirculación), sólidos en suspensión y sólidos totales. Todos los datos se introducen en una hoja de cálculo para realizar los informes pertinentes.

- Compuesta: Todos los Lunes, Miércoles y Viernes se analiza una muestra que a su vez es una mezcla proporcional de 4 muestras recogidas los Lunes y Miércoles anterior a las 9AM, 12AM, 15PM y 18PM de las siguientes unidades:
 - Entrada de Agua Bruta
 - Decantador primario.
 - Decantador secundario.

- Salida del terciario.
- Depósito del Terciario.

Con las muestras en el laboratorio se procede a analizar los siguientes parámetros: pH, C.E., DQO, DBO₅, turbidez, nitrógeno amoniacal, color (solo en el clarificador y en el depósito del agua tratada en el terciario), aluminio (solo a la salida del terciario (justo antes del depósito), sólidos en suspensión (excepto salida de terciario) y sólidos totales (excepto salida de terciario). Todos los datos se introducen en una hoja de cálculo para realizar los informes pertinentes.

- Completa: Una vez en semana (Jueves) se realiza un análisis completo a una muestra compuesta (recogida de manera idéntica a la explicada anteriormente). Se analizan muestras recogidas de:
 - Entrada de Agua Bruta
 - Decantador primario.
 - Decantador secundario.
 - Depósito del Terciario.

En este caso, se analizan los siguientes parámetros: Nitrógeno Total, Nitritos, Nitratos, Fosforo Total, Ortofosfatos, Sulfuros, Sulfatos, Hierro, Cloruros y Aluminio.

- Análisis de diferentes parámetros de las estaciones periféricas: Periódicamente se realizan también análisis para comprobar el funcionamiento de las estaciones periféricas gestionadas por la empresa, con especial énfasis a la de Cabo Llanos. Se analizan parámetros como DQO, DBO₅, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos, pH... de una muestra de la entrada y otra de la salida de dichas estaciones. Este análisis cobra especial importancia en la planta de pretratamiento de Cabo Llanos porque desde ella se vierte directamente al mar.

Para realizar los análisis anteriormente descritos el laboratorio cuenta con todos los aparatos y utensilios necesarios. Cada parámetro se analiza siguiendo un protocolo de trabajo que explica de manera minuciosa el procedimiento.

Una vez se han ejecutado los análisis, introducimos los resultados en una hoja de cálculo como la que se puede ver en la figura 2. Basándose en dichos resultados el jefe de planta puede ordenar alguna modificación en las operaciones, o no, en función del cumplimiento de la ley de vertidos. Además, CANARAGUA S.A. le expide un informe mensual a EMMASA con todos los análisis realizados y sus resultados. EMMASA, a su vez, compara dichos resultados con los que arrojan los análisis que periódicamente ellos realizan.

MUESTRA PUNTUAL							
Fecha de toma:				Fecha de análisis:			
Punto de toma	p.h	Temp °C	Oxígeno Disuelto	V.Sediment.			
AGUA BRUTA				***			
DECANTADOR				***			
CLARIFICADOR				***			
RIEGO PARQUES			***	***			
CUBA Nº1							
CUBA Nº2							
CUBA Nº3							
RECIRCULACIÓN			***				
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN							
Punto de toma	REF.	mls	P.Filtro	P.Desecado	P.Calcinado	S.Suspensión	S.Fijos
AGUA BRUTA	AB						
DECANTADOR	D						
CLARIFICADOR	CL						
RIEGO PARQUES	S/C						
CUBA Nº1	C1						
CUBA Nº2	C2						
CUBA Nº3	C3						
RECIRCULACIÓN	R						
SÓLIDOS TOTALES							
Punto de toma	REF.	mls	P.Crisol	P.Desecado	P.Calcinado	S.Totales	S.Inorgánicos
AGUA BRUTA	AB						
DECANTADOR	D						
CLARIFICADOR	CL						
RIEGO PARQUES	S/C						
CUBA Nº1	C1						
CUBA Nº2	C2						
CUBA Nº3	C3						
RECIRCULACIÓN	R						

Ilustración 4: Ejemplo de hoja de toma de datos para los análisis de muestra puntual.

Durante el primer y segundo día se realizaron labores principalmente de observación y comprensión de los protocolos de análisis, si bien el resto de la semana se hicieron los análisis rutinarios bajo la supervisión del técnico de Laboratorio.

La mayor parte de los análisis se realiza mediante Kits normalizados que ya vienen preparados con un protocolo de trabajo.

4.2 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE DIVERSOS PARÁMETROS DE LA LÍNEA TERCIARIA

Una vez ya se había tomado contacto con el laboratorio, el jefe de planta encargó la realización de un seguimiento de diversos parámetros del agua tratada en el terciario. Este seguimiento así como el posterior tratamiento de datos se realizó entre el 18 y el 29 de junio.

En un principio, las torres de filtrado estaban configuradas para tratar 120m³/h con una dosis de coagulante (polielectrolito de aluminio) de 8ppm y de desinfectante (hipoclorito sódico) de 19ppm. El jefe de planta pretendía que se evaluara la calidad del agua de salida variando tanto el caudal a filtrar, la dosis de coagulante y la dosis de desinfectante.

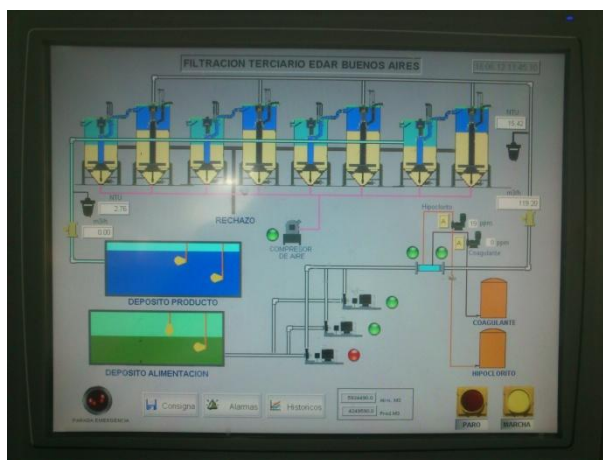
En la siguiente tabla se observan los cuatro ensayos que se hicieron variando tanto los caudales a tratar como las dosificaciones de coagulante y desinfectante.

Entre cada cambio de caudal y/o dosificación era necesario esperar 1 hora para que el tiempo de residencia del agua en los filtros se estabilizara (González, 2007).

Tabla 1: Ensayos realizados en el seguimiento del terciario.

	CAUDAL A TRATAR	DOSIFICACIÓN COAG. (ppm)	DOSIFICACIÓN DESINF. (ppm)
ENSAYO 1	90-140 m ³ /h en intervalos de 10m ³	8	19
ENSAYO 2	90-150 m ³ /h en intervalos de 10m ³	10	19
ENSAYO 3	90-150 m ³ /h en intervalos de 10m ³	8	22
ENSAYO 4	90-150 m ³ /h en intervalos de 10m ³	10	22

Cada día se programaba el autómata (ver fotografía) con el caudal y la dosificación deseada a primera hora de la mañana. Pasada 1 hora se recogía la muestra y se modificaba el caudal, siendo necesarios dos días para tomar las 7 muestras de cada uno de los ensayos.



Fotografía 7: Pantalla del autómata programable.

Una vez se tenían las muestras en el laboratorio, se procedía a analizar con el aparataje disponible los siguientes parámetros:

- Turbidez.
- Sólidos en suspensión.
- Cloro residual.
- Aluminio residual.
- Sólidos suspendidos en el rechazo.
- Turbidez en el rechazo.

Los resultados obtenidos se iban introduciendo en una hoja de cálculo y posteriormente fueron tratados para obtener las diferentes gráficas que se exponen a continuación, donde se puede observar la variación de los parámetros observados con respecto a los cambios de dosificaciones y caudales de filtrado.

Cabe destacar que este encargo fue el que más dificultad entrañó de todos los que se realizaron durante las prácticas. Esto se debe a que en muchas ocasiones los operarios modificaban sin avisar las dosificaciones o los caudales y eso hacía necesario comenzar de nuevo con el tiempo de espera entre cada toma de muestras.

Además, al no existir depósito homogeneizador la calidad del agua que entraba a la línea terciaria no era, ni mucho menos, constante. Con estas condiciones no se podía saber con exactitud si las diferencias en los parámetros medidos eran achacables a los cambios realizados por nosotros o a las diferentes características del agua de entrada a la línea.

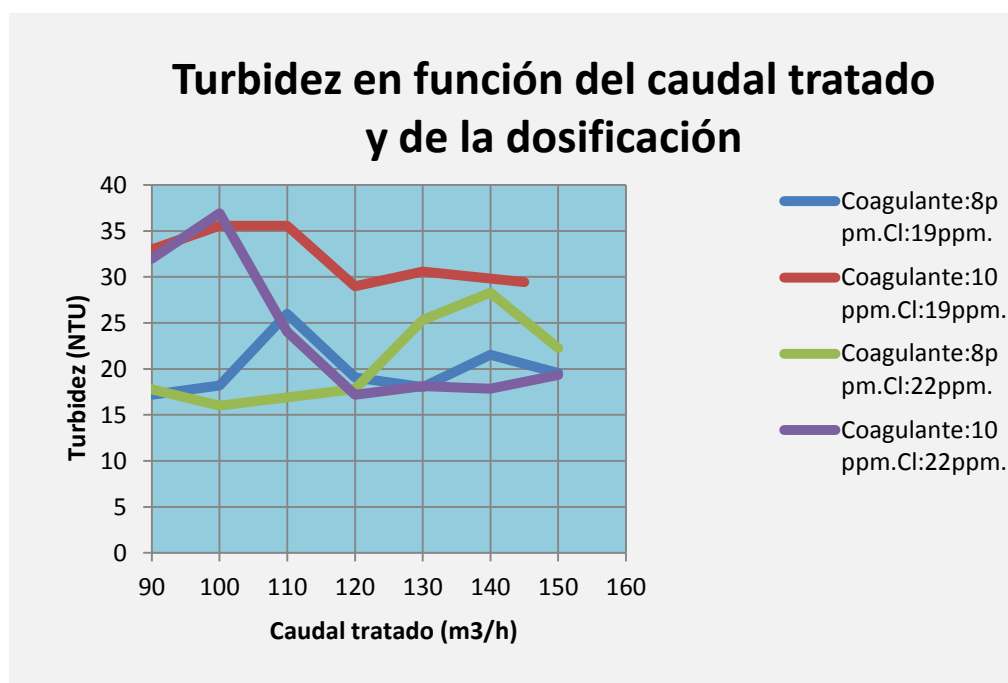


Gráfico 1: Turbidez en función del caudal tratado y de la dosificación.

En el gráfico 1 se puede observar que la relación entre la turbidez y el caudal tratado es diferente para cada una de las dosificaciones, si bien es cierto que para 120m³/h se observa en todos los ensayos un mínimo, siendo ese caudal normal de trabajo del sistema.

Representando los sólidos en suspensión con respecto al caudal tratado para las diferentes dosificaciones (gráfico 2), se observa, al igual que en el caso anterior, el caudal de filtrado para el que mejores resultados se obtienen es el de 120m³/h. La dosificación con la que se obtienen los mejores resultados es la azul (ensayo 1; Coag. 8ppm y Desinf. 19ppm) seguida muy de cerca por la violeta (ensayo 4; Coag. 10ppm y Desinf. 22ppm).

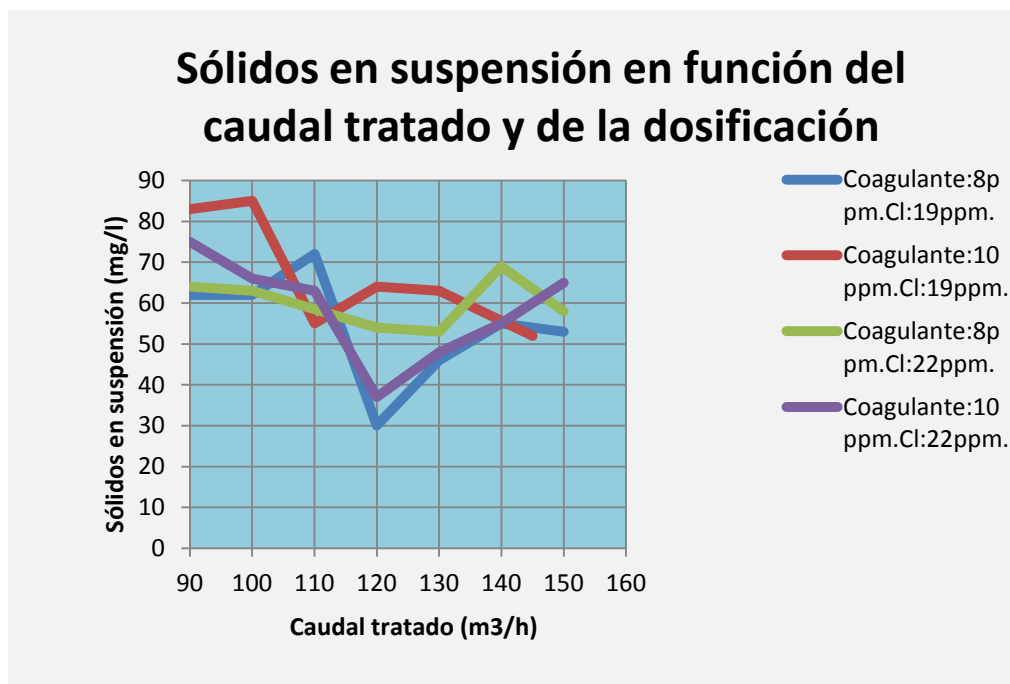


Gráfico 2: Sólidos en suspensión en función del caudal tratado y de la dosificación.

En el gráfico 3 (abajo) se puede observar la relación encontrada entre el cloro residual y los diferentes caudales y dosificaciones. Para todos los ensayos, a menores caudales menor cantidad de cloro residual se encuentra. Los ensayos donde se utilizó mayor cantidad de desinfectante (verde y violeta) deberían de arrojar mayor cantidad de cloro residual que los otros (azul y rojo). En líneas generales esto se cumple, pero en el caso del ensayo 1 (azul) existen diferencias que se achacan a algún error en la medición o toma de muestras.

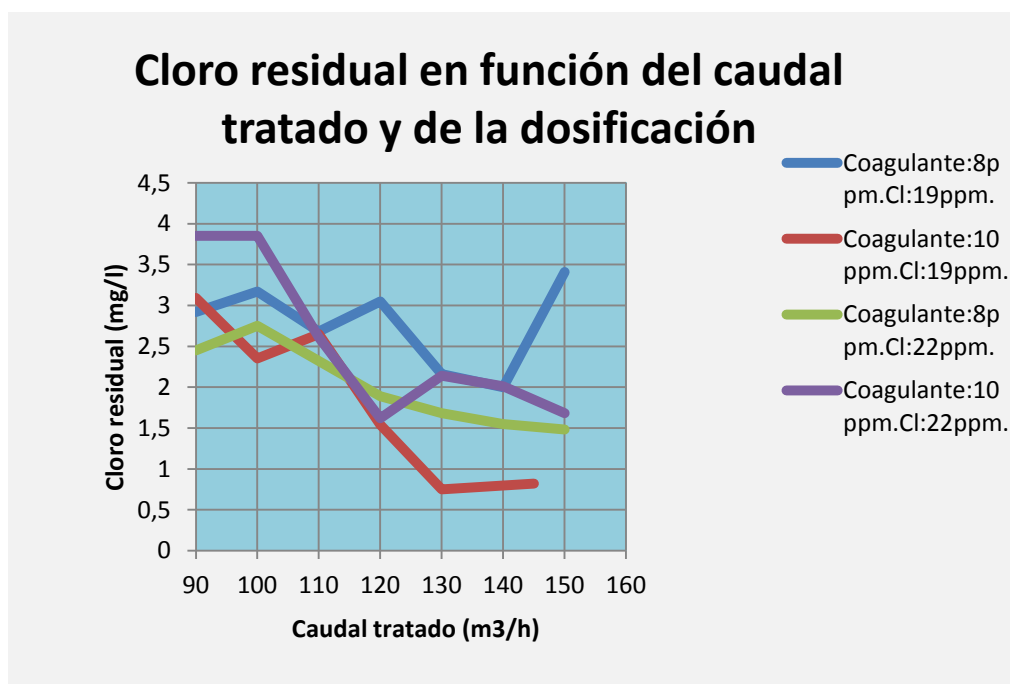


Gráfico 3: Cloro residual frente al caudal tratado y a las dosificaciones.

A continuación, en el gráfico 4 se puede ver que la menor cantidad de coagulante residual se encuentra, para los cuatro ensayos, en torno al caudal normal de trabajo, es decir, $120\text{m}^3/\text{h}$. El cambio de dosis de coagulante no parece interferir de forma notable.

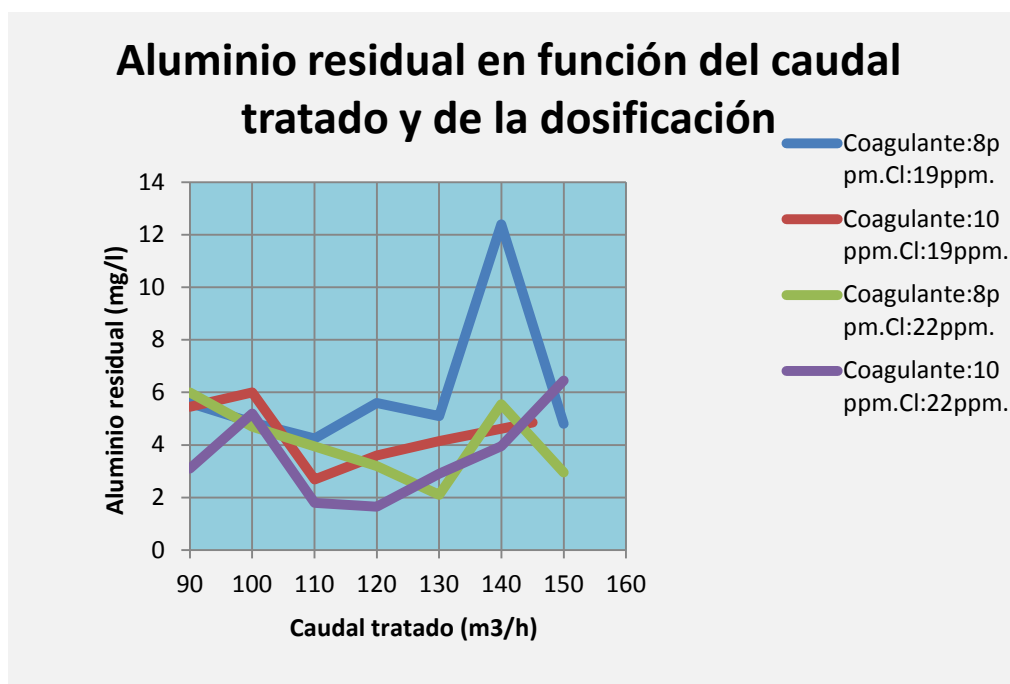


Gráfico 4: Aluminio residual en función del caudal tratado y de la dosificación.

En el gráfico siguiente (gráfico 5) se puede observar la relación entre los sólidos en suspensión del rechazo del filtrado frente al caudal tratado y la dosificación. Excepto en el ensayo 4 (violeta), parece mantenerse aproximadamente constante ante la variación de caudal.

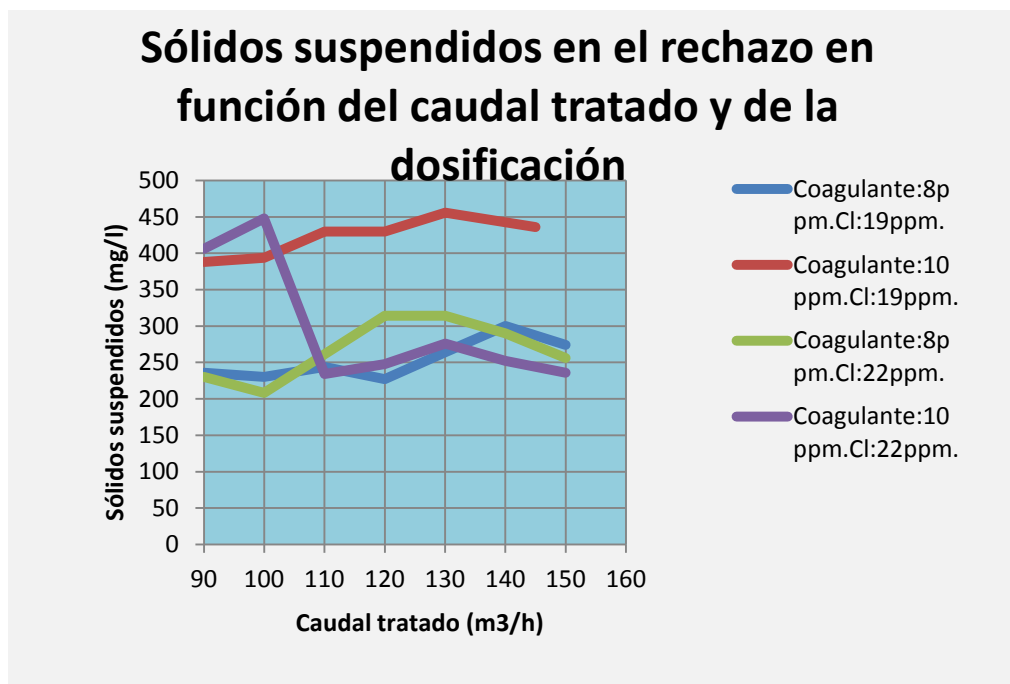


Gráfico 5: Sólidos en suspensión del rechazo frente a caudal para varias dosificaciones.

Por último se representa la turbidez del rechazo ante variaciones de caudal y de la dosificación, siendo está aproximadamente constante frente a las variaciones de caudal, exceptuando el ensayo 4 en el que se cree que hubo algún error en el ensayo.

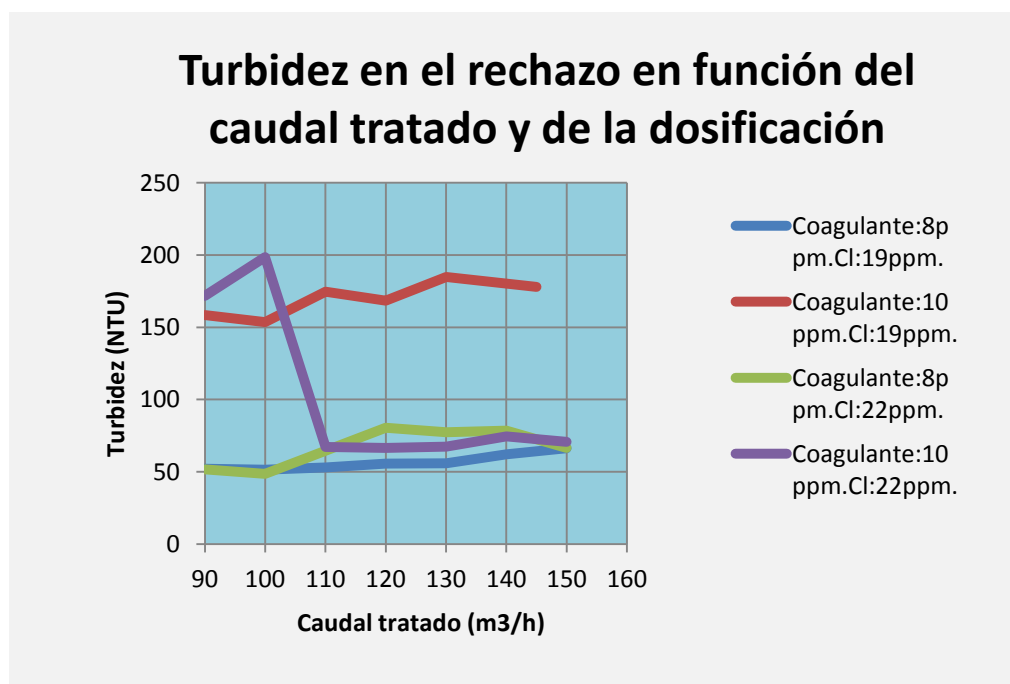


Gráfico 6: Turbidez del agua frente a caudal para varias dosificaciones.

4.3. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES

A partir del día 2 de julio y hasta el día 6 del mismo mes, es decir una semana, se estuvo observando y en algunas ocasiones interviniendo en diferentes labores de mantenimiento de equipos.

Esta parte de las prácticas fue muy provechosa ya que los operarios de la planta explicaron los entresijos de diferentes máquinas así como las reparaciones más comunes que ocurren en la estación.

A modo de resumen, se pueden enumerar las siguientes actividades realizadas:

4.3.1. DESMONTAJE Y MONTAJE DE HÉLICE DE BOMBAS CENTRÍFUGAS DE RECIRCULACIÓN DE FANGOS

Debido a la cavitación producida en la hélice de las bombas de recirculación de fangos, fue necesario desarmar la misma para repararla en un taller de mecanizado y volverla a montar.

Este trabajo era bastante engorroso debido al gran peso de las piezas de la bomba (carcasas, hélice...) y a que éstas se encuentran en un cuarto subterráneo con bastante mala ventilación (ver fotografía). No obstante, se realizó sin problemas.



Fotografía 8: Sala de bombas de recirculación de fangos.



Fotografía 9: Detalle de bomba en reparación.

4.3.2. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE DESODORIZACIÓN

Después de un tiempo de inactividad, el jefe de planta se propuso poner en marcha de nuevo el sistema de desodorización.

Algunas bombas de inyección de ácido tenían pérdidas y había que cambiar diversos "ojeadores" del sistema. Los trabajos se realizaron de forma eficiente y en cuestión de días la desodorización estaba de nuevo en funcionamiento.

Los operarios se molestaron en explicar de forma detallada las razones por las que las juntas de las bombas estaban perdiendo líquido así como la manera de repararlas.



Fotografía 10: Detalle de reparación de bombas de inyección de ácido.



Fotografía 11: Detalle de cambio de ojeadores en la desodorización.

4.3.3. REPARACIÓN DE CENTRIFUGADORA

Quizás fue la reparación que más quebraderos de cabeza dio. Una cantidad desconocida de fango estaba anclada a las paredes de la máquina de forma que ésta trabajaba totalmente descompensada y terminaba autodeteniéndose por seguridad.

Al principio se optó por rellenarla con agua y hacerla girar en sentido inverso, pero no funcionó. Más tarde se desarmaron las carcasas exteriores para intentar inyectarle agua directamente sobre las paredes internas. Esta operación mejoraba el funcionamiento pero terminaba estropeándose al poco tiempo. Por ello se decidió ir más allá y repetir la operación seguida de una puesta en marcha corta durante varias veces. Fue un trabajo difícil ya que las piezas a desmontar eran muy pesadas.

Aún en el momento que se terminaron las prácticas, la centrifuga no estaba funcionando correctamente. Fue un problema muy grave ya que al no poder centrifugar fangos, estos se iban almacenando en el espesador, copando su capacidad. Además, el tiempo de residencia del fango en el reactor anaerobio se multiplicó y apenas se producía biogás.

Cabe destacar que paralelamente había otra centrifuga que llevaba mucho tiempo averiada y no se había reparado por el alto costo que suponía.



Fotografía 12: Centrifugadora de fangos.



Fotografía 13: Detalle de la reparación de la centrifugadora.

4.4. REALIZACIÓN DE UNA EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LA PLANTA

La última actividad realizada en la empresa consistió en elaborar una evaluación de riesgos laborales de la estación. Para ello, fueron necesarios algunos días de consulta documental que sirviera de base para generar una buena Evaluación. Se estuvo realizando este encargo desde el 9 de julio hasta el 25 del mismo mes.

Analizando los diferentes tipos de riesgos que se encontraron en plantas similares, se procedió a realizar una enumeración por tipo de riesgo, quedando de la siguiente manera:

1. Caídas de personas a distinto nivel
2. Caídas de personas al mismo nivel
3. Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento
4. Caídas de objetos en manipulación
5. Caídas de objetos desprendidos
6. Pisadas sobre objetos
7. Golpes contra objetos inmóviles
8. Golpes o cortes por objetos o herramientas
9. Proyección de fragmentos o partículas
10. Atrapamiento por o entre objetos
11. Atrapamiento por vuelcos de máquinas o vehículos
12. Sobreesfuerzos
13. Estrés térmico
14. Contactos térmicos
15. Contactos eléctricos
16. Inhalación, contacto o ingestión de sustancias nocivas
17. Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas
18. Explosiones
19. Incendios
20. Atropellos, golpes o choques contra o con vehículos
21. Accidentes de tráfico
22. Exposición a agentes físicos
23. Exposición a agentes biológicos
24. Otros riesgos

Una vez se había realizado la clasificación de tipos de riesgos, se hicieron visitas por toda la planta para identificar y encuadrar los diferentes riesgos dentro de cada tipo.

Además de los riesgos evidentes que se encontraban al inspeccionar la planta, se encontraron otros riesgos fruto de las conversaciones mantenidas con los operarios de la misma. No hay duda de que son ellos quienes mejor conocen la planta y, por tanto, sus riesgos laborales.

Con todos los riesgos encontrados encuadrados en cada tipología y con su correspondiente fotografía y ubicación, se procedió a realizar la evaluación de los mismos siguiendo la siguiente tabla (Canaragua, 2009):




Tabla 2: Estimación del nivel de riesgo.

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO		CONSECUENCIAS		
		BAJA	MEDIA	ALTA
PROBABILIDAD	BAJA	Trivial	Tolerable	Moderado
	MEDIA	Tolerable	Moderado	Importante
	ALTA	Moderada	Importante	Severo

Para comprender los términos que en ella se engloban, a continuación se va a detallar su significado:

- Consecuencias:
 - Alta: lesiones con secuelas considerables.
 - Media: lesiones con secuelas leves.
 - Baja: lesiones sin baja.
- Probabilidad:
 - Alta: ocurre siempre o casi siempre.
 - Media: el daño ocurrirá en algunas ocasiones.
 - Baja: existe poca posibilidad de que se produzca.
- Nivel de riesgo:
 - Trivial: no requiere acciones específicas.
 - Tolerable: no es necesario mejorar la acción preventiva pero es recomendable.
 - Moderado: se deben realizar esfuerzos para reducir el riesgo. Hay que fijar un plazo.
 - Importante: no se debe comenzar a trabajar hasta que haya sido subsanado.
 - Severo: debe prohibirse el trabajo inmediatamente, aunque se está realizando.

Con los riesgos ya evaluados se establecieron diferentes medidas preventivas dependiendo de la gravedad de los mismos. En la siguiente página aparece un fragmento del documento final de 55 páginas que se entregó a la empresa:

	<p>Caída a canal debido a la ausencia de rejilla o al mal estado de las sujeciones de ésta. – (Canal de entrada a pretratamiento).</p>	<p>M</p>	<p>B</p>	<p>Tol.</p>	<p>Sustitución de las partes en mal estado e instalación de una rejilla.</p>
	<p>Caída a canal debido a la ausencia de rejilla o al mal estado de las sujeciones de ésta. – (Decantador).</p>	<p>M</p>	<p>B</p>	<p>Tol.</p>	<p>Sustitución de las partes en mal estado e instalación de una rejilla.</p>
	<p>Caída debido al mal estado de los peldaños de las escaleras. – (Cuarto de bombas de clarificadores).</p>	<p>M</p>	<p>M</p>	<p>Mod.</p>	<p>Reparación de los peldaños.</p>

A modo de resumen se puede decir que se encontraron 29 riesgos importantes entre los que se destacan los referentes a inhalación, contacto e ingestión de sustancias nocivas y a contactos eléctricos.

Aunque la evaluación es muy extensa, en este documento ha sido necesario resumirla de manera drástica para cumplir la condición de extensión máxima, quedando algunos aspectos poco detallados.

5. JUICIO CRÍTICO

Las conclusiones que se pueden obtener de ésta estancia en la empresa son bastante positivas. Se han puesto en práctica conocimientos adquiridos durante el máster y se han aprendido muchos otros. El alumno se ha enfrentado al día a día en una estación depuradora, introduciéndose de lleno en los problemas de la misma y buscando siempre la mejor solución a los mismos.

Esté mecanismo supone una experiencia importante, ya que la práctica en una empresa determinada contribuye a valorar no sólo lo que en teoría es evaluable sino también a conocer otros muchos factores que intervienen en el proceso y en el día a día de un servicio como este. En zonas de pluviometría escasa, como en la que nos ocupa, es imprescindible aprovechar al máximo los recursos hídricos que la superpoblación y la sobreexplotación han reducido drásticamente a lo largo de las últimas décadas, por lo que el aprovechamiento de las aguas residuales y el buen funcionamiento de plantas como estas son requisitos ineludibles para mantener la sostenibilidad del sistema y para no incidir más en el deterioro de los factores medioambientales.

6. BIBLIOGRAFÍA

En este apartado se detallarán las fuentes consultadas para la realización de esta memoria, si bien es cierto que la totalidad de los documentos consultados fueron estudios internos de la empresa y consultas verbales al jefe de planta, D. Domingo González de Chaves Rojo.

- CANARAGUA S.A. (2009). Evaluación de Riesgos Laborales de la Estación de Pretratamiento de Cabo Llanos. Documento interno de empresa.
- GONZÁLEZ DE CHAVES ROJO, D. (2006). Protocolos de ensayo en Laboratorio. Documento interno de empresa.
- GONZÁLEZ DE CHAVES ROJO, D. (2007). Seguimiento de diferentes parámetros de calidad del agua de salida de la línea terciaria. Documento interno de empresa.