



MÁSTER EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MASTER

TÍTULO: “ Gestión del control analítico y verificación de parámetros de proceso de las diferentes EDAR’s gestionadas por Aquagest en la zona de Palencia ”

Patricia Castro Huamán

Setiembre 2012

ÍNDICE

1.	<u>Resumen</u>	3
2.	<u>Antecedentes Generales</u>	3
2.1	<u>Sistema de saneamiento</u>	4
2.2	<u>EDAR de Palencia</u>	4
2.2.1	<u>Línea de agua</u>	4
2.2.2	<u>Línea de fango</u>	6
2.2.3	<u>Línea de gas</u>	7
3.	<u>Objetivos</u>	8
4.	<u>Metodología</u>	8
4.1	<u>EDAR`s gestionadas por Aquages de Palencia</u>	8
4.1.1	<u>Plan de muestreo de la EDAR`s</u>	9
4.1.2	<u>Tipo de muestras</u>	9
4.1.3	<u>Utensilios</u>	9
4.1.4	<u>Punto de muestreo</u>	10
4.1.5	<u>Transporte al laboratorio y envío de muestras</u>	11
4.1.6	<u>Criterio de aceptabilidad para la Zona de Palencia y Burgos</u>	11
4.1.7	<u>Recepción de informes</u>	13
4.1.8	<u>Recepción de registros e ingreso en el parte mensual</u>	14
4.1.9	<u>Envío de resultados</u>	15
4.1.10	<u>Indicadores de gestión</u>	15
4.1.10.1	<u>Caudales</u>	16

4.1.10.2	Indicadores de carga de contaminantes	16
4.1.10.3	Lectura de energía	19
4.2	Medida y control del nivel de biocida y del sulfhídrico	20
4.2.1	Nivel de biocida	20
4.2.2	Control del sulfhídrico	22
4.3	Control de Vertidos en Industrias	22
4.3.1	Plan de muestreo	23
4.3.2	Punto de muestreo	23
4.3.3	Envío de resultado	24
4.3.4	Criterio de aceptabilidad	24
5	Discusión y juicio crítico	24
6	Bibliografía	26
7	Anexos	28
	Anexo I : Diagrama de Bloques de las líneas de agua y fango.....	28
	Anexo II : Diagrama de Bloques de las líneas de gas.....	28
	Anexo III : Panorámica de la Estación depuradora de Palencia.....	29
	Anexo IV : Registros de agua bruta y agua tratada de la Estación depuradora de aguas residuales de Palencia.....	29

“Gestión del control analítico y verificación de parámetros de proceso de las diferentes EDAR’s gestionadas por Aquagest en la zona de Palencia”

1.- Resumen

El presente proyecto se centra en la gestión de los diferentes parámetros que definen las líneas de agua, fangos y gas de una estación depuradora de aguas residuales y se estructura en varios puntos basados en la metodología.

Para realizar esta metodología en primer lugar, se informa sobre todas las EDAR’s gestionadas por Aquagest Palencia, posteriormente a cada EDAR’s se establece su plan de muestreo, criterio de aceptabilidad, recepción de informes, registros y envío de resultados. También se incluyen indicadores de gestión de los cuales se profundiza en mayor detalle las cargas contaminantes, es decir, se ingresan los parámetros físicos químicos enviados por el laboratorio para las diferentes EDAR’s y se procede a realizar sus respectivos cálculos. Otro indicador importante es la lectura de energía que se registra diariamente en todas las EDAR’s y se comparan en la misma fecha, con los recibos correspondientes, luego son ingresados en el programa informático Contec (Control técnico del ciclo integral del agua), para una mejor gestión interna.

Sólo para la EDAR de Palencia se mide y controla el nivel de biocida de las torres de refrigeración, para llevar un control sanitario de la prevención y control de la legionelosis y también se mide y controla la concentración del sulfhídrico.

En segundo lugar, se informa sobre el control de vertido de industrias alimentarias. Finalmente, se expone la discusión y juicio crítico, que se puede extraer de la metodología realizada durante el periodo de prácticas. Se incluyen también, anexos, que entre ellos se muestra los diferentes procesos que existen en el tratamiento de aguas, fangos y gas. En otro anexo se muestran los registros de afluente y efluente de la Estación depuradora de aguas residuales EDAR de Palencia.

2.- Antecedentes generales

La estación depuradora de aguas residuales sobre la que se ha realizado el proyecto está ubicado en una parcela de 45.218 m² a 2.500m aguas abajo de la antigua estación depuradora, de Palencia, junto al cauce del río Carrión en su margen izquierda.

Durante los últimos 20 años la población de la ciudad de Palencia ha desarrollado un crecimiento notable en el desarrollo demográfico y urbano y se puso de manifiesto en la década pasada. A finales de 1998 se adjudicaron las obras necesarias con el fin de garantizar el cumplimiento de las directivas comunitarias.

Esta obra fue financiada por el ministerio del medio ambiente, se firmo un convenio con la Junta de Castilla y León y el Ayuntamiento de Palencia. Con la construcción de los emisarios y la EDAR, se ha conseguido modernizar el sistema de depuración, con esto se empezó a reducir un 97 % de la contaminación orgánica del vertido consiguiendo un comportamiento más respetuoso con el entorno medio ambiental del río Carrión.

La EDAR de Palencia está dimensionada para un caudal total de 45.000 m³/día y un caudal máximo de 6.000 m³/h, para una población equivalente de 232.500 habitantes, recibe las aguas residuales de la población de Palencia y de Villamuriel.

2.1.- Sistema de saneamiento

Este sistema está formado por las siguientes unidades:

a) Estación de bombeo agua residual EBAR: El agua residual proveniente de la margen derecha del río Carrión llega por gravedad a la EBAR de la margen derecha.

b) Obra de reunión: La obra de reunión tiene la finalidad de servir de punto de encuentro de los colectores de la margen derecha e izquierda.

c) EDAR de Villamuriel y Palencia: El agua residual es conducida a la EDAR recogiendo las aguas residuales tanto de la margen derecha como izquierda (Palencia) del río Carrión. El agua residual procedente del Municipio de Villamuriel llega mediante un emisario a la EBAR intermedio.

2.2.- EDAR de Palencia

Se clasifica en tres líneas: Agua, fango y gas.

2.2.1.- Línea de agua, está línea se encuentra formada por las siguientes unidades:

- **Obra de llegada y bypass general.**

El colector general de aportación de agua a tratar desemboca en una obra de llegada, situada en la cabecera de las instalaciones de tratamiento. Una compuerta de fondo permite la alimentación o el aislamiento de la EDAR, mientras que otra compuerta permite el vaciado del colector y su vertido directo al río Carrión.

- **Pozo y desbaste de gruesos.**

El agua de entrada en la EDAR se recoge en una arqueta de recepción, o pozo de gruesos. La extracción de arenas y sólidos de mayor tamaño decantados en el fondo se realiza mediante una cuchara bivalva que es trasladada mediante un puente grúa. El paso del pozo de gruesos al de bombeo se realiza a través de dos rejillas verticales.

- **Desbaste de finos.**

El desbaste de finos se realiza mediante tres tamices. Cada tamiz se encuentra situado en un canal individual y aislado por compuertas motorizadas.

- **Desarenado - Desengrasado.**

Esta unidad consta de tres líneas de desarenado - desengrasado paralelas y cada una dispone a la entrada de una compuerta para aislarla. Cada línea dispone de un puente dotado de bomba de arenas y rasqueta para la eliminación de las grasas. La aportación de aire se realiza mediante tres soplantes rotativos y se introduce a través de difusores.

- **Decantación primaria.**

Consta de tres decantadores primarios de gravedad con rasquetas. El agua pretratada llega a una obra de reparto situada entre ellos. Cada equipo dispone de un sistema de recogida superficial de flotantes, consistente en una rasqueta que los arrastra hasta una tolva que se abre mediante una válvula neumática y desemboca en un pozo de recogida.

- **Tratamiento biológico de fangos activados.**

El tratamiento secundario consta de tres reactores biológicos. Cada línea consta de una cámara anóxica en la entrada, en la que la suspensión del licor mixto se mantiene mediante dos agitadores sumergidos.

El aporte de aire en la zona aerobia se realiza mediante tres turbocompresores a través de parrillas de difusores de burbuja fina. Cada reactor dispone de dos sondas de oxígeno disuelto, al principio y al final de la zona aerobia. Al final de cada línea se encuentra instalada una bomba sumergible de recirculación interna hasta la cámara anóxica. La salida del licor mixto se descarga en un canal común para todos los reactores.

- **Decantación secundaria.**

Consta de tres decantadores secundarios de succión. El licor mezcla se transporta por gravedad desde el canal de salida de los reactores biológicos hasta la obra de reparto a decantación secundaria. La extracción del fango del fondo de los decantadores se realiza por succión mediante tubos distribuidos a lo largo del radio del equipo, que desembocan en una campana central de recogida.

La salida del agua decantada se realiza mediante un vertedero perimetral y se dirige a través de un canal abierto y de allí al depósito de agua tratada.

- **Salida de agua tratada**

Desde la obra de reparto, el agua de salida de los decantadores se envía al depósito de agua tratada, previo al vertido al río Carrión.

2.2.2.- Línea de fangos, en esta línea se genera el fango primario procedente de los decantadores primarios y fango secundario en exceso del reactor biológico. Para evacuar este fango, es necesario disminuir su volumen (espesamiento y deshidratación) y reducir su contenido en materia orgánica (digestión anaerobia). Se encuentra formado por lo siguiente:

- **Purga y tamizado de fangos primarios.**

Los fangos acumulados de purga de los decantadores primarios se extraen, en cada uno de ellos, y desemboca en una arqueta de bombeo de fangos, luego es bombeado a un tamiz rotativo, que tienen la función de separar la fibra y la materia más gruesa antes de enviarlo al espesador.

El objetivo es mejorar el proceso de homogeneización de los fangos en la cámara de mezcla. La materia gruesa que queda retenida en la malla del tambor se desprende mediante una rasqueta y es transportada por un tornillo compactador hasta un contenedor de recogida.

- **Espesamiento de fangos primarios.**

Se dispone de un espesador para la concentración de fangos primarios. El fango espesado se extrae y es impulsado al depósito de mezcla.

- **Espesamiento de fangos biológicos en exceso.**

La concentración del fango biológico en exceso se realiza mediante espesamiento en dos prensas rotativas tipo Rotamat, que es una máquina de cribado fino. El espesamiento consta de los siguientes elementos: Bombas de dosificación de polielectrolito, unidad de preparación de polieléctrolito, cámaras de floculación y espesadores rotativos. El fango purgado es bombeado hasta el reactor de floculación previa inyección en la tubería del polielectrolito dosificado, de este modo se favorece la formación de flóculos, a la vez que se asegura que sólo los fangos coagulados circulen hasta los espesadores rotativos.

- **Mezcla de fangos.**

La cámara de mezcla recibe los fangos primarios y la descarga por gravedad de los fangos biológicos, ambos ya espesados. Tiene la función de mezclarlos con un agitador para facilitar el proceso de digestión.

- **Digestión anaerobia**

La estabilización del fango mezclado, se lleva a cabo mediante una digestión anaerobia. Consta de dos unidades, diseñadas con un tiempo de retención medio para los fangos de unos 21 días, con el objetivo de obtener un rendimiento de 45% (reducción de materia volátil), cuando la temperatura se mantiene alrededor de 32-37°C. Para que la estabilización sea efectiva hay que garantizar una buena mezcla mecánica.

- **Calentamiento de fangos**

Para llevar a cabo el proceso de digestión anaerobia mesófila, es necesario mantener el fango a una temperatura comprendida entre 32 y 37°C. Para ello se dispone de un circuito de calentamiento del fango mediante cambiadores de calor de espiral que recupera el calor mediante refrigeración del motogenerador y por calderas. La energía térmica necesaria para llevar a cabo el calentamiento de los fangos se obtiene del biogás.

- **Almacenamiento en depósito tampón.**

Al depósito tampón llega el fango procedente de los dos digestores. El objetivo del equipo es adaptar la producción de lodos al funcionamiento discontinuo de la deshidratación. Asimismo, trata de favorecer la mezcla de los fangos a deshidratar actuando como espesador de los mismos. Para ello dispone de un sistema mecánico de agitación.

- **Deshidratación.**

Se dispone de dos centrifugas para la deshidratación de los fangos digeridos. Previa a la entrada del fango a las centrifugas, se inyecta la dosificación de polielectrolito. El fango deshidratado es conducido mediante un tornillo transportador y descargado sobre las tolvas de almacenamiento.

2.2.3.- Línea de gas, está línea se encuentra formada por:

- **Almacenamiento en gasómetros.**

Las conducciones de cada digestor se unen y el caudal total es medido. A partir de este punto, la conducción se divide en dos ramas, una de ellas hacia el almacenamiento en los gasómetros y la otra a la sala de soplantes. El biogás producido es almacenado para su utilización en el proceso de calefacción de los fangos y en la recuperación de energía, previéndose igualmente un circuito de bypass para quemar el gas en exceso.

- **Calderas.**

Se dispone de dos calderas con quemador. En condiciones normales, utilizan el biogás producido en la digestión como combustible o también pueden emplear gasoil.

- **Motogeneración.**

Se dispone de un motogenerador, que utiliza como combustible, el biogás producido. La finalidad es obtener un sistema operativo de producción de energía eléctrica y cogeneración con aprovechamiento térmico del calor recuperado de la refrigeración del propio motor y de los gases de combustión en el calentamiento de los fangos a digestión.

3. Objetivos

El primer objetivo general de este proyecto es realizar la gestión de control y verificación de diversos parámetros del proceso de depuración de aguas residuales para las diferentes EDAR's de la zona de Palencia y Burgos que son gestionadas por la empresa Aquagest Palencia.

Dentro de cada EDAR, este objetivo global se desglosa en diferentes apartados que incluyen, básicamente, un plan de muestreo, con sus puntos y métodos, un análisis de los parámetros pertinentes y un retorno de esos resultados para su posterior evaluación. En el caso concreto de la EDAR de Palencia se incluye también como objetivos singulares el estudio de algunos indicadores específicos de gestión, como los caudales, la carga de contaminantes y las lecturas de energía y potencia, así como el establecimiento de la medida y control del nivel de biocida y de sulfhídrico en la torre de enfriamiento.

Para otras EDAR's sólo incluye la carga contaminante y las lecturas de energía y potencia.

En paralelo a lo que se acaba de señalar, se ha considerado también como un objetivo adicional de este trabajo el relativo a la gestión del control de vertido de diversas industrias alimentarias, cuya tarea tiene encomendada la empresa Aquagest de Palencia.

4.- Metodología

4.1.- EDAR's gestionadas por Aquagest de Palencia

Para realizar un plan de muestreo previamente tenemos que conocer las EDAR's que gestiona Aquagest de Palencia. Esta gestión se encuentra dividido entre la zona de Palencia y Burgos.

La zona de Palencia comprende:

- EDAR de Aguilar del Campoo: Línea de agua residual y fango
- EDAR Carrión de los Condes: Línea de agua residual y fango
- EDAR Dueñas: Línea de agua residual y fango
- EDAR Polígono de Dueñas: Línea de agua residual

- EDAR Herrera de Pisuergra: Línea de agua residual
- EDAR Palencia: Línea de agua residual, fango y gas
- EDAR Venta de Baños: Línea de agua residual y fango
- EDAR Villamuriel: Línea de agua residual
- EDAR Alar del Rey: Línea de agua residual y fango
- EDAR Torquemada: Línea de agua residual y fango
- EDAR Polígono Torquemada: Línea de agua residual

La zona de Burgos comprende:

- EDAR Lerma: Línea de agua residual y fango
- EDAR Medina del Pomar: Línea de agua residual y fango
- EDAR Briviesca: Línea de agua residual y fango

4.1.1.- Plan de muestreo de la EDAR`s

El plan de muestreo de las diferentes EDAR`s se establece con un calendario anual que indica las fechas y el tipo de muestra que se deben enviar mensualmente al laboratorio y con los respectivos parámetros a realizar. Si por algún motivo, ya sea por error de una planta o por avería de la misma, no se envía las muestras en la fecha indicada, se debe mandar un correo explicando la razón y solicitar nuevas pegatinas para su posterior envío.

4.1.2.- Tipos de muestras

En la EDAR de Palencia se realiza dos tipos de toma de muestras:

- Muestras simples o puntuales: Son aquellas muestras que se corresponden con un volumen único tomado en un momento determinado.
- Muestras integradas: Son aquellas muestras compuestas por la suma de volúmenes determinados en tiempos diferentes.

4.1.3.- Utensilios

Se requiere envases de plástico para realizar la toma de muestra de los distintos puntos de muestreo. Para los análisis de las muestras de la *línea de agua* se emplearán envases de plástico 1000 ml o 200 ml. El análisis de grasas se realiza en envase de vidrio de color caramelo para evitar alteraciones en el resultado.

Las muestras tomadas para el control del proceso de *la línea de fango* se tomaron en botes de plástico de boca ancha de 200 ml o 250 ml. La cantidad de toma de muestra depende de los tipos de análisis a realizar.

Para la realización del análisis de *la línea de gas*, se utilizan bolsas de TEDLAR específicas para el uso previsto.

4.1.4.- Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo van a depender de la muestra a analizar. En la tabla Nº 1, tenemos el punto de muestreo, tipo de muestra y la cantidad de muestra necesaria para analizar.

Tabla Nº 1: Puntos de muestreo, tipo y cantidad de muestra en la EDAR de Palencia

Muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra	Toma muestras	Cantidad (ml)
Agua bruta	Canal entrada a pozo de gruesos	Puntual	Automático	1000
Agua tratada	Arqueta de salida	Puntual	Automático	2000
Agua entrada decantador 1º	Canales posteriores del desarenado y desengrasado.	Integrada	Manual	1000
Agua salida decantador 1º	Canal de entrada a reactores biológicos	Integrada	Manual.	1000
Fango biológico de los reactores Nº1, Nº2 y Nº3 (cámara aerobia)	En el rebose de los reactores biológicos que va hacia decantación secundaria.	Puntual	Manual	1000
Fango decantación secundaria	En canal de recirculación	Puntual	Manual	250
Fango primario	Grifo tamiz a la salida del sedimentador primario	Integrada	Manual	250
Fango espesado	Grifo en purga de depósito espesador, piso bajo sala de intercambiadores.	Puntual	Manual	250
Fango Rotamat	Rotamat nº1 y/o rotamat nº2	Puntual	Manual	250
Fango mezclado	Grifo en depósito de mezcla.	Puntual	Manual	200

Fango digerido en digestores N°1 y N°2	Grifo purga de digestores.	Puntual	Manual	250
Fango tampón (*)	Grifo en purga depósito mezclado, piso bajo sala de intercambiadores.	Puntual	Manual	250
Fango deshidratado (*)	Grifo de salida de la centrifuga	Puntual	Manual	250
Biogás - Mensual	Grifo conducción biogás hasta antorcha	Puntual	Manual	5000
Agua torre refrigeración principal - Mensual	Purga balsa torre principal y purga balsa torre auxiliar	Puntual	Manual	1000 y 500

(*) Se toman las muestras del fango tampón y centrifuga, sólo cuando el depósito tampón se llena al 90 %.

4.1.5.- Transporte al laboratorio y envío de muestras

Los operarios de turno son los encargados de tomar las muestras de los diferentes puntos de muestreo. Las muestras son transportadas al laboratorio de la EDAR de Palencia en una nevera portátil.

Una vez recibidas las muestras se procede a realizar la V30 (volumen de fango sedimentado en 30 minutos) a las muestras del fango biológico 1, 2 y al fango de recirculación. Se apunta el valor obtenido en el registro correspondiente. Posteriormente, esta muestra es colocada junto a las demás en sus respectivos envases y se les adhiere las pegatinas correspondientes que indican el lugar de procedencia, la fecha de toma de muestra, el punto de muestreo, el número de solicitud y el código de barras. Finalmente son enviadas al laboratorio de Valladolid mediante empresa de mensajería externa.

4.1.6.- Criterio de aceptabilidad para la Zona de Palencia y Burgos

Para establecer los parámetros a analizar tenemos que tener en cuenta los criterios de aceptabilidad del agua residual para las Zonas de Palencia y Burgos. Estos criterios serán o bien los límites de vertido establecidos por la Confederación Hidrográfica correspondiente en sus autorizaciones de vertido o bien el cumplimiento del Real decreto 2116/1998 que modifica al RD 509/1996, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. Los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas son los que se mencionan en la tabla N°2.

Tabla N° 2: Requisitos de vertidos

Parámetros	Concentración límite	Porcentaje mínimo de reducción
Demanda bioquímica de oxígeno	25 mg/l	70-90 %
Demanda química de oxígeno	125 mg/l	75 %
Sólidos en suspensión totales	35 mg/l	90 %(>10 000 hectáreas) RD 11/1995
	60mg/l	70% (2 000 a 10 000 hectáreas) RD 11/1995

Los vertidos de aguas residuales sin tratar a los cauces receptores, por rotura de los colectores, fallo de las estaciones de bombeo y/o fallo de funcionamiento de la EDAR´s serán motivo de no conformidad. Estos criterios varían de acuerdo a la ubicación de la EDAR y a lo establecido por el ayuntamiento según las autorizaciones de vertido mencionadas anteriormente. En la tabla N° 3, se observan los límites de vertido para agua y fango en la zona de Palencia, Burgos y la media mensual de Junio de la EDAR Palencia.

Tabla N°3: Límites de vertido y media mensual en la EDAR de Palencia

Agua residual				
Parámetro	Límite de vertido		EDAR Palencia	
	Zona de Palencia	Zona de Burgos	Afluente mensual	Efluente mensual
pH	6 – 9 Ud pH	6 – 9 Ud pH	7,7 Ud pH	7,7 Ud pH
Demanda biológica de oxígeno	25 mg/l	25 mg/l	310 mg/l	11 mg/l
Demanda Química de oxígeno	125 mg/l	125 mg/l	400 mg/l	41 mg/l
Sólidos en suspensión totales	35 mg/l	35 mg/l	270 mg/l	4 mg/l
Nitrógeno	10 mg/l	10 mg/l	22 mg/l	8 mg/l

amoniacal				
Fosforo total	1 mg/l	2 mg/l	5 mg/l	1,0 mg/l
Nitrógeno total	10 mg/l	15 mg/l	42mg/l	8 mg/l
Grasas	≥ 30%		10 mg/l	<10 mg/l

Fango

Parámetro	Límite de vertido		EDAR Palencia
	Zona de Palencia	Zona de Burgos	Efluente media mensual
Reducción volátiles de digestión	≥ 40 %	--	69%
Fango deshidratado	≥ 20 %	≥ 20 %	25%

4.1.7.- Recepción de informes

Se reciben los informes diarios de análisis del laboratorio de Valladolid mediante la página web de “Labaqua”. Para ingresar a esta página en la barra de menú elegimos la opción “análisis on line”, se coloca el usuario y contraseña, posteriormente se indica el punto de muestreo o EDAR que se desea consultar. A continuación aparecerá la fecha de recepción, interlocutor, denominación, el número de informe y análisis, este último debe coincidir con el número de barras de la pegatina colocada en el envase, el cual sirve para seguir su trazabilidad. En Figura N°1, se observa la página de consulta de informes.

Figura N° 1: Página de consulta de informes

Descargamos los informes y los distribuimos en la EDAR a la que pertenece, paralelamente estos resultados se colocan en el Resumen de la EDAR correspondiente. Los resultados

deben ser consecuentes con las medias obtenidas, si los resultados discrepan se preguntará al responsable de esa planta si hay alguna avería o problemas en el proceso o si hay alguna observación en el envío de muestras de esa fecha. Si en esa fecha el proceso y envío de la muestra se llevó de forma correcta y el resultado aún discrepa con la media, se hará una reclamación por correo al laboratorio de Valladolid.

Posteriormente, se colocan en la carpeta de resultados del mes. Este resumen se hace en una página de Excel, estableciendo indicadores para ver si cumplen los criterios generales de aceptabilidad. Estos indicadores están hechos mediante fórmulas para poder filtrar si son conformes o no conformes y de esta manera llevar un mejor control estadístico de cada mes.

4.1.8.- Recepción de registros e ingreso en el parte mensual

Diariamente los operarios anotan los caudales, oxígeno disuelto, pH, temperatura, V_{30} , consumo de energía eléctrica y gasto de insumos en los respectivos registros y posteriormente estos registros son ingresados en el parte mensual de la EDAR de Palencia. Para las otras EDAR's los registros dependerán del tipo de línea que presenten y de los registros que se reciban al finalizar el mes.

Tabla N° 4: Tipos de parámetros según las variables a controlar

Variable	Parámetro
Caudales, temperatura, pH y V_{30}	Control
Oxígeno disuelto (OD)	Proceso

Los valores de los parámetros de control no tienen límites preestablecidos, estas variables dependen del funcionamiento de la planta.

El parámetro de proceso con variable de oxígeno disuelto presenta un rango de 1-1,5 ppm y dependerá de la temperatura, concentración de microorganismos y concentración de sólidos, este parámetro es controlado por el turbocompresor.

El tratamiento biológico (reactores biológicos) es la etapa más importante de la línea de agua y en general de una depuradora. Las variables de oxígeno disuelto y temperatura indican cómo está trabajando la planta, aunque también es muy importante el control sensorial, mediante el olor y color del agua en el reactor podemos saber la calidad bacteriana y se puede tomar como un dato referencial y complementario a la analítica para tomar decisiones en su mejora.

Las variables de pH y temperatura para el digestor son las más importantes en línea de fangos. Se ingresan al parte mensual los registros de las temperaturas de los fangos

biológicos 2, 3 y digestores 1 y 2. También se ingresa la V_{30} del fango biológico 2, 3 y el fango recirculado.

4.1.9.- Envío de resultados

No hay envío de resultados de la EDAR de Palencia, que se gestiona “in situ”. Para las restantes EDAR’s, se imprimen los resultados por duplicado para adjuntarlos a las cartas correspondientes para ser enviados al ayuntamiento al que pertenecen. Los de los polígonos se envían al mismo ayuntamiento que va la EDAR.

4.1.10.- Indicadores de gestión

De los numerosos parámetros registrados, a los efectos de valorar el rendimiento de las diferentes plantas de depuración, se consideran aparte un pequeño grupo de indicadores que resultan ser más relevantes para llevar a cabo el control técnico de las mismas. Tales “indicadores de gestión” son los siguientes:

- a) Caudales y control de consumo: Comprende los caudales, consumo de gasoil y agua potable. Dosificación del polielectrolito y $ClFe_3$.
- b) Carga de contaminantes: Se considera los siguientes parámetros para el agua residual y agua tratada: DBO_5 , DQO, SS y fango deshidratado.
- c) Lectura de energía y previsión de gastos: Comprende la energía consumida activa, reactiva y el maxímetro.
- d) Residuos: La depuradora produce diferentes tipos de residuos que tienen que ser gestionados por empresas externas. Estos residuos se observan en la Tabla Nº 5.

Tabla Nº5: Residuos producidos por la EDAR de Palencia

Instalación	Residuo
Desbaste EDAR	Desbaste de gruesos
	Desbaste de finos
	Desbaste de fangos primarios
Desarenado y desengrasado	Arenas gruesas
	Arenas finas

	Grasas
Deshidratación	Fangos

- e) Producción de energía por motogeneración: Energía activa generado por la combustión anaeróbica.

En relación con este punto, mi trabajo se ha limitado a los tres primeros indicadores, completando el control técnico de los dos primeros para la EDAR de Palencia y las lecturas de energía para todas las EDAR's.

4.1.10.1- Caudales

Los caudales que se consideran puntos de control en la EDAR de Palencia son los siguientes:

- Totalizador de caudal de entrada.
- Totalizador de caudal de salida
- Totalizador de caudal de recirculación externa del reactor biológico 2 y 3
- Totalizador de caudal de recirculación interna del reactor biológico 2 y 3
- Totalizador de caudal del fango primario
- Totalizador de caudal del digestor 1 y 2
- Totalizador de caudal de la centrifuga 1 y 2
- Totalizador de caudal del biogás

Para las restantes EDAR's el control de los caudales va a depender de si la depuradora cuenta exclusivamente con línea de agua o también tiene línea de fango. En el primer caso se controla el caudal de entrada y salida, en el segundo se controla además el caudal de fango recirculado, caudal de fango en exceso y caudal de fango deshidratado.

4.1.10.2- Indicadores de carga de contaminantes

Diariamente estos parámetros o indicadores se ingresan al parte mensual de la EDAR de Palencia. En la tabla Nº 6, se observan los indicadores de contaminación obtenidos de los informes de laboratorio de Valladolid:

Tabla N° 6: Indicadores de contaminación en la EDAR de Palencia

EDAR	Punto de muestreo	Periodo	Parámetros
Palencia	Entrada y salida	Diario	DQO, DBO ₅ , SST, SSV, conductividad y pH
		Semanal	Nitrógeno total, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, ortofosfatos y fósforo total
		Bimensual	Sulfatos
		Mensual	Detergentes y grasas
	Entrada decantación	Diario	pH, conductividad, DQO y SST
	Salida decantación	Diario	DQO, DBO ₅ , SST, SSV, conductividad y pH
	Reactor Biológico 2	Diario	SST y SSV
	Reactor Biológico 3	Diario	SST y SSV
	Fangos primario, espesado, mezclado y rotamat	Diario	ST, SV y pH
	Digestor 1 y 2	Diario	ST, SV y pH
		Bimensual	Alcalinidad y Ácidos grasos volátiles (AGV)
	Fango Tampón	Cuando llene al	ST, SV y pH
	Fango deshidratado	90%	% ST y % SV/ST
	Biogás	Mensual	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S y el Poder Calorífico inferior (PCI)
Agua de torre de refrigeración	Mensual	Microbiología y fisicoquímico	

Tras conocer los indicadores de carga, se procede a realizar los siguientes cálculos:

- La biodegradabilidad DBO_5/DQO , la carga $kg/día$ de DBO_5 y DQO del agua de entrada. El porcentaje de reducción o rendimiento para $\%DBO$, $\%DQO$ y $\%SST$.
- La relación $\%SV/ST$, $FM\ kg\ DBO_5/kg\ SSV\ d$, índice volumétrico de fangos IVF del fango biológico 2 y 3.
- La relación $\%SV/ST$ para los fangos primario, espesado, rotamat, mezclado, digestores 1 y 2.
- La carga $kg\ SV/d$, la relación de $AGV/Alcalinidad$ y el $\%$ de eliminación de SSV , para el digestor 1 y 2.

Posteriormente, se establecen indicadores de eficiencia para determinar los no conformes. Estos indicadores comprenden los siguientes parámetros: DQO , DBO_5 , SS , nitrógeno, fósforo y amonio para el afluente y efluente, y $\%ST$ para el fango deshidratado.

Se ingresa los resultados del biogás enviados mensualmente al laboratorio externo.

Finalmente, se completan las cargas contaminantes DBO_5 , DQO , SS y fango deshidratado en “el control técnico”, para llevar un control mensual del proceso en la depuradora.

Para las otras EDAR’s, se ingresa los parámetros obtenidos de los informes de laboratorio de Valladolid en el resumen mensual de cada EDAR. En la tabla N° 7 se mencionan los parámetros a ingresar para las diferentes EDAR’s de la zona de Palencia y Burgos.

Tabla N° 7: Control de parámetros para las EDAR’s de la zona de Palencia y Burgos

EDAR	Punto de muestreo	Período	Parámetros
Zona de Palencia y Burgos	Entrada y salida	Semanal, bimensual o mensual	DQO , DBO_5 , SS , conductividad, pH , nitrógeno total, fosforo total, nitratos, nitritos, amonio, detergentes y grasas
		Semestral y anual	Detergentes y grasas
	Fango digestor	Semanal	ST , SV y pH
	Fango deshidratado	Semanal	$\%ST$ y $\%SV$

- Se calcula el porcentaje de reducción denominado rendimiento para $\%DBO$, $\%DQO$, $\%SST$ y la relación $\%SV/ST$ para el fango digestor.

- Se establecen indicadores de eficiencia para determinar los no conformes para el DQO, DBO₅, SS, nitrógeno, fósforo y amonio del agua tratada y % ST para el fango deshidratado.
- Se completa en otro registro de excel, las “Medias mensuales” de cargas contaminantes del afluente y efluente de cada EDAR, el cual servirá para llevar un control de la eficiencia mensual o rendimiento mensual.
- En la EDAR de Villamuriel se mide el oxígeno disuelto al agua de entrada antes de enviar la muestra al laboratorio Valladolid para su análisis físico-químico completo.
- Se completa en el “Control técnico mensual”, las medias de las cargas contaminantes DBO₅, DQO, SS y fango deshidratado.
- Al finalizar el mes se reciben todos los informes impresos con sus respectivos sellos, enviados por el laboratorio de Valladolid. Estos informes son archivados para posibles auditorías de calidad. También envían la facturación de los análisis, los cuales tienen que revisarse para ver si coinciden con los análisis realizados, cuando no hay coincidencia se procede a realizar el reclamo correspondiente.

4.1.10.3- Lectura de energía de las diferentes EDAR´s de Palencia y Burgos

Se determina el consumo eléctrico que tiene lugar en la planta depuradora, es decir, todo consumo necesario directa o indirectamente para llevar a cabo el proceso de depuración del agua residual.

- Diariamente se registra el consumo eléctrico de la margen derecha y de la planta. Se considera los siguientes términos: Energía activa (Kwh), energía reactiva (Kwh) y el maxímetro (kw) que registra la potencia.
- Cada depuradora presenta diferente tipo de facturación del consumo eléctrico, algunos registran la energía en 6 periodos y otros en los periodos punta, valle y llano.
- Se descargan las facturas escaneadas de todas las EDAR´s para realizar la comparación de consumos correspondiente en la misma fecha.
- Se compara los términos de energía activa, reactiva y potencia de la factura de electricidad con el registro que se realiza diariamente en la EDAR correspondiente, los valores en el registro y factura no siempre son los mismos, sin embargo, la diferencia del periodo de facturación deben ser iguales o muy parecidos. Si al comparar la factura con el registro la diferencia es muy alta se presenta una queja a la empresa que abastece de luz.

- Posteriormente se utiliza el programa Contec “Control técnico del ciclo integral del agua”, el cual se observa en la figura N°2, con el fin de ingresar la facturación de todas las EDAR’s gestionadas por Aquagest en Palencia.
- El programa se encuentra ordenado por área técnica, zona de abastecimiento de Castilla y León y zona de Palencia.

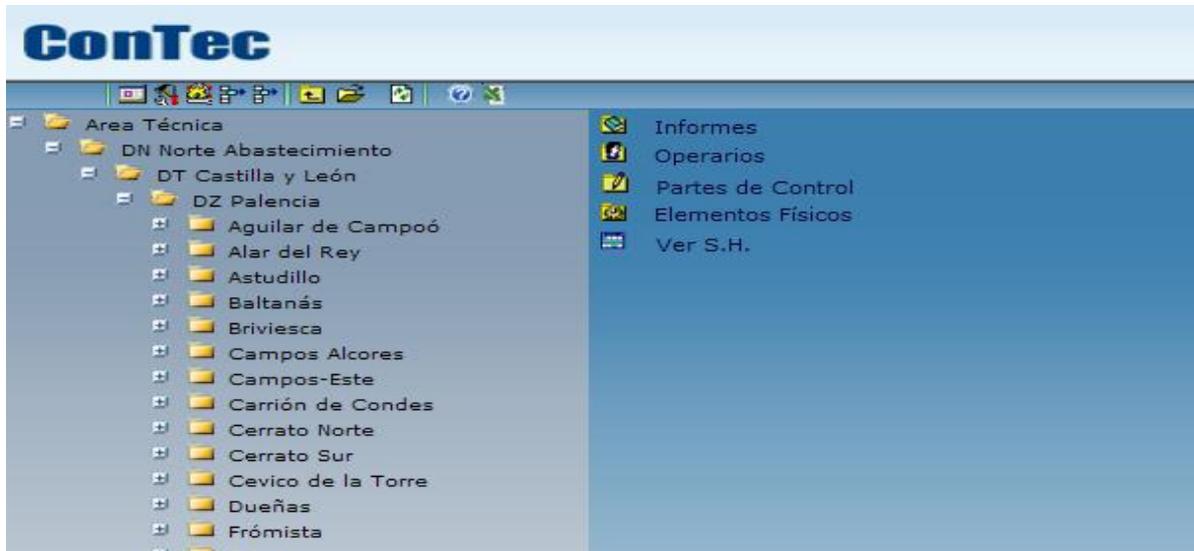


Figura N°2 : Pagina del Control técnico del ciclo integral del agua

- En la ventana de cada una de las EDAR’s se ubica la fecha a ingresar de la factura de electricidad y se incorporan los siguientes datos: Termino de potencia (euros), termino de energía activa (euros), termino de reactiva (euros), consumo total de activa Kwh y facturación importe total (euros). El termino de reactiva siempre es “cero”.
- Luego, de la misma factura, se ingresan en el registro de control técnico anual los siguientes datos: Periodo de facturación, termino de potencia kw (punta, valle y llano), termino de energía activa kw/h (punta, valle y llano), termino de reactiva (punta, valle y llano). Y finalmente, se ingresa el importe total de la factura sin el impuesto de valor añadido.

4.2.- Medida y control del nivel de biocida y del sulfhídrico

4.2.1.- Nivel de biocida para el agua de las torres de refrigeración

La EDAR de Palencia cuenta con dos torres de refrigeración; una torre principal y otra auxiliar. Ambas torres eliminan la energía calorífica del circuito de agua del motogenerador, mediante el enfriamiento del agua por las torres de refrigeración. Este aprovechamiento térmico servirá para la calefacción de los fangos.

El RD 865/2003, de 4 de junio, establece los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. Se menciona en él que una de las instalaciones con mayor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella sp.* son las torres de refrigeración. Por lo tanto, estas torres requieren de un mantenimiento que en este caso es realizado por una empresa externa inscrita en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas de la Comunidad Autónoma. Este mantenimiento es mensual o cada vez que haya una avería. El parámetro a controlar diariamente es el nivel de biocida de las torres y se realiza mediante un kit.

El biocida es un sólido que se usa para la desinfección de *Legionella sp.* y que se aplica directamente a las torres de refrigeración. Además del biocida se agregan antiincrustantes para evitar la incrustación de la cal en los serpentines.

Para iniciar el procedimiento del control diario, se utiliza el Kit biocida biovidrio: se llenan los dos frascos del equipo por la mitad, en un frasco se coloca el agua de aporte y en el otro frasco el agua de balsa a analizar. Se agrega a cada frasco 1 gota de molibdato amónico al 2%, reactivo que actúa como colorante, y se agita ligeramente. Se agrega una espátula con el hueco enrasado del reactivo 2 y otra espátula con el hueco enrasado del reactivo 3. Se agita y se deja desarrollar los colores durante unos tres minutos. La diferencia de coloración en torno al color azul se compara con la escala para saber los ppm del biocida residual. Una concentración igual o superior a 2,5 ppm nos indica que el biocida está actuando correctamente, que hay suficiente biocida, y si es menor a 2,5 ppm indica que le falta más biocida. Si no existe el viraje del punto, no quiere decir que el biocida no esté actuando, sino que existen interferencias para el test, como es la dureza y el pH del agua, entre otros.

Si las soluciones de ambos frasquitos viran al mismo color, se empezará el test de nuevo, pero tomando el doble de muestra, y se siguen todos los puntos anteriores. Si vuelven a virar lo mismo, indica que no hay biocida, ó que la concentración es muy baja, y por tanto es ineficaz, teniéndose que aumentar la concentración del biocida en el sistema.

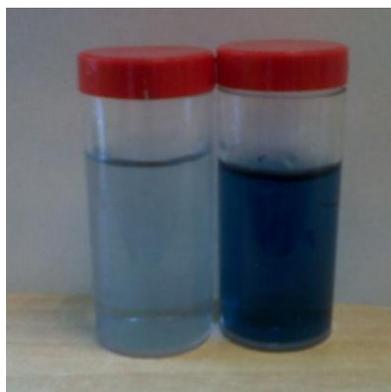


Figura N°3: Medida del nivel de biocida

4.2.2.- Control del sulfhídrico

Semanalmente se realiza un control de biogás procedente de la digestión anaeróbica, midiendo la concentración del ácido sulfhídrico (H_2S). Este es un componente altamente corrosivo, su presencia en el biogás (2000 a 5000 ppm) provoca corrosión en las tuberías, almacenamientos, quemadores, serpentines de caldera, en general, corrosión en cualquier elemento metálico de la instalación.

Con el fin de reducir la presencia de H_2S en el biogás, existen varios métodos de desulfuración siendo los más extendidos la adición de $ClFe_3$ en el digestor.

El control se realiza internamente utilizando un sistema convencional con tubos Draeger que permiten la detección de H_2S así como su concentración en partes por millón (ppm), lo que sirve para evaluar la correcta dosificación de $ClFe_3$. Si el valor es mayor de 300 ppm se agrega más $ClFe_3$ y si es menor de 200 ppm se reduce la dosificación de $ClFe_3$. Por otra parte, para realizar un análisis completo del biogás, se envía una muestra mensual a un laboratorio externo (preferentemente cuando la concentración se encuentra entre 200 ppm) en bolsas Tedlar rotuladas.

Los parámetros que se solicitan analizar de la muestra de biogás son: humedad, densidad, poder calorífico superior e inferior y componentes del mismo; entre estos, tenemos: metano, etano, propano, n-butano, isobutano, n-pentano, isopentano, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, CO, CO_2 , hexano, azufre, mercaptano, H_2S . De todos ellos, los más importantes se incorporan en el parte mensual: CH_4 , CO_2 , H_2S y el PCI.



Figura N° 4: Control del sulfhídrico

4.3.- Control de Vertidos en Industrias

Es una de las funciones básicas desarrolladas por la Confederación Hidrográfica del Duero para el mantenimiento y consecución de los objetivos de calidad y medioambientales de las

masas de agua en la cuenca del Duero. Su objetivo principal es preservar las aguas continentales de los vertidos de aguas o productos residuales contaminantes, de forma que se mantengan unos niveles de calidad acordes con los objetivos marcados en el Plan Hidrológico de cuenca, compatibles con los usos y aprovechamientos de este recurso en cada tramo de río.

4.3.1.- Plan de muestreo

Aquagest de Palencia es la encargada de gestionar el control de vertido de las industrias alimentarias que tengan autorización de vertido. La toma de muestra e inspección de vertidos de aguas residuales en empresa se realiza según lo establecido en el calendario anual, previamente se solicitará al laboratorio de Valladolid una orden de análisis y un código de barras para etiquetar las muestras.

La toma de muestra lo realiza el personal responsable de la EDAR más cercana a la empresa o un personal de Aquagest de Palencia, adjuntando el acta de constancia y toma de muestra de vertidos de empresa. Los datos que se requieren completar son: El nombre de empresa, persona que toma la muestra, fecha, hora, lugar, municipio, tipo de muestra, cantidad de muestra y observaciones.

Posteriormente se envía la muestra al laboratorio. En la tabla N°8, se menciona a que zonas se realiza el control de vertidos.

Tabla N° 8: Control de vertido que realiza Aquagest en Palencia

Zona de Palencia	Control de vertido
Fuentes de Valdepero	5 industrias alimentarias
Aguilar del Campoo	2 industrias alimentarias
Venta de Baños	9 industrias alimentarias
Herrera de Pisuerga	2 industrias alimentarias

4.3.2.- Punto de muestreo

Para el control de vertido en industria sólo se realiza análisis al agua bruta que es lo que sale de la industria con destino a la cuenca del Duero. En la tabla N°9, se observa el punto de muestreo, tipo y cantidad de muestra que se realiza a las industrias para el control de vertidos en la zona.

Tabla N°9: Punto de muestreo para el control de vertido en industria

Muestra	Punto de muestreo	Tipo de muestra	Tomamuestras	Cantidad (ml)
Agua bruta	Arqueta de la industria.	Puntual	Manual	1000

Previamente se avisa al responsable de la empresa. Se coge la muestra en una jarra, se homogeniza y se procede a repartir la muestra en 3 envases de un litro cada uno, se precintan y se etiquetan. Uno de ellos se entrega al representante de la empresa y los otros dos se envían al laboratorio de Valladolid. La frecuencia lo establece el calendario de muestreo. Se rellena un acta, firma el representante de la empresa y se le entrega una copia del acta. Y otra acta se lleva a la EDAR de Palencia para ser archivada con el resultado.

4.3.3.- Envío de resultados

El laboratorio de Valladolid envía los resultados a la página de “Labaqua”, posteriormente se descargan y se juntan todos los resultados de las industrias muestreadas pertenecientes al mismo ayuntamiento y se envían al jefe de planta por correo. Se procede más tarde a imprimir los resultados para adjuntarlos a su respectiva acta y el jefe de planta realiza un informe con las observaciones encontradas para poder enviarlo por vía correo electrónico al ayuntamiento al que pertenece las industrias.

4.3.4.- Criterio de aceptabilidad

Estos criterios varían de acuerdo a la ubicación de la empresa, estos parámetros son establecidos por el ayuntamiento según las autorizaciones de vertido mencionadas anteriormente en el punto 4.1.6.

Los parámetros a solicitar al laboratorio para el control de vertidos de todas las industrias son los siguientes: DQO, DBO₅, SST, pH, conductividad, aceites y grasas. Y en algunos casos dependiendo del proceso alimentario que realicen además puede solicitarse: Cloruros, N-amoniaco, Nitrógeno total y fósforo total

5.- Discusión y juicio crítico

Siendo las de gestión, las principales actividades que he llevado a cabo durante mi estancia en Aquagest Palencia, he podido conocer la metodología general que desarrolla la empresa en el tratamiento de aguas, los valores de los principales parámetros y el proceso de las diferentes EDAR. A través de esta información es posible extraer algunas conclusiones que afectan tanto al funcionamiento general de las plantas, así como, a la metodología analítica, que se recoge en este apartado.

Para el funcionamiento general de las plantas, caben resaltar las siguientes conclusiones:

- Respecto a la gestión de los parámetros mensuales de SS, DBO₅ y DQO, se consigue una notable reducción de estos contaminantes a lo largo del tratamiento, no llegando nunca a superar, en el efluente, los valores marcados por la legislación.
- Debido a que en la legislación no se registra un límite para los nitratos y nitritos nos centramos en los resultados obtenidos de nitrógeno total, en el que se incluyen las diferentes formas de nitrógeno.
- En cuanto a la deshidratación de los fangos mediante el uso de centrifugas, cabe destacar las reducciones que se consiguen de sólidos volátiles y los valores que se obtienen de sequedad, cumpliendo con los valores marcados por la legislación.
- La variabilidad de pH y conductividad van a depender del afluente de la EDAR, porque está integrado por descargas de aguas residuales, tanto de tipo doméstico como industrial. Los factores comunes son los cambios en los valores de salida de ambas variables, sin embargo, están dentro de los parámetros establecidos por la legislación.
- El tratamiento que se realiza en la planta es un proceso biológico de fangos activos, considerada como una técnica económica porque reduce el consumo de energía eléctrica y ecológica porque es más respetuosa con el medio ambiente transformando los contaminantes del agua mediante microorganismos para generar biogás. Sin embargo, el fango activo es muy sensible a las alteraciones de proceso, por lo tanto, también es considerada una tecnología problemática, que requiere de personal cualificado.

Respecto a la metodología analítica, se pueden indicar las siguientes conclusiones:

- La conservación de muestras es un factor muy importante porque influyen en los resultados analíticos cuando las muestras son tomadas un viernes. Estas son almacenadas bajo refrigeración hasta el día lunes; esta espera debe corregirse, ya que la degradación de una muestra de aguas residuales es mucho más rápida que una muestra de agua limpia. Por lo tanto, se sugiere reprogramar las muestras del día viernes para evitar la alteración y demora de resultados.
- Se considera conveniente la presencia de un laboratorio en la propia EDAR de Palencia (con el que se contaba hasta mayo del presente año) porque con ello se llevaba un control diario más eficiente. La entrega de resultados del laboratorio de Valladolid se tarda muchos días debido a la cantidad de clientes que maneja, por lo que recientemente se ha saturado la gestión de resultados. Esta demora no permite controlar los problemas internos en las plantas. Por lo tanto, esta forma de trabajo no optimiza el funcionamiento de la depuradora. Sin embargo, ante el hipotético caso de

reabrir el laboratorio propio, se considera también necesario el envío de las muestras a un laboratorio certificado, para validar los análisis realizados en planta.

- Los resultados más importantes para la depuradora son los obtenidos del reactor biológico, sin embargo, estos resultados tardan en llegar; su retraso es de aproximadamente una semana y esto es un factor negativo ya que no se puede medir en tiempo real si la planta presenta un problema, porque a la fecha de recibir el resultado, el fango podría haberse lavado o haberse perdido materia orgánica.
- Otro resultado importante de los puntos de muestreos, son los relacionados con el parámetro de la DBO₅ que demoran en emitirse 10 días aproximadamente, sin embargo, deberían tardar 6 días, por el tipo de análisis que se realiza.
- Por último, se han observado algunos resultados muy distantes a los valores de la media mensual o poco coherentes con el funcionamiento diario de las diferentes plantas. Esto se debió a posibles errores realizados por algunos operarios al tomar las muestras por falta de familiarización con el nuevo sistema, por ser personal nuevo no capacitado o por presentar alguna avería en la planta y no haber sido informada al jefe de planta de Aquagest Palencia.
- Otros errores fueron cometidos en el laboratorio de Valladolid al ingresar los resultados en el sistema. Una de las razones fue el no encontrarse familiarizados con las zonas y tipos de análisis, a pesar de contar con la calendarización de las diferentes EDAR's. Por ese motivo se presentaron algunas reclamaciones; las cuales fueron justificadas, ya que al inicio, el laboratorio de Valladolid no daba abasto con las muestras de las diferentes EDAR's de Castilla y León. El laboratorio procedió a atender las reclamaciones enviando informes corregidos, aunque algunos quedaron sin ser atendidas.

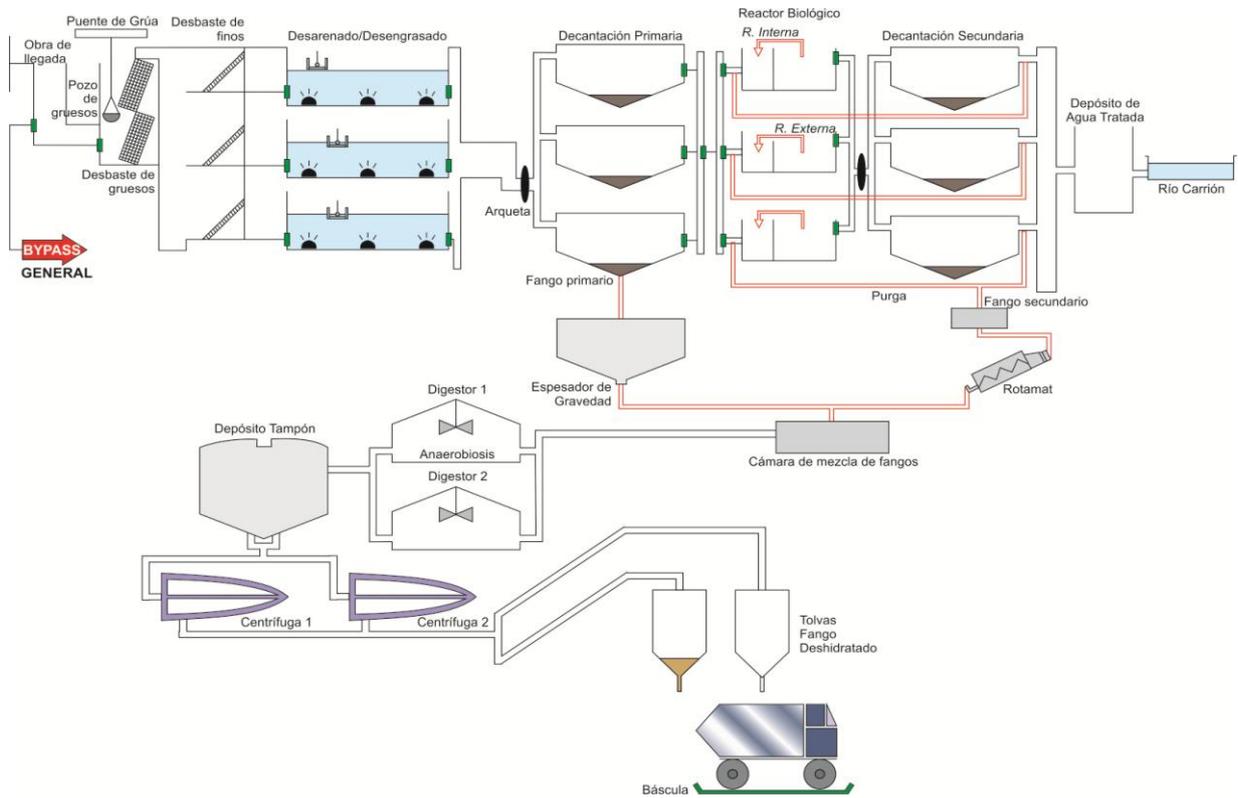
6.- Bibliografía

- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
http://www.apdr.info/documentos/rd_509_1996_aru.pdf
- REAL DECRETO 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
<http://www.boe.es/boe/dias/1998/10/20/pdfs/A34635-34636.pdf>

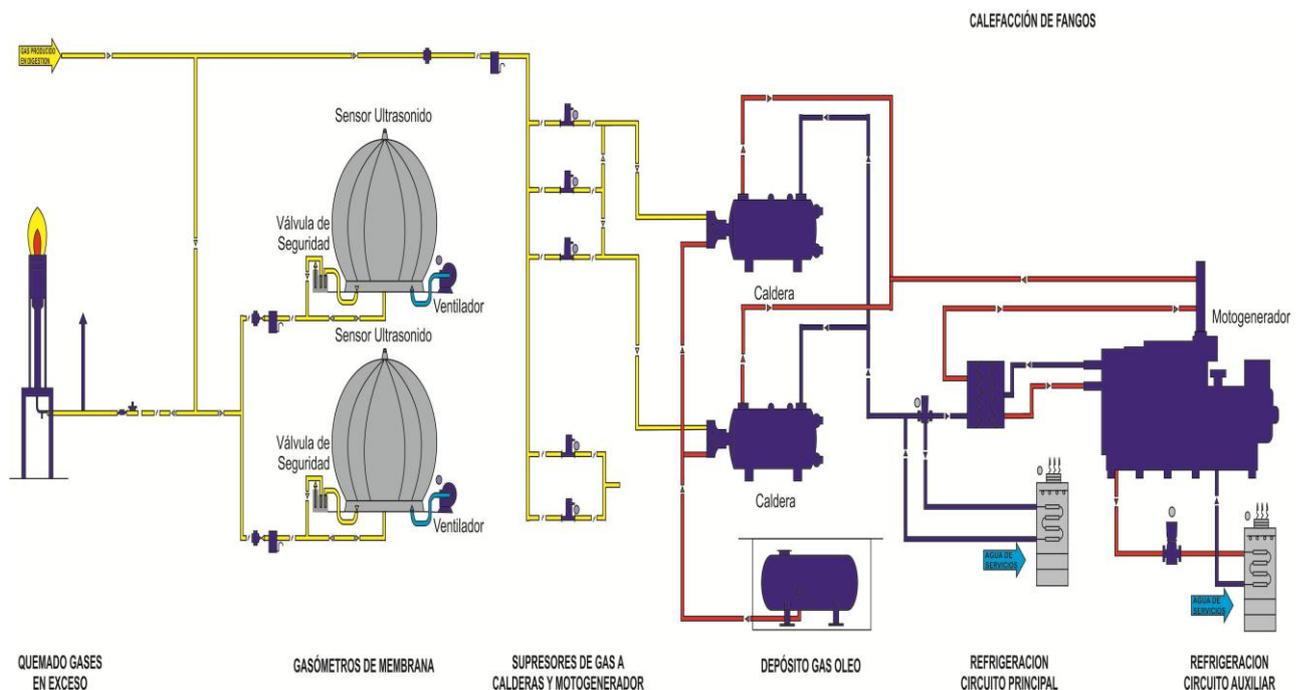
- REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
<http://www.boe.es/boe/dias/2003/07/18/pdfs/A28055-28069.pdf>
- Manual de operaciones en planta de la EDAR Palencia MOEPA Rev 1, 05/02/10
- Toma de muestras en EDAR Palencia ITE-T/R 05 Rev 1 02/06/2009
- EDAR Palencia.
http://www.dracemedioambiente.com/pdf/DMA_PALENCIA_W.PDF
- Test del biocida residual
<http://www.biovidrio.com/legionella-biocidas/biovidrio-0>
- Medida del sulfhídrico
http://www.draeger.com/media/10/08/30/10083054/tubeshandbook_br_es.pdf

7.- Anexos

Anexo I: Diagrama de Bloques de las líneas de agua y fango



Anexo II: Diagrama de Bloques de las línea de gas



Anexo III: Panorámica de la Estación depuradora de las aguas residuales de Palencia



Anexo IV: Registros de agua bruta y agua tratada de la Estación depuradora de aguas residuales de Palencia

 Aquagest		REGISTRO: PARTE ANALITICA MENSUAL (1)																			
EDAR: PALENCIA		Realizado por: Jefe de Planta															Firma:				
Periodo: ago-12																					
		AGUA BRUTA																			
FECHA	Q pretrat. m ³ /d	pH	SST mg/L	SSV mg/L	Cond. μS/cm	DBO ₅ mg/L	DQO mg/L	DBO ₅ /DQO %	N _{TOTAL} mg/L	N-NO ₃ mg/L	N-NO ₂ mg/L	N-NH ₃ mg/L	P-PO ₄ mg/L	P _{TOTAL} mg/L	S-SO ₄ mg/L	Deterg. mg/L	Grasas mg/L	Carga kg DQO/d	Carga kg DBO ₅ /d		
01-ago	#####							0,0													
02-ago	0							0,0													
03-ago	0							0,0													
04-ago	0							0,0													
 Aquagest		REGISTRO: PARTE ANALITICA MENSUAL (3)																			
EDAR: PALENCIA		Realizado por: Jefe de Planta															Firma:				
Periodo: ago-12																					
		SALIDA AGUA TRATADA																			
FECHA	Q salida m ³ /d	pH	SST mg/L	SSV mg/L	Rdto. elim % SST	Cond. μS/cm	DBO ₅ mg/L	DQO mg/L	Rdto. elim % DQO	Rdto. elim % DBO ₅	N-NO ₃ mg/L	N-NO ₂ mg/L	N-NH ₃ mg/L	P-PO ₄ mg/L	P _{TOTAL} mg/L	N _{TOTAL} mg/L	S-SO ₄ mg/L	Deterg. mg/L	Grasas mg/L	Rdto. elim % N _{TOTAL}	
01-ago	-36.935.963				0,0				0,0	0,0											0,0
02-ago	0				0,0				0,0	0,0											0,0
03-ago	0				0,0				0,0	0,0											0,0
04-ago	0				0,0				0,0	0,0											0,0