



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESOR DE EDUCACIÓN SECUNDA-
RIA OBLIGATORIA, BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y
ENSEÑANZA DE IDIOMAS

ESPECIALIDAD DE FÍSICA Y QUÍMICA

*Visita a una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) como
recurso didáctico en la asignatura de Física y Química*

*Visit to a wastewater treatment plant as a didactic resource in the
subject of Physics and Chemistry*

Autor: Manuel Quintás Mosquera
Tutora: María Dolores Merchán Moreno

Curso 2022/2023
En Salamanca a 5 de junio de 2023

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
FACULTAD DE EDUCACIÓN

“Visita a una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) como recurso didáctico en la asignatura de Física y Química”.

Trabajo de Fin del Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, especialidad: Física y Química.



Fdo: Manuel Quintás Mosquera

Fdo: María Dolores Merchán Moreno

En Salamanca a 5 de junio de 2023

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	6
1. Introducción.....	8
2. Objetivos.....	11
3. Las visitas técnicas como recurso educativo	12
3.1. Visita didáctica a una EDAR	13
3.2. Descripción de la EDAR de Salamanca.....	14
3.3. Procesos y secciones de una EDAR.....	15
3.4. Organización y visita a la EDAR.....	17
4. Elección del curso, justificación y contextualización.....	18
4.1. Elección del curso y justificación.....	18
4.2. Contextualización del instituto.....	19
5. Transversalidad y relación con otras materias.....	20
6. Propuesta pedagógica	22
6.1. Marco legal.....	22
6.1.1. Competencias clave	22
6.1.2. Contenidos	24
6.1.3. Competencias específicas	25
6.1.4. Criterios de evaluación	26
6.2. Metodología de trabajo propuesta	27
6.2.1. Relación con los ODS.....	30
6.3. Descripción de las actividades diseñadas.....	32
6.3.1. Actividad 1: Características de la EDAR de Salamanca	32
6.3.2. Actividad 2, compuestos químicos en una EDAR.....	32
6.3.3. Actividad 3, la energía en una EDAR.....	33
6.3.4. Actividad 4, práctica 1	34
6.3.5. Actividad 5, práctica 2	34
6.3.6. Actividad 6, reacciones químicas en una EDAR.....	35
6.3.7. Actividad 7, visita a la instalación	35
6.4. Evaluación.....	37
7. Conclusiones.....	40
8. Bibliografía.....	41
ANEXOS.....	1
Anexo 0: Descripción técnica de la EDAR ampliada para el docente	2

Anexo 1: Ficha 1, características de la EDAR de Salamanca	9
Anexo 2: Ficha 2, compuestos químicos en una EDAR	11
Anexo 3: Ficha 3, la energía en una EDAR	13
Anexo 4: Práctica 1	15
Anexo 5: Práctica 2	18
Anexo 6: Ficha 4, reacciones químicas en una EDAR	21
Anexo 7: Presentación de diapositivas	23
Anexo 8: Plantilla para el desarrollo del dossier	24
Anexo 9: Cuestionario	25
Anexo 10: Rúbrica para evaluar el dossier	26
Anexo 11: Rúbrica para evaluar el comportamiento y la actitud en la visita	29
Anexo 12: Encuesta de satisfacción	31

Índice de tablas

Tabla 1. Contenidos de Física y química en 4º de ESO (Junta de Castilla y León, 2022)

Tabla 2. Relación entre contenidos, actividades y fichas

Tabla 3. Cronograma de las actividades

Tabla 4. Relación con las competencias clave

Tabla 5. Sistema de calificación del 1º y 2º trimestre

Tabla 6. Sistema de calificación de la 3ª evaluación 4º ESO

Tabla 7. Sistema de calificación de la visita

Tabla 8. Rúbrica para evaluar el dossier

Tabla 9. Rúbrica para evaluar la actitud y el comportamiento en la visita

Resumen

En este Trabajo de Fin del Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, se presenta una visita a una estación depuradora de aguas residuales, en concreto la de Salamanca, como recurso didáctico. Esta se empleará como ejemplo para basar una propuesta didáctica donde se reforzarán y ampliarán los contenidos establecidos en el Decreto 39/2022 [Junta de Castilla y León]. Por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. 29 de septiembre de 2022. Con esta propuesta se intentará exponer cómo es posible relacionar los contenidos del currículum de la ESO con los medios y herramientas de los que dispone una instalación de este tipo, los cuales pueden ser empleados para que los alumnos comprendan y vean aspectos del temario. También se aprovechará la actividad para resaltar que la docencia no debe limitarse solamente al ámbito escolar, sino que es interesante que los alumnos salgan a ver y a experimentar en el mundo real.

Palabras clave: visita EDAR, recurso didáctico, física y química, propuesta didáctica

Abstract

In this final Project of the Master's degree in Compulsory Secondary Education and High School, Vocational Training and Language Teaching, a wastewater treatment facility is presented as a didactic resource, and specifically Salamanca's wastewater treatment facility. This facility will be taken as reference to base a teaching proposal where there will be reinforced and extended the contents established on Decreto 39/2022 [Junta de Castilla y León]. Por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. 29 de septiembre de 2022. This way we will try to present how can be possible to relate the curricular contents from CSE with the resources and tools offered by this kind of installations and how they can be used to help the students understand and see things related and explained at classroom. We will also emphasize that teaching must not limit to the scholar ambit but it's necessary that the students came out and learn in the real world.

Key words: wastewater treatment facility visit, didactic resource, physics and chemistry, didactic proposal



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

D. Manuel Quintás Mosquera, con DNI . matriculado en la Titulación de
Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas, en la especialidad de Física y química **Declaro**
que he redactado el Trabajo Fin de Máster titulado
“Visita a una estación depuradora de agua residuales (EDAR) como recurso didáctico en
la asignatura de Física y química”
del curso académico 2022/2023 de forma autónoma, con la ayuda de las fuentes y
la literatura citadas en la bibliografía, y que he identificado como tales todas las
partes tomadas de las fuentes y de la literatura indicada, textualmente o conforme
a su sentido.

En Salamanca, a 5 de junio de 2023

Firmado por QUINTAS MOSQUERA MANUEL
LUIS - ***0545** el día 05/06/2023 con un
certificado emitido por AC FNMT Usuarios

Fdo.: Manuel Quintás Mosquera

1. Introducción

El presente trabajo de fin de máster se centra en desarrollar una propuesta didáctica sobre una visita didáctica a una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) como recurso didáctico en la asignatura de *Física y química* de 4º de la ESO.

Las visitas didácticas en la educación se llevan empleando en las asignaturas de *Física y química* desde los inicios de esta disciplina en la antigua Grecia. Los docentes consideraban que esta era una forma idónea de que los alumnos aprendieran fuera de las aulas ampliando y reforzando los contenidos que en ellas vieron. ¿Quién no recuerda en la película de José Luis Cuerda titulada “*La lengua de las mariposas*” las veces que el maestro llevaba a sus alumnos al campo y les prometía que cuando consiguiera un microscopio les enseñaría el órgano del insecto que da nombre a la película? (Cuerda, 1999)

El origen de las visitas didácticas se remonta a la antigüedad, cuando tanto los maestros como los filósofos reconocieron la importancia de la experiencia directa para el aprendizaje. En la antigua Grecia era algo común que los maestros acompañasen a sus estudiantes y discípulos a visitar lugares emblemáticos como el Ágora o los templos para aprender sobre disciplinas como la política, la filosofía y la cultura.

Sin embargo, el reconocimiento formal de las visitas didácticas como recurso educativo no se produjo hasta el siglo XVIII, durante la época conocida como la Ilustración, cuando el naturalista y científico sueco Carl Linnaeus introdujo el uso de las expediciones botánicas como una forma de enseñanza práctica. Linnaeus llevaba a sus estudiantes a explorar la naturaleza en su entorno natural, lo que les permitía familiarizarse con la diversidad de especies vegetales, aprendiendo a reconocerlas y poder así comprender la importancia de la clasificación científica (Manning, 2009).

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, el movimiento de la educación progresista liderado por pedagogos como John Dewey influyó significativamente en el desarrollo de las visitas didácticas. Dewey argumentaba que el aprendizaje debía ser relevante y basado en la experiencia, por lo tanto, veía y defendía las visitas de campo como una forma de aprendizaje activo y significativo (Dewey, 1907).

En sus obras “*The School and Society*” (1907) y “*How We Think*” (1910), Dewey defendió la importancia de las excursiones y las visitas pedagógicas a lugares de interés como una forma de conectar la escuela con el mundo exterior real. Según Dewey, estas experiencias permitían a los estudiantes desarrollar habilidades de observación, razonamiento crítico y pensamiento reflexivo (Dewey, 1907).

A lo largo del siglo XX, las visitas didácticas experimentaron un crecimiento y una consolidación significativa, convirtiéndose en una práctica común en la educación a nivel mundial. Su aplicación se extendió a diversas disciplinas académicas, como la historia, la ciencia, el arte y la geografía, entre otras. La incorporación de las visitas didácticas en estos campos se basaba en la premisa de enriquecer la enseñanza teórica con experiencias prácticas y tangibles. Fue en este periodo cuando las visitas didácticas se establecieron como una práctica educativa ampliamente adoptada en diversas disciplinas. Su valor radica en su capacidad para conectar la teoría

con la práctica, permitiendo a los estudiantes adquirir conocimientos de manera vivencial y significativa. Estas experiencias enriquecedoras fortalecen la motivación, el compromiso y el aprendizaje holístico de los estudiantes, preparándolos para enfrentar los desafíos del mundo real. (Eames, 2015)

En el ámbito de la historia, por ejemplo, las visitas a museos, monumentos históricos y sitios arqueológicos permiten a los estudiantes sumergirse en el pasado, explorar artefactos auténticos y apreciar el contexto histórico de primera mano. Estas prácticas no solo brindan un mayor significado a los eventos y períodos estudiados, sino que también fomentan una conexión emocional con el pasado despertando a la vez el interés por la historia.

En el campo de la ciencia, las visitas didácticas a laboratorios, centros de investigación y parques científicos ofrecen a los estudiantes la oportunidad de participar en experimentos prácticos, observar fenómenos científicos y aprender directamente de expertos en el campo. Las actividades de este tipo refuerzan, además de los conceptos teóricos aprendidos en el aula, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la curiosidad científica.

En cuanto al arte, las visitas a galerías de arte, exposiciones y estudios de artistas permiten a los estudiantes apreciar obras maestras, explorar diferentes estilos y técnicas artísticas, y comprender el arte y el significado cultural de las distintas obras y técnicas. Con este tipo de experiencias visuales y sensoriales se estimula la creatividad, la apreciación estética y el pensamiento analítico en relación con el arte.

Asimismo, en el campo de la geografía, las visitas a paisajes naturales, parques nacionales y áreas geográficas de interés brindan a los estudiantes la oportunidad de observar fenómenos geográficos, analizar los procesos naturales en acción y comprender mejor la interacción entre el ser humano y el entorno. Con estas salidas de campo se logra fomentar una comprensión más profunda de los conceptos geográficos y desarrollar la conciencia ambiental.

En la actualidad, el avance de la tecnología ha ampliado las posibilidades de las visitas didácticas. Las visitas virtuales, los laboratorios virtuales y las simulaciones interactivas permiten a los estudiantes explorar lugares y realizar experimentos que de otra manera serían inaccesibles. Estos recursos tecnológicos han abierto nuevas oportunidades para el aprendizaje práctico y han facilitado la inclusión de visitas didácticas en entornos educativos con limitaciones de recursos o logísticas (Lai & Chen, 2020).

En resumen, a lo largo de la historia, las visitas didácticas han evolucionado desde su reconocimiento informal en la antigüedad hasta convertirse en una práctica educativa establecida. La influencia de pensadores como Carl Linnaeus y John Dewey ha contribuido a su desarrollo y a la comprensión de su valor en la educación. Hoy en día, las visitas didácticas continúan desempeñando un papel fundamental en el aprendizaje activo y en la conexión de los estudiantes con el mundo real.

Las EDAR son unas infraestructuras cruciales para el tratamiento de las aguas residuales y su posterior vertido al medio ambiente. A través de la visita a estas instalaciones, los alumnos pueden comprender de manera práctica cómo se llevan a cabo los procesos químicos, físicos y biológicos necesarios para el tratamiento del agua residual, así como la importancia de preservar el medio ambiente y evitar la contaminación.

Se intentará que esta experiencia ayude a los estudiantes a comprender mejor algunos conceptos abstractos de la física, la química y la biología como la cinética química y biológica, la termodinámica, la electroquímica o el ciclo del agua. En este trabajo se propondrán diferentes estrategias para implementar y desarrollar, además se analizará la efectividad de la metodología didáctica planteada en una visita de este tipo.

Por último, merece la pena destacar la transversalidad, pues en el Decreto 39/2022 [Junta de Castilla y León], por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. 29 de septiembre de 2022, se indica que se garantizará la transmisión al alumnado de los valores y las oportunidades de la Comunidad de Castilla y León, como una opción favorable para su desarrollo personal y profesional por ello se decide aprovechar la visita a una instalación que se encuentra próximo a sus casas para que se den cuenta de una de las oportunidades que se les ofrece en Salamanca y más en concreto en la USAL como es el estudio del Grado en Ingeniería Química que les permitirá poder trabajar en una instalación de ese tipo y colaborar con su comunidad en la depuración del agua y asegurar de esta forma que no se libera al ambiente agua contaminada permitiendo disponer de este recurso cuidando al medio ambiente y las especies que nos rodean.

2. Objetivos

El presente trabajo de Fin de Máster se desarrolla con el fin de alcanzar y perseguir los siguientes objetivos:

- Analizar los principios físicos y químicos involucrados en el proceso de tratamiento de las aguas residuales en una EDAR.
- Comprender cómo se aplican los conceptos teóricos de la física y la química en la depuración del agua y cómo influyen en el resultado final.
- Investigar los diferentes métodos y tecnologías utilizados en una EDAR para el tratamiento de las aguas residuales.
- Explorar las diferentes etapas del proceso de depuración y comprender cómo se emplean los principios físicos y químicos en cada una de ellas
- Desarrollar cómo se puede emplear una visita a una EDAR como recurso didáctico, para impartir y afianzar contenidos relacionados con la asignatura de *Física y química* de 4º ESO y que los alumnos se den cuenta que lo que se imparte dentro del centro se aplica en la vida real en procesos que nos permiten depurar y potabilizar el agua.
- Llevar al alumno a situaciones y contextos reales en los cuales pueden entrar en contacto con otros recursos, permitiendo que puedan ver una instalación real con los procesos que en ella tienen lugar
- Programar y preparar una visita técnica a la EDAR en la que se depura y purifica el agua residual de Salamanca recogida en la programación didáctica de 4º curso de la ESO.

3. Las visitas técnicas como recurso educativo

Las visitas técnicas o salidas pedagógicas se ligaron siempre a movimientos de renovación y actualización pedagógica que buscan relacionar los contenidos explicados en el aula con la realidad. Esto es debido a que con las salidas podemos romper la monotonía, algo que siempre suele resultar positivo. Las salidas fomentan que los alumnos se planteen preguntas, desarrollen nuevos intereses hacia distintos aspectos relacionados con lo que están viendo, permiten trabajar contenidos de carácter actitudinal y favorecen la socialización tanto entre los propios alumnos como con el propio docente. Además, en multitud de situaciones si la visita es dirigida y presentada por un experto el docente también aprende (Medir, 2003).

Las salidas pedagógicas presentan gran cantidad de ventajas aparte de las que ya se describieron en el párrafo anterior. Primero destacar que estas actividades les conceden a los estudiantes la oportunidad de ver cómo se aplican los conocimientos teóricos en la práctica, pudiendo presenciar procesos reales, manipular equipos y materiales o participar en demostraciones interactivas, lo que les ayuda a comprender mejor los conceptos y a relacionarlos con situaciones reales.

En segundo lugar, estas visitas despiertan el interés de los estudiantes al proporcionarles experiencias novedosas y emocionantes, además al presenciar de cerca cómo funcionan las instalaciones y los procesos técnicos, los estudiantes pueden comprender mejor el contexto en el que se aplican los conceptos y teorías.

A continuación, comentar que, durante las salidas, los estudiantes tienen la oportunidad de interactuar con profesionales y expertos en el campo, pueden hacer preguntas, recibir orientación y aprender de la experiencia y conocimiento de estas personas

Aparte de lo citado en el párrafo anterior, las salidas pedagógicas permiten que los alumnos conozcan y vean “in situ” los lugares e instalaciones donde se llevan a cabo y desarrollan las actividades y procesos de los que en muchos casos escuchan hablar en su día a día o en las aulas, contribuyendo así al aprendizaje en todos los ámbitos para los que se desarrollen este tipo de visitas. Estas visitas siempre y cuando sean correctamente diseñadas y ejecutadas constituyen una marca de calidad (Mohamed, Perez, & Montero, 2017).

Una salida pedagógica se entiende siempre como una herramienta de ayuda al aprendizaje del alumno que le permite conocer el entorno que lo rodea sin que por ello se tenga que perder la esencia y calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. No obstante, siempre hay que tener presente qué es lo que se quiere que los alumnos aprendan, por lo tanto, una salida de este tipo requiere de una gran preparación y trabajo previo por parte del docente tanto en cuestiones relativas a su organización como a la propuesta pedagógica y en muchos casos salvar una serie de obstáculos como la logística y transporte de los estudiantes y docentes; la presión a la que están sometidos los profesores para cumplir con los extensos programas; la obtención de financiación o que no todos los profesores están preparados para poder llevarlas a cabo, pues es común que en algunas ocasiones se vean superados a la hora de organizarlas o tener que controlar a tantos alumnos fuera del ámbito escolar, pues la sobre-estimulación a la que estos son sometidos causada por la novedad o por las limitaciones de tiempo para desarrollar las actividades pueden ocasionar situaciones caóticas (Rickinson, y otros, 2004).

3.1. Visita didáctica a una EDAR

Es algo bastante común entre los institutos de muchas regiones de la geografía española llevar a sus alumnos a visitar una estación EDAR, pues son muchas las instalaciones que las ofrecen de forma gratuita y de las cuales posteriormente presumen en sus redes sociales.

Sin embargo, este tipo de visitas no siempre son organizadas y desarrolladas de la manera adecuada, pues la preparación y explicación previa de las mismas suele ser deficiente tanto por parte del docente como del propio personal de la misma, el cual es común que carezca de aptitudes docentes y no sea capaz de adaptarse a chicos de 14-16 años. Por lo tanto, destacar que para que una actividad de este tipo se desarrolle correctamente con los fines perseguidos requiere de una organización previa, explicación y repaso de los contenidos con los que se relaciona por parte del docente. Además, resulta conveniente mantener una reunión previa con el personal que se encargará de impartir la misma para ponerlos al tanto de qué es lo que saben los alumnos, como se ha trabajado la visita, donde va a ser necesario explicar más en detenimiento algún aspecto o lo que se debe obviar porque sobrepasa las capacidades que poseen los estudiantes en ese nivel de forma que el responsable de la visita sepa adaptarse a ellos y las explicaciones sean acordes al nivel de los alumnos.

Una visita pedagógica a una EDAR en los cursos más avanzados de la Educación Secundaria Obligatoria nos brinda la oportunidad de que los alumnos puedan ver como se completa y cierra el ciclo integral del agua y cómo es posible que el agua procedente de nuestras casas e instalaciones sanitarias como inodoros, fregaderos o sumideros sea procesada para posteriormente devolverla al medio ambiente cumpliendo con unos determinados estándares fitosanitarios legales que la hagan inodora, incolora e inofensiva tanto para el propio medio, como para las personas y seres vivos que se encuentran en sus proximidades y se bañan en muchas ocasiones en el río además de eliminar el olor característico de las aguas residuales. Por otro lado, la visita a una EDAR es una oportunidad de concienciación a los alumnos sobre la optimización y uso responsable del agua potable y de la necesidad de controlar los vertidos tanto sólidos como líquidos a las instalaciones sanitarias de nuestras casas. En la Figura 1 se muestra un esquema de lo que se verá en la visita.



Figura 1. Esquema del proceso de depuración del agua

3.2.Descripción de la EDAR de Salamanca

Este TFM se va a centrar en la visita a la EDAR de Salamanca, no obstante, lo que aquí se expone puede ser extrapolado a la visita a otras EDAR, pues su estructura y operación son muy parecidas de unas a otras.

Antiguamente en Salamanca las aguas residuales de la ciudad eran vertidas directamente al río Tormes, hasta que en 1984 se inaugura la primera estación depuradora de aguas residuales, sin embargo, con el crecimiento de la ciudad pronto queda obsoleta y en 2003 se inaugura la actual estación depuradora más moderna y eficiente que da servicio incluso a algunas poblaciones anexas como Santa Marta del Tormes, Carbajosa de la Sagrada, Villares de la Reina, Villamayor de la Armuña o Cabrerizos. Esta fue sobredimensionada para que dure bastantes años y de abasto para tratar el agua de hasta 260.042 habitantes, pudiendo ser incluso ampliada esta capacidad. (Aqualia, Servicio municipal de Aguas de Salamanca, s.f.)

La EDAR de Salamanca, cuenta con un pretratamiento convencional compuesto de un sistema de desbaste de sólidos y un conjunto de desarenadores-desengrasadores, en los cuales se eliminan los sólidos más gruesos, las grasas y aceites y la arena; un tratamiento primario con varios equipos de decantación, donde se retira parte de la materia orgánica e inorgánica decantable que se encuentra en suspensión; un tratamiento biológico con seis balsas de lodos activos independientes, donde los microorganismos oxidan y reducen la materia orgánica; una decantación secundaria que incluye 4 equipos decantadores y un sistema de desinfección por dosificación de hipoclorito de sodio previo al vertido del agua al río Tormes. La instalación también dispone de la correspondiente línea de lodos, en la cual se tratan todos los fangos y lodos extraídos de las distintas secciones de la instalación. Estos lodos son inicialmente tamizados y espesados para posteriormente introducirlos a unos digestores anaerobios donde se fermentan para obtener biogás que se emplea posteriormente en dos turbinas de gas conectadas a sendos generadores para producir energía eléctrica que se emplea en la propia instalación, tras ser procesados los lodos se deshidratan para reducir su volumen, en el epígrafe siguiente se detalla la descripción de las distintas secciones que se visitarán (Aqualia, FCC).

En la Figura 2, se presenta un esquema de los procesos que se llevan a cabo en una instalación de este tipo para depurar el agua residual.

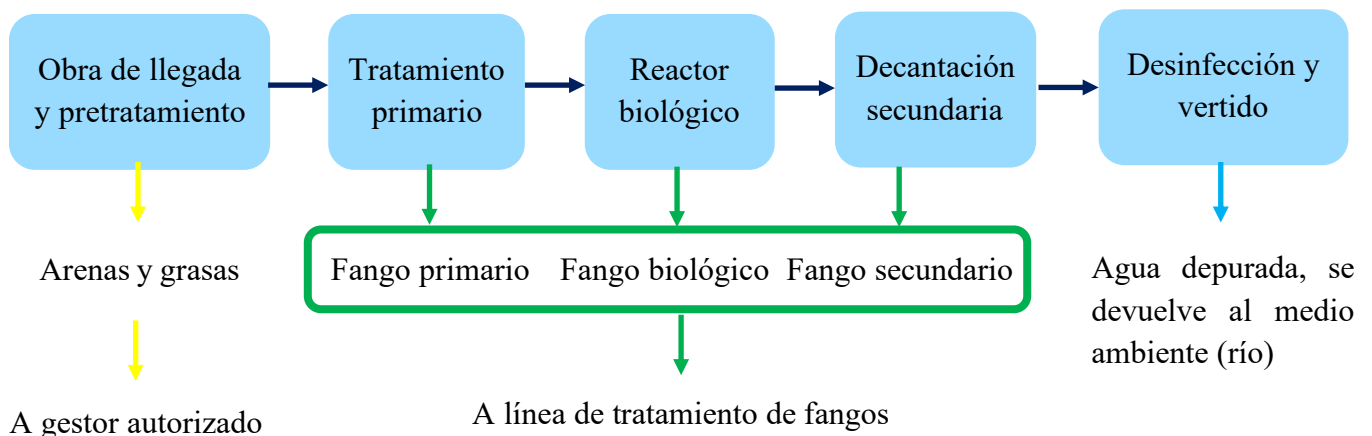


Figura 2. Esquema de los procesos de una EDAR

3.3. Procesos y secciones de una EDAR

Durante una visita a una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), los alumnos tienen la oportunidad de presenciar y aprender una gran cantidad de contenidos relacionados con el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Concretamente a través de esta experiencia, podrán observar y comprender cómo se lleva a cabo la depuración de las aguas residuales procedentes de sus hogares y otros puntos de la ciudad de Salamanca para su posterior devolución al medio ambiente de una manera que sea segura para el medio ambiente y su entorno.

A lo largo de la jornada, los alumnos podrán ver las diferentes etapas del proceso de depuración, que incluyen:

1. Recepción de las aguas residuales: los estudiantes observarán cómo se recibe y registra el caudal de agua residual proveniente de hogares, industrias y otros sectores y a continuación como esta es bombeada hasta un nivel superior de forma que se garantice que el agua fluya de un punto a otro sin necesidad de tener que volver a bombearla.
2. Pretratamiento: en esta etapa, los alumnos pueden presenciar cómo se eliminan los elementos sólidos de mayor tamaño, como piedras, ramas u otros residuos voluminosos, mediante una serie de rejillas y tamices. En este punto es común que el personal les cuente cuáles son algunas de las cosas más raras que tienen llegado a la instalación y quedado retenidas en estos equipos.
3. Tratamiento primario: aquí pueden presenciar cómo el agua residual se distribuye en unos sedimentadores o tanques de decantación, donde se deja que el agua repose permitiendo que los sólidos más pesados se asienten en el fondo, formando lo que se conoce como lodos primarios, mientras que de forma paralela los aceites, grasas y otros residuos de menor densidad que el agua flotan a la superficie de donde son retirados para su posterior eliminación.
4. Tratamiento biológico: en esta fase los alumnos verán cómo el agua residual pasa a través de los reactores biológicos, unos tanques de grandes dimensiones donde los distintos tipos de microorganismos (bacterias, amebas, filamentosas...) se encargan de descomponer y eliminar los contaminantes orgánicos presentes en el agua.
5. Tratamiento secundario: en esta etapa, el agua pasa por una serie de procesos adicionales, que suelen consistir en una segunda decantación con etapas de aireación o una filtración, en unos filtros de arena de grandes dimensiones para eliminar los contaminantes o sólidos en suspensión remanentes y mejorar la calidad del agua.
6. Desinfección o tratamiento terciario: por último, los estudiantes pueden observar la aplicación de técnicas más avanzadas, como la desinfección con productos químicos (cloro, hipoclorito de sodio u ozono) o el tratamiento con radiación ultravioleta, para matar y desactivar cualquier microorganismo o contaminante biológico que pueda seguir presente en el agua antes de ser vertida al medioambiente.

Además de todas estas etapas que constituyen lo que se conoce como línea de agua, los alumnos también pueden aprender sobre la gestión de los lodos generados durante el proceso de depuración, su tratamiento y posibles usos posteriores, como transformación en fertilizantes

gracias a su alto contenido en nitrógeno y fósforo o su combustión en calderas de biomasa para la generación de energía.

En resumen, la visita a una EDAR permite a los alumnos ver de cerca el proceso completo de depuración de las aguas residuales, desde su recepción hasta la obtención de un agua tratada de calidad lista para su reintegración al medio ambiente. Esta experiencia además les brinda la oportunidad de comprender de una manera práctica la importancia del tratamiento de las aguas residuales mediante un proceso que sea lo más ecológico y sostenible posible mediante la contribución a la protección del medio ambiente y la salud pública. En el Anexo 0: Descripción técnica de la EDAR ampliada para el docente se indica una descripción y relación de datos técnicos para que el docente tenga a mano en caso de que necesite apoyarse para contar algún dato o resolver alguna duda más concreta.

3.4. Organización y visita a la EDAR

Esta visita se va a planificar para que se lleve a cabo en el tercer trimestre del curso, pues es cuando ya se han explicado el mayor número de contenidos relacionados y además el clima es más adecuado para poder desarrollar la visita en el exterior sin que el frío o la lluvia puedan arruinarla.

En cuanto al tiempo requerido para la visita, indicar que estas visitas en base a experiencias previas tienen una duración de entre dos y tres horas siendo extraño que se prolonguen más de esto. Por lo tanto, lo ideal es que incluyendo el transporte se destine una mañana a la misma. En concreto para el caso que se plantea en este documento se va a provechar una jornada completa, de forma que la primera media hora de esta se va a utilizar para presentar y explicar lo que se va a ver en la visita y a continuación se partirá hacia la instalación. Indicar que en caso de que el retorno al centro se realice antes de que finalice la jornada lectiva, en función de la política de este será posible continuar con las clases o que los alumnos puedan irse a sus casas.

Para que la visita se desarrolle de una manera ordenada y correcta lo mejor es que se lleve a cabo en grupos de alumnos de no más de 30-35 integrantes, pues este es un tamaño manejable para que el docente pueda controlarlo con facilidad y que se pueda encontrar fácilmente un medio de transporte adaptado a esta cantidad de pasajeros (autobús de tamaño medio). Además, si el número de visitantes excediera estos valores dificultaría mucho la visita debido a que los espacios con los que cuentan estas instalaciones, tanto destinados a la recepción de las visitas (salas de presentación/auditorios) no están preparados para dar cabida a un gran número de oyentes y también resultaría complejo dirigir a todos los estudiantes en la ruta a través de la planta.

4. Elección del curso, justificación y contextualización

4.1. Elección del curso y justificación

Esta propuesta didáctica se ha diseñado específicamente para desarrollarse en 4º de ESO con los alumnos de la asignatura de Física y Química debido a varias razones justificadas.

En primer lugar, los contenidos del currículo de 4º de ESO permiten establecer una buena relación de los mismos con los aspectos que se van a abordar durante la visita a la estación depuradora de aguas residuales (EDAR). En este curso de la educación secundaria, los estudiantes han adquirido unos conocimientos básicos de física y química que les permiten comprender mejor los procesos técnicos involucrados en el tratamiento de aguas residuales. Concretamente, deberían tener una base sólida de conceptos como materia y energía, lo que facilitará la comprensión de los principios científicos que subyacen detrás de los procesos de depuración del agua.

En segundo lugar, tienen un mayor nivel de madurez y una actitud más receptiva hacia actividades prácticas y de aprendizaje experiencial. A medida que avanzan en la educación secundaria, los alumnos han desarrollado habilidades de razonamiento científico y tienen una mejor capacidad para abordar conceptos más complejos. Por lo tanto, se espera que estén más dispuestos a participar activamente en la visita a la EDAR y aprovechar al máximo la experiencia. Destacar que su nivel de curiosidad y capacidad de comprensión también suele ser más alto en este nivel, lo que contribuye a un aprendizaje más enriquecedor y significativo.

Por último, indicar la aplicación práctica de conocimientos teóricos, pues la visita a una EDAR en 4º de ESO ofrece a los estudiantes la oportunidad de aplicar de manera práctica los conocimientos teóricos adquiridos en la asignatura al presenciar directamente los procesos de tratamiento de aguas residuales y su relación con los principios científicos estudiados en clase, visualizando cómo la ciencia se aplica a la resolución de problemas reales. Esta conexión entre la teoría y la práctica promueve una comprensión más profunda y un mayor interés por los temas científicos, lo que puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes con la asignatura.

En resumen, el curso de 4º de ESO ha sido seleccionado por considerarse como el nivel más adecuado para desarrollar esta propuesta didáctica debido a la mejor adecuación de los contenidos del currículo, la mayor madurez y actitud receptiva de los estudiantes, y la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos en un contexto práctico. Se espera que los estudiantes de este nivel saquen un mayor partido de la actividad y tengan una experiencia enriquecedora que les permita comprender mejor los procesos de una EDAR y su relación con los conceptos de la asignatura de *Física y química*.

4.2.Contextualización del instituto

Para el diseño de esta actividad se va a tomar como modelo un instituto ubicado en el centro de Salamanca, una zona urbana densamente poblada, lo que plantea varias cuestiones relevantes que podrían afectar al desarrollo de la propuesta didáctica.

Empezaremos por comentar lo relativo con la accesibilidad y transporte al lugar de la visita, en cuanto a esto tenemos que tener en cuenta que el instituto se encuentra en el centro de la ciudad, una ubicación con una alta densidad de tráfico. Esto implica que es necesario organizar el desplazamiento de los estudiantes a la instalación, siendo posible que este implique un mayor tiempo debido a posibles retenciones.

En segundo lugar, destacar que, al ser un instituto ubicado en el centro de la ciudad, es posible que cuente con recursos y materiales educativos relacionados con el tratamiento de aguas residuales. Es importante aprovechar estos recursos adicionales para complementar la visita y enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Esto puede incluir el uso de materiales audiovisuales, presentaciones interactivas, investigaciones previas en el aula y proyectos relacionados con la temática de las aguas residuales

El siguiente aspecto a tener en cuenta es el número de alumnos para los que se prepara la experiencia, por lo tanto, destacaremos que este instituto cuenta con tres líneas, con una media de 25 alumnos por clase, en el 4º curso de ESO. De las cuales una es de la modalidad de ciencias puras, otra mixta y otra de la modalidad de ciencias sociales que no tendremos en cuenta pues los alumnos no tienen la asignatura de *Física y química*. Indicar que en la modalidad de ciencias todos los alumnos tienen la asignatura de *Física y química*, mientras que en el grupo mixto solo 10 alumnos tienen la asignatura, esto implica que vamos a poder llevar a cabo la visita con ambos grupos a la vez, pues sumariamos unos 35 alumnos en total que es un grupo perfectamente manejable como ya se indicó previamente.

Otra cuestión relevante de cara principalmente a la organización de las sesiones preparatorias es la duración de las sesiones, estas serán de 50 minutos teóricos, que pueden quedarse en 45 min.

Por último, respecto al entorno sociocultural del instituto, indicar que las familias de los alumnos que asisten a él son mayoritariamente trabajadores del sector servicios y funcionarios como profesores, médicos, abogados, empleados de banca así como propietarios de pequeñas empresas familiares, con un bajo índice de paro entre las familias. Esto implica que la preocupación de las familias por la educación de sus hijos es alta, lo que reduce en gran medida la conflictividad de los alumnos asegurando que toda la actividad se pueda desarrollar de manera fluida y normal.

5. Transversalidad y relación con otras materias

La presente propuesta didáctica se expone para la asignatura de *Física y Química* de 4º de ESO, aunque es posible que pueda estar relacionada con contenidos explicados en otras asignaturas, los cuales se citan a continuación.

Destacaremos en primer lugar su relación con la asignatura de *Biología y geología*, no directamente con los contenidos del curso de 4º ESO, pero si dentro del currículo de la asignatura en los contenidos de 1º curso de la ESO en el bloque **C. Atmósfera e hidrosfera** se explica el ciclo del agua, la contaminación del agua o la gestión y uso sostenible de los recursos hídricos. Todos estos contenidos estarán relacionados con lo que pueden ver y aprender en una estación depuradora, pues gracias a estas instalaciones es posible cerrar el ciclo devolviendo el agua que hemos utilizado de nuevo al medioambiente de una forma sostenible y respetable con el medio ambiente. Además, en relación con esto también se puede aprovechar para explicar a los alumnos sobre el uso y gestión sostenibles de los recursos hídricos.

En segundo lugar, con la asignatura de *Tecnología*, dentro del bloque **B. Operadores tecnológicos** donde se recogen aspectos como electrónica básica, electrónica digital, neumática básica o elementos mecánicos, neumáticos y electrónicos, los cuales se pueden encontrar en cualquier estación depuradora. También será posible relacionar la visita con los contenidos del bloque **D. Tecnología sostenible**, puesto que en los últimos años son muchas las plantas de este tipo en las cuales se han introducido sistemas para hacerlas más sostenibles y ecológicas como equipos de digestión de los residuos para obtener biogás que se empleará como combustible del que se extraerá energía, paneles solares o equipos y materiales más eficientes. En tercer lugar, en la visita los alumnos podrán ver el sistema de control de la instalación, relacionado con los contenidos que aprenden a lo largo de la asignatura de *Control y robótica*, pues en ella se explican tanto los sistemas de control automáticos, los tipos de sistemas de control, fundamentos de electrónica aplicados a la robótica o incluso programación asociada a control. Todos estos son aspectos clave en una EDAR, pues cada vez es más común que operen de forma casi completamente automatizada sin necesidad de que nadie la esté supervisando de forma ininterrumpida gracias a la inclusión de sistemas y lazos de control cada vez más sofisticados que son capaces de controlar todos los equipos y procesos enviando una alerta al director/encargado de planta en caso de requerirse su intervención.

En base a lo indicado hay que destacar que a pesar de que los alumnos puedan conocer y ver contenidos relacionados con otras asignaturas estos no se van a tener en cuenta para la preparación de la visita y por lo tanto tampoco van a ser evaluados y tenidos en cuenta en el sistema de calificación de la actividad.

Para que la actividad resulte lo más completa y productiva posible, obteniéndose así el mayor rendimiento de la misma, se va a contar con la colaboración del departamento de biología y geología, pues una parte de gran relevancia en el tratamiento del agua residual es llevada a cabo por microorganismos lo cual está relacionado con algunos de los bloques de contenidos de 4º curso de la asignatura de *Biología y geología*, en concreto con el **B. La célula**, pues a modo de preparación de la visita, es posible explicar a los alumnos cómo tomar muestras de agua y llevar a cabo el análisis de los biomarcadores en base a los cuales es posible determinar

si el agua es potable o no. Además, también se puede delegar en este departamento la explicación del proceso que tiene lugar en los reactores biológicos para reducir la materia orgánica y eliminar gran parte de los contaminantes no deseados y el por qué es importante mantener unas condiciones físicas controladas de temperatura o pH.

6. Propuesta pedagógica

La propuesta de este TFM se basa en distribuir durante toda la asignatura de *Física y química* de 4º de ESO, ejemplos y contenidos relacionados con la visita que se va a realizar a la EDAR. En las distintas lecciones del temario, existen contenidos relacionados con los procesos físico-químicos de una EDAR, y se tomarán ejemplos de estos procesos organizándolos en fichas independientes. De esta manera, antes de realizar la visita, y casi al finalizar el tercer trimestre, los alumnos podrán recopilar todas las fichas que han ido completando, y conseguirán un dossier que les será de utilidad en la visita. De esta manera, se consigue que la actividad programada, esté relacionada con el temario y que no haya que dedicar demasiado tiempo extra, que nunca sobra, para organizar o preparar la visita.

6.1.Marco legal

En primer lugar, vamos a presentar los fundamentos curriculares en los cuales nos basaremos para diseñar la actividad, para ello tomamos como referencia el Decreto 39/2022 [Junta de Castilla y León]. Por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. 29 de septiembre de 2022. De esta forma relacionaremos los recursos que nos ofrece la visita con el currículo de la asignatura *Física y química* relativa al curso de 4º de la ESO.

El Decreto 39/2022 transcribe a la legislación de la comunidad autónoma de Castilla y León lo establecido a nivel nacional en la Ley Orgánica 3/2020 [Jefatura del Estado]. Por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. 29 de diciembre de 2022.

Esta propuesta en ningún momento se diseña con la finalidad de sustituir la docencia tradicional o para explicar de forma completa la asignatura, sino más bien presentar actividades para completar y afianzar determinados contenidos enmarcados dentro de los distintos bloques temáticos del currículo de la asignatura de *Física y química*.

A continuación, se van a desarrollar los aspectos curriculares más importantes que se trabajarán a lo largo de esta actividad.

6.1.1.Competencias clave

El primer aspecto que se va a trabajar en mayor o menor medida a lo largo de la visita son las competencias clave que se indican en el Decreto 39/2022 (Junta de Castilla y León, 2022) para la etapa de Educación Secundaria Obligatoria que se indican a continuación.

a) Competencia en comunicación lingüística

Esta competencia supone interactuar de forma oral, escrita, signada o multimodal de manera coherente y adecuada en diferentes ámbitos y contextos y con diferentes propósitos comunicativos. Por ello es básica a lo largo de toda la etapa educativa pues asegura que los alumnos se expresen correctamente de forma oral y escrita.

b) Competencia plurilingüe

Implica utilizar distintas lenguas, orales o signadas, de forma apropiada y eficaz para el aprendizaje y la comunicación. De forma general comparte las ideas de la competencia en comunicación lingüística, pero en una lengua distinta de la materna.

c) Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería

Entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible.

d) Competencia digital

Implica el uso seguro, saludable, sostenible, crítico y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, para el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas.

e) Competencia personal, social y de aprender a aprender

Conlleva la capacidad de reflexionar sobre uno mismo para autoconocerse, aceptarse y promover un crecimiento personal constante; gestionar el tiempo y la información eficazmente; colaborar con otros de forma constructiva; mantener la resiliencia, y gestionar el aprendizaje a lo largo de la vida.

f) Competencia ciudadana

Contribuye a que alumnas y alumnos puedan ejercer una ciudadanía responsable y participar plenamente en la vida social y cívica, basándose en la comprensión de los conceptos y en las estructuras sociales, económicas, jurídicas y políticas, así como en el conocimiento de los acontecimientos mundiales y el compromiso activo con la sostenibilidad y el logro de una ciudadanía mundial.

g) Competencia emprendedora

Implica desarrollar un enfoque vital dirigido a actuar sobre oportunidades e ideas, utilizando los conocimientos específicos necesarios para generar resultados de valor para otras personas.

h) Competencia en conciencia y expresión culturales

Supone comprender y respetar el modo en que las ideas, las opiniones, los sentimientos y las emociones se expresan y se comunican de forma creativa en distintas culturas y por medio de una amplia gama de manifestaciones artísticas y culturales. Implica también un compromiso con la comprensión, el desarrollo y la expresión de las ideas propias y del sentido del lugar que se ocupa o del papel que se desempeña en la sociedad.

6.1.2.Contenidos

Los contenidos de materia se definen como los aprendizajes que hay que trabajar con los alumnos para que puedan alcanzar las competencias específicas.

En la Tabla 1 se presentan los distintos contenidos de la asignatura *Física y química* relativos al 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria según el Decreto 39/2022 [Junta de Castilla y León]. Por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. 29 de septiembre de 2022. Aparecen resaltados en negrita aquellos contenidos relacionados con la visita que se propone en este trabajo en una tercera columna se incluye el trimestre en el que está prevista su explicación.

Tabla 1. Contenidos de Física y química en 4º de ESO (Junta de Castilla y León, 2022)

Bloque	Contenidos	Trimestre
A. Las destrezas científicas básicas	I. El lenguaje científico. II. Identificación de las etapas del método científico. III. Trabajo experimental y proyectos de investigación. IV. Diversos entornos y recursos de aprendizaje científicos como el laboratorio o los entornos virtuales. V. Normas de uso de cada espacio. VI. Estrategias de interpretación y producción de información científica. VII. Valoración de la cultura científica y del papel de científicos y científicas en los principales hitos.	1ª
B. La materia	I. Cuantificación de la cantidad de materia. II. Sistemas materiales III. Modelos atómicos IV. Estructura electrónica de los átomos V. Compuestos químicos VI. Nomenclatura inorgánica VII. Introducción a la nomenclatura orgánica	1ª
C. La energía	I. La energía II. Transferencias de energía III. La energía en nuestro mundo	2ª
D. La interacción	I. Predicción y comprobación, utilizando la experimentación y el razonamiento lógico-matemático, de las principales magnitudes de la cinemática. II. Leyes de Newton	2ª y 3ª

	III. Carácter vectorial de las fuerzas IV. Principales fuerzas del entorno cotidiano. V. Ley de gravitación universal. VI. Fuerzas y presión en los fluidos: efectos de las fuerzas y la presión sobre los líquidos y los gases.	
E. El cambio	I. Ecuaciones químicas. II. Descripción cualitativa de reacciones químicas de interés. III. Factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas.	3 ^a

6.1.3. Competencias específicas

En tercer lugar, se analizará cómo es posible relacionar la actividad con las competencias específicas que nos indica el Decreto 39/2022 para la asignatura de *Física y química* en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria.

Las competencias clave son una serie de desempeños que se deben trabajar y adquirir de forma individual en cada una de las asignaturas, estas plasman, para cada una de las materias, la concreción de los descriptores operativos del Perfil de salida

Concretamente en el Decreto 39/2022 se establecen seis competencias específicas distintas para esta asignatura, sin embargo, nosotros para esta visita nos vamos a centrar solamente en las tres primeras pues son las más relacionadas con esta experiencia, indicar que no se va a incidir en ellas de forma específica. A continuación, se describen estas y la forma en la que se va a incidir sobre las mismas.

1. *Comprender y relacionar los motivos por los que ocurren los principales fenómenos físico-químicos del entorno, explicándolos en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas, para resolver problemas con el fin de aplicarlas para mejorar la realidad cercana y la calidad de vida humana.*
2. *Expresar las observaciones realizadas por el alumnado en forma de preguntas, formulando hipótesis para explicarlas y demostrando dichas hipótesis a través de la experimentación científica, la indagación y la búsqueda de evidencias, para desarrollar los razonamientos propios del pensamiento científico y mejorar las destrezas en el uso de las metodologías científicas.*
3. *Manejar con soltura las reglas y normas básicas de la física y la química en lo referente al lenguaje de la IUPAC, al lenguaje matemático, al empleo de unidades de medida correctas, al uso seguro del laboratorio y a la interpretación y producción de datos e información en diferentes formatos y fuentes, para reconocer el carácter universal y transversal del lenguaje científico y la necesidad de una comunicación fiable en investigación y ciencia entre diferentes países y culturas.*

6.1.4. Criterios de evaluación

Para finalizar con la fundamentación curricular es esencial establecer los criterios de evaluación que se van a tener en cuenta para basar el sistema de evaluación empleado. En el Decreto 39/2022 se indica que estos son las referencias que en cada materia se emplean para valorar la adquisición de cada competencia específica.

Aunque en el apartado previo solo se indicó el trabajo de tres de las seis competencias específicas que se establecen para la asignatura, los criterios de evaluación seleccionados que se van a tener en cuenta están relacionados con otras competencias. En concreto para el curso de 4º de la ESO se indican 15 criterios de evaluación, de los cuales se van a seleccionar los cinco que se indican a continuación.

- 1.1 Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes.*
- 3.2 Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, consiguiendo una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.*
- 3.3 Aplicar con rigor las normas de uso de los espacios específicos de la ciencia, como el laboratorio de física y química, asegurando la salud propia y colectiva, la conservación sostenible del medio ambiente y el cuidado de las instalaciones.*
- 4.1 Utilizar de forma eficiente recursos variados, tradicionales y digitales, como el laboratorio o simulaciones informáticas, mejorando el aprendizaje autónomo y la interacción con otros miembros de la comunidad educativa, de forma rigurosa y respetuosa y analizando críticamente las aportaciones de cada participante*
- 5.1 Establecer interacciones constructivas y coeducativas, emprendiendo actividades de cooperación e iniciando el uso de las estrategias propias del trabajo colaborativo, como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.*

Se escogieron estos criterios pues son los más adecuados para valorar las actividades que se van a desarrollar tanto previamente como durante y al finalizar la actividad, además de ser los que mejor se adaptan al sistema de evaluación que se va a utilizar, el cual se expone en el apartado 6.4 Evaluación

6.2. Metodología de trabajo propuesta

La metodología de trabajo y preparación de la visita se van a ejecutar en dos fases. La primera fase se irá desarrollando a lo largo de todo el curso mediante la relación de los contenidos que se explican en un determinado momento con los distintos aspectos contemplados en la visita. La forma de actuar será aprovechando los contenidos del programa de la asignatura de *Física y química*, e ir poniendo ejemplos relacionados con la visita a la EDAR.

En la sesión en la que se trabajen aspectos de la EDAR, se les entregará a los alumnos una ficha que deberán completar, mediante la cual se relacionarán ciertos contenidos de la visita con los contenidos de la unidad didáctica que se está explicando. Se pretende que las fichas las trabajen a modo deberes, con lo que evitamos perder excesivo tiempo. Estas fichas las deberán guardar e incorporar al dossier de la actividad, con el objetivo de que lo puedan utilizar a modo de manual de ayuda a lo largo de la visita.

Hay que estacar que no todo el trabajo se va a desarrollar mediante fichas, sino que para los contenidos del bloque **D. La interacción** se van a preparar dos prácticas de laboratorio que llevarán a cabo los alumnos en el momento del curso correspondiente. Estas tienen relación con los contenidos *V. Principales fuerzas del entorno cotidiano* y *VI. Fuerzas y presión en los fluidos: efectos de las fuerzas y la presión sobre los líquidos y los gases*. En la segunda de las prácticas y puesto que siempre se debe perseguir que los contenidos resulten útiles, significativos, relevantes y aplicables a la vida real se va a relacionar la parte de filtración con un procedimiento para obtener agua relativamente limpia y potable en una situación de emergencia fabricando un filtro con elementos que nos podemos encontrar en la naturaleza como piedras, arena, grava... para así en caso de estar perdidos en el bosque evitar deshidratarnos si no encontramos una fuente de agua potable.

En la Tabla 2 se presenta la relación entre los contenidos del BOCYL que se trabajarán a lo largo de todo el curso, y que están contextualizados en la visita a la EDAR, la actividad que se va a llevar a cabo y la ficha que se entregará.

Tabla 2. Relación entre contenidos, actividades y fichas

Bloque	Contenido BOCYL	Actividad	Ficha
B	I. Cuantificación de la cantidad de materia	1. Caracterización de la EDAR de Salamanca	1
	V. Compuestos químicos	2. Compuestos químicos en una EDAR	2
	VI. Nomenclatura inorgánica		
	VII. Introducción nomenclatura orgánica		
C	II. Transferencia de energía	3. La energía en una EDAR	3
	III. La energía en nuestro mundo		
D	V. Principales fuerzas del entorno cotidiano	4. Práctica 1	4
	VI. Fuerzas y presión en los fluidos	5. Práctica 2	5
E	I. Ecuaciones químicas	6. Reacciones químicas en una EDAR	6
	II. Descripción cualitativa de reacciones químicas de interés		
	III. Factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas		

La dinámica de trabajo será entregarles la ficha correspondiente en la unidad con la cual esté relacionada, donde se expliquen esos contenidos para que la completen en base a lo indicado. En la sesión siguiente se contempla que en caso de apreciar dificultades se destine algo de tiempo a corregir posibles dudas y errores, pudiendo en caso de apreciar errores comunes resolver los ejercicios planteados en ella.

La segunda parte de la actividad se va a desarrollar de forma completa en el tercer trimestre y va a consistir en una explicación de la instalación visitada y la propia salida. Para preparar la visita se va a emplear una presentación de 20-30 minutos de forma que se impartirá antes de partir en el bus hacia la EDAR evitando así la pérdida de más tiempo de clase, con esto lo que se pretende es llevar a cabo una profundización y repaso de los contenidos que se van a ver en la salida. La presentación de diapositivas en la que nos basaremos se muestra en el Anexo 7: Presentación de diapositivas. A mayores, una vez se finaliza con la presentación se destinarán unos minutos para que los alumnos planteen las dudas que les surjan resolviéndolas de forma que puedan sacar el máximo provecho a la visita.

Con esta metodología de trabajo se limita el tiempo destinado a la visita a solamente una jornada, algo que es realista y que no va a suponer una gran pérdida de tiempo para la explicación de los contenidos del currículo. Puesto que el resto de trabajo se llevará a cabo sin alterar las sesiones de clase, debido a que la mayor parte del trabajo se desarrolla por los alumnos sustituyendo otras actividades por estas que permiten así contextualizar la visita. Véase el caso de la formulación, ¿qué diferencia existe entre que los alumnos a modo de deberes de repaso formulen unos compuestos arbitrarios u otros relacionados con la visita?

En la Tabla 3 se muestra el cronograma donde se indica en que trimestre se va a llevar a cabo cada actividad y el anexo donde se puede consultar en detalle el trabajo.

Tabla 3. Cronograma de las actividades

Actividades	Trimestre	Anexo
1. Caracterización de la EDAR de Salamanca	1º	1
2. Compuestos químicos en una EDAR	1º	2
3. La energía en una EDAR	2º	3
4. Práctica 1	3º	4
5. Práctica 2	3º	5
6. Reacciones químicas en una EDAR	3º	6
7. Visita	3º	7

Este tipo de actividades, no van encaminadas al trabajo de competencias específicas, pero consiguen una de las tareas más difíciles e interesantes de la educación secundaria, como es el trabajo de las competencias clave. En la Tabla 4, se recogen las actividades propuestas, y su relación con estas competencias clave. Dichas competencias, vienen designadas por las siguientes siglas.

- CCL: Competencia en comunicación lingüística
- CP: Competencia plurilingüe
- STEM: Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología...
- CD: Competencia digital
- CPSAA: Competencia personal, social y de aprender a aprender
- CC: Competencia ciudadana
- CE: Competencia emprendedora
- CCEC: Competencia en conciencia y expresión culturales

Tabla 4. Relación con las competencias clave

Anexo	Actividad	Competencias clave
1	Caracterización de la EDAR de Salamanca	CCL, STEM, CC
2	Compuestos químicos en una EDAR	CCL, STEM
3	La energía en una EDAR	CCL, CD, STEM, CC, CE
4	Práctica 1	CCL, STEM
5	Práctica 2	CCL, STEM
6	Reacciones químicas en una EDAR	CCL, STEM
7	Presentación teórica de la visita	CCL, STEM, CPSAA, CC, CCEC
	Visita a la EDAR	CCL, CP, STEM, CPSAA, CC
Elaboración del dossier		CCL, CP, STEM, CD, CE

6.2.1. Relación con los ODS

Esta actividad es posible relacionarla de forma directa con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos son una serie de 17 objetivos establecidos por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en 2015 para lograr el desarrollo de una manera sostenible sin que comprometa a las generaciones futuras (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

De entre el total de todos los ODS, se escogen los siguientes pues son los que más relacionados están con la visita:

- **ODS 6: Agua limpia y saneamiento**, este objetivo tiene como metas entre otras el acceso universal al agua potable a un precio asequible, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación y emisión de productos químicos, incrementar el uso eficiente de la misma implementando la gestión integrada de las aguas y proteger y restablecer los ecosistemas acuáticos. Para todo esto el correcto funcionamiento de las EDAR es vital, pues son la principal herramienta con la que contamos para evitar que lleguen contaminantes no deseados resultantes de la actividad humana a los ecosistemas acuático.
- **ODS 7: Energía asequible y no contaminante**, mediante este objetivo se pretende aumentar el consumo de energía renovable mejorando a su vez la eficiencia energética. En una EDAR el consumo eléctrico es generalmente alto, pues en estas instalaciones se emplean diversos tipos de equipos eléctricos que tienen una gran demanda de energía eléctrica. Por lo tanto,



es esencial para aumentar la eficiencia de estas plantas introducir fuentes de energía renovables y equipos eléctricos lo más eficientes posibles. Una medida para paliar el consumo eléctrico de la EDAR objeto visitada es mediante el aprovechamiento de los fangos para que de forma controlada unos microorganismos específicos los digieran en condiciones anaeróbicas y producir metano que posteriormente puede quemarse para obtener energía que se empleará en el proceso.

- 12: Producción y consumo responsables, el objetivo 12 aboga por lograr una gestión sostenible y eficiente de los recursos naturales además de lograr el uso razonable de los productos químicos y minimizar los desechos generados como resultado de las explotaciones industriales. En una EDAR estos aspectos son clave, pues en ellas se utilizan diversos productos químicos y se generan grandes cantidades de residuos como los fangos que pueden ser aprovechados en explotaciones agrícolas a modo de fertilizantes.
- 14: Vida submarina, dentro de este objetivos se fijan metas que consisten en la reducción significativa de la contaminación marina, gestionando y protegiendo estos ecosistemas para prevenir efectos adversos. Con el fin de alcanzar esto las EDAR desempeñan un papel vital pues son las que retienen los contaminantes y evitan que alcancen los ecosistemas marinos causando daños en ellos.



El trabajo de estos conceptos, no se va a desarrollar de una forma directa, sin embargo si se pretende incidir en ellos y que los alumnos se den cuenta de que las EDAR son unas instalaciones esenciales dentro del ciclo del agua, pues gracias a ellas se previene la contaminación de los ecosistemas acuáticos, además que es clave que estas se operen de una forma lo más sostenible y ecológica posible tanto en cuanto al uso de los recursos empleados en el tratamiento del agua. De forma paralela también se incidirá en el uso sostenible de los recursos hídricos por parte de los alumnos y sus familias. _____

6.3.Descripción de las actividades diseñadas

6.3.1.Actividad 1: Características de la EDAR de Salamanca

La primera ficha que se entregará a los alumnos está relacionada con el contenido *I. Cuantificación de la cantidad de materia* del bloque **B. La materia**. Lo que indica el currículo al respecto de este es que se debe incidir en el cálculo del número de moles de sistemas de diferente naturaleza manejando diferentes formas de media y expresión de la misma. (Junta de Castilla y León, 2022).

La actividad va a consistir en contextualizar y conocer las características de la instalación que se va a visitar poniendo sobre la mesa las cifras relativas al caudal tratado, dimensiones de la planta, cantidad de lodo generado, volumen de gas metano que se produce en los digestores... con todo esto se pretende reforzar las conversiones de unidades, el cálculo de moles y la expresión en notación científica. Para ello a los alumnos se les entregará una ficha como la que se presenta en el Anexo 1: Ficha 1, características de la EDAR de Salamanca donde se les proporcionarán diferentes datos y ellos deberán convertirlos al sistema internacional expresándolos de la forma adecuada.

Además, se aprovechará esta ficha para que los alumnos practiquen con el cálculo de número de moles de sistemas materiales que es otro de los contenidos que se indican dentro de este bloque, para ello se plantean 3 cuestiones con cálculos y conversiones de este tipo.

Esta ficha tiene como objetivo secundario proporcionar a los estudiantes información relevante sobre la instalación, como el caudal tratado, algunas dimensiones de la planta, la cantidad de lodo generado o el volumen de gas metano producido en los digestores entre otros. Al contextualizar y caracterizar la instalación, se busca que los estudiantes comprendan la magnitud de los datos y cifras asociados a la operación y funcionamiento de dicha instalación. Esto les permite relacionar los conceptos teóricos que han aprendido en el aula con la realidad práctica.

Destacar que las habilidades que se pretenden fortalecer son las conversiones de unidades, practicando al enfrentarse con cifras concretas de caudales, dimensiones, volúmenes; el cálculo de moles o la notación científica, pues la visita técnica proporciona cifras que a menudo son grandes o pequeñas, lo que puede requerir de su expresión en notación científica para facilitar la comprensión y el manejo de los números. Esta actividad vincula los conceptos teóricos con la realidad práctica, permitiendo a los estudiantes comprender la importancia y aplicabilidad de estos conceptos en un contexto específico.

6.3.2.Actividad 2, compuestos químicos en una EDAR

La segunda actividad se vincula a los contenidos *V. Compuestos químicos, VI. Nomenclatura inorgánica y VII. Introducción nomenclatura orgánica* del bloque **B. La materia**. De forma concreta en el currículo de la asignatura se concretan los siguientes aspectos para cada uno (Junta de Castilla y León, 2022):

- *V. Compuestos químicos:* su formación (enlace iónico, covalente y metálico), propiedades físicas y químicas y valoración de su utilidad e importancia en otros campos como la ingeniería, el diseño de materiales o el deporte.
- *VI. Nomenclatura inorgánica:* denominación de sustancias simples, iones y compuestos químicos binarios y ternarios mediante las normas de la IUPAC.
- *VII. Introducción nomenclatura orgánica:* denominación de compuestos orgánicos mono funcionales (alcoholes, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y esteres) a partir de las normas de la IUPAC como base para entender la gran variedad de compuestos del entorno basados en el carbono.

En esta actividad se les va a proporcionar una ficha a los alumnos como la que se presenta en el Anexo 2: Ficha 2, compuestos químicos en una EDAR donde se incluyen los compuestos químicos principales de entre los que conocen los alumnos que puede aparecer asociados a los procesos que tienen lugar en una EDAR como reactivos, floculantes, desinfectantes o productos formados en el proceso entre otros.

Esta ficha contará con dos partes, una primera relacionada con las propiedades físicas y químicas, en la que se espera que los alumnos busquen e identifiquen una serie de propiedades relacionadas con los compuestos químicos como su estado, punto de fusión..., además al tener que buscar información también se pretende el trabajo de la competencia digital. La segunda parte está dedicada a la nomenclatura de los compuestos, para lo cual se incluye una tabla con una serie de compuestos, los cuales deberán nombrar los alumnos de acuerdo a las distintas formas conocidas según corresponda (IUPAC, tradicional o Stock).

Mediante este trabajo se pretende que los alumnos practiquen la formulación de los distintos compuestos relativos al proceso de depuración de aguas y los relacionen con las propiedades de los mismos y se familiaricen con ellos.

6.3.3. Actividad 3, la energía en una EDAR

La siguiente actividad está enlazada con los contenidos *II. Transferencias de energía* y *III. La energía en nuestro mundo* que forman parte del bloque **C. La energía**, para el cual el currículo estipula los siguientes conceptos.

- *II. Transferencias de energía:* el trabajo y el calor como formas de transferencia de energía entre sistemas relacionados con fuerzas: conceptos de trabajo y potencia, o la diferencia de temperatura: concepto de calor y equilibrio térmico entre dos sistemas. La luz y el sonido como ondas que transfieren energía.
- *III. La energía en nuestro mundo:* estimación de la energía consumida en la vida cotidiana mediante la búsqueda de información contrastada, la experimentación y el razonamiento científico, comprendiendo la importancia de la energía en la sociedad, su producción (rendimiento del proceso) y su uso responsable.

Para ello, se les entregará a los alumnos la ficha que se expone en el Anexo 3: Ficha 3, la energía en una EDAR. Este documento le plantea a los alumnos una serie de cuestiones con las

que se pretende profundizar más en el funcionamiento del sistema de generación de energía del que se dispone en la EDAR, además de otros conceptos como el trabajo, la potencia y además que estimen la energía consumida por los diferentes equipos de la instalación calculando su coste asociado o el rendimiento del proceso entre otros. Con todo esto se espera que los alumnos sean conscientes de por qué hay que hacer un uso responsable de la energía y el interés de emplear un equipo de recuperación de energía.

Esta ficha se divide en tres secciones una primera mediante la que se pretende que trabajen la transferencia de energía entre sistemas, los conceptos de trabajo y potencia, relacionándolo con la energía eléctrica que es capaz de producir el equipo generador. La segunda parte se centrará en que estimen el consumo eléctrico de la instalación, su coste y que analicen la necesidad de incluir un equipo de recuperación de energía para disminuir todo este gasto y una última en la cual deberán calcular el rendimiento del equipo generador.

6.3.4. Actividad 4, práctica 1

Con esta actividad se trabajarán los contenidos *IV. Principales fuerzas del entorno cotidiano VI. Fuerzas y presión en los fluidos* que forma parte del bloque **D. La interacción**, en el currículo de forma más detallada se indica que hay que tratar los efectos de las fuerzas y la presión sobre los líquidos y los gases, estudiando los principios fundamentales que las describen. En el Anexo 4: Práctica 1 se describe en profundidad el guion de la misma con los objetivos, procedimiento y las cuestiones y tratamiento de resultados que se le piden a los alumnos.

Esta actividad consistirá en una práctica de laboratorio que se centra en los conceptos de flotación, sedimentación y decantación relacionándolos con los principios en los que se basa este tipo de separación como son el empuje o el peso en los fluidos. De esta forma será posible contextualizar dos de los procesos más importantes que ocurren en una EDAR y en los cuales se basa la mayor parte del proceso como son la flotación y la sedimentación, pues gracias a ellos se produce la separación de los materiales no deseados.

6.3.5. Actividad 5, práctica 2

La actividad 5 consiste en otra práctica de laboratorio que se va a llevar a cabo en la misma sesión que la práctica 1 una tras la otra puesto que los contenidos con los que se relaciona son los mismos y son bastante simples como para que se requiera mucho más de media sesión para cada una. En el Anexo 5: Práctica 2 se presenta el guion de la práctica que se le entregará a los alumnos

Para esta actividad los alumnos probarán distintos medios filtrantes evaluando su eficiencia y eficacia para que así se familiaricen con este proceso de forma que al finalizar la práctica sean capaces de construir un filtro a partir de una botella de agua y distintos materiales que pueden encontrar en la naturaleza para poder conseguir agua potable en una situación de emergencia si se encuentran perdidos en la naturaleza. En la Figura 3 se muestra una imagen de la estructura del filtro.



Figura 3. Esquema del filtro

6.3.6. Actividad 6, reacciones químicas en una EDAR

La sexta de las actividades va a consistir en trabajar las reacciones químicas que tienen lugar en la instalación, esto va ligado a los contenidos *I. Ecuaciones químicas*, *II. Descripción cualitativa de reacciones químicas de interés* y *III. Factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas*, todos del bloque de contenidos **E. El cambio**.

El trabajo de estos se llevará a cabo con la ficha que se presenta en el Anexo 6: Ficha 4, reacciones químicas en una EDAR. Esta se divide en dos secciones, en la primera se van a presentar una serie de reacciones básicas que tienen lugar en esta EDAR como la de descomposición de la materia orgánica como el proceso de nitrificación-desnitrificación, la reducción del fósforo o la combustión del metano en la turbina de gas y se espera que los alumnos sean capaces de ajustarlas correctamente.

La segunda parte de la ficha está relacionada con el contenido III, que son los factores que afectan a la velocidad de las reacciones químicas. Mediante el cual se pretende que los alumnos conozcan el efecto que tienen algunos factores externos como la temperatura o la concentración de oxígeno en las reacciones que tienen lugar en la EDAR y por qué es clave tener unas condiciones controladas en la misma para evitar la proliferación de organismos o la formación de compuestos no deseados.

6.3.7. Actividad 7, visita a la instalación

Por último, el culmen de esta propuesta para la cual se ha estado preparando a los alumnos consiste en la propia visita a la instalación. Esta va a constar de dos partes, una primera que se desarrolla previo al traslado a la EDAR y que consistirá en unos 30-40 explicar todo lo que se va a ver en la visita, para esto el docente se apoyará en una presentación de diapositivas que se muestran en el Anexo 7: Presentación de diapositivas, en esta se incluyen los contenidos que se

le quiere explicar a los alumnos respecto a la visita como que es lo que se van a encontrar en la instalación, las distintas fases del proceso de depuración del agua residual, la importancia de que este proceso se lleve a cabo de forma correcta...

Se reservarán unos minutos al final de la explicación para que los alumnos planteen las dudas que tengan y resolverlas de forma que puedan sacar el máximo provecho posible a la actividad.

Una vez finalizada la presentación nos desplazaremos a la instalación, donde se desarrollará la visita y los alumnos podrán conocer de primera mano las distintas fases de la depuración del agua en las EDAR. La visita será guiada y explicada por el personal de la EDAR permitiendo que los alumnos observen todo el proceso y pregunten dudas al respecto.

6.4.Evaluación

A la hora de llevar a cabo la evaluación de la actividad se va a utilizar un sistema de evaluación según el cual la calificación de la asignatura va a ser la media aritmética de la suma de la nota de cada uno de los tres trimestres.

Dentro de la nota de cada trimestre se van a tener en cuenta distintos procedimientos y herramientas a partir de los cuales se calculará la nota final. En todos los trimestres la ponderación de los exámenes será siempre del 60%, mientras que el 40% corresponde con lo que se conoce como evaluación continua que engloba tanto el trabajo, la participación o ciertas actividades elaboradas a lo largo del trimestre. No obstante, este 40% se distribuye de forma distinta según el trimestre.

En el caso del primer y segundo trimestre, en la evaluación continua se van a tener en cuenta el trabajo en el aula, las tareas y el comportamiento, atendiendo a las ponderaciones que se indican en la Tabla 5. Hay que destacar que las fichas que se entreguen se corregirán y evaluarán dentro del trimestre que le corresponda, bien como trabajo de clase o como tareas (según el momento de su realización), pues no tiene sentido recogerlas y devolverlas meses después.

Tabla 5. Sistema de calificación del 1º y 2º trimestre

Evaluación del trimestre		
Ítem	Sub-ítem	Ponderación
Exámenes orales y/o escritos	Nota media	60%
Evaluación continua	Trabajo en el aula	15%
	Tareas	15%
	Participación y comportamiento	10%
	Total	100%

En cuanto a la calificación del tercer trimestre se va a mantener la distribución de 60% de la ponderación correspondiente a la nota media de los exámenes orales y/o escritos, mientras que el otro 40% se seguirá correspondiendo con la evaluación continua. Sin embargo, como la visita se va a desarrollar en el tercer trimestre del curso, su valoración se tendrá en cuenta en este tercer trimestre, en concreto dentro del 40% relativo a la evaluación continua. De forma más exacta la visita supondrá un cuarto de la nota de la evaluación continua, lo que corresponde con un 10% de la nota final del trimestre. En la Tabla 6 se presenta el desglose de la calificación de este trimestre.

Tabla 6. Sistema de calificación de la 3ª evaluación 4º ESO

Evaluación del trimestre		
Ítem	Sub-ítem	Ponderación
Exámenes orales y/o escritos	Nota media	60%
Evaluación continua	Visita a la EDAR	10%
	Trabajo en el aula	10%
	Tareas	10%
	Participación y comportamiento	10%
	Total	100%

La decisión de otorgarle esta ponderación se basa en que se pretende que los alumnos presten atención y se tomen la visita como una actividad pedagógica y no como una simple excursión con fines sociales, de esta forma se espera que el alumnado esté motivado en la misma, además debemos tener en cuenta que en ella se tratarán en mayor o menor medida gran cantidad de los contenidos relativos tanto al curso como al 3º trimestre, junto con las competencias clave y otros aspectos de carácter transversal.

De forma más concreta, en la evaluación de la actividad se van a tener en cuenta los siguientes ítems:

- La entrega de un dossier en el cual deberán dar respuesta a una serie de aspectos que se presentan en el Anexo 8: Plantilla para el desarrollo del dossier incluyendo la recopilación de todas las fichas (una vez corregidas y devueltas se les da la oportunidad de corregir sus errores y rectificarlas), el trabajo desarrollado en las sesiones prácticas y en la visita.
- Un breve cuestionario con algunas preguntas básicas de la visita que se pretende que respondan al finalizar la misma, en el Anexo 9: Cuestionario se presentan las preguntas que se van a incluir en este cuestionario de evaluación de la actividad
- La actitud y participación que tuvieron en toda la jornada, prestando especial atención a las intervenciones o el comportamiento que tuvieron en todo momento, tanto de cara a las explicaciones del personal como al trato con los compañeros.

En la Tabla 7 se muestra el sistema de calificación en el que se basará la evaluación de la visita incluyendo la ponderación de cada uno de los ítems correspondientes y la relación con los criterios de evaluación.

Tabla 7. Sistema de calificación de la visita

Evaluación de la visita		
Ítem	Ponderación	Criterio de evaluación
Dossier	60%	1.1, 3.2, 4.1, 5.1
Cuestionario	30%	1.1, 3.2
Actitud y participación en la visita	10%	3.3, 5.1
Total	100%	

Para evaluar la parte relativa al dossier y al cuestionario se emplearán dos rúbricas que se exponen en el Anexo 10: Rúbrica para evaluar el dossier y en el Anexo 11: Rúbrica para evaluar el comportamiento y la actitud en la visita respectivamente.

Aparte de la calificación, también se pretende evaluar la práctica docente y conceder una cierta relevancia a la opinión que tienen los alumnos con respecto a la actividad, para ello al finalizar la misma junto con el cuestionario de evaluación se les entregará un cuestionario de satisfacción que se presenta en el Anexo 12: Encuesta de satisfacción con una serie de preguntas mediante las cuales se les pide que expresen su opinión con respecto a aspectos como la adecuación de la visita, si entendieron los distintos contenidos explicados, si consideran que fue interesante para repetir con los cursos siguientes... De esta forma será posible que el docente apoyándose en las valoraciones recopiladas pueda decidir si repetir la visita el curso siguiente o si existen aspectos que debe mejorar y corregir de cara a próximas ediciones.

7. Conclusiones

Tras haber desarrollado el presente Trabajo de Fin de Máster se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Una visita a una EDAR se puede utilizar como recurso didáctico siempre que conlleve una preparación previa de la misma por parte del docente y puede ayudar a que los alumnos comprendan y refuercen los contenidos explicados en clase de una forma motivadora saliendo del aula y viendo “in situ” como se depura el agua residual de su ciudad relacionando los conceptos aprendidos con los principios en los que se basan los distintos procesos.
- Es esencial como docentes dedicar tiempo a preparar actividades de este tipo si queremos que resulten de utilidad en nuestra docencia y no se limiten a ser una excursión sin más. Para ello es clave que los alumnos dispongan de la información relativa a lo que allí se hace, de forma que conozcan el proceso, relacionando lo que ven durante la visita con los contenidos del currículo.
- Una visita a una EDAR es un buen recurso pedagógico que puede ser utilizado para profundizar en la explicación de los distintos contenidos curriculares a la vez que se logra trabajar otros aspectos de gran relevancia y que en muchos casos pueden resultar difíciles como las competencias clave.
- Si queremos que una actividad realizada con fines pedagógicos consiga los resultados esperados, es necesario que se valore otorgándole una cierta ponderación en la evaluación para que así los alumnos se la tomen en serio y se impliquen en ella.
- Resulta de gran interés evaluar la práctica docente especialmente en los cursos más avanzados mediante un cuestionario de satisfacción donde los alumnos puedan exponer sus opiniones, pues es un aspecto que nos ayuda a ponernos en su lugar y comprender su punto de vista.

8. Bibliografía

- Aqualia, FCC. (s.f.). EDAR de Salamanca, datos técnicos. Salamanca, Salamanca, España.
- Aqualia, Servicio municipal de Aguas de Salamanca. (s.f.). *Ciclo del agua*. Obtenido de Depuración: <https://www.aqualia.com/web/aqualia-salamanca/ciclo-del-agua/depuracion>
- Cuerda, J. L. (Dirección). (1999). *La lengua de las mariposas* [Película].
- Dewey, J. (1907). *The School and Social Progress*. Chicago: University of Chicago Press.
- Eames, C. (2015). Science field trips in primary school: Teacher development as a crucial but overlooked factor. *School Science Review*, 96(356), 23-32.
- Innotec laboratorios. (12 de Mayo de 2020). *Como se realiza el análisis de al agua de las piscinas*. Obtenido de <https://www.innotec-laboratorios.es/como-se-realiza-el-analisis-de-agua-de-las-piscinas/>
- Junta de Castilla y León. (29 de septiembre de 2022). Decreto 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. . Castilla y León, España.
- Lai, C. H., & Chen, C. H. (2020). Teaching and learning with virtual reality: A systematic review. *Educational Research Review*(30), 1-15.
- Manning, M. L. (2009). John Dewey, Carl Linnaeus and Botanical Education. *Science & Education*, 18(5), 617-640.
- Medir, R. M. (2003). Salir de la escuela: entre la tradición y la educación ambiental para la sostenibilidad. *Íber [Versión electrónica]*(36).
- Mohamed, M., Perez, M., & Montero, M. (2017). Salidas pedagógicas como metodología de refuerzo en la Enseñanza Secundaria. *ReiDoCrea*, 6, 194-210.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Young Choi, M., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). *A review of Research on Outdoor Learning*. Londres: National Foundation for Educational Research and King's College London.

ANEXOS

Anexo 0: Descripción técnica de la EDAR ampliada para el docente

A continuación, se describen y citan de forma más ampliada los procesos que tienen lugar en la instalación. Resulta conveniente que el docente los conozca para poder resolver posibles dudas que puedan plantearle los alumnos o contar algún dato más a modo de curiosidad.

1. Obra de llegada y pretratamiento

El itinerario que siguen estas visitas suele discurrir en paralelo al flujo de agua, por lo que comienza por la obra de entrada. Este es el lugar por el que todo el flujo de agua residual llega a la instalación. Consta de una arqueta o pozo en el que se vierte toda el agua a través de los colectores de entrada y se retienen los sólidos más voluminosos, principalmente piedras de gran tamaño, aunque tienen llegado cosas bastante curiosas como alguna tortuga. A continuación, una serie de bombas se encargan de elevar el agua hasta una altura en la cual se asegure que fluya a lo largo de toda la planta sin necesidad de volver a bombearla. En este punto los alumnos podrán ver las 5 bombas de tipo sumergible que se encargan de esto. Además, es aquí donde se encuentra el equipo que lleva a cabo la medida del caudal de agua que llega a la instalación para poder tener un registro y poder sacar estadísticas.

Del pozo de grueso las bombas trasladan el agua a los canales de desbaste, estas son una serie de canalizaciones, en las cuales se interponen una serie de obstáculos al flujo del agua, primero unas rejillas bastante robustas que retienen los sólidos gruesos, en concreto en esta instalación todos aquellos que superen los 50 mm como toallitas o piedras de medio tamaño. A continuación, se encuentran los tamices que son unos filtros con menor tamaño de malla que retienen los sólidos con un tamaño mayor de 3 mm, como piedras pequeñas trozos de papel... En esta planta hay 4 canales de desbaste y tanto las rejillas como los tamices cuentan con un sistema autolimpiante que se encarga de forma periódica de pasar una especie de cepillo a lo largo de estos eliminando los residuos que son barridos a un contenedor donde se recogen para su posterior tratamiento. En la Figura 4 se muestra un esquema típico de un canal de desbaste con una primera etapa de desarenado, una rejilla de gruesos y un tamiz de finos.



Figura 4. Esquema de un sistema de pretratamiento y desbaste

Tras atravesar los canales de desbaste el agua residual llega a los desarenadores-desengrasadores, estos son 4 tanques de grandes dimensiones donde se permite que el agua repose durante un tiempo, de forma que las arenas y ciertos sólidos pesados en suspensión como arcillas o limos precipiten al fondo del tanque desde donde se extraen mediante unas bombas.

En paralelo a esto también se extraen las grasas y aceites que suelen ser abundantes en el agua residual y generan gran cantidad de problemas en los siguientes equipos, pues pueden provocar la proliferación de microorganismos no deseados. Para ello, se aprovecha la menor densidad de estos compuestos, lo que hace que floten en la superficie del tanque y se retiran con ayuda unas especies de rasquetas que barren la superficie libre del líquido. Estos compuestos son bombeados por otro conjunto de bombas a un contenedor a la espera de ser tratadas de forma correcta por un gestor autorizado. En la Figura 5 se muestra la configuración de un canal de desarenado y desengrasado típicos.

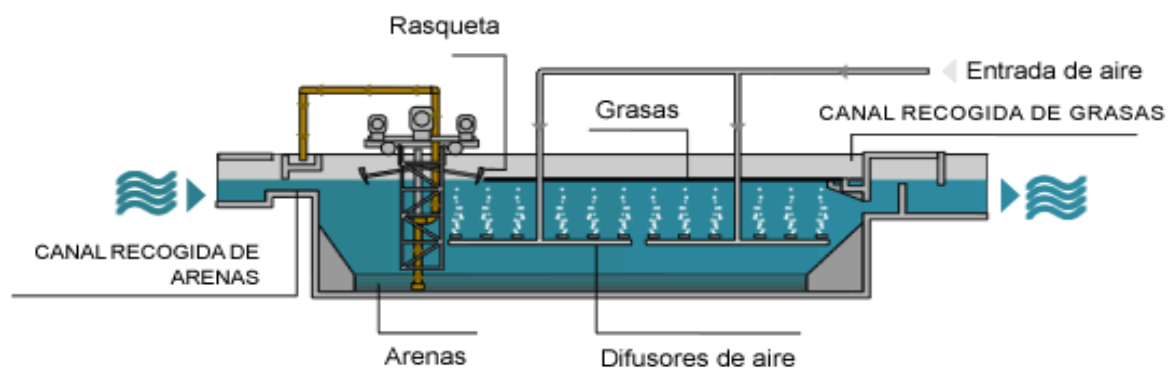


Figura 5. Esquema de una desarenador-desengrasador típico

2. Tratamiento primario

El segundo punto de la visita es el tratamiento primario, en esta sección los alumnos pueden ver como el agua se reparte en 4 tanques cilíndricos tipo sedimentadores de 38 m de diámetro y con el fondo cónico donde se deja que el agua repose permitiendo que los sólidos en suspensión y los residuos de carácter aceitoso como grasas que no se eliminaron en el desarenado-desengrasado floten a la superficie desde donde son retirados.

Estos tanques cuentan con un puente que se encuentra soportado entre el centro y la circunferencia exterior a modo de radio que rota a baja velocidad y que soporta tanto las rasquetas que barren el lodo depositado en el fondo cónico hacia el centro del tanque desde donde se aspira con una serie de bombas como las rasquetas que barren la superficie libre del agua y la llevan a unos depósitos desde donde es bombeada a otro tanque en el cual se almacena hasta su recogida y tratamiento por un gestor. En la Figura 6 se puede ver una fotografía de un decantador circular vacío, donde se aprecia en el fondo las rasquetas que barren el fango hacia el centro y las rasquetas que barren las grasas de la superficie.



Figura 6. Fotografía de un decantador sin agua

3. Tratamiento biológico

La siguiente parte de la visita es una de las más importante de una EDAR, que es el tratamiento biológico. Este está compuesto por seis balsas independientes de grandes dimensiones, divididas cada una en dos secciones con distinta concentración de oxígeno disuelto donde los microorganismos se encargan de descomponer la materia orgánica alimentándose de ella para desarrollar su actividad biológica.

En cada una de las secciones se encuentran distintos tipos de microorganismos, siendo los más abundantes en la región anóxica (baja concentración de oxígeno) las bacterias que se encuentra en ella descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno en productos como ácido acético, alcoholes y metano. En la sección aireada, se introduce aire desde el fondo del tanque por medio de unos difusores de forma que la cantidad de oxígeno disuelto sea alta y permita el crecimiento de bacterias que oxidan la materia orgánica en presencia de oxígeno excretando al medio agua y dióxido de carbono.

Tras esta etapa es posible asegurar que la materia orgánica presente en el agua cumple con los estándares legales necesarios para poder ser vertida al medio ambiente. En la Figura 7 se pueden ver 3 reactores en paralelo similares a los que se utilizan en la EDAR de Salamanca, si nos fijamos a la derecha se observa una zona donde el agua está ten reposo que se corresponde con la zona anóxica, mientras que en el resto de la superficie se aprecian burbujas en la superficie debidas a la aireación (zona aeróbica).



Figura 7. Reactores biológicos

4. Decantación secundaria y desinfección

La última etapa de la línea de agua es la decantación secundaria, donde de nuevo el agua se reparte entre 4 decantadores similares a los empleados en el tratamiento primario para que los microorganismos que se han alimentado de la materia orgánica y parte de la materia orgánica que no ha sido degradada y todavía permanece en el agua decanten y se depositen en el fondo del tanque

Todos los compuestos precipitados al fondo forman una especie de fango o lodo que contiene gran cantidad de agua. Este fango es retirado con ayuda de unas bombas, una parte de este fango se recircula y vuelve a introducir en el reactor biológico para aumentar la eficiencia del proceso, mientras que el resto es conducido a la línea de lodos donde se procesará para su eliminación del agua.

Previo a su devolución al medio ambiente, el agua clarificada que se extrae por la superficie del decantador pasa a través de un canal donde se desinfecta mediante la adición de lejía (hipoclorito sódico) para matar los microorganismos que puedan estar presentes y así evitar que sea dañina para los seres vivos y humanos del entorno en el cual se devuelve el agua al medio ambiente y cumpla con los requisitos mínimos de vertido.

5. Tratamiento de lodos

Todos los lodos y fangos que se separan y extraen de las distintas etapas del proceso se recogen y juntan en un depósito a partir del cual son trasladados son tratados. La primera parte del tratamiento de fangos consiste en un tamizado en el que se eliminan algunos sólidos, como arenas. A continuación, se introduce el fango a unos espesadores, que son unos tanques con una forma similar a los decantadores primarios, pero de menor tamaño donde se deja que el lodo repose y se espese extrayendo parte del agua por la parte superior para reducir así su volumen.

En el siguiente paso, el fango espesado se bombea se lleva a los digestores, que son unos tanques cerrados herméticamente en los cuales se dan unas condiciones óptimas de pH y temperatura para que las bacterias anaerobias descompongan la materia orgánica que está presente en el lodo generando metano como producto de su metabolismo. El metano generado se recoge en unos gasómetros de membrana que son una especie de globos de gran tamaño en los que se almacena para su posterior uso en los equipos de recuperación de energía.

Por último, el fango digerido se traslada a la unidad de deshidratación y desactivación que se compone de un tanque en el que se añaden ciertos reactivos al fango como cal viva para estabilizarlos, matar las bacterias y en muchos casos eliminar malos olores. Tras este paso los fangos se pasan por unas unidades centrifugadoras similares a lavadoras de gran tamaño donde el fango gira a gran velocidad permitiendo la salida del agua restante. El fango deshidratado se almacena en unos silos de grandes dimensiones a la espera de que pase un camión a recogerlo para llevarlo al gestor que se encargará de su tratamiento, es común su uso como fertilizantes.

6. Recuperación de energía

En esta instalación se tiene siempre en mente la ecología, la sostenibilidad y el medio ambiente, de forma que se intenta en la medida de lo posible aprovechar todos los recursos de los que se dispone para minimizar el gasto de energía y consumo de combustibles fósiles.

Para lograr esto, la planta cuenta con un sistema de recuperación de energía, este se compone de dos turbinas de gas similares a las de los aviones a reacción en la cual se quema el metano generado en los digestores anaerobios. El eje de cada una de las turbinas se encuentra conectado a un generador de 477 kW, capaces de generar y suministrar una gran parte de la energía necesaria por los equipos eléctricos de la instalación.

7. Sala de control

Por últimos comentar que la sala de control es el lugar que se considera el cerebro desde donde se controla todo el proceso que tiene lugar. En la actualidad, estas salas están completamente informatizadas de forma que lo que hay aquí son mesas con ordenadores y pantallas desde las cuales se puede visualizar el estado de cada una de las secciones. Además, es común que también se muestren las cámaras de video en circuito cerrado con las que se ve en tiempo

real que está pasando en cada parte del tratamiento. En la Figura 8 se puede ver un diagrama de control de la instalación donde se observa todas las secciones del proceso, este está obsoleto.

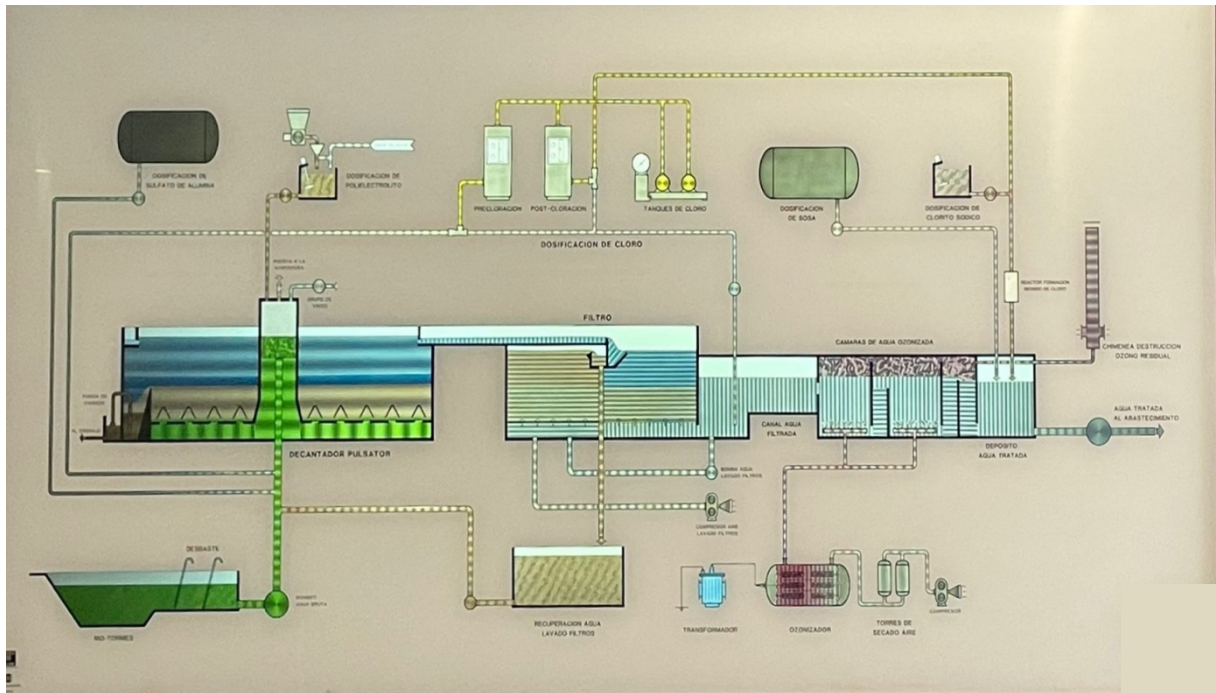


Figura 8. Diagrama de control antiguo de la instalación

En la sala de control suele haber varios diagramas de control que permiten supervisar y controlar los procesos industriales a distancia. Estos constan de un esquema de la instalación que puede ser general o de una sola sección sobre el cual se muestra por medio de diversos indicadores el estado de las variables de control más importantes del proceso, como caudales o niveles. En estos también es común que se indiquen los fallos y anomalías en el proceso por medio de luces rojas o alarmas. En la Figura 9 se muestra un diagrama de este tipo de una de las secciones de la instalación, como se ve aquí se dispone de diversos datos como volumen de agua en los tanques, caudal, concentración de cloro e incluso estado de las válvulas.

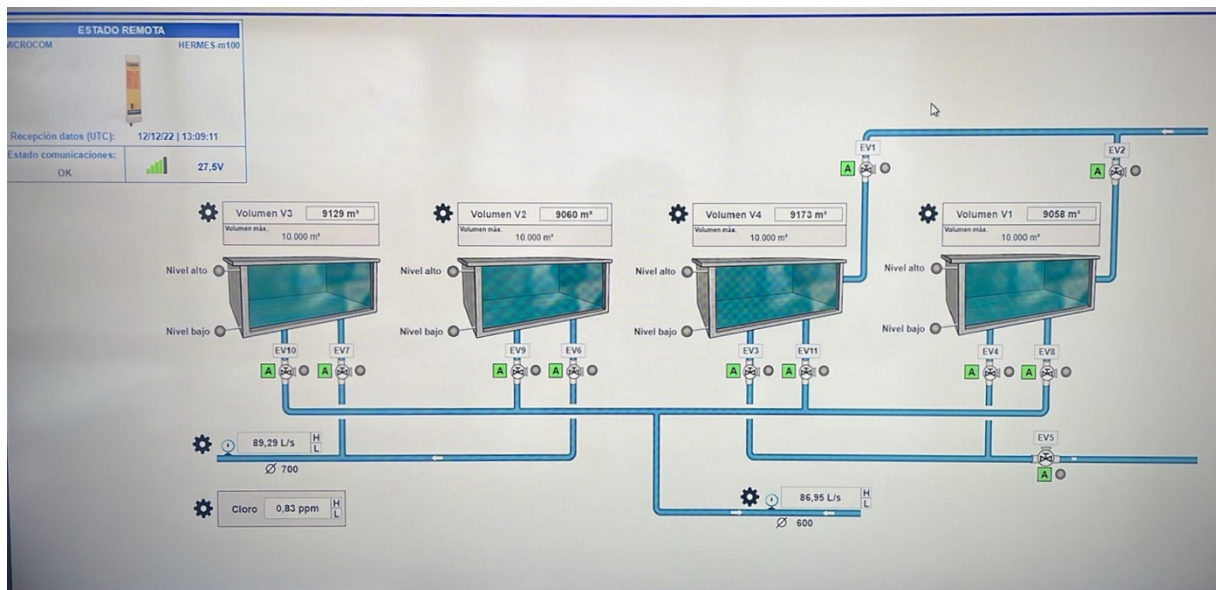


Figura 9. Diagrama de control de una de las secciones de la EDAR

Actualmente, casi es posible controlar la totalidad del proceso sentados en la sala de control con un ordenador y un ratón en la mano, pues se dispone tanto de las señales medidas en los distintos instrumentos de medida como de la posibilidad de ejecutar distintas acciones mediante los actuadores distribuidos por la planta que reciben las señales del ordenador central, lo que nos permite desde cerrar una válvula hasta arrancar un motor, abrir una compuerta... Como excepción hay que destacar que se necesita la presencia de un operario en caso de que por diversos motivos salte un interruptor de corte diferencial, guardamotor, magnetotérmico... pues su rearmado es manual o en el arranque de la instalación pues, aunque los sistemas de control sean muy avanzados, esta es una etapa crítica que requiere de control humano.

Cabe destacar que los sistemas de control tienen la autonomía suficiente gracias a la implementación de algoritmos complejos y lazos de control de poder ejecutar acciones para en caso de incidente poder prevenir que este vaya a mayores deteniendo el proceso en una parada segura.

Anexo 1: Ficha 1, características de la EDAR de Salamanca

Objetivos:

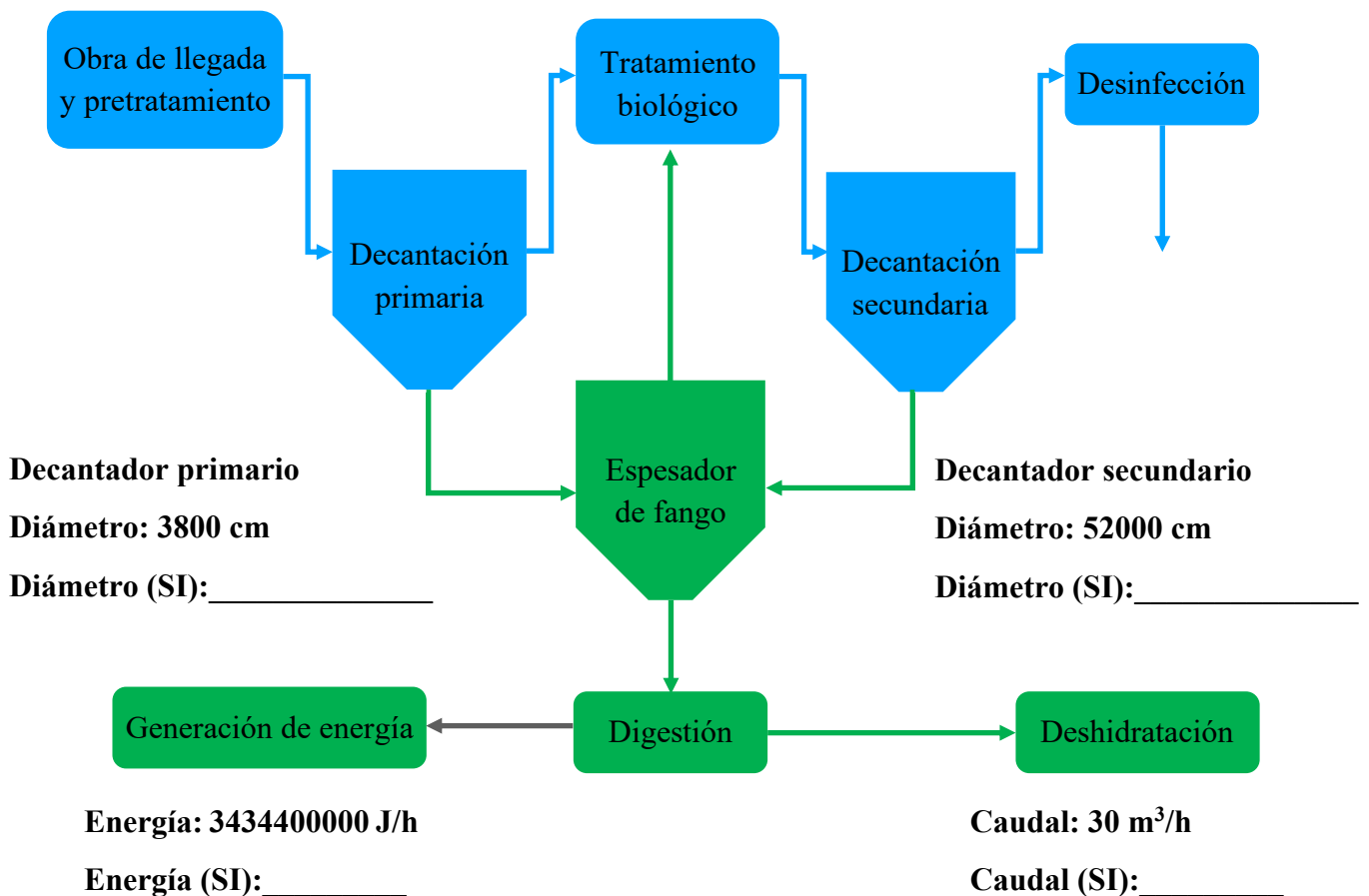
- Trabajar el cambio de unidades de diferentes magnitudes y la notación científica, con datos que permiten contextualizar la EDAR de Salamanca.
- Hacer cálculos de número de moles.
- Contextualizar y caracterizar la instalación que se va a visitar

Descripción: Los alumnos deberán cumplimentar la siguiente ficha con los distintos aspectos solicitados para caracterizar la instalación que se va a visitar.

Empezarán con los datos relativos a la cantidad de agua que se trata en la instalación, datos de agua residual a la entrada, material que se extrae en las distintas secciones, cantidades de lodo generadas... Los alumnos deberán indicar todos los datos en unidades del sistema internacional haciendo las transformaciones y empleando los factores de conversión necesarios en cada caso, además de hacer uso de la notación científica cuando resulte conveniente.

1. Completa los datos que faltan del esquema

Caudal de llegada	Tratamiento biológico	Desinfección con hipoclorito de sodio (NaClO)
Caudal: 117500000 l/h	Volumen: 55,86 Dm³	Caudal: 650 l/h
Caudal (SI): _____	Volumen (SI): _____	Caudal (SI): _____



- 2. Calcula los moles de agua que entran en la instalación por segundo.**

- 3. Calcula los moles de metano (CH_4) que caben en condiciones normales dentro de los dos gasómetros (depósitos) de 1720 m^3 cada uno.**

- 4. Calcula los moles de hipoclorito sódico (NaClO) que se añaden al agua cada hora si la densidad del compuesto son $1,11 \text{ g/l}$ y se añaden 650 l/h .**

Anexo 2: Ficha 2, compuestos químicos en una EDAR

Objetivos:

- Relacionar estados de agregación de la materia con las propiedades químicas de los compuestos químicos.
- Trabajar la nomenclatura inorgánica sistemática y alternativa (tradicional o Stock según corresponda) y la nomenclatura de compuestos orgánicos simples.
- Conocer los distintos tipos de compuestos (iones, moléculas neutras, átomos...)

Descripción: Con esta actividad se desarrollará el trabajo relativo a la nomenclatura de compuestos orgánicos e inorgánicos junto con otras propiedades de los mismos que se espera que los alumnos busquen. Para ello los alumnos deberán cumplimentar las siguientes tablas con lo que se pide en cada uno de los apartados.

1. **Completa la siguiente tabla con los datos que falten (el estado se refiere a los compuestos en condiciones normales)**

Compuesto	Estado	Densidad	Pto. de ebullición	Pto. de fusión	Tipo de enlace
Hipoclorito de sodio					
Cal					
Sulfato de aluminio					
Oxígeno					
Metano					
Cadmio					
Dióxido de carbono					
Ácido clorhídrico					
Nitrógeno					
Carbón activado					

2. Completa la siguiente tabla con la nomenclatura correspondiente e indica que tipo de compuesto son.

Fórmula	Nombre sistemático	Nomenclatura de Stock o tradicional	Tipo
HCl			
ClO ⁻			
NaOH			
N ₂			
CH ₄			
NO ₂ ⁻			
NO ₃ ⁻			
CO ₂			
NH ₃			
CaO			
HS			
PO ₄ ³⁻			
CO ₂			
O ₂			
NH ₄ ⁺			
CH ₃ COOH			
CH ₃ OH			
CH ₃ CH ₂ OH			

Anexo 3: Ficha 3, la energía en una EDAR

Objetivos:

- Reconocer las distintas formas de energía.
- Estimar la cantidad de energía consumida por una instalación industrial.
- Calcular el coste que tiene la electricidad empleada.
- Calcular el rendimiento de un equipo generador

Descripción: La energía desempeña un papel importante en el funcionamiento de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). La EDAR requiere energía para llevar a cabo los diversos procesos de tratamiento del agua residual y garantizar su adecuada depuración antes de su liberación al medio ambiente. Con esta ficha los alumnos trabajarán distintos aspectos relacionados con la gestión y el uso de la energía en una EDAR.

1. ¿Qué tipos de energía se utilizan en una EDAR?

2. ¿Si en la instalación hay los siguientes consumos eléctricos de diversos equipos calcula el consumo eléctrico por hora total de la instalación en kW-h?

- 5 bombas del bombeo primario de 80 kW cada una.
- 3 compresores de aire de 150 kW cada uno.
- 10 bombas del bombeo secundario de 20 kW cada uno.
- 3 bombas dosificadoras de hipoclorito de sodio de 1,5 kW cada una.
- 2 centrifugadoras de fango de 80 kW cada una.
- Otros equipos auxiliares de 1300 kW en total.

3. ¿Qué coste en euros al mes tiene la energía total consumida en la depuradora (toma los datos del apartado previo), si el precio del kW-h según la tarifa industrial empleada es de 0,08 €/kW-h?

- 4. ¿Si los equipos generadores de energía son capaces de producir unos 800 kW-h en cuanto se reduce la factura eléctrica mensual?**
- 5. Si por la combustión del metano se liberan 3 GJ (GigaJulios) de energía y cada generador solo es capaz de generar 400 kW-h. ¿Cuál es el rendimiento de los generadores?**

Anexo 4: Práctica 1

Flotación, sedimentación y decantación

La flotación, la sedimentación y la decantación son procesos fundamentales en la separación de sólidos y líquidos, y nos permiten comprender cómo diferentes partículas interactúan en un medio acuoso.

1. Objetivos

Los objetivos que se persiguen con esta práctica es comprender los conceptos básicos de la flotación, sedimentación y decantación como procesos de separación de mezclas heterogéneas.

2. Fundamento teórico

Los fundamentos teóricos de esta práctica son los siguientes. En primer lugar, la flotación es el proceso en el cual un objeto sólido es capaz de mantenerse en la superficie de un líquido, contrarrestando la fuerza de la gravedad. Esto se logra debido a la diferencia de densidades entre el objeto y el líquido. Si la densidad del objeto es menor que la del líquido, flotará; si es mayor, se hundirá. El principio de Arquímedes establece que el empuje hacia arriba experimentado por un objeto sumergido en un fluido es igual al peso del fluido desplazado por el objeto. Por lo tanto, si el peso del objeto es menor que el peso del fluido desplazado, el objeto flotará.

En segundo lugar, la sedimentación es el proceso en el cual las partículas sólidas en una mezcla heterogénea se depositan en el fondo de un recipiente debido a la acción de la gravedad. La velocidad de sedimentación depende de la masa de las partículas, su forma y tamaño, así como de la viscosidad del líquido en el que están suspendidas. Las partículas más pesadas y grandes sedimentarán más rápidamente que las partículas más ligeras y pequeñas. Este proceso se puede acelerar utilizando agentes floculantes, que aglutinan las partículas para formar agregados más grandes y pesados que se sedimentan con mayor rapidez.

Por último, la decantación es similar a la sedimentación, pero se refiere específicamente a la separación de líquidos y sólidos por gravedad. En este proceso, una mezcla heterogénea líquido-sólido se deja en reposo para permitir que las partículas sólidas se depositen en el fondo del recipiente. Luego, el líquido claro se puede separar cuidadosamente, evitando la transferencia de las partículas sólidas sedimentadas. La decantación se utiliza ampliamente en el tratamiento de aguas residuales y en procesos industriales para separar partículas suspendidas y obtener líquidos claros.

3. Materiales empleados

- Muestra de agua
- Probeta

- Embudo de decantación
- Soporte de aro
- Pie de apoyo
- Cubeta
- Difusor de aire
- Bomba de aire

4. Procedimiento experimental

1. Esta práctica se va a desarrollar en dos fases, para la primera tomaremos una mezcla de agua y aceite, la cual agitaremos para homogeneizarla, a continuación, la verteremos en la cubeta y dejaremos que el aceite se acumule en la superficie midiendo el tiempo necesario para que se separe todo.
2. Repetiremos la experiencia, pero en este caso inyectaremos aire mediante el difusor y medimos el tiempo que tarda en separarse.
3. Repetimos cada experiencia tres veces.
4. Para el siguiente paso vamos a introducir la mezcla de agua y aceite en un embudo de decantación y con cuidado vamos a separar ambas fases.
5. En la siguiente fase experimentaremos con la sedimentación y decantación, para ello vertemos en una probeta una mezcla de agua, barro, arena... fijándonos en que partículas son las que primero precipitan y van más al fondo. Al principio va a ser difícil distinguir una línea clara, pero con el paso del tiempo todo el material se va a depositar en el fondo pudiendo distinguir una interfase clara. Anota en la tabla la posición en la que se encuentra esa interfase en la tabla en cada intervalo de tiempo.

5. Resultados y cuestiones

En la siguiente tabla anota los resultados de las experiencias relativas a la flotación del aceite en el agua.

	Tiempo en flotar sin aireación (s)	Tiempo en flotar con aireación (s)
<u>Flotación</u>		
Media		

En la siguiente tabla anota la altura a la que se encuentra la interfase en la experiencia de sedimentación.

Tiempo (s)	Posición de la interfase (m)
10	
20	
30	
40	
50	
60	
90	
120	
150	
180	
210	
240	
270	
300	

¿Cómo se logra separar más rápido el aceite del agua, con o sin aireación? ¿A qué crees que se debe esta diferencia?

¿Por qué las grasas flotan y las arenas se hunden?

Representa en una gráfica los resultados de la práctica de sedimentación y explica brevemente lo observado.

Anexo 5: Práctica 2

Filtración

La filtración es un proceso fundamental en el ámbito de la química y la separación de mezclas, este procedimiento se utiliza para separar sólidos insolubles de líquidos o gases mediante el uso de un medio poroso conocido como filtro. Este proceso se basa en la diferencia de tamaño de partículas entre la sustancia a filtrar y el medio poroso utilizado.

1. Objetivos

El objetivo principal es separar dos componentes inmiscibles de una mezcla, uno de los cuales se encuentra en suspensión.

Durante la actividad, se podrá observar y comprender cómo las partículas sólidas se separan del líquido a través del filtro, y cómo las características del medio poroso influyen en la eficiencia y el resultado de la filtración.

2. Fundamento teórico

La filtración es una operación que consiste en la separación de mezclas y las propiedades físicas de las sustancias involucradas. La filtración es un proceso utilizado para separar sólidos insolubles de líquidos o gases mediante el uso de un medio poroso, como un papel de filtro, una malla o un lecho filtrante.

El proceso de filtración se basa en la diferencia de tamaño de partículas entre la sustancia a filtrar y el medio poroso utilizado. Las partículas sólidas más grandes quedan atrapadas en el medio poroso, mientras que el líquido o el gas más pequeños pasan a través del filtro y se recogen en un recipiente separado. Este proceso permite obtener una corriente líquida o gaseosa más pura y libre de partículas sólidas.

Es importante tener en cuenta que la eficacia de la filtración puede variar dependiendo de la naturaleza de las partículas a filtrar, las propiedades del medio poroso y las condiciones de operación. Además, existen diferentes tipos de filtración, como la filtración por gravedad, la filtración a presión o la microfiltración, cada una de las cuales presenta sus propias características y aplicaciones específicas

3. Materiales empleados

- Muestra de agua
- Papel de filtro
- Embudo
- Matraz Erlenmeyer
- Embudo Buchner
- Matraz Kitasato

- Manga de vacío
- Bomba de vacío o eyector
- Junta de goma
- Soporte de aro
- Pie de apoyo
- Vasos de precipitados

4. Procedimiento experimental

1. Para el desarrollo de esta experiencia se va a utilizar una mezcla de agua con arena, barro, piedras y otros materiales orgánicos como hojas, recogida de un río o estanque.
2. Se van a utilizar 3 tipos de filtros, se empezará con un filtro fabricado con papel de filtro plegado de forma ordinaria. Para ello se corta un cuadrado de papel de filtro y se dobla en cuatro partes, recortándolo de manera que se forme un arco de un extremo a otro. Una vez cortado, se abre en forma de cono de modo que una mitad tenga tres partes del grueso del papel y se ajusta a un embudo de vidrio, humedeciendo el papel y apretando el filtro sobre las paredes del embudo.
3. A continuación, se coloca el embudo con el filtro en un soporte de aro colocando un vaso de precipitados debajo y se vierte un volumen de mezcla de agua determinado (agitar para que sea lo más homogénea posible), por ejemplo 200 ml y se mide el tiempo que nos lleva filtrar ese volumen de agua. Cuando se vierta el líquido en el embudo hay que hacerlo con cuidado evitando en todo momento que el nivel sobrepase la altura del embudo.
4. Se repetirá la experiencia tres veces para descartar errores anotando los resultados en la tabla inferior.
5. El siguiente intento será también de filtración por gravedad, con la diferencia de que se empleará un filtro de pliegues, este se prepara de forma similar al caso anterior con la diferencia de que una vez cortado el papel en forma de arco, se vuelve a doblar por la mitad y cada una de estas mitades se dobla de nuevo en sentido contrario y repitiendo este último proceso una vez más, nuevamente se adhiere el filtro al embudo con agua y se procede con el filtrado de 200 ml de agua repitiendo la experiencia tres veces anotando nuevamente los resultados.
6. Por último, se va a repetir la experiencia utilizando un filtro a vacío, para ello cortaremos un círculo de papel de filtro del mismo diámetro que el interior del embudo Buchner asegurando que este cubre todos los agujeros. Se pega al embudo humedeciéndolo y se coloca el embudo sobre el matraz Kitasato colocando un cuello de goma para asegurar el vacío. A continuación, se conecta la toma de vacío al embudo, se activa y se vierte el agua que se desea filtrar midiendo el tiempo que se necesita anotando nuevamente el resultado, se repite tres veces.

5. Resultados y cuestiones

En la tabla anota los resultados de cada experiencia y con ellos calcula la velocidad de filtración (dividiendo el volumen filtrado entre el tiempo), presta atención a las unidades.

Tipo de filtración	Tiempo empleado (s)	Velocidad de filtración (ml/s)
Gravedad con filtro convencional		
Media		
Gravedad con filtro de pliegues		
Media		
A vacío		
Media		

¿Cuál es el método más rápido de los tres? ¿Serías capaz de explicar por qué?

¿Qué forma de filtro es más eficiente?

¿Por qué hay que prestar especial cuidado para que el nivel de líquido no supere la altura del embudo?

¿Crees que es posible utilizar como medio filtrante una capa de arena y grava depositadas sobre una tela o gasa?

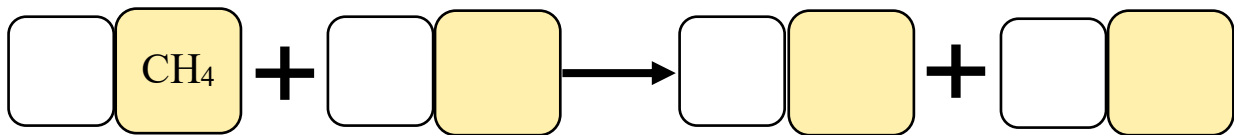
Anexo 6: Ficha 4, reacciones químicas en una EDAR

Objetivos:

- Repasar algunas reacciones químicas simples como la combustión o la neutralización.
- Trabajar la estequiometría de las reacciones químicas
- Estudiar cómo afectan algunos factores a las reacciones químicas

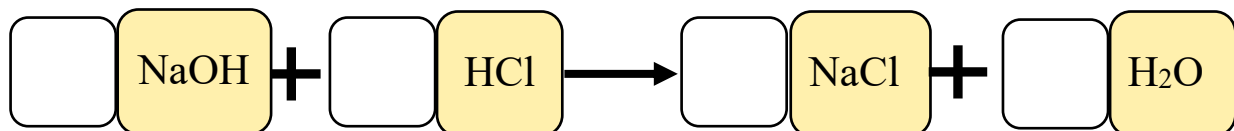
Descripción: Los alumnos a continuación trabajarán los aspectos relacionados con reacciones químicas, para ellos deberán completar las siguientes cuestiones relativas a las reacciones que tienen lugar en una EDAR.

1. **Reacción de combustión del metano.** Completa los cuadros amarillos con los compuestos químicos que falta e intervienen en la reacción de combustión del metano y en los cuadros blancos indica los coeficientes estequiométricos correspondientes.

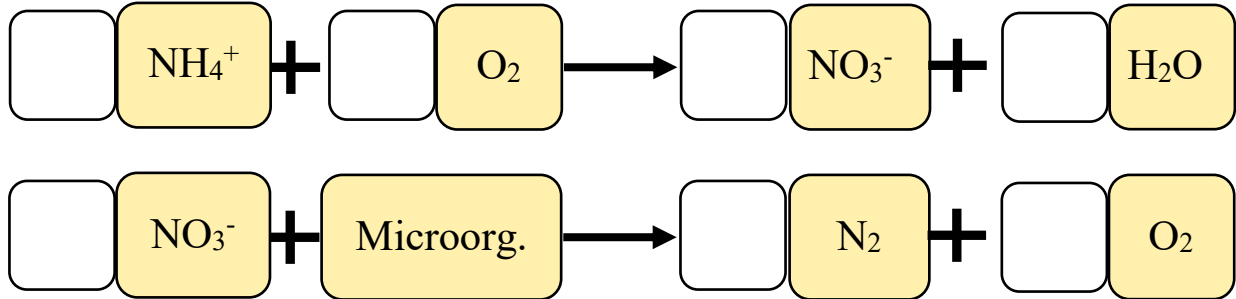


Una vez tengas la reacción ajustada calcula:

- a) Cuantos moles de gases se generan a partir de la combustión de un metro cúbico de metano en condiciones normales.
 - b) El volumen que ocupan esos gases.
 - c) La cantidad de oxígeno necesaria para que reaccione completamente con 1 kg de metano.
 - d) A partir de la estequiometría predice que se consumirá antes si reacciona un volumen de oxígeno y uno de metano.
2. **Reacción de neutralización del pH.** Cuando el pH del agua aumenta, se añade ácido clorhídrico para neutralizarlo y que este vuelva a los valores normales (neutro), completa con los coeficientes estequiométricos que faltan la siguiente reacción de neutralización.



3. **Reacciones de nitrificación y desnitrificación.** En la etapa de tratamiento biológico, los microorganismos se encargan de reducir los compuestos de nitrógeno como el amonio a nitrito y posteriormente a nitrato y nitrógeno. Completa con los coeficientes estequiométricos que faltan y responde las siguientes cuestiones.



¿Como afecta la temperatura y la concentración de oxígeno a la velocidad de ambas reacciones? ¿Qué otros factores pueden afectar a la velocidad de las reacciones químicas?

Anexo 7: Presentación de diapositivas

Estas son las diapositivas que se utilizarán para explicarles a los alumnos los procesos que se llevan a cabo en una EDAR.

VISITA A UNA EDAR

Visita a una edar
Física y química
4º ESO

¿QUE ES UNA EDAR?

Estación
Depuradora de
Aguas
Residuales

IMPORTANCIA DE UNA EDAR

Son instalaciones encargadas de limpiar y depurar el agua residual antes de devolverla al medio ambiente.

- Protección del medio ambiente
- Prevención de enfermedades
- Cumplimiento de normativas y regulaciones
- Uso sostenible del agua
- Reducen contaminación

ETAPAS EN LA DEPURACIÓN DEL AGUA

ESQUEMA DE UNA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES

OBRA DE LLEGADA Y PRETRATAMIENTO

Recibir el agua
Eliminar sólidos voluminosos
Eliminar piedras y arenas

TRATAMIENTO PRIMARIO

Decantadores primarios
Eliminar arenas finas
Separar grasas

TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Uso de bacterias para degradar y eliminar materia orgánica y contaminantes

DECANTACIÓN SECUNDARIA

Eliminación de las bacterias y materia orgánica degradada

DESINFECCIÓN

Matar las bacterias y microorganismos que puedan seguir presentes en el agua residual

Uso de compuestos químicos como lejía, cloro, ozono o radiación ultravioleta

TRATAMIENTO DE LOS LODOS

Acumulación de bacterias, arena y otros compuestos eliminados en las distintas secciones

RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Se deja que las bacterias descompongan el fango en condiciones anaerobias generando metano

El metano se recoge y quema en una turbina de gas que hace girar un generador eléctrico que genera energía

Anexo 8: Plantilla para el desarrollo del dossier

El dossier que los alumnos deben presentar constará de las siguientes secciones:

1. Recopilación de las fichas cubiertas y debidamente cumplimentadas
2. Memorias de laboratorio, en esta parte se espera que los alumnos de forma escueta desarrollen una memoria de laboratorio de una de las dos prácticas, la que ellos prefieran, mientras que de la otra deberán presentar solo el informe de resultados, con las respuestas a las cuestiones planteadas y unas breves conclusiones de la experiencia. La memoria deberá constar de los siguientes apartados:
 - 2.1. Breve introducción de la práctica escogida.
 - 2.2. Objetivos que se persiguen con la experiencia
 - 2.3. Marco teórico
 - 2.4. Materiales y procedimiento experimental, incluyendo fotos o imágenes de los montajes
 - 2.5. Resultados y cuestiones
 - 2.6. Comentarios y conclusiones finales indicando si los resultados son correctos, si hay algún valor anómalo...
 - 2.7. Resultados y cuestiones de la otra práctica.
3. Comentarios de la visita, en este apartado se espera que los alumnos realicen un breve resumen y comentario de la visita, incluyendo algún esquema o dibujo e indiquen los aspectos que más le hayan llamado la atención al respecto. Dentro de este apartado, se propone a los alumnos que reflexionen sobre como en base a lo observado en la visita es posible hacer un uso razonable del agua para evitar futuros problemas tanto en cuanto a escasez como a prevenir la contaminación.

Anexo 9: Cuestionario

A continuación, se presenta el cuestionario que se utilizará para evaluar la visita, este se compone de 5 preguntas de carácter general con las cuales se pretende que los alumnos presten un mínimo de atención durante la visita para poder responderlas.

1. Dibuja un simple esquema del proceso indicando el recorrido del agua a lo largo de la instalación (no es necesario dibujar todos los equipos, solo las secciones del proceso).
2. ¿Qué papel desempeñan los microorganismos en la depuración del agua residual?
3. ¿Qué se hace con los fangos generados en las distintas fases del proceso?
4. ¿Cómo es posible generar energía a partir del proceso de depuración del agua residual?
5. ¿Por qué son importantes las EDAR en el ciclo del agua?

Anexo 10: Rúbrica para evaluar el dossier

A continuación, en la Tabla 8 se va a presentar la rúbrica que se empleará para calificar el dossier. Esta herramienta de evaluación deberán entregarla en formato digital en un plazo que se acordará con ellos.

El dossier debe cuenta con tres partes, una primera relativa a las sesiones en las que se han trabajado conceptos relacionados en la visita mediante la entrega de fichas que deberán estar completadas y trabajadas, este apartado vale un punto. Como ya se ha indicado, las fichas se van a corregir y evaluar en la calificación concreta de su entrega, no obstante, se le permite a los alumnos corregirlas en base a las indicaciones. Un segundo apartado que consiste en una memoria de una de las dos prácticas de laboratorio, cuyos aspectos se evalúan con los ítems titulados como “Contenido relativo a las prácticas”, “Procedimiento, montaje y material” y “Conclusiones y comentarios”. Por último, otra parte relativa a la visita, donde se pretende que los alumnos a modo de diario tomen algunas notas o anoten las dudas que se les planteen para preguntar allí si hay tiempo o al finalizar la misma, esta sección tiene una puntuación máxima de. A mayores se reserva un ítem para evaluar la presentación y orden del documento, pues se pretende así que los alumnos aprendan y se acostumbren a organizar un documento y lo hagan de forma limpia, clara y ordenada con apartados bien diferenciados.

Cabe destacar que esta rúbrica se valora con una puntuación máxima de 6 puntos, de los cuales uno es otorgado a la presentación y orden, otro al trabajo de las fichas, tres puntos a la parte dedicada a las prácticas y el punto restante que se le atribuye a la parte relativa a la visita.

Tabla 8. Rúbrica para evaluar el dossier

Rúbrica para evaluar el dossier de la visita				
Ítem	Excelente	Bueno	Regular	No aceptable
Presentación y aspectos formales	Presentación clara, ordenada, limpia y bien estructurada. Se diferencia cada apartado empleando distintos títulos según jerarquía.	Presentación clara, ordenada y bien estructurada, pero se aprecian defectos en jerarquía de títulos u otros fallos menores.	Se aprecia cierto orden, pero cuesta diferenciar los apartados o falta alguno.	Carece de orden y limpieza, no se aprecian las diferencias entre los apartados.
Máximo, 1 punto	1	0,5	0,25	0
Fichas de clase	Se incluyen todas las fichas con las respuestas corregidas según las indicaciones, se aprecia que las han trabajado.	Falta una ficha, está incompleta o todavía contiene errores que no se han corregido, pero se aprecia que se han trabajado.	Faltan dos fichas, está incompleta o contienen errores graves en general.	Faltan más de dos fichas, están incompletas o contienen varios fallos que demuestran que no se han trabajado lo suficiente.
Máximo, 1 punto	1	0,5	0,25	0
Contenido relativo a las prácticas	Expone fundamentos teóricos claros, completos y adecuados, añade observaciones derivadas de la ampliación de información.	Expone fundamentos teóricos claros, completo y adecuados, pero de forma limitada.	Los fundamentos teóricos están incompletos o son parcialmente erróneos.	No se presentan fundamentos teóricos o están incorrectos.
Máximo, 1 puntos	1	0,5	0,25	0

Procedimiento, montaje y material	Presenta el procedimiento, montaje y material de forma clara y completa incluyendo imágenes o dibujos.	El procedimiento es claro, pero se limita a copiar los guiones de prácticas o el montaje y materiales está incompleto.	El procedimiento contiene errores o faltan montajes y/o materiales importantes.	No se incluye el apartado o presenta errores graves.
Máximo, 1 punto	1	0,5	0,25	0
Resultados, conclusiones y comentarios de las prácticas	Los comentarios y conclusiones son correctos incluyendo discusiones acerca de los resultados alcanzados comentando su adecuación o posibles irregularidades	Presenta apartado de comentarios y conclusiones, pero no incluye una discusión y razonamiento de los mismos	Los comentarios y conclusiones contienen defectos o fallos leves.	No se presenta este apartado o contiene errores graves que indican el desconocimiento de la teoría.
Máximo, 1 punto	1	0,5	0,25	0
Comentarios de la visita	Incluye un apartado con cuestiones de interés respectivas a la visita, así como dibujos y anotaciones o dudas que le surjan a lo largo de la actividad para preguntar o buscar posteriormente.	Incluye el apartado, pero contiene errores o su extensión es muy escasa.	Se presenta el apartado, pero se limita solo a hacer anotaciones.	No se presenta este apartado
Máximo, 1 punto	1	0,5	0,25	0
			Calificación total (máx. 6)	

Anexo 11: Rúbrica para evaluar el comportamiento y la actitud en la visita

En la Tabla 9 se presenta la rúbrica que será empleada para evaluar los contenidos de carácter actitudinal relativos a la visita, con ella se van a tener en cuenta tres aspectos, todos bastante interrelacionados, por eso es esencial establecer los criterios que se valorarán en cada apartado de una forma clara. La actitud tiene en cuenta la manera en la que están los alumnos, principalmente si muestra interés por lo que se le presenta. El comportamiento la forma en la cual este actúa a lo largo de la visita. Por último, la participación es otro aspecto que se evalúa con la intención de forzar a los alumnos a que intervengan y planteen dudas y preguntas.

Esta rúbrica está valorada sobre una puntuación máxima de 1 punto, pues en el sistema de calificación estos contenidos solo contarán un 10%, es decir 1 punto de la nota final. De forma que este punto se distribuye entre los 3 ítems otorgando un máximo de 0,4 a la actitud y 0,3 a los demás.

Tabla 9. Rúbrica para evaluar la actitud y el comportamiento en la visita

Rúbrica para evaluar el comportamiento y la actitud en la visita				
Ítem	Excelente	Bueno	Regular	No aceptable
Actitud	El alumno muestra un gran interés por la visita participando e interactuando en la medida de lo posible.	El alumno muestra interés por la visita atendiendo a las explicaciones sin interactuar.	El alumno muestra poco interés sin prestar atención por las explicaciones.	El alumno no muestra interés por la visita y además tiene una actitud disruptiva molestando en la visita
Máximo, 0,4 puntos	0,4	0,2	0,1	0
Comportamiento	El alumno tiene un comportamiento excelente atendiendo y solicita la palabra para intervenir.	El alumno tiene un comportamiento bueno, pero interviene de forma incontrolada sin solicitar la palabra.	El alumno tiene un comportamiento pasivo, pero no molesta.	El comportamiento del alumno deja que desear faltando al respeto e interrumpiendo múltiples veces.
Máximo, 0,3 puntos	0,3	0,2	0,1	0
Participación	El alumno participa activamente interviniendo cuando se le permite y planteando las cuestiones que se le presentan.	El alumno participa activamente limitándose a responder cuando se le pregunta algo pero sin plantear cuestiones o dudas de algún tipo.	El alumno no participa en ningún momento activamente.	El alumno no participa y además mantiene una actitud que no permite el desarrollo de la visita con interrupciones.
Máximo, 0,3 puntos	0,3	0,2	0,1	0
			Calificación total (máx. 1)	

Anexo 12: Encuesta de satisfacción

En el presente anexo se muestran las cuestiones que se le plantearán a los alumnos para conocer cuál es su opinión respecto a la visita para así tenerla en cuenta de cara a mejorarla en los cursos venideros.

1. ¿Qué expectativas tenías antes de visitar la EDAR? Valora del 1 (mínimo) al 5 (máximo) si se cumplieron.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. ¿Qué aspectos te llamaron más la atención durante la visita a la EDAR?

3. ¿Cómo describirías el funcionamiento general de una EDAR? Valora del 1 al 5 si entendiste cómo se depuran las aguas residuales.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. ¿Consideras que la visita a la EDAR te ayudó a comprender mejor la importancia de la depuración de aguas residuales? Valóralo del 1 al 5.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. ¿Crees que la visita a la EDAR despertó tu interés por el cuidado del medio ambiente y la conservación del agua? Valóralo del 1 al 5

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. ¿Qué aspectos crees que se podrían mejorar en la visita a la EDAR? ¿Qué te gustaría aprender o ver con más detalle en futuras visitas?

7. ¿Tienes alguna sugerencia adicional o comentario sobre la visita a la EDAR?

8. Valora del 1 a 5 los siguientes aspectos relativos a la visita

Adecuación de los contenidos	1	2	3	4	5
Claridad de las explicaciones	1	2	3	4	5
Facilidad para comprender las explicaciones	1	2	3	4	5
Tiempo destinado a la actividad	1	2	3	4	5
Sesiones previas	1	2	3	4	5
Tiempo destinado a preguntar dudas	1	2	3	4	5
Atención y trato del personal de la instalación	1	2	3	4	5
Utilidad de la actividad	1	2	3	4	5
Carga de trabajo generada por la actividad	1	2	3	4	5
¿Consideras que debe repetirse la visita en los cursos venideros?	1	2	3	4	5