



GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA ESTACIÓN
POTABILIZADORA DE AGUA EN LA PROVINCIA
DE VALLADOLID

Autor: Blanca Arilla Gordon

Director: María del Mar Cledera Castro

Madrid

Agosto de 2019

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. **Blanca Arilla Gordon**, **DECLARA** ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: **“CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA ESTACIÓN POTABILIZADORA DE AGUA EN LA PROVINCIA DE VALLADOLID”**, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 27 de Agosto de 2019.

ACEPTA

Blanca Arilla Gordon

Fdo.....

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
“Cálculo y dimensionado de una estación potabilizadora de agua en la
provincia de Valladolid”

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2018-2019 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Blanca Arilla Gordon

Fecha: 28/ 08/ 2019

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: María del Mar Cledera Castro

Fecha://

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA ESTACIÓN POTABILIZADORA DE AGUA EN LA PROVINCIA DE VALLADOLID

Autor: Arilla Gordon, Blanca.

Directores: Cledera Castro, Mar.

Entidad colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Objetivos y Motivación

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una E.T.A.P. (Estación de Tratamiento de Agua Potable) y del sistema de captación e impulsión de agua, con el fin de abastecer de agua potable al treinta por ciento de la población de Valladolid. Dicha instalación ha sido diseñada para una capacidad de 896660 habitantes equivalentes y un caudal de 136L por habitante al día. Por consiguiente, puesto que la E.T.A.P. ha de trabajar las 24 horas del día, el caudal de diseño de la E.T.A.P. será de 508,07 m³/h.

2. Desarrollo y Resultados

En primer lugar se realiza un estudio de las características del medio natural en las distintas alternativas para la ubicación de la E.T.A.P. Teniendo en cuenta las características geológicas del suelo se selecciona la parcela adecuada para el emplazamiento.

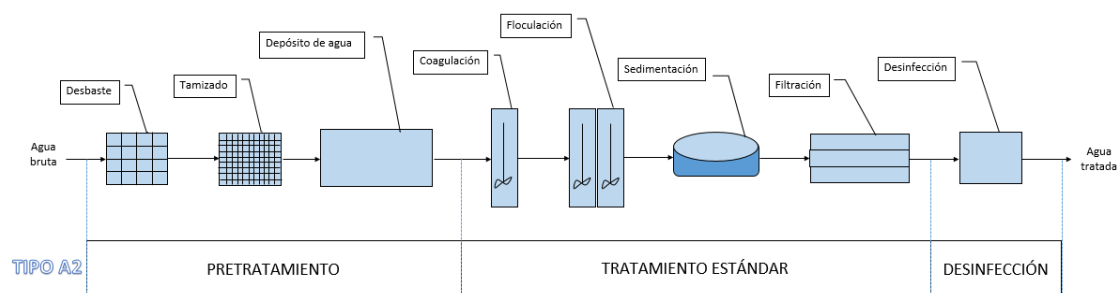
2.1. Dimensionado de la E.T.A.P.

La captación del agua se lleva a cabo directamente del río Pisuerga. Se dispone de una muestra de agua obtenida por la Confederación Hidrográfica del Duero. En función de los contaminantes observados en la muestra se clasifica el agua según el grado de tratamiento que requiere para una buena potabilización. El Real Decreto 1541/1994 establece dichos grados de tratamiento que son los siguientes:

- Tipo A1: Tratamiento físico simple y desinfección.
- Tipo A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.
- Tipo A3: Tratamiento físico y químico intensivos, tratamiento afino y desinfección.

Concentraciones máximas admisibles a la salida de la ETAP			
Parámetros	Valor	Valor máximo permitido	Unidad
Conductividad	610	2500	μS/cm
DQO	5,4	125	mg/l
Amonio	0,03	0,5	mg/l
pH	7,9	6,5 - 9,5	pH
Sólidos en suspensión	21	-	mg/l
Temperatura del agua	19,6	-	°C
Turbidez	18	1	UNT

Para poner solución a esta contaminación se ha clasificado el agua como tipo A2 y optado por un tratamiento que incluye un pretratamiento físico, un tratamiento físico-químico estándar y una etapa final de desinfección.



En la primera etapa de pretratamiento, se ha optado por un **desbaste y tamizado** destinados principalmente a retener objetos de tamaño grande y pequeño para evitar obstrucciones en los equipos y que no disminuya la eficacia del tratamiento posterior. También, se incluye un **depósito de almacenamiento de agua**.

La primera etapa del tratamiento estándar consiste en una **coagulación y floculación** con el objetivo de desestabilizar químicamente y aglomerar las partículas causantes de la turbidez, dejándolas decantar finalmente por su propio peso en un **decantador cilíndrico**. Se dimensionan un tanque de coagulación y floculación rectangulares con paletas.

A la salida del decantador, se encuentra la etapa de filtración mediante cuatro **filtros rápidos de arena** por gravedad, compuesto por dos medios filtrantes: arena y antracita, de sección rectangular. Con ello se consigue reducir los microorganismos patógenos, así como los sólidos en suspensión, para afinar así la reducción de color y turbidez.

Por último, para la etapa de **desinfección** se ha elegido el cloro líquido como desinfectante por ser el más estudiado y conocido, además de ser por el que se guían la mayoría de las normas de desinfección a día de hoy. Se dimensionan dos tanques de desinfección rectangulares.

2.2. Captación e impulsión

El agua se capta a través de unas rejillas submarinas por donde el agua entra en la tubería. Desde allí se lleva a cabo la impulsión mediante tres bombas en paralelo, estando una de ellas en reserva, para evitar que si ocurre algún fallo en una de ellas impida seguir bombeando el agua y para operaciones de mantenimiento.

Una vez bombeada el agua, ambos caudales (uno por cada bomba en funcionamiento) concurrirán en un depósito de almacenamiento de agua.

Se han realizado todos los cálculos que permitan el correcto funcionamiento de los equipos, como son:

- Las tuberías (diámetro mínimo)
- Las bombas de impulsión desde la toma de agua (caudales y alturas)
- Las bombas de circulación entre procesos (caudales y alturas)

Las bombas que mejor se adaptan a los cálculos realizados son las bombas Grundfos. Las tuberías que se han escogido para toda la E.T.A.P. son de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), fabricadas por la compañía Georg Fischer.

La potencia total instalada resulta de 42 kW.

3. Referencias

- [AEAS87] Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, AEAS. 1987.
- [CHD_19] Confederación Hidrográfica del Duero. 2019.
- [METC96] Metcalf & Eddy. “Reutilización del agua”. 1996.
- [ROME99] Romero Rojas, JA. “Potabilización del agua.” 3º Ed. 1999.
- [ISLA05] Isla de Juana, R. “Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: aguas de proceso, residuales y de refrigeración.” 2005.

CALCULATION AND DIMENSIONING OF A WATER TREATMENT PLANT IN VALLADOLID

Author: Valero Solesio, Inés.

Directors: Cledera Castro, Mar.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

PROJECT SUMMARY

1. Objectives and Motivation

The objective of the present Project is the design of a D.W.T.P (Drinking Water Treatment Plant) and the design of the water catchment and pumping system. With the aim of providing safe water to the thirty per cent of the population of Valladolid. This facility has been designed for a capacity of 896660 equivalent inhabitants and a flow rate of 136L per inhabitant per day. Therefore, since the D.W.T.P. is to work 24 hours a day, the design flow will be 508.07 m³/h.

2. Development and Results

First, a study of the characteristics of the natural environment is carried out in the different alternatives for the location of the water treatment plant. Taking into account the geological characteristics of the land, the appropriate parcel is selected for the location.

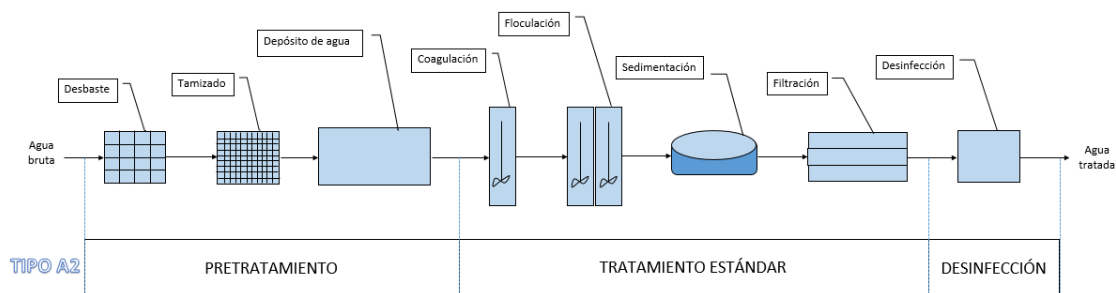
2.1. Water treatment dimensioning

Water collection takes place directly from the river Pisuerga. A sample of water obtained by the Duero Hydrographic Confederation is available. Based on the contaminants observed in the sample, water is classified according to the degree of treatment required for a good water purification. The RD 1541/1994 establishes such degrees of treatment which are as the following:

- Type A1: Simple physical treatment and disinfection.
- Type A2: Normal physical treatment, chemical treatment and disinfection.
- Type A3: Intensive physical and chemical treatment, fine treatment and disinfection.

Concentraciones máximas admisibles a la salida de la ETAP			
Parámetros	Valor	Valor máximo permitido	Unidad
Conductividad	610	2500	$\mu\text{S}/\text{cm}$
DQO	5,4	125	mg/l
Amonio	0,03	0,5	mg/l
pH	7,9	6,5 - 9,5	pH
Sólidos en suspensión	21	-	mg/l
Temperatura del agua	19,6	-	$^{\circ}\text{C}$
Turbidez	18	1	UNT

To solve this pollution, water has been classified as type A2 and it has been decided to use a treatment that includes a physical pretreatment, a standard physical-chemical treatment and an end stage of disinfection.



In the first pre-treatment stage, a **roughing and sieving** has been chosen mainly to retain large and small objects to avoid obstructions in the equipment and not to decrease the effectiveness of subsequent treatment. A **water storage tank** is also included.

The first stage of the standard treatment consists of a **coagulation and flocculation** in order to chemically destabilize and agglomerate turbidity particles, letting them decant downwards by the force of gravity in a **cylindrical decanter**. A rectangular coagulation and flocculation tank with paddles are sized.

After decantation, there is a filtration stage consisting of four **gravity sand filters**, composed by two different filtering materials: sand and anthracite. This reduces pathogenic microorganisms, as well as suspended solids, to reduce colour and turbidity.

Finally, for the **disinfection** stage, liquid chlorine has been chosen as a disinfectant for being the most studied and known, in addition to being guided by most disinfection standards today. Two rectangular disinfection tanks are sized.

2.2. Water catchment and pumping system.

Water is captured through underwater grids where water enters the pipe. From there, pumping is carried out by means of three pumps in parallel, one of them being in reserve, if any failure in one of them occurs preventing further water pumping and for maintenance operations.

Once the water is pumped, both flows (one for each pump in operation) will meet in a water storage tank.

All calculations have been carried out to allow the equipment to function properly, such as:

- Pumps (minimum diameter)
- Pumping pumps from the water intake (flows and heights)
- The circulation pumps between processes (flows and heights)

The pumps that best fit the calculations made are Grundfos pumps. The pipes that have been chosen for the entire D.W.T.P. are made of unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U), manufactured by Georg Fischer.

The total installed power results in 42 kW.

3. References

- [AEAS87] Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, AEAS. 1987.
- [CHD_19] Confederación Hidrográfica del Duero. 2019.
- [METC96] Metcalf & Eddy. "Reutilización del agua". 1996.
- [ROME99] Romero Rojas, JA. "Potabilización del agua." 3º Ed. 1999.
- [ISLA05] Isla de Juana, R. "Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: aguas de proceso, residuales y de refrigeración." 2005.



GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA ESTACIÓN
POTABILIZADORA DE AGUA EN LA PROVINCIA
DE VALLADOLID

Autor: Blanca Arilla Gordon

Director: María del Mar Cledera Castro

Madrid

Agosto de 2019

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Cálculos
- Planos
- Presupuesto
- Anexos
- Pliego de condiciones

DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1 - MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	8
CAPÍTULO 2 – ESTADO DE LA CUESTIÓN	9
CAPÍTULO 3 - OBJETIVO DEL TRABAJO	10
CAPÍTULO 4 - INTRODUCCIÓN	11
4.1 El agua y el ciclo hidrológico	12
CAPÍTULO 5 - ESTUDIO GEOLÓGICO DEL EMPLAZAMIENTO	15
5.1 Introducción	15
5.2 Estudio de alternativas de localización de la ETAP	15
5.3 Selección del emplazamiento	23
CAPÍTULO 6 - PARÁMETROS INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN Y PROCESOS DE TRATAMIENTO	26
6.1 Parámetros de carácter físico	26
6.2 Parámetros de carácter químico	27
6.3 Parámetros de carácter microbiológico	29
6.4 Tratamientos del agua en una ETAP	30
6.4.1 Pretratamiento	30
6.4.2 Tratamiento estándar	36
6.4.3 Tratamientos específicos	43
CAPÍTULO 7 - NORMATIVA VIGENTE SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA	46
7.1 Normativa vigente sobre la calidad del agua para consumo humano	46
7.2 Análisis de la muestra y clasificación de la calidad del agua según sus contaminantes ...	47
7.3 Estudio de la muestra y elección de las etapas del tratamiento	49
CAPÍTULO 8 - DISEÑO DEL PROCESO	51
8.1 Definición del tratamiento	51
8.2 Línea de tratamiento de agua	51
8.3 Descripción de la instalación	52
CAPÍTULO 9 - DISEÑO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN	53
9.2 Datos de partida de la ETAP	53
9.3 Cálculos para el dimensionado de la ETAP	54
9.3.1 Depósito de almacenamiento de agua	56
9.3.2 Rejas de desbaste	56
9.3.3 Tamizado	57

9.3.4 Coagulación	58
9.3.5 Floculación.....	60
9.3.6 Decantación.....	61
9.3.7 Filtro rápido de arena.....	63
9.3.8 Desinfección	66
CAPÍTULO 10 - DISEÑO DEL SISTEMA DE TOMA DE AGUA	69
10.1 Generalidades	69
10.2 Descripción del trazado y funcionamiento del sistema de toma de agua	69
10.3 Descripción en detalle del sistema de toma de agua.....	70
CAPÍTULO 11 - DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	71
11.1 Tubería de impulsión.....	71
11.2 Solución adoptada para el bombeo	72
CAPÍTULO 12 - CIRCULACIÓN ENTRE PROCESOS.....	73
12.1 Tuberías de circulación entre procesos	73
12.2 Bombas de circulación entre procesos	73
CAPÍTULO 13 - CÁLCULO DE LA POTENCIA INSTALADA REQUERIDA	74
13.1 Potencia de los equipos de bombeo	74
CAPÍTULO 14 - RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	76
CAPÍTULO 15 - BIBLIOGRAFÍA.....	77

FIGURAS

Figura 1: El ciclo del agua (Fuente: USGS).....	14
Figura 2: Provincia de Valladolid (Fuente: Google Mapas)	15
Figura 3: Vista aérea situación ETAP (Fuente: Google mapas)	16
Figura 4: Vista satélite (Fuente: Google Mapas)	16
Figura 5: Vista satélite parcelas (Fuente: Google Mapas).....	17
Figura 6: Riesgos activos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.)).....	18
Figura 7: Leyenda riesgos activos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	18
Figura 8: Valor ecológico (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	19
Figura 9: Leyenda valor ecológico (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	19
Figura 10: Valor agrícola (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	19
Figura 11: Leyenda valor agrícola (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.)).....	20
Figura 12: Zonas inundables (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	20
Figura 13: Cañadas (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	21
Figura 14: Usos del suelo (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.)).....	21
Figura 15: Leyenda usos del suelo (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	22
Figura 16: Corredores ecológicos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	22
Figura 17: Leyenda corredores ecológicos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	22
Figura 18: Espacios naturales (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))	23
Figura 19: Características del medio natural.....	23
Figura 20: Foto aérea parcela seleccionada (Fuente: Google Earth)	25
Figura 21: Fotografía fachada (Fuente: (Sede electrónica del catastro, s.f.))	25
Figura 22: Concentración de saturación de oxígeno en agua (S) en función de la temperatura	28
Figura 23: Variación de DBO en función del tiempo	29
Figura 24: Rejas de desbaste manual (Fuente: (CIDTA, s.f.))	31
Figura 25: Rejas de desbaste automático (Fuente: (CIDTA, s.f.))	32
Figura 26: Tamiz estático. (Fuente: GEDAR-Tratamiento de aguas)	32
Figura 27: Tamiz rotativo. (Fuente: GEDAR-Tratamiento de aguas)	33
Figura 28: Aireador de fuente (Fuente: (WeedersDigest, s.f.)).....	34
Figura 29: Aireadores de cascada (Fuente: (Sebastián, 2017)).....	35
Figura 30: Aireador de bandejas múltiples (Fuente: (Sebastián, 2017)).....	35
Figura 31: Desestabilización del coloide por acción del coagulante. (Fuente: (Andía Cárdenas, 2000))	37
Figura 32: Mezcladores mecánicos de hélice y paletas. (Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas, "Potabilización del agua",1999.)	38
Figura 33: Mezcladores hidráulicos. (Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas, "Potabilización del agua",1999.).....	38
Figura 34: Tipos de floculadores. (Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas, "Potabilización del agua",1999.).....	39
Figura 35: Tanque sedimentación rectangular, flujo rectilíneo	40
Figura 36: a) Tanque sedimentación, dosificación central, flujo radial, b) Tanque sedimentación, dosificación perimetral, flujo radial.....	40

Figura 37: a) Sedimentador rectangular, b) sedimentador circular	41
Figura 38: Filtro de arena	42
Figura 39: Técnica de ablandamiento del agua: intercambio iónico. (Fuente: Condair)	45
Figura 40: Adsorción de productos químicos con carbón activo en polvo (Fuente: ICAI)	45
Figura 41: Esquema del proceso de potabilización (Fuente: elaboración propia)	50
Figura 42: (Fuente: Veolia Water Technologies)	69
Figura 43: (Fuente: Veolia Water Technologies)	70

TABLAS

Tabla 1: Coordenadas parcela	24
Tabla 2: Comparación de tipos de desinfectantes. (Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, ICAI)	43
Tabla 3: Clasificación de la dureza del agua	44
Tabla 4: Análisis físico-químico agua bruta (Fuente: Confederación Hidrográfica del Duero) ...	47
Tabla 5: Clasificación calidad agua bruta (Fuente: RD 1541/1994 BOE.es)	48
Tabla 6: Concentraciones máximas admisibles salida ETAP (Fuente: RD 140/2003 BOE.es)	49
Tabla 7: Caudales a suministrar	56
Tabla 8: Dosis óptima de coagulante: (Fuente: (Andía Cárdenas, 2000))	59
Tabla 9: Tabla equipos de bombeo	74

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1 - MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El agua limpia de impurezas y accesible para todos debería ser un objetivo común para todos los ciudadanos. En el planeta hay suficiente agua dulce para cumplir este objetivo. Sin embargo, el reparto de agua no es equitativo y para el año 2050 se prevé que al menos un 25% de la población mundial viva en un país afectado por la escasez de agua dulce.

Esa escasez de recursos hídricos, junto con la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado repercuten en la seguridad alimentaria. Afortunadamente, se han hecho algunos avances en la última década y más del 90% de la población mundial tiene acceso a fuentes de agua potable mejoradas

En el año 2010, se reconoció expresamente el derecho humano al agua y al saneamiento. El acceso al agua potable limpia y al saneamiento son esenciales para que se puedan cumplir el resto de los derechos humanos.

En 2015, 193 Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030, que plantea los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), un nuevo horizonte con los retos más importantes para los seres humanos. El objetivo número 6 de Desarrollo Sostenible consiste en garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos (Unidas, 2015).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- 844 millones de personas carecen de un servicio básico de suministro de agua potable y en esa cifra se incluyen 159 millones de personas que dependen de aguas superficiales.
- Al menos 2.000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua contaminada por heces.
- El agua contaminada provoca más de 502.000 muertes por diarrea al año.
- El agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea o el cólera.

CAPÍTULO 2 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Antiguamente, las civilizaciones eran conscientes de la importancia del agua para poder asegurar su supervivencia. Por esta razón, se situaban en zonas donde hubiera riqueza de agua. Una de sus inquietudes era la obtención de agua limpia y saludable. Al principio el tratamiento se basaba en mejorar las características organolépticas; como son el color y el olor.

Se conoce cómo los pueblos orientales empleaban barro y arena para filtrar el agua. También, en Europa los romanos instalaron filtros para prevenir impurezas; separaban el agua de buena calidad destinada para cocinar y beber del agua de mala calidad destinada para el riego.

En el antiguo Egipto dejaban reposar el agua en vasijas de barro durante varios meses para dejar precipitar las partículas e impurezas, y mediante un sifón extraían el agua de la parte superior. Conocido hoy en día como decantación. En otras ocasiones incorporaban ciertas sustancias minerales y vegetales para facilitar la precipitación de partículas y clarificar el agua. Conocido en la actualidad como coagulación.

El primer sistema de suministro de agua potable se construyó en Glasgow, Escocia. Llevado a cabo por John Gibb en 1804 (Descalcificador10, 2017).

A lo largo de la historia diferentes científicos han demostrado las diversas fuentes y efectos de los contaminantes en el agua. En 1855 se probó que el cólera era una enfermedad de transmisión hídrica por la contaminación de un pozo. En 1880, se demostró cómo partículas microscópicas podían transmitir enfermedades a través del agua. En el siglo XX se demostró que la turbidez del agua no era solo un problema estético, sino que su fuente eran las materias fecales.

CAPÍTULO 3 - OBJETIVO DEL TRABAJO

A continuación se presentan los objetivos que se pretenden abordar con este Trabajo de Fin de Grado:

- Búsqueda del emplazamiento para el diseño de la ETAP
- Búsqueda de los contaminantes presentes en el agua de captación
- Análisis y clasificación del agua según sus contaminantes en las distintas categorías de agua bruta definidas por normativa
- Elección de los distintos tratamientos dependiendo de la calidad del agua bruta y los contaminantes específicos
- Dimensionamiento de las etapas para su correcta potabilización
- Diseño del sistema de bombeo desde la captación a la estación potabilizadora y su impulsión entre etapas

CAPÍTULO 4 - INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para el desarrollo económico y social, además de ser un recurso esencial para la protección de los ecosistemas. Por eso, es necesario tratar el agua en su totalidad. Es un recurso fundamental para la supervivencia del ser humano y los seres vivos, por esta razón, se debe hacer todo lo posible para mantener su calidad.

Los recursos hídricos son todas las corrientes de agua: océanos, ríos, lagos, arroyos, aguas subterráneas, mares; existentes en nuestro planeta de las cuales los seres humanos podemos aprovecharlas para generación de energía o uso personal y los animales las utilicen para llevar a cabo una determinada acción.

Los recursos hídricos se utilizan de dos formas: para el uso consuntivo y para el uso no consuntivo.

Se pueden destacar las siguientes actividades dentro del uso consuntivo: uso urbano y doméstico: casi el 5% del agua es utilizada para uso doméstico, por ejemplo higiene, lavar la ropa, etc.; uso industrial y uso agropecuarios: la mayor parte es destinado a la tierra, casi un 72% del agua se usa en los cultivos. La ganadería también se incluye en este tipo de uso.

En el uso no consuntivo del agua se destacan: transporte; energía hidroeléctrica: utilización de agua para la producción de energía eléctrica; usos recreativos: pesca; hábitats: es el medio de vida de muchos animales acuáticos.

Algunos datos destacados sobre recursos hídricos en el mundo son los siguientes (Euston96, 2018):

El volumen total del agua del planeta es de 1.385.980 millones de kilómetros, de la cual el 97% es agua de mar. En Asia y en América del Sur es donde se encuentran los mayores recursos de agua, debido a que son los lugares en donde se encuentran los ríos más grandes del mundo.

Europa y Oceanía tienen la menor cantidad de agua del mundo.

La contaminación daña estos recursos y la mala gestión de las actividades contamina también las aguas subterráneas y superficiales. Por eso, es necesario dotar al agua de cierta calidad para su posterior uso. El tratamiento del agua bruta se lleva a cabo en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP). El proceso de potabilización consiste en tratar el agua para hacerla potable o apta para el consumo humano sin que suponga riesgo alguno para la salud.

Existen unas normas de calidad del agua que se deben cumplir tras dicho proceso de potabilización. Estas normas están establecidas en el RD 140/2003, del 7 de febrero (BOE, 2003). El grado de tratamiento dependerá del origen del agua de bruta, así como del uso que se vaya a dar a esta.

Existen distintas tecnologías para hacer el agua potable pero todas ellas siguen los mismos principios. Se llevan a cabo distintas etapas en el proceso de potabilización para reducir el riesgo y se realiza un tratamiento específico en cada etapa para cada contaminante. Además, se hace un tratamiento integrado para obtener el resultado deseado.

Después de captar el agua de la naturaleza se le aplican los tratamientos necesarios en la ETAP:

- Pretratamiento: desbaste, depósito de regulación del caudal, aireación y pretratamiento químico.
- Tratamiento estándar: sedimentación, coagulación y floculación, sedimentación de partículas floculadas, filtración y desinfección.
- Tratamiento específico: eliminación de sales, ablandamiento y adsorción de productos químicos.

4.1 El agua y el ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra. El agua puede cambiar su estado entre líquido, vapor y hielo en varias etapas del ciclo y los procesos pueden durar segundos o miles de años. Las causas principales son el Sol y la gravedad.

Se pueden distinguir las siguientes fases: evaporación, condensación, precipitación, escorrentía superficial, infiltración y percolación.

Evaporación: el agua se evapora de los océanos, ríos y lagos. El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera. El hielo y la nieve pueden sublimar directamente en vapor de agua.

El 90% del agua evaporada procede de océanos, mares, lagos, etc. Mientras que el 10% de la misma procede de la transpiración de las especies vegetales sobre la superficie del suelo. Este proceso es lo que se conoce como evapotranspiración.

Condensación: el vapor se eleva en el aire donde las temperaturas más frías hacen que se condense. De esta manera se forman las nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes alrededor del globo.

Precipitación: las gotas que forman las nubes chocan, crecen y por la acción de la gravedad precipitan sobre la Tierra, proceso que se llama coalescencia. La precipitación puede darse en forma de lluvia, nieve o granizo.

El 90% del agua precipita sobre mares y océanos y el 10% restante lo hace sobre la superficie terrestre.

Escorrentía superficial: parte del agua precipitada no se filtra a través del suelo, sino que circula sobre el terreno. También se produce por el deshielo de la nieve acumulada en zonas montañosas. Se da en zonas donde el clima es seco y supone erosión del terreno.

Infiltración: parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno a través de los poros y fisuras del suelo. Depende de la gravedad, la capilaridad, y características del suelo.

Algunas infiltraciones permanecen cerca de la superficie y pueden emerger acabando como agua superficial, otras se infiltran y rellenan acuíferos que almacenan cantidades enormes de agua dulce durante largos períodos de tiempo.

Percolación: es el movimiento o flujo del agua a través del suelo hasta el nivel freático, por acción de la gravedad y capilaridad. Fluye hacia el subsuelo hasta que alcanza una roca impermeable que la detiene quedando almacenada bajo tierra en lo que se llama un acuífero.



Figura 1: El ciclo del agua (Fuente: USGS)

CAPÍTULO 5 - ESTUDIO GEOLÓGICO DEL EMPLAZAMIENTO

5.1 Introducción

Valladolid está situada en el cuadrante noroeste de la península ibérica. Localizada en el centro de la Meseta Norte, lo que le caracteriza de poca vegetación y un terreno llano. La altitud del centro de la ciudad es de 690 m, su superficie tiene una extensión de 8.111 km². Sus coordenadas respecto al núcleo urbano son:

Geográficas ETRS89 {
 Latitud: 41°39'00"N
 Longitud: 04°43'00"W

La localización de Valladolid en la Comunidad Autónoma de Castilla y León se señala en la siguiente imagen.



Figura 2: Provincia de Valladolid (Fuente: Google Maps)

5.2 Estudio de alternativas de localización de la ETAP

La ubicación de la ETAP en el municipio de Valladolid se muestra en la siguiente foto aérea del terreno.

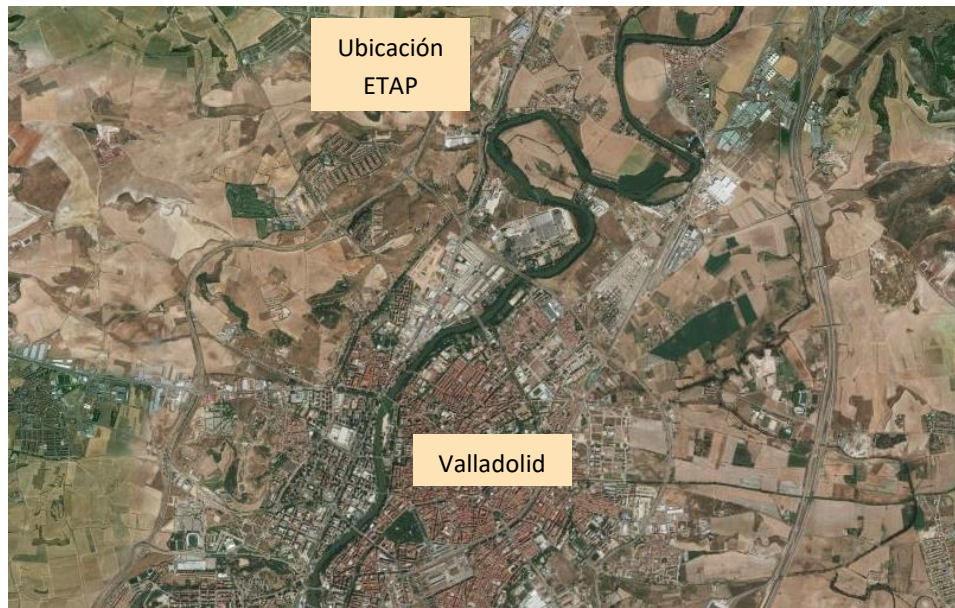


Figura 3: Vista aérea situación ETAP (Fuente: Google maps)

A continuación, se observa la zona de posible implantación de la ETAP. Teniendo en cuenta las características geológicas del suelo se selecciona la parcela adecuada para el emplazamiento, según los datos obtenidos durante la búsqueda de información.

La captación del agua se realiza directamente del río Pisuerga, afluente del Duero. La zona de interés para este proyecto se representa en la siguiente figura.



Figura 4: Vista satélite (Fuente: Google Mapas)

A continuación, se lleva a cabo un reconocimiento geológico superficial de la ubicación de la planta, en base a información bibliográfica obtenida del Ayuntamiento de Valladolid (Medio natural en Valladolid, s.f.) para plantear una opción definitiva.

Para ello, se han seleccionado tres posibles parcelas para la localización de la planta. Antes de llegar a una conclusión definitiva se realiza el estudio de estas opciones.

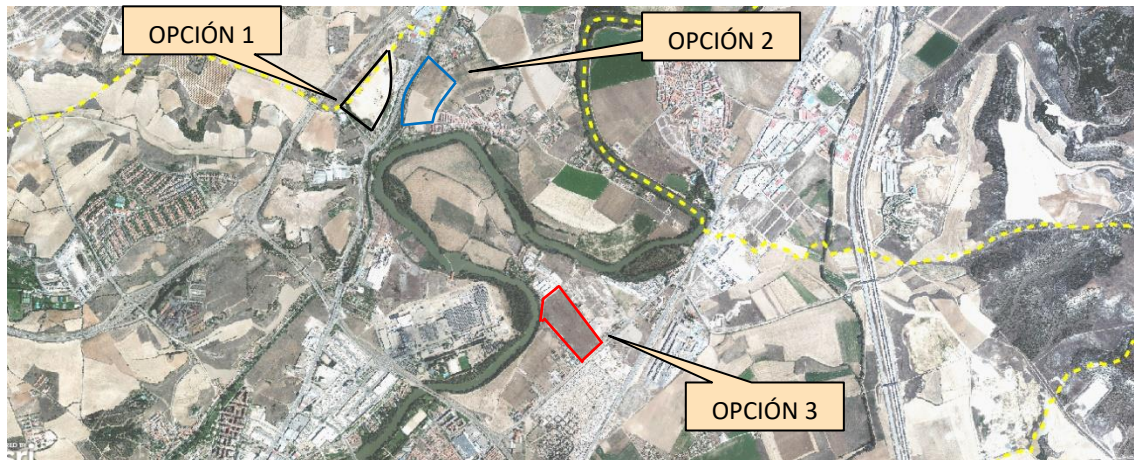


Figura 5: Vista satélite parcelas (Fuente: Google Maps)

Se ha considerado necesario sacar conclusiones de las siguientes características del medio natural:

- Los riesgos activos del terreno
- El valor ecológico y agrícola del terreno
- Si se trata de zonas inundables
- Si existen cañadas en la zona
- Los usos del suelo
- Si existen corredores ecológicos
- Si es un espacio natural, entre otros.

El valor de estas conclusiones es estimativo, debido a que no se dispone de los medios para realizar un estudio exhaustivo.

En las siguientes imágenes se pueden observar coloreadas o redondeadas las áreas de estudio. Se señala la opción 1 de color negro, la opción 2 de color azul y la opción 3 color rojo para identificarlas y observar si se ven afectadas o no por las distintas áreas de estudio.

- Riesgos activos:

Los procesos de erosión alteran la superficie terrestre y causan distintos riesgos sobre el terreno que hay que tener en cuenta a la hora de edificar sobre el mismo.

El primer riesgo a tener en cuenta sería el deslizamiento de tierras que consiste en el desplazamiento hacia abajo y hacia el exterior de rocas que forman parte de una ladera. Es consecuencia de la gravedad, de ondas sísmicas o de fuertes precipitaciones.

El segundo riesgo a tener en consideración sería el desprendimiento del terreno, se basa en la caída de piedras o rocas de una ladera como consecuencia de un debilitamiento del suelo.

Para la ubicación de la ETAP evitaremos que se encuentre en una zona con cualquiera de estos riesgos. Como se puede observar en la Figura 6, las tres alternativas de parcelas serían válidas para la implantación de la ETAP ya que no se encuentran en ninguna zona de desprendimientos o deslizamientos.

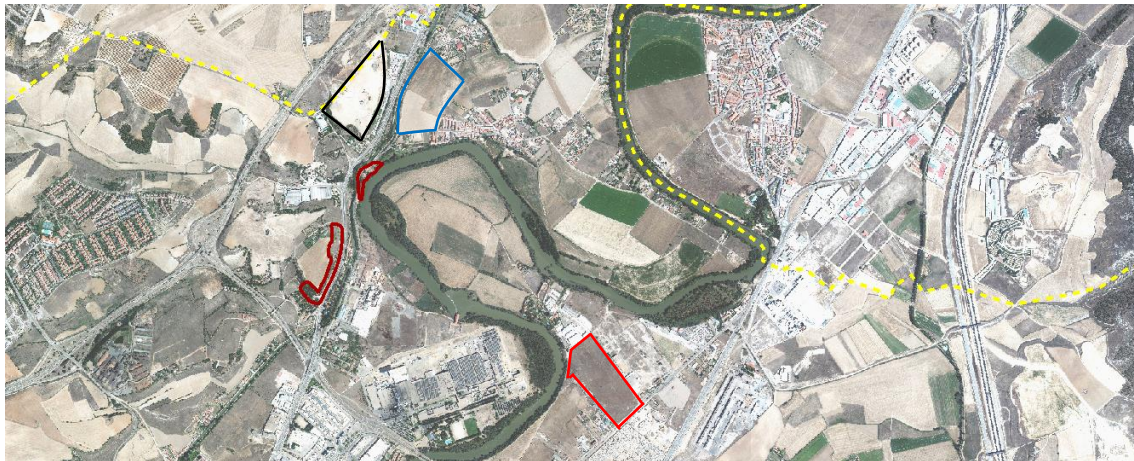


Figura 6: Riesgos activos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

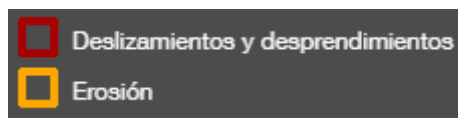


Figura 7: Leyenda riesgos activos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

- Valor ecológico:

Desde un punto de vista ecológico, en el suelo es donde se lleva a cabo especialmente el proceso de descomposición, fundamental para la reobtención y reciclado de nutrientes.

Por otra parte, desde un punto de vista ecológico más amplio, el suelo proporciona refugio a gran cantidad de especies que se ocultan bajo el mismo. La diversidad biológica del suelo es muy alta. De esta forma se puede clasificar desde un grado muy alto a un grado muy bajo de valor ecológico del terreno.

En la Figura 8 se puede observar que las posibles parcelas tienen un grado bajo de valor ecológico, lo cual significa que son buenas opciones para la ubicación de la ETAP.



Figura 8: Valor ecológico (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

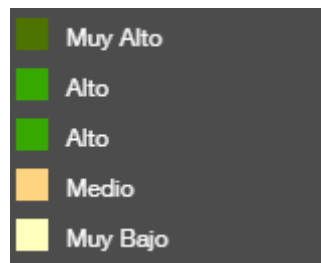


Figura 9: Leyenda valor ecológico (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

- Valor agrícola:

Un determinado suelo se considera que es de valor agrícola cuando dicho suelo es apto para todo tipo de plantaciones y cultivos, en otras palabras, para la actividad agrícola.

En la Figura 10 se empiezan a observar diferencias entre las distintas parcelas, ya que la opción 2 tiene un valor agrícola muy alto, mientras que las otras dos tienen escaso valor agrícola.

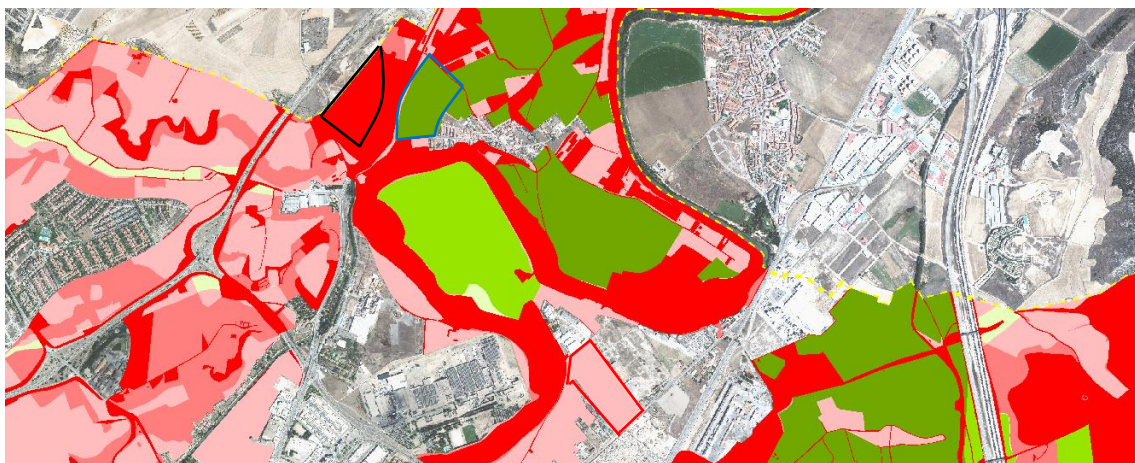


Figura 10: Valor agrícola (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

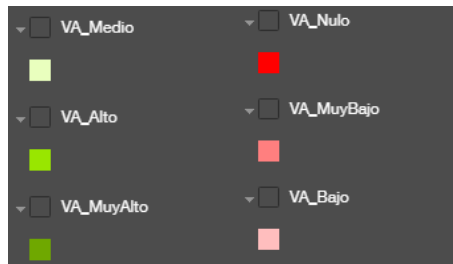


Figura 11: Leyenda valor agrícola (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

- Zonas Inundables:

Una zona inundable es un terreno relativamente llano cerca de un río, arroyo o lago que sufre inundaciones ocasionales.

Uno de los objetivos prioritarios en la gestión del riesgo de inundación, exigido por la Comisión Europea, es el de evitar un incremento del riesgo de inundación existente, para lo cual, los usos del suelo en las zonas inundables deben ser, en la medida de lo posible, compatibles con las inundaciones.

Se puede percibir en la Figura 12 que ninguna de las parcelas se encuentra sobre un terreno inundable.

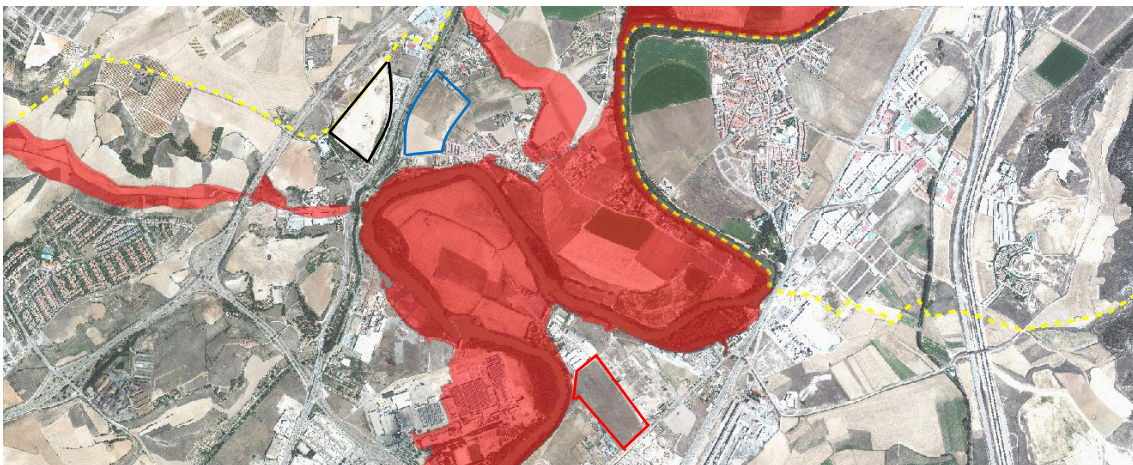


Figura 12: Zonas inundables (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

- Cañadas:

Una cañada o vía pecuaria es el lugar determinado para el tránsito del ganado. Las parcelas no atraviesan ninguna cañada como se puede ver en la Figura 13.

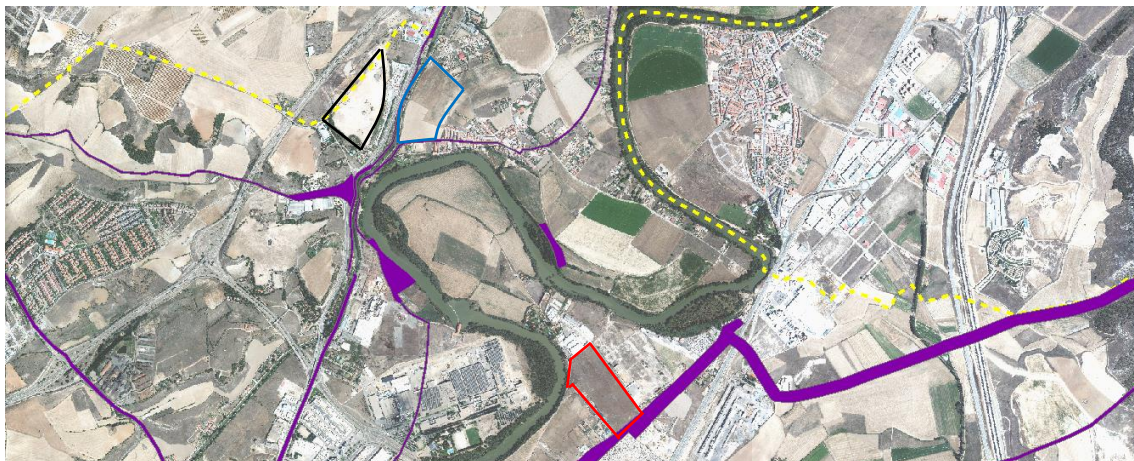


Figura 13: Cañadas (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

- Usos de suelo:

Dentro de los usos del suelo se encuentran el pastizal ruderal, regadío herbáceo, regadío leñoso, etc.

Nos centraremos en dos de ellos: el pastizal ruderal, término que se refiere a plantas o vegetación de tamaño pequeño que crecen en zonas que han sido alteradas por el ser humano. Y en el regadío herbáceo, tierras que se cultivan con frecuencia.

Se puede observar en la Figura 14 cómo la opción 3, la parcela inferior está situada en una zona de pastizal ruderal, y la opción 2, la parcela superior derecha es un regadío herbáceo. A la hora de decidir entre una de las dos parcelas para edificar nuestra ETAP, se optaría por la opción 3 ya que es complicado que crezca cualquier tipo de vegetación en esa zona.

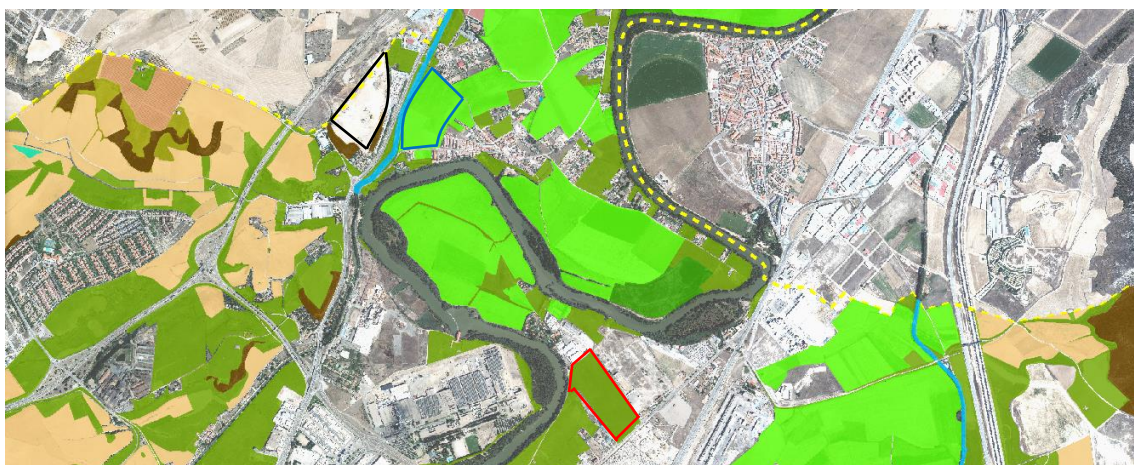


Figura 14: Usos del suelo (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

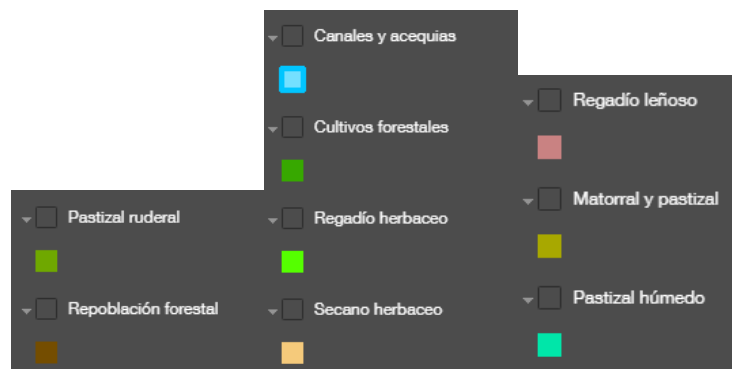


Figura 15: Leyenda usos del suelo (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

- Corredores ecológicos:

Los corredores ecológicos tienen como función conectar espacios de paisajes, ecosistemas y hábitats para facilitar el mantenimiento de la diversidad biológica, la migración y la dispersión de flora y fauna. Los corredores son una estrategia para suavizar los impactos de actividades industriales.

Ninguna de las parcelas atraviesa ningún corredor ecológico.

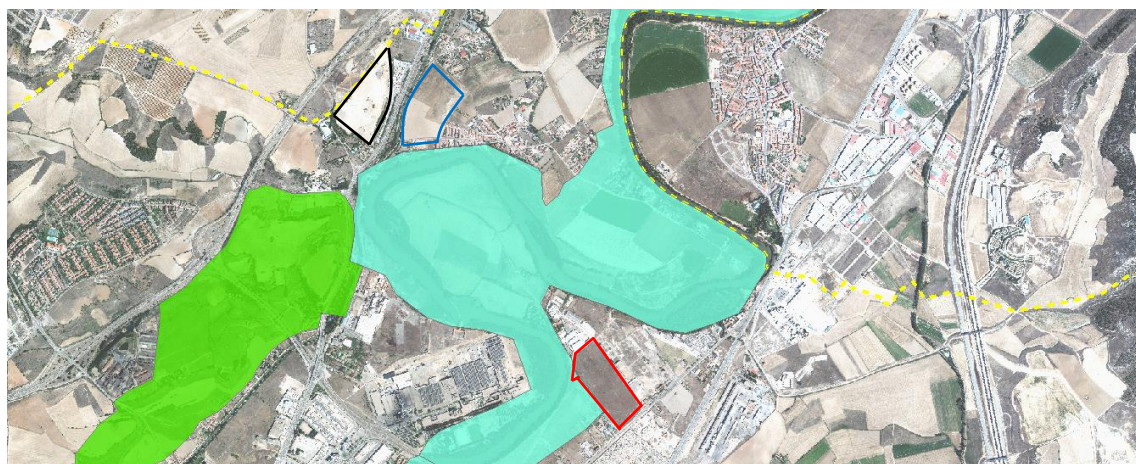


Figura 16: Corredores ecológicos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))



Figura 17: Leyenda corredores ecológicos (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

- Espacios naturales:

Ninguna de las parcelas está localizada sobre ningún espacio natural protegido.

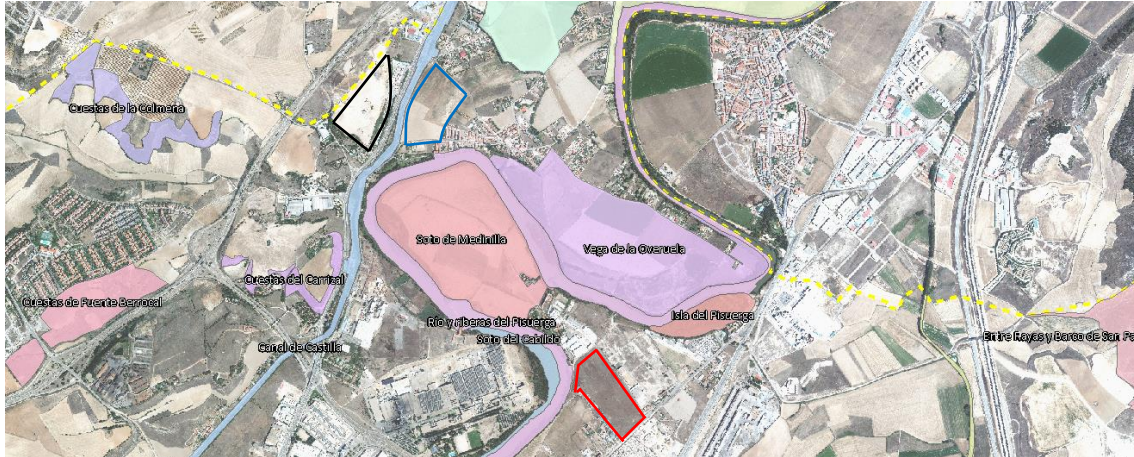


Figura 18: Espacios naturales (Fuente: (Medio natural en Valladolid, s.f.))

Teniendo en cuenta lo visto anteriormente, podemos extraer algunas conclusiones:

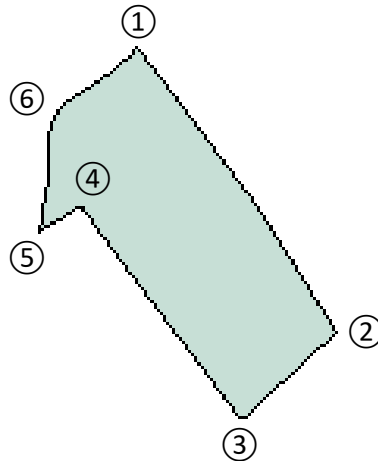
La opción 2 tiene un valor ecológico medio, un valor agrícola muy alto y además es un área de singular valor ecológico por formar parte del meandro. La parcela opción 3 tiene valor agrícola nulo y un valor ecológico bajo. Mientras que la opción 1, tiene todos los niveles bajos y además es una zona de pastizal ruderal, es decir, que ha sido muy explotada por el ser humano. Esto implica que es difícil que crezca ningún tipo de vegetación en la zona, por lo que causaría el mínimo impacto ambiental.

5.3 Selección del emplazamiento

Características del medio natural	OPCIÓN 1 	OPCIÓN 2 	OPCIÓN 3 
Riesgos activos (Deslizamientos y desprendimientos)	-	-	-
Valor ecológico	Muy bajo	Medio	Muy bajo
Valor agrícola	Muy bajo	Muy alto	Nulo
Zonas inundables	-	-	-
Cañadas	-	-	-
Usos del suelo	Pastizal ruderal	Regadío herbáceo	-
Corredores ecológicos	-	-	-
Espacios naturales	-	-	-

Figura 19: Características del medio natural

La información de la parcela seleccionada se indica en el Anexo 1: Referencia catastral de la parcela. Se encuentra en la Avenida de Santander 185, Valladolid. La superficie total disponible de 111.376 m². Está delimitada por las siguientes coordenadas:



	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
①	41°40'48"N	4°42'03"N
②	41°40'34"N	4°41'50"N
③	41°40'30"N	4°41'56"N
④	41°40'41"N	4°42'07"N
⑤	41°40'39"N	4°42'09"N
⑥	41°40'44"N	4°42'09"N

Tabla 1: Coordenadas parcela

En las siguientes imágenes se muestran una vista aérea del terreno seleccionado y una foto de la fachada.



Figura 20: Foto aérea parcela seleccionada (Fuente: Google Earth)



Figura 21: Fotografía fachada (Fuente: (Sede electrónica del catastro, s.f.))

El relieve es llano y la localización de la ETAP cerca del río y de la carretera, es buena para su accesibilidad a futuras instalaciones, el transporte de equipos, maquinaria, etc. Por tanto, la parcela es apta para la construcción de esta ETAP.

CAPÍTULO 6 - PARÁMETROS INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN Y PROCESOS DE TRATAMIENTO

El objetivo de este capítulo es explicar los distintos parámetros a controlar en el proceso de tratamiento de agua. Así mismo, de introducir los procesos necesarios para el control de dichos parámetros.

Estas son algunas de las propiedades del agua, algunas de ellas muy conocidas por las personas y otras de ellas, más técnicas, menos conocidas.

6.1 Parámetros de carácter físico

Comenzando por analizar los parámetros de contaminación físicos del agua, se pueden destacar las características organolépticas, la turbidez, la temperatura y la conductividad (Aznar Jiménez).

- Características organolépticas

Estas son las que se pueden percibir por los sentidos: color, olor y sabor. No son una medida rigurosa de la contaminación, aunque su presencia es una señal de que el agua no se encuentra en perfecto estado. Tienen una importancia estética de cara al consumidor.

- **Color:** el color se debe esencialmente a las sustancias en suspensión o disueltas en el agua. Normalmente, la coloración del agua se debe a la descomposición de materia orgánica, aunque en el caso del agua subterránea viene dada por la existencia de sales solubles.

Es difícil establecer una relación directa entre el color y el nivel de contaminación, ya que es un parámetro que se ve influido por otras sustancias con color lo que dificulta su evaluación.

- **Olor:** habitualmente, los olores son causados por sustancias volátiles (COVs) o gaseosas (H_2S , NH_3 , etc.), y suelen ser debidos a materia orgánica en descomposición o productos químicos producidos en la industria de aguas residuales.

El olor se determina por repetidas diluciones de la muestra con agua inodora hasta que su umbral de percepción es indetectable, siendo este muy subjetivo

- **Sabor:** resulta asociado con el olor. Algunas sustancias como sales de hierro, cinc y cobre pueden cambiar el sabor sin modificar el color. Se determina igual que el olor.

- Turbidez y materia en suspensión

El agua puede incluir materia en suspensión y compuestos solubilizados, la suma de estos dos es lo que se engloba dentro de Sólidos Totales. La determinación de Sólidos Totales se lleva a cabo evaporando cierto volumen de agua de muestra y secándolo posteriormente. Esta medida muestra el contenido de partículas no volátiles presentes en el agua.

Además, hay que comprender que una parte de estos sólidos se encuentra disuelta y otra parte es sedimentable. Los sólidos sedimentables se determinan por decantación, mientras que los sólidos disueltos mediante procesos como ósmosis inversa, desmineralización o destilación.

Los sólidos sedimentables son los que provocan la turbidez del agua, ya que dispersan la luz que atraviesa. La turbidez es una medida importante en la potabilización de las aguas porque genera una falta de penetración de la luz natural y por tanto modifica la fauna y flora submarina.

- Temperatura

Es de gran interés, de tal manera que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. Tiene una relación directa con la conductividad y el pH. Aproximadamente, cada diez grados se duplica la actividad biológica. El vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor ocasiona un aumento anormal de la temperatura.

- Conductividad

El agua se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias disueltas en ella las que proporcionan al agua dicha capacidad. La conductividad es una propiedad que cambia con la temperatura y está unida a la concentración de sales disueltas en ella.

6.2 Parámetros de carácter químico

Continuando con los parámetros de contaminación de carácter químico, se incluyen los siguientes: dureza, pH, oxígeno disuelto, medidores de materia orgánica, como son la DBO₅ y la DQO.

- Dureza

Es una forma de determinar el contenido en compuestos minerales del agua, especialmente en sales de calcio y magnesio. La presencia de estos iones en el agua suele ser de origen natural dependiendo del terreno que atraviesa el agua. En terrenos calizos el agua presenta mayor dureza que en terrenos acuíferos graníticos.

Se forman precipitados insolubles de carbonatos e hidróxidos debido a las aguas duras. Estos se depositan sobre tuberías y equipos pudiendo ocasionar problemas de funcionamiento de los mismos.

- pH

El pH del agua evalúa la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Un pH alto muestra una concentración baja de iones H⁺, y por tanto una alcalinización del medio. Por otro lado, un pH bajo muestra una concentración alta de iones H⁺, y por tanto una acidificación del medio.

- Acidez: desde el punto de vista del agua de consumo, aguas con valores de pH por debajo de 7 pueden ocasionar la corrosión de las piezas metálicas en contacto con ellas, como la red de distribución, e incluso favorecer que se forme el H_2S .
 - Alcalinidad: Mientras que, por otro lado aguas con valores extremos de pH pueden provocar irritaciones de las mucosas e incluso irritaciones en órganos internos. Generalmente, las aguas con pHs elevados se asocian a aguas con olor o sabor, y por tanto no aptas para el consumo.
- Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es un gas de mucha importancia en el análisis de las aguas. Las aguas superficiales suelen tener alto contenido en oxígeno disuelto, habiendo un pico más alto durante el día que por la noche. Mientras que las aguas subterráneas son pobres en oxígeno disuelto, ya que no hay intercambio gaseoso con el exterior.

El valor máximo de oxígeno disuelto es un valor altamente relacionado con la temperatura del agua (Figura) disminuyendo con ella. La concentración máxima de oxígeno disuelto en el intervalo normal de temperaturas es de aproximadamente 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L, el agua no es apta para desarrollar vida.

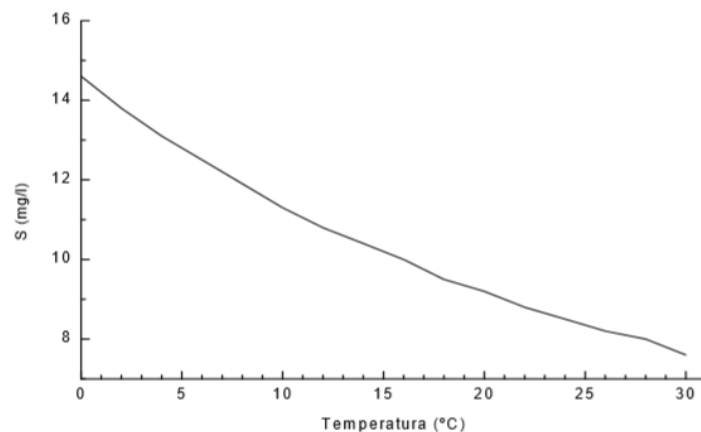


Figura 22: Concentración de saturación de oxígeno en agua (S) en función de la temperatura

- Medidores de materia orgánica
- DBO₅: la demanda biológica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, hongos, plancton consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene la muestra, más oxígeno necesitan los microorganismos para degradarla. Como el proceso varía con la temperatura, el análisis se hace de forma estándar a 20 grados durante cinco días.

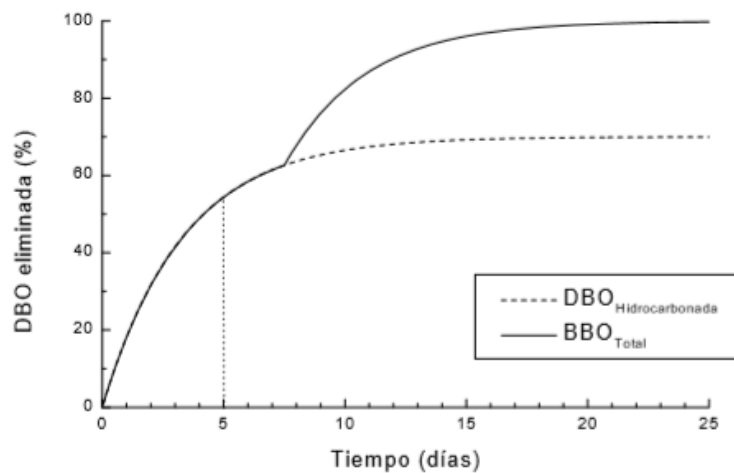


Figura 23: Variación de DBO en función del tiempo

- DQO: la demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar el cien por cien de la materia orgánica contenida en una muestra químicamente y convertirla en dióxido de carbono y agua.
Como la determinación de la DBO₅ tiene dos inconvenientes: que es muy lenta y que no todas las sustancias son fáciles de biodegradar. Es por esto que la DQO es de gran interés también.

El valor de DQO es siempre mayor que el de DBO₅, porque no toda la materia oxidable químicamente es oxidable biológicamente.

6.3 Parámetros de carácter microbiológico

Las enfermedades causadas por agentes patógenos como bacterias, parásitos y virus son las que ocasionan más riesgos para la salud.

Dentro de los organismos microbiológicos presentes en el agua se pueden distinguir (Apella):

- Bacterias

Las bacterias se transmiten por el agua perfectamente y por ello, son claros indicadores de la contaminación de la misma. La norma de calidad de las aguas decreta que el agua tiene que estar libre de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, causantes de difundir enfermedades como salmonelosis, shigelosis, amebiasis, etc.

Existen muchas formas de clasificar a las bacterias en general. En términos de potabilización se pueden distinguir:

Coliformes fecales: indicadores de contaminación fecal.

Aerobias mesófilas: describen la eficacia del tratamiento de las aguas.

Pseudomonas: señalan deterioro en la calidad del agua o una recontaminación.

Desde el punto de vista bacteriológico, para definir la potabilidad del agua, es preciso investigar bacterias aerobias mesófilas y, coliformes totales y fecales. La gran sensibilidad de las bacterias aerobias mesófilas a los agentes de los agentes de cloración, las ubica como indicadoras de la eficacia del tratamiento de potabilización del agua.

- Virus

El 87% de las enfermedades virales transmitidas por el agua son causadas por el virus de la hepatitis (adenovirus y rotavirus).

- Algas

Estos microorganismos contienen clorofila para la actividad fotosintética, pero el color verde puede estar ocasionado por otros pigmentos. Son aerobias, y en ambientes con poco oxígeno, mueren, flotan y se descomponen produciendo mal olor.

6.4 Tratamientos del agua en una ETAP

A continuación se enuncian brevemente los procesos necesarios para la potabilización de las aguas (Casero Rodríguez, 2008).

6.4.1 Pretratamiento

Antes de comenzar con el tratamiento de las aguas para conseguir una calidad adecuada, en primer lugar se realiza el pretratamiento que son una serie de procesos físicos y mecánicos.

Tienen como objetivo la eliminación de materiales transportados por el agua, que por su naturaleza o tamaño, pueden causar daño a los procesos de tratamiento posteriores.

Los procesos de pretratamiento incluyen una o varias de las siguientes etapas:

- Desbaste

El desbaste tiene varios objetivos. El primero, es el de proteger a la planta de la llegada de objetos grandes que puedan causar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación. El segundo, es separar y retirar fácilmente del agua bruta materiales voluminosos que pueden disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.

Este proceso se lleva a cabo solamente con rejillas de distintos tamaños formadas por barrotes paralelos que retienen los objetos. Según la separación de las mismas se pueden distinguir:

- Rejas de gruesos: cuando la distancia entre barrotes está entre 50 y 100 mm.
- Rejas de desbaste medio: cuando la distancia entre barrotes está comprendida entre 10 y 25 mm.
- Rejas de finos: con una separación entre barrotes de 3 – 10 mm.

La rejas se atascan progresivamente, por eso es necesario llevar a cabo actividades de limpieza. Según el tipo de limpieza, las rejas pueden ser de limpieza manual o de limpieza automática.

Las rejas manuales están hechas de acero, suelen ser verticales pero también pueden tener una inclinación de 15 a 40° respecto de la vertical. Su longitud no debe ser muy larga para que el operario pueda introducir un rastrillo y retirar los residuos almacenados en un depósito.

El parámetro de control esencial para la verificación de las rejillas es la velocidad de aproximación del agua. Esta es recomendable que tenga un valor medio de 0,45 m/s.

Estas rejas son recomendables para plantas de tratamiento pequeñas.

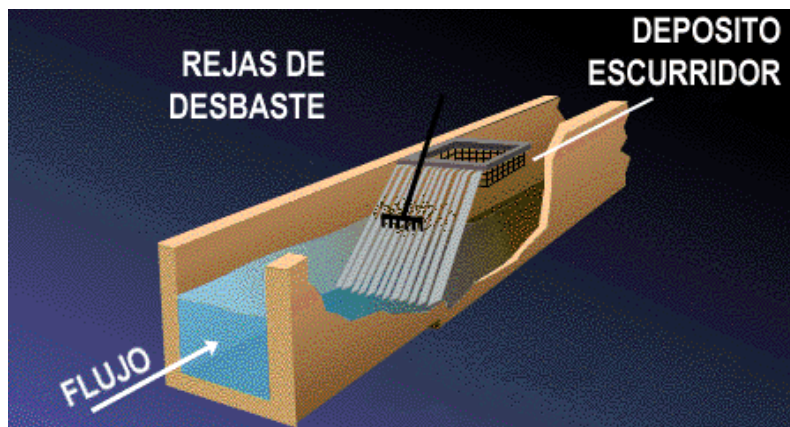


Figura 24: Rejas de desbaste manual (Fuente: (CIDTA, s.f.))

Las rejas automáticas pueden colocarse prácticamente verticales, o con inclinaciones de hasta 30°. La limpieza se hace mediante unos peines accionados por un motor que mueven de arriba abajo los residuos arrastrándolos. Disponen de una cinta transportadora para la acumulación de los residuos.

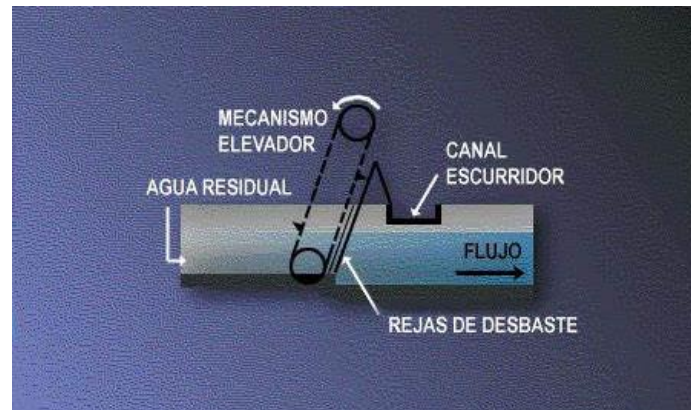


Figura 25: Rejas de desbaste automático (Fuente: (CIDTA, s.f.))

- Tamizado

El tamizado es considerado como una filtración, que se utiliza en numerosos casos cuando, por ejemplo, el desbaste no retiene hierbas u hojas. Generalmente, la separación de las rejillas suele estar comprendida entre 0,1 y 10 mm. Al ser una separación tan pequeña, consiguen una gran reducción de sólidos en suspensión. Además, son baratos y de fácil instalación.

Los tamices pueden ser de limpieza manual o automática. Los segundos pueden clasificarse en estáticos o rotativos.

Los tamices estáticos llevan una reja formada por barras de acero horizontales de sección triangular. El agua entra por la parte superior de la reja, cuya inclinación disminuye 45° y 65°.

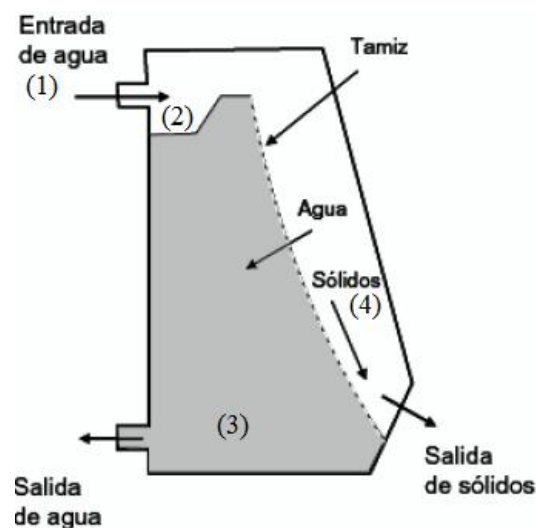


Figura 26: Tamiz estático. (Fuente: GEDAR-Tratamiento de aguas)

Los tamices rotativos llevan una reja formada por barras de acero inoxidable, cilíndricas de eje horizontal que gira y de sección trapezoidal.



Figura 27: Tamiz rotativo. (Fuente: GEDAR-Tratamiento de aguas)

- Depósito de regulación del caudal

En la mayoría de plantas de tratamiento de aguas se producen variaciones de caudal. La homogeneización es un proceso por el que se amortiguan las variaciones de caudal, así mismo se mejora la efectividad de los tratamientos posteriores, evitando los despuntes de caudal. Por consiguiente, se consigue un efluente lo bastante constante en cuanto a caudal como a sus características.

Por otro lado, el tanque de homogeneización permite regular el pH del agua.

- Aireación

La aireación es la transferencia de oxígeno del aire al agua. Las superficies de agua requieren de oxígeno para su ciclo hidrológico. Esto ocurre de una manera natural en las grandes superficies como son los océanos o los mares. Sin embargo, en lagos o estanques es fácil que se produzcan desequilibrios, provocando unos niveles bajos de oxígeno. En estos casos es necesaria una aireación provocada mediante cascadas de agua o pulverizándola.

La falta de oxígeno puede producir la muerte de especies marinas, causar olores y enturbio del agua. Cuando un embalse tiene poca circulación de oxígeno y su profundidad es superior a ocho metros, se estratifica con agua caliente en la superficie, en la capa llamada *epilimnion* y agua fría en el fondo, en la denominada capa *hipolimnion*. Estas capas están separadas entre sí por la *termoclina*. Esta estratificación hace que crezcan algas y plantas acuáticas que consumen oxígeno generando exceso de materia orgánica hasta agotar los nutrientes. La luz no penetra, muere la vegetación y se crean condiciones anaerobias. Este problema se acentúa en verano, cuando las horas de sol aumentan.

Cuando la circulación de oxígeno es adecuada, se elimina la *termoclina*. Esto hace que se mezcle el agua fría del fondo con el agua caliente de la superficie y de esta forma todo el agua está oxigenada por igual. Un embalse bien oxigenado garantiza un hábitat sano para la vida acuática.

Mediante el proceso de aireación se consigue: transferir oxígeno al agua para aumentar el oxígeno disuelto, liberar el exceso de dióxido de carbono, disminuir la cantidad de sulfuro de hidrógeno, eliminar gases como el metano y el amoníaco, y precipitar sales de hierro y manganeso que son retiradas al decantar.

Existen distintos tipos de aireadores, entre los que destacan:

- Aireadores de fuente o surtidores

Este tipo de aireadores consisten en toberas fijas que dirigen el agua hacia arriba o en un ángulo menor de 90º de forma que el agua se divide en pequeñas gotas. Estéticamente son buenos pero necesitan de mucho sitio para su implantación.



Figura 28: Aireador de fuente (Fuente: (WeedersDigest, s.f.))

- De cascada

En este tipo de aireadores el agua se deja fluir en distinta capas sobre uno o más escalones. Se pierde mucha energía en este proceso pero sin embargo, es un proceso fácil. Para el diseño de los escalones, cuánto mayor sea el área horizontal de los mismos, más eficiente es el proceso.

Para mejorar el proceso se puede crear turbulencia, aumentando la relación área/volumen o también aumentando la rugosidad del escalón o creando un resalto hidráulico.



Figura 29: Aireadores de cascada (Fuente: (Sebastián, 2017))

- De bandejas múltiples

Este tipo de aireadores consiste en una serie de bandejas con agujeros situadas una encima de otra, por donde fluye el agua hasta una bandeja base situada en el fondo. Para el diseño de estos aireadores se tienen en cuenta distintos factores como son: el número de bandejas, el espaciamiento entre bandejas, el tipo de orificio de cada bandeja, etc.

Es muy importante la ventilación de estos aireadores para que no se produzca crecimiento de algas, ni corrosión. Para ello hay que estudiar la localización de los mismos y que estén en zonas aireadas. También, que estén contruidos con aluminio o acero inoxidable, que son materiales durables.



Figura 30: Aireador de bandejas múltiples (Fuente: (Sebastián, 2017))

- Pretratamiento químico

Este proceso supone una primera desinfección del agua bruta. En el caso de la oxidación química en la etapa del pretratamiento, éste recibe el nombre de preoxidación.

Se puede realizar de dos formas: inyectando el reactivo directamente en la tubería del tratamiento o dosificándolo en una cámara de oxidación mediante un difusor. Los reactivos pueden ser: cloro, cloraminas, dióxido de cloro, permanganato potásico, etc. Cuando el desinfectante es cloro gas, este proceso recibe el nombre de precloración.

A través de la preoxidación se consigue eliminar parcial o totalmente algunos materiales presentes en el agua, como por ejemplo, materia orgánica, amonio, nitrito...

6.4.2 Tratamiento estándar

- Coagulación y floculación

El color y la turbidez del agua son causados por partículas o sustancias en suspensión, en distintas cantidades. Estas partículas pueden sedimentar en reposo o estar dispersas y no sedimentar fácilmente. Los coloides son estos sólidos que no sedimentan. En los coloides, cada partícula está estabilizada por cargas de igual signo, haciendo que se repelan unas con otras. Esto no permite que choquen unas con otras, agrupándose y formando partículas mayores (flóculos) con el resultado de no sedimentar.

Los procesos de coagulación y floculación permiten la desestabilización de los coloides, facilitando su aglomeración y consiguiendo que sedimenten finalmente por su propio peso. Esto se logra con la adición de agentes químicos. Por lo tanto, los procesos de coagulación y floculación son tratamientos físico – químicos.

El objetivo de la coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para conseguir su aglomeración. Este proceso de desestabilización se consigue al neutralizar las fuerzas que actúan entre ellas, añadiendo reactivos químicos.

En la Figura 31 se observa cómo el coagulante cancela las cargas eléctricas de la superficie del coloide permitiendo que estas se aglomeren formando flóculos.

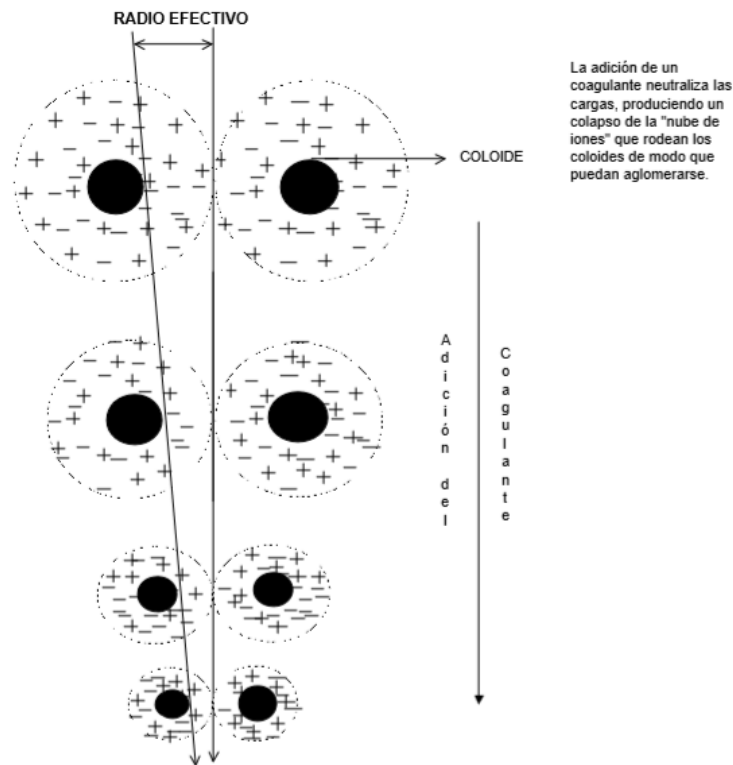


Figura 31: Desestabilización del coloide por acción del coagulante. (Fuente: (Andía Cárdenas, 2000))

Los principales coagulantes empleados son las sales de aluminio y de hierro, comúnmente el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), el cloruro de aluminio (AlCl_3), el cloruro férrico (FeCl_3), sulfato ferroso (FeSO_4) y el sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$).

A continuación vemos los más utilizados:

- Sulfato de Aluminio o Sulfato de Alúmina: es un coagulante eficaz entre pH de 6 y 8. Produce un flóculo pequeño y esponjoso. Su uso está generalizado en el tratamiento de agua potable y en la reducción de coloides orgánicos y fósforo.
- Sulfato Férrico: funciona bien en el intervalo amplio de pH de 4 a 11. Produce un flóculo grande y denso y sedimentan rápido. En algún caso puede producir problemas de coloración.
- Cloruro Férrico: es similar al anterior aunque de aplicación muy limitada por tener un intervalo de pH más corto. Es fuerte aunque puede ocasionar problemas de coloración en las aguas.

Para el proyecto se escogerá como coagulante el sulfato de alúmina.

Para completar el proceso de coagulación, se necesita mezclar el coagulante con la masa de agua. Esta mezcla debe ser rápida para dispersar rápida y uniformemente el coagulante y de duración corta (60 máx.). La mezcla rápida se puede hacer mediante turbulencia, causada por medios hidráulicos o mecánicos.

En los mezcladores hidráulicos la mezcla se realiza a través de la turbulencia existente en el régimen de flujo; en los mecánicos la mezcla es inducida a través de agitadores rotatorios del tipo de hélice o paletas.

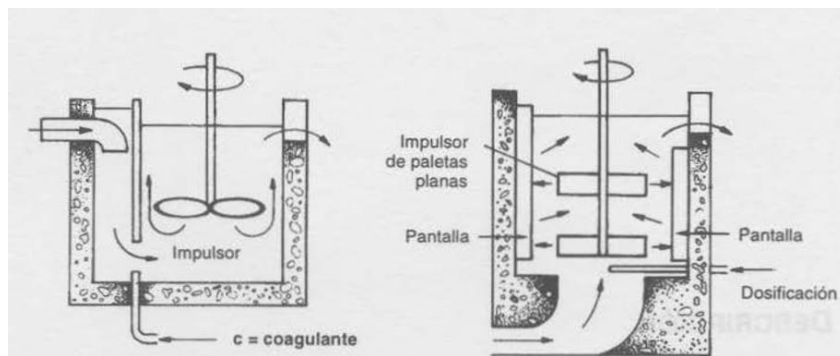


Figura 32: Mezcladores mecánicos de hélice y paletas. (Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas, "Potabilización del agua", 1999.)

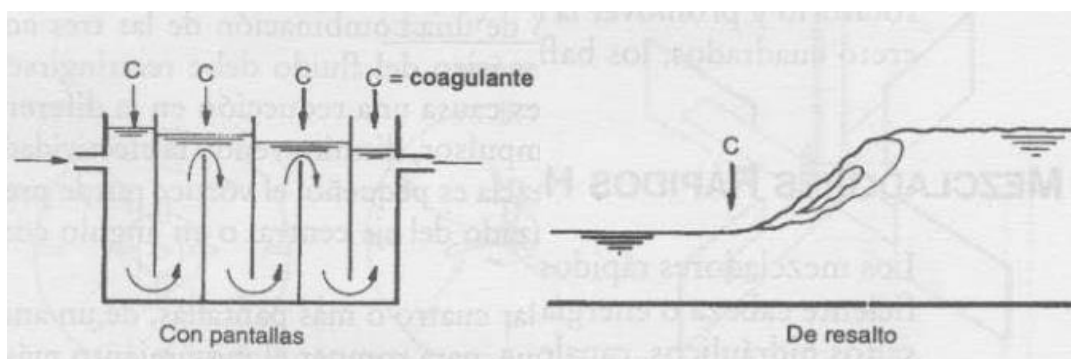


Figura 33: Mezcladores hidráulicos. (Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas, "Potabilización del agua", 1999.)

Una vez desestabilizados los coloides se lleva a cabo una agitación lenta prolongada de las partículas para aumentar el choque entre ellas. En la floculación, las partículas se aglomeran, aumentan de tamaño y densidad y finalmente sedimentan en el fondo del tanque de floculación.

La mezcla lenta para la floculación se puede realizar mecánicamente, usando rotores de paletas, o hidráulicamente, como resultado del movimiento del agua. Algunos ejemplos de floculadores utilizados en el tratamiento de aguas son los siguientes:

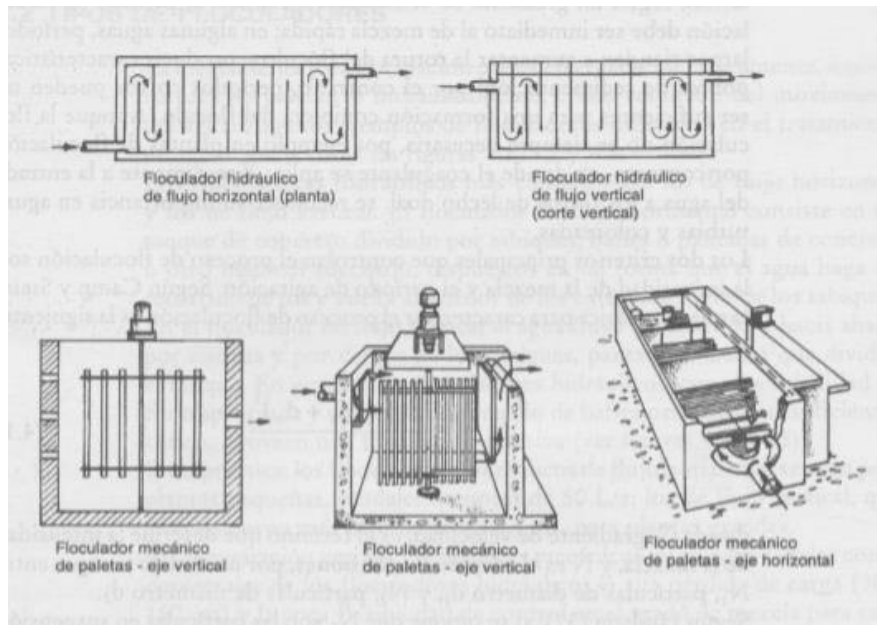


Figura 34: Tipos de floculadores. (Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas, "Potabilización del agua", 1999.)

Existen ciertas dificultades que pueden aparecer en el proceso de floculación. Entre ellas están:

- Formación de flóculos pequeños de lenta sedimentación.
- Formación lenta de flóculos.
- Formación de flóculos frágiles que se rompen
- Formación de microflóculos que atraviesan los filtros
- Sedimentación

La sedimentación es el proceso por el cual se asientan las partículas por acción de la gravedad. También llamada clarificación o espesamiento. Existen dos formas de sedimentación utilizadas en los procesos de tratamiento de agua potable: la sedimentación simple, que es un tratamiento

primario antes de la coagulación para reducir la cantidad de sólidos sedimentables. Y la sedimentación después de la coagulación y floculación, que se usa para agitar los sólidos formados tras el tratamiento químico.

La sedimentación se realiza generalmente en tanques rectangulares, circulares o cuadrados de aproximadamente tres metros de profundidad. En los tanques rectangulares el flujo de agua es de una dirección, paralelo a la longitud del tanque, se llama flujo rectilíneo. Sin embargo, en tanques circulares de dosificación central, el agua tiene un flujo radial desde el centro al exterior; y en los de dosificación perimetral el flujo es radial o en espiral. Algunos ejemplos de tanques se pueden observar en las siguientes figuras:

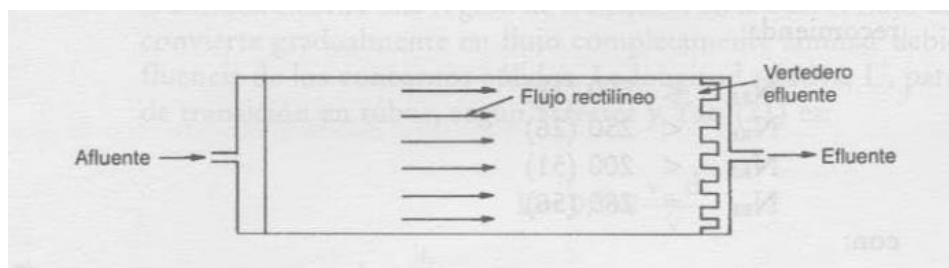


Figura 35: Tanque sedimentación rectangular, flujo rectilíneo

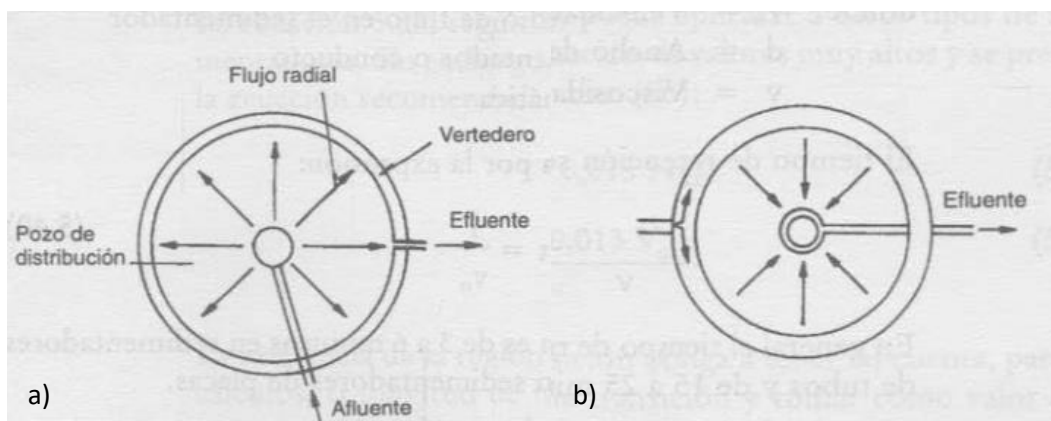


Figura 36: a) Tanque sedimentación, dosificación central, flujo radial, b) Tanque sedimentación, dosificación perimetral, flujo radial

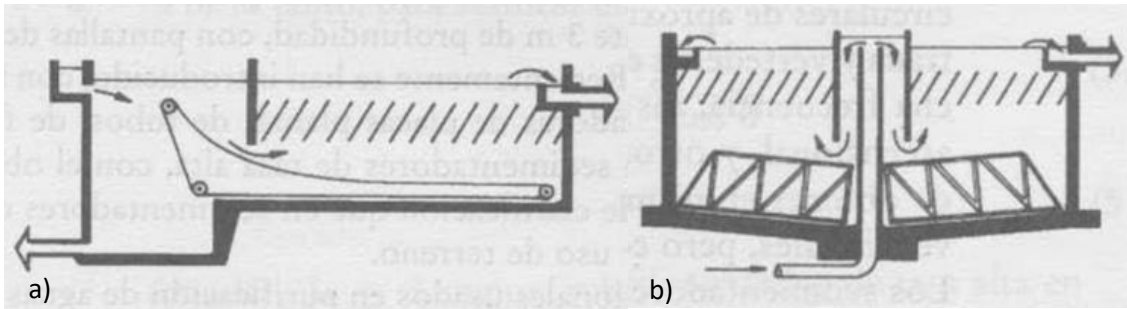


Figura 37: a) Sedimentador rectangular, b) sedimentador circular

- Filtración

Para suministrar agua clara y sin turbidez es necesario incluir la etapa de filtración. Aunque el 90% del color y de la turbidez del agua son eliminados en las etapas de coagulación, floculación y decantación, una cierta cantidad de flóculos y microorganismos consiguen superar estas etapas. Los microorganismos son realmente importantes de eliminar por filtración, ya que algunos de ellos son muy resistentes a la desinfección.

En la filtración se hace pasar el agua a través de medios porosos, generalmente arena y antracita. Las partículas en suspensión son adheridas por los granos del filtro y son retenidas. La filtración consiste en dos etapas: filtración y posterior lavado.

Los primeros filtros usados fueron los filtros lentos, los cuales utilizan una capa de arena fina soportada sobre un lecho de grava. Luego fueron sustituidos por los filtros rápidos, filtros de arena, generalmente con lavado ascensional, con tasas de filtración mayores y con necesidad de áreas mucho menores. Posteriormente, con el uso de medios filtrantes duales o lechos mezclados, se lograron diseños mucho más económicos en área, al usar tasas de filtración todavía mayores que las de los filtros rápidos convencionales.

Se pueden clasificar los sistemas de filtración atendiendo a las siguientes características: la dirección del flujo, el tipo de lecho filtrante, la fuerza impulsora, la tasa de filtración y el método de control de la tasa de filtración.

El filtro rápido por gravedad es el más usado en plantas de tratamiento de aguas y es el que usaremos en el desarrollo de este proyecto.

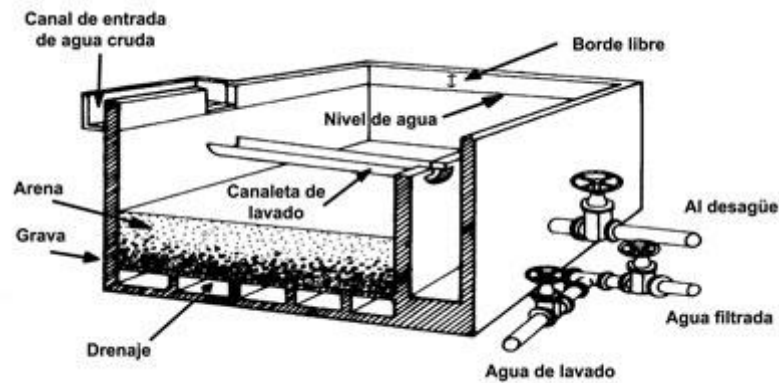
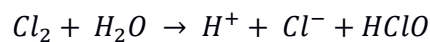


Figura 38: Filtro de arena

- Desinfección

Con la desinfección se consigue eliminar los microorganismos patógenos que no se habían eliminado. Un buen desinfectante tiene que ser tóxico para los patógenos, pero no para el resto de animales; debe ser persistente en la red de distribución, entre otras.

El desinfectante más usado es el cloro. Por ser el más conocido y por el que se rigen la mayoría de normas de desinfección de hoy en día. El cloro reacciona con el agua de esta forma:



El ácido hipocloroso es el agente desinfectante ($HClO$), pero su acción depende del pH del agua, es decir, sólo tiene efecto desinfectante con pH entre 6 y 8.

También existen otros desinfectantes, entre los que caben destacar el dióxido de cloro (ClO_2), las cloraminas, el ozono y la radiación ultravioleta. Las diferencias entre estos desinfectantes se muestran en la tabla a continuación:

	Cloro	ClO ₂	Ozono	UV
Potencia de desinfección	medio	alta	máxima	medio
Efecto Residual	horas	días	ninguno	ninguno
Dependencia del valor de pH	extrema	ninguna	medio	ninguna
Productos derivados	THM, AOX	Clorito, clorato	en ocasiones, bromato, aldehído	en ocasiones, nitrito
Inversión	baja-alta	medio	media-alta	medio
Mantenimiento	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Oxida y elimina Fe, Mn, sulfuro	Si (-)	si	Si	No

Tabla 2: Comparación de tipos de desinfectantes. (Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, ICAI)

6.4.3 Tratamientos específicos

Estos tratamientos se realizan cuando se requieren alguno de los objetivos siguientes

- El agua necesita una calidad excepcional
- Se quiere eliminar un contaminante muy concreto del agua
- Se quiere utilizar como agua urbana

Entre los tratamientos específicos que se le pueden realizar al agua, se destacan los siguientes:

- Eliminación de sales (hierro y manganeso)

Estas sales provienen de la disolución de rocas en la descomposición anaerobia de Materia orgánica. Son esenciales para la vida pero en composiciones muy pequeñas. Los valores máximos admitidos por la U.E. son 200 mg/L de hierro y 50 mg/L de manganeso.

El hierro se elimina con el proceso de aireación si su concentración es menor de 10 mg/L. Si supera esta concentración, entonces se ha de eliminar en la fase de coagulación-floculación-decantación y posterior filtración.

El manganeso se elimina en la aireación si el pH del agua es mayor de 9, sino, en el proceso de preoxidación química con el reactivo permanganato potásico (KMnO₄).

- Ablandamiento

La dureza se presenta en el agua por la aparición de iones de magnesio y calcio, aunque también se pueden encontrar iones de hierro, manganeso y estroncio en menor medida. Estos iones están cargados positivamente y si aumentan en cantidad, provocan que otros iones cargados positivamente no se disuelvan tan fácil en aguas duras, pero sí en aguas blandas, que no contienen calcio ni magnesio.

Un agua dura no genera problemas de salud para el ser humano. Sin embargo, su aceptación es subjetiva. Esta subjetividad varía según la zona en la que nos encontremos y la sensibilidad del receptor dependiendo del tipo de dureza al que las personas estén acostumbradas. Por otro lado, las aguas duras son las causantes de que se atasquen las tuberías y dificultan la disolución para otros tratamientos de jabones y detergentes en el agua.

Las aguas se pueden etiquetar según los siguientes grados de dureza, que se muestran en la tabla a continuación.

Agua blanda	0 - 75 mg/l CaCO_3
Agua semi-dura	75 - 150 mg/l CaCO_3
Agua dura	150 - 300 mg/l CaCO_3
Agua muy dura	> 300 mg/l CaCO_3

Tabla 3: Clasificación de la dureza del agua

Se aprecia un cierto rechazo cuando el agua supera los 150 mg/l de CaCO_3 .

El proceso de ablandamiento consiste en eliminar los iones causantes de la dureza del agua: calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}).

Esta técnica el nombre de intercambio iónico y se realiza con resinas sintéticas (R-Na_2) de resinas cargadas con iones Na^+ (zeolitas). Al pasar el agua por la columna de resina se retienen los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} y libera los Na^+ . El intercambio que se produce es el siguiente:

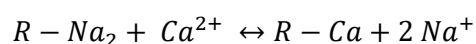




Figura 39: Técnica de ablandamiento del agua: intercambio iónico. (Fuente: Condair)

- Adsorción de productos químicos

En este proceso se consigue retener elementos contaminantes, solubles en agua, a través de una superficie de porosidad elevada. Existen distintos tipos de adsorbentes, entre los que destacan: el carbón activo en polvo (no recuperable) o granulado.

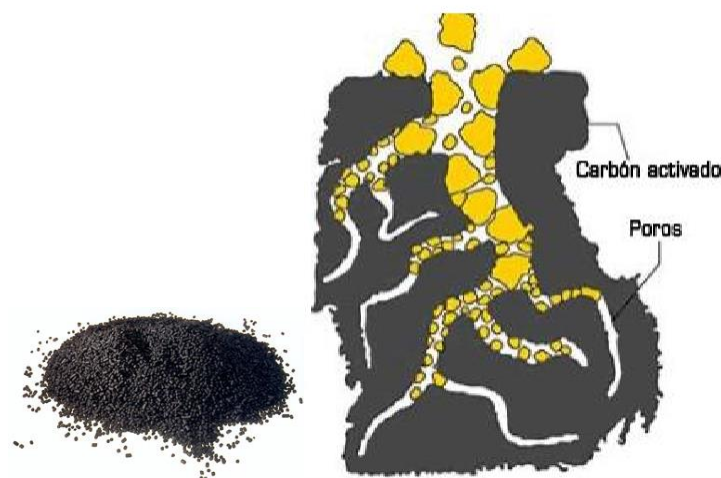


Figura 40: Adsorción de productos químicos con carbón activo en polvo (Fuente: ICAI)

CAPÍTULO 7 - NORMATIVA VIGENTE SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

7.1 Normativa vigente sobre la calidad del agua para consumo humano

Tal y como la definen la Organización Mundial de la Salud y la Unión Europea, “el agua potable es aquella que una persona puede beber todos los días, durante toda su vida, sin riesgo para su salud”. Por eso, de entre los recursos más controlados del mundo se encuentra el agua potable. El agua es chequeada mediante varios controles desde su captación hasta que se bebe del grifo. En la provincia de Valladolid estos controles serían tres.

El primero se realiza en la red de suministro y lo lleva a cabo Aguas de Valladolid, entidad pública local encargada de la gestión del ciclo del agua, su principal competencia es la gestión de los servicios referentes a la captación, potabilización y abastecimiento de agua potable.

El segundo lo ejecuta y vigila la autoridad sanitaria, y es complementario al que hace Aguas de Valladolid.

Y por último, el Ayuntamiento de Valladolid efectúa un control directamente en el grifo del consumidor. (AQUAVALL, s.f.)

Anteriormente, las normas para determinar si el agua era potable estaban basadas únicamente en la falta de patógenos u otros componentes tóxicos y perjudiciales para la salud. Hoy en día, además, se exige que el agua tenga buen aspecto. Teniendo en cuenta todo esto, para determinar la calidad del agua se chequea la presencia de algunos parámetros (hierro, cinc, magnesio, etc.), obedeciendo unos valores de concentración máximos de los mismos. De entre estos componentes algunos no son perjudiciales para la salud humana, pero otros sí lo son en cuanto superan una concentración establecida.

A la hora de hacer los cálculos, los científicos usan unos márgenes de seguridad muy elevados y toman como dato de partida el consumo diario de una persona a lo largo de toda su vida, 2 litros de agua del grifo durante 70 años.

Por tanto, una vez realizados los controles citados anteriormente, se ha de clasificar el agua indicando si es apta o no para el consumo humano. Según el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social, esta clasificación se hace de la siguiente manera (Ministerio de Sanidad, s.f.):

➤ **AGUAS APTAS PARA EL CONSUMO:**

- Se identifica como AGUA APTA PARA EL CONSUMO cuando no incluye ningún parásito o microorganismo en una concentración que sea perjudicial para la salud
- Cumple lo anterior, pero en el momento que incumple algún límite para los parámetros indicadores de la calidad (olor, color, turbidez, etc.) se clasifica como agua APTA PARA EL CONSUMO, CON NO CONFORMIDAD EN: (el parámetro indicador).

- Puede darse el caso de que se supere el nivel de algún parámetro químico, se necesite cerca de un mes para arreglarlo y la autoridad en cuestión autoriza el suministro de ese agua de consumo, siempre que esos niveles no supongan riesgo para la salud. Entonces, esta agua quedaría clasificada en APTA PARA EL CONSUMO, CON EXCEPCIÓN EN (el parámetro químico).
- AGUAS NO APTAS:
 - Cuando no cumple con los requisitos anteriores, es un AGUA NO APTA PARA EL CONSUMO.
 - En el caso de alcanzar niveles muy altos los parámetros microbiológicos, químicos o radiactivos, la autoridad sanitaria podría considerar que es AGUA NO APTA PARA EL CONSUMO CON RIESGOS PARA LA SALUD.

7.2 Análisis de la muestra y clasificación de la calidad del agua según sus contaminantes

La captación del agua se realiza del río Pisuerga. Se dispone de una muestra de agua obtenida del punto de control Cabezón de Pisuerga [EC203]. Estos datos son aportados en tiempo real por la Confederación Hidrográfica del Duero (Duero, 2019). La muestra fue tomada el día 12 de junio de 2019. A continuación se muestran los contaminantes encontrados en dicha muestra:

Análisis físico-químico del agua bruta		
Parámetro	Valor	Unidad
Conductividad	610	μS/cm
DQO	5,4	mg/l
Amonio	0,03	mg/l
Nivel	0,74	m
Oxígeno disuelto	8,2	mg/l
pH	7,9	pH
Sólidos en suspensión	21	mg/l
Temperatura del agua	19,6	°C
Temperatura ambiente	22,2	°C
Turbidez	18	UNT

Tabla 4: Análisis físico-químico agua bruta (Fuente: Confederación Hidrográfica del Duero)

Con dicho análisis se continúa clasificando la calidad del agua de captación en función de los parámetros observados en la muestra.

El RD 1541/1994 (Anexo 2: Normativa vigente. Calidad del agua) que establece las características básicas de calidad de las aguas destinadas al consumo humano, junto con los objetivos de calidad que deben alcanzarse en cada río, o tramos de río, divide las aguas superficiales en tres categorías diferentes, según el grado de tratamiento que se requiere para su potabilización.

Estas categorías son las siguientes:

- Tipo A1: Tratamiento físico simple y desinfección.
- Tipo A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.
- Tipo A3: Tratamiento físico y químico intensivos, tratamiento afino y desinfección.

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	u. pH	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Color	mg/l Pt-Co	20	100	200
Sólidos suspensión	mg/l	25	—	—
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad	µS/cm	1.000	1.000	1.000
NO ₃ ⁻	mg/l	50	50	50
Fluoruros	mg/l	1,5	1,7	1,7
Fe disuelto	mg/l	0,3	2	1
Mn	mg/l	0,05	0,1	1
Cu	mg/l	0,05	0,05	1
Zinc	mg/l	3	5	5
B	mg/l	1	1	1
As	mg/l	0,05	0,05	1
Cd	mg/l	0,005	0,005	0,005
Cr total	mg/l	0,05	0,05	0,05
Pb	mg/l	0,05	0,05	0,05
Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Hg	mg/l	0,001	0,001	0,001
Ba	mg/l	0,1	1	1
Cianuros	mg/l CN ⁻	0,05	0,05	0,05
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	250	250	250
Cloruro	mg/l Cl ⁻	200	200	200
Detergentes aniónicos	mg/l LAS	0,2	0,2	0,5
Fosfatos	mg/l P ₂ O ₅	0,4	0,7	0,7
Fenoles	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,05	0,1
Hidrocarb. extraídos en éter	mg/l	0,05	0,2	1
HAP	mg/l	0,0002	0,0002	0,001
Plaguicidas totales	mg/l	0,001	0,0025	0,005
DQO	mg/l O ₂	—	—	30
O ₂ disuelto	% saturación	>70	>50	>30
DBO ₅	mg/l O ₂	<3	<5	<7
N-Kjeldahl	mg/l N	1	2	3
Amoníaco	mg/l NH ₃	0,05	1,5	4
Sust. extraídas con cloroformo	mg/l	0,01	0,2	0,5
Coliformes totales	col/100 ml	50	5.000	50.000
Coliformes fecales	col/100 ml	20	2.000	20.000
Estreptoc. fecales	col/100 ml	20	1.000	10.000
Salmonellas	col/100 ml	0/5 1	0/1 1	—
Tratamiento que deben recibir las aguas para potabilización: Tipo A1, tratamiento físico simple y desinfección. Tipo A2, tratamiento físico y químico normales y desinfección. Tipo A3, tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección.				

Tabla 5: Clasificación calidad agua bruta (Fuente: RD 1541/1994 BOE.es)

Los contaminantes de la muestra no tienen unos valores realmente altos, de hecho, el grado de tratamiento atendiendo a la información aportada por este RD sería un tratamiento de tipo A1, el más básico de todos.

Este RD está derogado actualmente, nos da estimaciones acerca del grado de contaminación del agua. Pero hoy en día, la mayoría de estaciones de tratamiento de agua potable incluyen más etapas de tratamiento, para obtener un grado de tratamiento mayor y una mejor potabilización del agua.

Resumiendo, se va a establecer que el grado de contaminación de nuestra muestra es la correspondiente a un tratamiento de tipo A2: tratamiento físico-químico estándar y desinfección.

7.3 Estudio de la muestra y elección de las etapas del tratamiento

Concentraciones máximas admisibles a la salida de la ETAP			
Parámetro	Valor	Valor máximo permitido	Unidad
Conductividad	610	2500	μS/cm
DQO	5,4	125	mg/l
Amonio	0,03	0,5	mg/l
pH	7,9	6,5 - 9,5	pH
Sólidos en suspensión	21	-	mg/l
Temperatura del agua	19,6	-	°C
Turbidez	18	1	UNT

Tabla 6: Concentraciones máximas admisibles salida ETAP (Fuente: RD 140/2003 BOE.es)

Finalmente, teniendo en cuenta lo mencionado hasta ahora, la ETAP consistirá de los siguientes procesos:

- Desbaste y tamizado
- Coagulación-Floculación-Decantación
- Filtro rápido de arena
- Desinfección

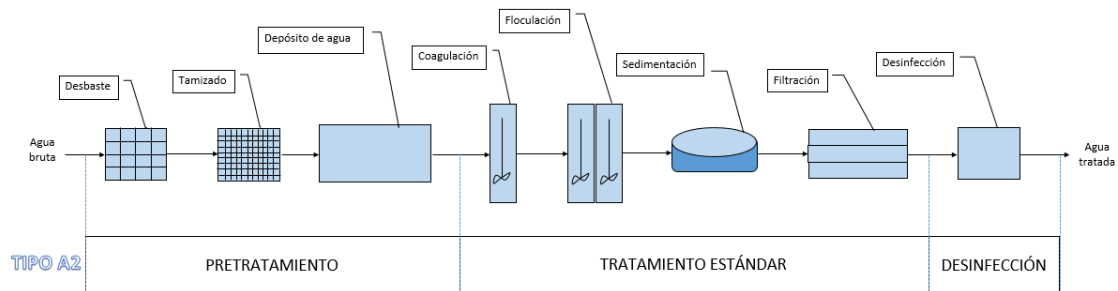


Figura 41: Esquema del proceso de potabilización (Fuente: elaboración propia)

CAPÍTULO 8 - DISEÑO DEL PROCESO

8.1 Definición del tratamiento

Teniendo en cuenta que la planta trata el agua que se recoge del río Pisuegra y que éste agua no contiene ningún parámetro fuera de los límites habituales para necesitar un tratamiento físico químico intensivo, que con lo que se podría considerar un tratamiento del tipo A1. Sin embargo, lo que sí se planteará es un tratamiento del tipo A2, físico químico normal y de desinfección que dará más calidad al agua resultante del proceso. En el anexo 2, en su segundo apartado: Extracto de Real Decreto 1541/1994 (BOE.es) - Calidad del Agua, se encuentra la tabla por la cual se escoge este tipo de tratamiento según los parámetros del agua bruta. Igualmente sería conveniente antes de proceder a la ejecución definitiva realizar unos análisis químicos del agua bruta para confirmar todas estas hipótesis y en caso que fuera necesario poder modificar el tratamiento en alguna de sus fases.

Las características del agua tratada cumplirán con lo que se indica en el RD. 140/2003, de 7 de febrero, en el anexo 2, en su primer apartado, se pueden observar todos los indicadores característicos así como las características químicas y biológicas exigibles al agua resultante del tratamiento de potabilización.

8.2 Línea de tratamiento de agua

El tratamiento que se escoge para la ETAP es un tratamiento del tipo 2, es decir un tratamiento físico químico y de desinfección que abarca los siguientes procesos:

- Desbaste y tamizado
- Coagulación y Floculación
- Decantación/Sedimentación
- Filtración
- Desinfección final

El tratamiento definido comienza por la captación del agua del medio natural, un río. Una rejilla en el punto de captación impide el paso a los objetos más grandes. A continuación, el agua se bombea hasta la planta de tratamiento. En primer lugar se eliminan las materias en suspensión en los procesos de desbaste y tamizado mediante unas rejillas equipadas con rastrillos. Más adelante el agua es conducida a la balsa de almacenamiento de agua.

En las cámaras de coagulación y floculación es donde se añade el coagulante, sulfato de alúmina, al agua que hace que el polvo, las partículas y otros residuos en suspensión comiencen a formar flóculos, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas.

En el paso siguiente, en los decantadores, por el efecto de la gravedad estos flóculos sedimentan en el fondo del decantador y a continuación se eliminan. El agua decantada sale por la parte superior del proceso a través de unos canales. Esto se consigue gracias a un decantador circular.

Una vez se ha decantado el agua y para terminar el proceso de clarificación, lo que se hace es pasar el agua por una fase de filtración, que consiste en hacer pasar el agua, que aún contiene materia en suspensión, a través de un medio filtrante que permita el paso del líquido pero no de las partículas sólidas, las cuales quedarán retenidas en el medio filtrante, para ello se han dimensionado cuatro filtros de arena.

Como etapa final del proceso se desinfecta el agua con cloro líquido, encaminada a destruir los microorganismos patógenos restantes. Se instalarán, para esta etapa dos balsas rectangulares de desinfección.

8.3 Descripción de la instalación

La instalación que hemos definido es una Estación de Tratamiento de Agua Potable con un proceso físico químico y de desinfección definido ya en el apartado anterior, para ello se han dimensionado una serie de elementos para el tratamiento del agua. Todos estos elementos y se describen brevemente a continuación:

Bombeo del agua de captación.

Depósito de almacenamiento de agua: damos este nombre al elemento que situamos al inicio de la planta y al que se hace llegar en primer lugar el caudal de entrada.

Cámaras de coagulación y floculación: se sitúan a continuación del depósito de almacenamiento de agua. En las cámaras de mezcla y de floculación se hacen las adiciones del sulfato de alúmina.

Decantador: este decantador circular se sitúa a continuación de la cámara de floculación. Son dos elementos circulares.

Filtros de arena: cuatro elementos de dimensión rectangular que es donde se realiza el último proceso físico antes de llegar el agua al depósito de salida y desde donde se repartirá al consumidor final. Aquí tendremos un lecho de arena y antracita que nos asegure el filtrado óptimo del agua que llega desde el decantador. Estos filtros disponen también de una arqueta de servicio donde se ubican los colectores que se utilizarán para hacer los lavados de los mismos.

Balsa de desinfección: son dos balsas rectangulares donde se desinfecta el agua con cloro líquido.

CAPÍTULO 9 - DISEÑO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN

9.2 Datos de partida de la ETAP

Teniendo en cuenta la calidad de la muestra de agua analizada en el apartado 7.3, se ha establecido que el agua requiere de un pretratamiento y un tratamiento primario. No se necesita ningún tratamiento específico, al no haber ningún contaminante específico que requiera de su eliminación.

Para el diseño de los procesos que se llevarán a cabo en la planta de potabilización, se han seguido las directrices que establece Ricardo Isla de Juana en su libro: “Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: aguas de proceso, residuales y de refrigeración” (Juana, 2005) y el libro de Jairo Alberto Romero Rojas “Potabilización del agua” (Rojas, 1999).

Para comenzar, se establecen los siguientes datos de partida:

➤ Habitantes equivalentes

Se refiere a la población a la que se quiere abastecer. El objetivo es abastecer con agua potable al 30% de la población de Valladolid. Según la documentación bibliográfica encontrada, del propio Ayuntamiento de Valladolid, a día de hoy Valladolid tiene aproximadamente 298.866 habitantes, el 30% de esta población sería la siguiente:

$$h_{eq} = 896660 \text{ habs}$$

Se realizarán los cálculos de consumo para una población actual de 896.660 habitantes

➤ Dotación por habitante

Se ha tomado el dato aportado por el Instituto Nacional de estadística sobre el consumo medio de agua en hogares españoles (INE, 2016).

$$\text{dotación} = 136 \text{ L} * \frac{\text{habs}}{\text{día}}$$

➤ Concentración de STS a la entrada

Según el análisis realizado a la muestra de agua de captación, el número de sólidos totales en suspensión (STS) son 18 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez). Esta unidad de medida es habitual al hablar de turbidez, pero no cuando se refiere a STS. Por lo tanto, se hará un cambio de unidades a mg/L.

$$1 \text{ UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez)} = 7,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de STS}$$

$$18 \text{ UNT} = 135 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de STS}$$

$$\text{STS}_i = 135 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de STS}$$

➤ Concentración de STS a la salida

El RD 140/2003 establece los valores máximos que no se pueden sobrepasar tanto a la salida de la ETAP como en la red de distribución. Estos son, 1 NTU a la salida de la ETAP y 5 UNT en la red de distribución. Por consiguiente, tomaremos el valor más restrictivo, 1 UNT, con su correspondiente cambio de unidades.

$$1 \text{ UNT} = 7,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de STS}$$

$$\text{STS}_f = 7,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de STS}$$

➤ Relación caudal máximo a caudal de diseño

Para diseñar la planta, no basta sólo con determinar el caudal de diseño, sino que es necesario determinar cuál será su caudal máximo con el fin de sobredimensionar la instalación.

Para el cálculo del caudal máximo de la planta, se necesita definir un parámetro que relaciona el caudal máximo horario en el día de máxima producción, con el caudal medio horario en un día promedio. El Coeficiente de Stanley & Kauffman (1953) nos aporta esta valor.

$$C_p = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{h_{eq}}} = 1,046$$

9.3 Cálculos para el dimensionado de la ETAP

La Estación de Tratamiento de Agua Potable constará básicamente de una línea de tratamiento de agua.

Una vez definidos los datos de partida se procede a realizar los cálculos que nos permitirán conocer los caudales de diseño con los que se va a partir para el dimensionado de toda la instalación.

➤ Demanda diaria

Es el volumen de agua que tratará la ETAP a lo largo de las 24 horas del día.

$$Q_{diario} = \frac{h_{eq} * dotación}{1000} = \frac{896660 \text{ habs} * 136 \text{ L} \frac{\text{habs}}{\text{día}}}{1000} = 12.193,73 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- Caudal instantáneo

$$Q_{instantáneo} = \frac{896660 \text{ habs} * 136 \text{ L} \frac{\text{habs}}{\text{día}}}{864000 \text{ s}} = 141,13 \text{ L/s}$$

- Caudal medio horario de diseño

Será el caudal por cada hora a partir del cual se basarán el resto de cálculos de diseño.

$$Q_{diseño} = \frac{Q_{diario}}{24h} = \frac{12.193,73 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{24h} = 508,07 \frac{\text{m}^3}{h}$$

- Caudal máximo horario

El caudal máximo al que se sobredimensionará la ETAP será el siguiente:

$$Q_{máx} = Q_{diseño} * C_p = 508,07 \frac{\text{m}^3}{h} * 1,046 = 531,51 \frac{\text{m}^3}{h}$$

- Rendimiento de eliminación de STS

Representa el porcentaje de sólidos totales en suspensión que serán eliminados en el proceso total de tratamiento.

$$\%STS = \frac{STS_i - STS_f}{STS_i} * 100 = 94,44\%$$

Los caudales a suministrar para una producción continua las 24 horas del día son:

Caudal instantáneo	141,13	L/s
Caudal medio horario	508,07	m ³ /h
Máxima demanda diaria	12193,73	m ³ /dia
Caudal máximo horario	531,51	m ³ /h

Tabla 7: Caudales a suministrar

De esta manera cuando a continuación se dimensionan los volúmenes de los elementos del proceso contemplando que el caudal de diseño de la planta es de 508,07 m³/h.

Sin embargo, para el depósito de almacenamiento de agua se dimensiona con el caudal máximo horario, de 531,51 m³/h.

9.3.1 Depósito de almacenamiento de agua

Siguiendo las recomendaciones de la Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS, 1987), se dimensionará el nuevo depósito de forma que se consiga un volumen de agua almacenado, capaz de satisfacer la demanda máxima de agua de un día completo, para garantizar así el abastecimiento en caso de fallo del suministro

La demanda del día de máximo consumo es de:

$$531,51 \text{ m}^3/\text{h} = 12.756,34 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Por tanto, la capacidad del depósito sería de:

$$12.756,34 \text{ m}^3/\text{dia} * 1 \text{ dia} = 12.756,34 \text{ m}^3$$

Las dimensiones en planta del depósito son, finalmente de: 65,59 x 34,20 metros con 5,7 m de altura útil

9.3.2 Rejas de desbaste

Se opta por diseñar la planta con dos líneas de rejas de desbaste y tamizado. En los planos N°3 y 4 se puede observar la distribución de la planta.

Primero, se partirá de unos parámetros de diseño a partir de los cuales se procederá a calcular la colmatación de residuos en las rejas de desbaste al día. Estos parámetros son los siguientes:

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño}} = 508,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- Metros cúbicos de residuos por cada 1000 metros cúbicos de agua bruta a caudal de diseño

Este parámetro es un parámetro determinante para el cálculo de la colmatación de residuos. Se trata de los metros cúbicos de residuos que atraviesa las rejillas de gruesos y de finos por cada 1000 metros cúbicos de agua que pasa por ellas. En este proyecto se tomará un valor de $0,01 \text{ m}^3$, como establece Ricardo Isla de Juana.

$$mc \text{ residuos} = 0,01 \text{ m}^3$$

El cálculo necesario para dimensionar las rejillas sería el siguiente:

- Colmatación

Se refiere a la cantidad de metros cúbicos de residuos que son recogidos al día cuando el caudal tratado coincide con el caudal de diseño:

$$Colmatación = \frac{Q_{diseño} * mc \text{ residuos} * 24h}{1000} = 0,122 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

9.3.3 Tamizado

Para poder calcular la cantidad de residuos que se producen en los tamices a diario, se establecerán los siguientes parámetros:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 508,07 \frac{\text{m}^3}{h}$$

- Sólidos en suspensión a tratar

Como se ha observado en el análisis de la muestra de agua de captación, la cantidad de sólidos en suspensión presentes en ella son los siguientes:

$$SS = 21 \frac{mg}{L}$$

- Porcentaje de eliminación de sólidos en suspensión

Se estimará una retención de sólidos en suspensión en los tamices del 5%.

$$\%SS = 5\%$$

El cálculo realizado en base a estos parámetros fijados es el siguiente:

- Producción de residuos en los tamices

$$R_{tamiz} = \frac{SS * Q_{diseño} * 24h}{1000} * \%SS = 12,8 \frac{kg}{día}$$

Resulta un valor elevado de producción de residuos, por lo que se puede concluir que es una etapa necesaria de tratamiento. Este hecho ya se sabía con antelación, ya que como se ha comentado antes, cuando la captación del agua se hace directamente del río, las etapas de desbaste y tamizado son necesarias.

9.3.4 Coagulación

Se ha escogido como coagulante, el reactivo comercial sulfato de alúmina $Al_2(SO_4)_3$. Se vertirá en estado líquido en una cámara diseñada para la coagulación.

A partir de los siguientes parámetros, se puede evaluar la cantidad de coagulante necesario por día.

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 508,07 \frac{m^3}{h}$$

- Caudal máximo

$$Q_{máx} = 531,51 \frac{m^3}{h}$$

- Dosis de coagulante

La cantidad de coagulante escogida tiene importancia en la eficiencia de la coagulación por diversos motivos.

Poca cantidad de coagulante, no neutraliza la carga de las partículas totalmente, mientras que alta cantidad de coagulante provoca inversión de la carga de las partículas. La elección del coagulante y la dosis óptima del mismo se realiza con los ensayos de pruebas de jarra.

Debido a que en este proyecto no se ha realizado este tipo de ensayos, nos fijaremos en la siguiente tabla de un ensayo ya realizado con unos parámetros muy parecidos a los de nuestra muestra.

Por ejemplo : en el siguiente cuadro se observa para Turbiedad inicial de $T_o = 20 \text{ NTU}$, los valores de dosis de coagulantes son diferentes para los diferentes valores de pH y alcalinidad.

pH: Unidades	Alcalinidad	Dosis Op. FeCl3 Soluc.	Dosis Op. Al2(SO4)3 Soluc.
7.46	91 p.p.m CaCO3	14 p.p.m	26 p.p.m.
7.29	85 p.p.m CaCO3	16 p.p.m	30 p.p.m.

Tabla 8: Dosis óptima de coagulante: (Fuente: (Andía Cárdenas, 2000))

Se tomarán, por tanto 26 mg/L de dosis de coagulante.

$$dosis ((SO_4)_3Al_2) = 26 \frac{mg}{L}$$

- Densidad de coagulante

$$\rho ((SO_4)_3Al_2) = 1,69 \frac{kg}{L}$$

- Concentración de coagulante

$$C ((SO_4)_3Al_2) = 400 \frac{kg}{ton}$$

- Concentración de dosificación

$$C_{diluido} ((SO_4)_3Al_2) = 50 \frac{kg}{ton}$$

- Profundidad útil de la cámara de coagulación

$$profundidad = 1,5 \text{ m}$$

- Relación entre longitud y anchura de la cámara de coagulación

$$K = 1,5$$

Los cálculos que se llevan a cabo son los que siguen a continuación:

- Consumo de coagulante

$$Consumo = \frac{Q_{diseño} * dosis ((SO_4)_3Al_2)}{C ((SO_4)_3Al_2)} = \frac{508,07 \frac{m^3}{h} * 20 \frac{mg}{L}}{400 \frac{kg}{ton}} = 25,40 \frac{kg}{h}$$

- Consumo de reactivo diluido

$$C_{diluido} = \frac{Q_{diseño} * dosis ((SO_4)_3Al_2)}{C_{diluido} ((SO_4)_3Al_2)} = \frac{508,07 \frac{m^3}{h} * 20 \frac{mg}{L}}{50 \frac{kg}{ton}} = 203,23 \frac{kg}{h}$$

- Volumen útil de la cámara de coagulación

$$V = \frac{K * Q_{diseño}}{60 min} = \frac{1,5 * 508,07 \frac{m^3}{h}}{60 min} = 12,70 m^3$$

- Longitud de la cámara de coagulación

$$L = \sqrt{\frac{V * K}{profundidad}} = \sqrt{\frac{12,70 m^3 * 1,5}{1,5 m}} = 3,56 m$$

- Anchura de la cámara de coagulación

$$h = \frac{L}{K} = \frac{3,56 m}{1,5} = 2,38 m$$

- Superficie de la cámara de coagulación

$$S = L * h = 3,56 m * 2,38 m = 8,47 m^2$$

- Tiempo de permanencia caudal máximo

$$t_{retención} (Q_{máx}) = \frac{V}{Q_{máx}} * 60min = \frac{12,70 m^3}{531,51 \frac{m^3}{h}} * 60min = 1,43 min$$

9.3.5 Floculación

Se dimensionará la cámara de floculación de paletas. Para diseñar la cámara de floculación se utilizarán los siguientes parámetros:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 508,07 \frac{m^3}{h}$$

- Caudal máximo

$$Q_{máx} = 531,51 \frac{m^3}{h}$$

- Tiempo de retención en la cámara de floculación: es el tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación a caudal de diseño.

$$t = 30 \text{ min}$$

- Profundidad útil de la cámara de floculación

$$\text{profundidad} = 1,5 \text{ m}$$

- Relación entre longitud y anchura de la cámara de floculación

$$K = 2$$

Los cálculos realizados tras definir los parámetros son los siguientes:

- Volumen útil de la cámara de floculación

$$V = \frac{t * Q_{\text{diseño}}}{60 \text{ min}} = \frac{30 \text{ min} * 508,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{60 \text{ min}} = 16,94 \text{ m}^3$$

- Longitud de la cámara de floculación

$$L = \sqrt{\frac{V * K}{\text{profundidad}}} = \sqrt{\frac{16,94 \text{ m}^3 * 2}{1,5 \text{ m}}} = 4,75 \text{ m}$$

- Anchura de la cámara de floculación

$$h = \frac{L}{K} = \frac{4,75 \text{ m}}{2} = 2,38 \text{ m}$$

- Superficie de la cámara de coagulación

$$S = L * h = 4,75 \text{ m} * 2,38 \text{ m} = 11,29 \text{ m}^2$$

- Tiempo de permanencia caudal máximo

$$t_{\text{retención}} (Q_{\text{máx}}) = \frac{V}{Q_{\text{máx}}} * 60 \text{ min} = \frac{16,94 \text{ m}^3}{531,51 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} * 60 \text{ min} = 1,91 \text{ min}$$

9.3.6 Decantación

Se ha optado por un tanque de decantación cilíndrico. Se definirán los siguientes parámetros de partida:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 508,07 \frac{m^3}{h}$$

- Tiempo medio de retención

Para tanques de sedimentación de sólidos que vienen a continuación de los procesos de coagulación y floculación, un tiempo de retención de entre 2 y 4 horas es suficiente para preparar el agua para la posterior filtración. Si el agua no va a ser tratada por filtración, por ejemplo, el tiempo de retención es mayor, de hasta 12 horas. En nuestro caso, tomaremos un tiempo de retención de 3 horas:

$$t_{retención} = 3 h$$

- Velocidad ascensional a caudal máximo

$$v = 1 \frac{m}{h}$$

A continuación se dimensiona el decantador:

- Superficie horizontal del decantador

$$S = \frac{Q_{diseño}}{v} = \frac{508,07 \frac{m^3}{h}}{1 \frac{m}{h}} = 508,07 m^2$$

- Diámetro interno

$$D = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 508,07 m^2}{\pi}} = 25,43 m$$

- Volumen útil

$$V = Q_{diseño} * t_{retención} = 508,07 \frac{m^3}{h} * 3 h = 1524,22 \frac{m^3}{h}$$

- Profundidad cilíndrica útil

$$Profundidad = \frac{V}{S} = \frac{1524,22 \frac{m^3}{h}}{508,07 m^2} = 3 m$$

No se quieren tanques muy profundos porque son más caros. En general, la profundidad de un tanque de sedimentación suele ser mayor de 3 metros, por consiguiente, la profundidad calculada es correcta.

A partir de las fórmulas se puede hacer la siguiente observación:

$$t_{retención} = \frac{V}{Q_{diseño}} = \frac{S * Profundidad}{Q_{diseño}}$$

El tiempo de retención es directamente proporcional a la profundidad del decantador, por lo tanto, la eficiencia de un decantador dependerá de la profundidad del tanque. Sin embargo, la eficiencia del tanque no está linealmente relacionada con el tiempo de retención.

El número de tanques de decantación se determina a partir del caudal total, de la flexibilidad de operación de los mismos y de la economía del diseño. Debe de haber un mínimo de dos tanques, por si se requieren operaciones de limpieza y mantenimiento.

Sin embargo, en plantas grandes el número de tanques está determinado por el tamaño máximo práctico posible de un solo tanque y por la efectividad de la sedimentación.

Finalmente, se optará por un solo tanque de decantación.

9.3.7 Filtro rápido de arena

Se utilizará un filtro rápido de arena por gravedad. Estará formado por dos medios filtrantes, arena y antracita, en proporciones 2/3 y 1/3, respectivamente. Se dimensionará rectangular y incluirá un hueco en el fondo para la evacuación mediante chorro de agua de lavado de lo filtrado.

Los parámetros que se han tenido en cuenta para hacer los cálculos son los siguientes:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 508,07 \frac{m^3}{h}$$

- Sólidos en suspensión a la entrada

$$SS_i = 21 \frac{mg}{L}$$

- Sólidos en suspensión a la salida

$$SS_f = 7,5 \frac{mg}{L}$$

- Velocidad de filtración

Un valor adecuado de velocidad de filtración estaría entre 5 y 25 m/h. Se tomará un valor de 5m/h.

$$v_{filtración} = 5 \frac{m}{h}$$

- Tiempo de operación por ciclo

$$t_{ciclo} = 12 h$$

- Metros cúbicos de huecos por metro cúbico de lechos del medio 1

$$huecos_{medio\ 1} = 0,4$$

- Metros cúbicos de huecos por metro cúbico de lechos del medio 2

$$huecos_{medio\ 2} = 0,4$$

- Contenido de materia seca del flóculo retenido

$$ms = 45 \frac{kg}{m^3}$$

- Máximo porcentaje de huecos a ocupar del lecho

$$\%_{huecos} = 25 \%$$

- Profundidad del medio 1

$$profundidad_{medio\ 1} = 33,33\%$$

- Profundidad del medio 2

$$profundidad_{medio\ 2} = 66,67\%$$

- Profundidad del lecho adicional sobre la calculada

$$profundidad_{lecho} = 3\ m$$

- Expansión del lecho

$$exp = 10 \%$$

- Caudal normal por boquilla

$$Q_{boquilla} = 2 \frac{m^3}{h}$$

- Talla efectiva del medio 1

$$Talla_{medio\ 1} = 0,8\ mm$$

- Talla efectiva del medio 2

$$Talla_{medio\ 2} = 0,4\ mm$$

- Velocidad del agua de lavado

$$v_{lavado} = 20 \frac{m}{h}$$

Una vez establecidos estos parámetros se continúa con los cálculos necesarios para el buen dimensionado del filtro rápido:

- Sección mínima del filtro

$$S = \frac{Q_{\text{diseño}}}{v_{\text{filtración}}} = \frac{508,07 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m}{h}} = 101,61 m^2$$

- Volumen de agua a filtrar por ciclo

$$V = \frac{Q_{\text{diseño}}}{t_{\text{ciclo}}} = \frac{508,07 \frac{m^3}{h}}{12 h} = 42,34 m^2$$

- Sólidos a retener por ciclo

$$SS_{\text{ret.ciclo}} = \frac{SS_i - SS_f}{1000} * V = \frac{21 \frac{mg}{L} - 7,5 \frac{mg}{L}}{1000} 42,34 m^2 = 0,57 kg$$

- Capacidad de retención del medio 1

$$Cap_{\text{ret.medio 1}} = \frac{\text{huecos}_{\text{medio 1}} * \% \text{huecos} * ms}{100} = \frac{0,4 * 25 * 45 \frac{kg}{m^3}}{100} = 4,5 \frac{kg}{m^3}$$

- Capacidad de retención del medio 2

$$Cap_{\text{ret.medio 2}} = \frac{\text{huecos}_{\text{medio 2}} * \% \text{huecos} * ms}{100} = \frac{0,4 * 25 * 45 \frac{kg}{m^3}}{100} = 4,5 \frac{kg}{m^3}$$

- Capacidad media de retención del lecho

$$\begin{aligned} Cap_{\text{ret.lecho}} &= \frac{Cap_{\text{ret.medio 1}} * profundidad_{\text{medio 1}} + Cap_{\text{ret.medio 2}} * profundidad_{\text{medio 2}}}{100} \\ &= \frac{4,5 \frac{kg}{m^3} * 33,33 + 4,5 \frac{kg}{m^3} * 66,67}{100} = 4,5 \frac{kg}{m^3} \end{aligned}$$

- Volumen del lecho

$$V_{\text{lecho}} = \frac{SS_{\text{ret.ciclo}}}{Cap_{\text{ret.lecho}}} = \frac{0,57 kg}{4,5 \frac{kg}{m^3}} = 0,13 m^3$$

- Altura del lecho

$$Altura_{\text{lecho}} = \frac{V_{\text{lecho}}}{S} + profundidad_{\text{lecho}} = \frac{0,13 m^3}{101,61 m^2} + 3m = 3 m$$

- Altura del medio 1

$$Altura_{\text{medio 1}} = \frac{Altura_{\text{lecho}} * profundidad_{\text{medio 1}}}{100} = \frac{3 m * 33,33}{100} = 1 m$$

- Altura del medio 2

$$Altura_{medio2} = \frac{Altura_{lecho} * profundidad_{medio2}}{100} = \frac{3 \text{ m} * 66,67}{100} = 2 \text{ m}$$

- Volumen total del medio 1

$$V_{medio1} = S * Altura_{medio1} = 101,61 \text{ m}^2 * 1 \text{ m} = 101,66 \text{ m}^3$$

- Volumen total del medio 2

$$V_{medio2} = S * Altura_{medio2} * 2 \text{ m} = 203,31 \text{ m}^3$$

- Número de boquillas del filtro

$$n_{boquilla} = \frac{Q_{diseño}}{Q_{boquilla}} = \frac{508,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 254,04$$

- Caudal necesario de agua de lavado

$$Q_{lavado} = S * v_{lavado} = 101,61 \text{ m}^2 * 20 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 2032,29 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- Número de filtros

Morril y Wallace (1934) sugirieron la siguiente expresión para calcular el número de filtros N:

$$N = 0,044 * \sqrt{Q_{diseño}} = 3,86$$

Se aproximará a 4 filtros.

9.3.8 Desinfección

Para la etapa de desinfección se ha optado por utilizar cloro líquido como desinfectante. Se calculará la cantidad de cloro necesario al día y se dimensionará el tanque donde se llevará a cabo la desinfección.

Se empieza fijando los parámetros de partida:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 508,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- Caudal máximo

$$Q_{\text{máx}} = 531,51 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

➤ Dosis de cloro

Un valor recomendado de miligramos de cloro puro por cada litro de agua es de 6 mg/L. Se tomará este valor.

$$\text{dosis} (Cl_2) = 6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

➤ Tiempo de contacto a caudal máximo

Se refiere al tiempo que permanece el agua en el resalto cuando el caudal coincide con el caudal máximo

$$t = 15 \text{ min}$$

➤ Profundidad del tanque

$$\text{profundidad} = 1,5 \text{ m}$$

➤ Relación entre longitud y anchura del tanque

$$K = 2$$

Y por último, los cálculos oportunos para el dimensionado de esta etapa:

➤ Consumo medio de cloro

Son los miligramos de cloro consumidos a diario cuando el caudal coincide con el caudal de diseño.

$$\text{Consumo medio} (Cl_2) = \frac{Q_{\text{diseño}}}{1000} * \text{dosis}(Cl_2) * 24h = \frac{508,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1000} * 6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 24h = 73,16 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

➤ Consumo punta de cloro

Son los miligramos de cloro consumidos cada hora cuando el caudal coincide con el caudal máximo.

$$\text{Consumo punta} (Cl_2) = \frac{Q_{\text{diseño}}}{1000} * \text{dosis}(Cl_2) * 1h = \frac{508,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1000} * 6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 1h = 3,19 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

➤ Volumen útil del tanque

$$V = \frac{Q_{\text{máx}} * t}{60 \text{ min}} = \frac{531,51 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 15 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 132,88 \text{ m}^3$$

- Superficie útil del tanque

$$S = \frac{V}{\text{profundidad}} = \frac{132,88 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}} = 88,59 \text{ m}^2$$

- Longitud del tanque

$$L = \sqrt{S * K} = \sqrt{88,59 \text{ m}^2 * 2} = 13,31 \text{ m}$$

- Anchura del tanque

$$H = \frac{S}{L} = \frac{88,59 \text{ m}^2}{13,31 \text{ m}} = 6,66 \text{ m}$$

CAPÍTULO 10 - DISEÑO DEL SISTEMA DE TOMA DE AGUA

10.1 Generalidades

A la hora de elegir el punto de captación en un río hay que tener en cuenta diversos factores, como son: el caudal, los materiales que arrastra el río, su navegabilidad, etc. Para ello se necesita hacer un estudio preliminar en cada caso y una vez realizado se pueden hacer tomas en el fondo, laterales, por sifón, etc. Es recomendable hacer la captación siempre aguas arriba de la población a la que se va a abastecer.

Los requisitos que debe cumplir una buena captación superficial son los siguientes:

- Facilidad de operación
- Que su ubicación garantice cierta calidad mínima del agua
- Que se impida la entrada de materiales flotantes, peces y sedimento grueso como ripio y arena.
- Su construcción debe ser económica

Nuestro sistema de captación tiene que ser capaz de suplir todas las pérdidas de caudal que se produzcan en los conductos y también garantizar las demandas de caudal de las instalaciones y equipos.

10.2 Descripción del trazado y funcionamiento del sistema de toma de agua

En el sistema de toma, el agua de río se capta del río Pisuerga a través de unas rejillas submarinas, que no superan los 370 metros de profundidad, por donde el agua entra en la tubería. En la figura 42 se ilustra este sistema.



Figura 42: (Fuente: Veolia Water Technologies)

A continuación, desde la cántara de toma de agua se lleva a cabo la impulsión mediante tres bombas en paralelo, estando una de ellas de repuesto, para evitar que si ocurre algún fallo en una de ellas impida seguir bombeando el agua.

También debemos tener en cuenta la presencia de sólidos en suspensión y la turbidez propia del agua, por ello haremos pasar el caudal, a través de dos líneas, por los procesos de desbaste y tamizado con el fin de obtener un agua libre de impurezas para evitar obstrucciones y proteger equipos y aumentar la eficacia del tratamiento posterior.



Figura 43: (Fuente: Veolia Water Technologies)

Una vez bombeada el agua de la cántara, ambos caudales (uno por cada bomba en funcionamiento) concurrirán en un depósito de almacenamiento de agua.

10.3 Descripción en detalle del sistema de toma de agua

Para que no se incumplan condiciones marcadas por la norma o por los fabricantes y se satisfagan las demandas de caudal, es necesario realizar todos los cálculos que permitan realizar el correcto dimensionamiento de los equipos, como son:

- Las tuberías (el diámetro mínimo)
- Las bombas de impulsión desde la toma de agua (caudales y alturas)
- Las bombas de circulación entre procesos (caudales y alturas)

CAPÍTULO 11 - DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO

Es necesario dimensionar los equipos de bombeo y tuberías para que funcionen de manera adecuada, que permitan cumplir las demandas de caudal sin sobrepasar los valores de presión y de golpe de ariete que soportan las instalaciones. También, satisfacer que la altura con la que es impulsada el agua es suficiente para cumplir con los objetivos.

Además, el dimensionamiento de las instalaciones también contribuye a la optimización de la inversión, minimizando los costes al establecer las condiciones mínimas suficientes que deben suplir los equipos para satisfacer las demandas de agua, exigiendo, de esta forma, las instalaciones más baratas posibles.

11.1 Tubería de impulsión

La tubería de impulsión se encarga de transportar el agua desde el punto de captación hasta el depósito de almacenamiento a través de las dos bombas de impulsión.

Las tuberías que se han escogido para toda la ETAP son de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), fabricadas por la compañía Georg Fischer, modelo DEKADUR-Vent Pipe PVC-U, de presión nominal de hasta 16 bar que se suministran en tuberías de 5 metros de longitud y de color negro oscuro (RAL 7011). Permite trabajar en el rango de temperaturas de 0 a +60°C. Se emplea en gran cantidad de aplicaciones, las principales son el tratamiento de agua, el sector naval y químico.

Los sistemas de PVC-U garantizan una estabilidad térmica y una resistencia química máximas y soportan las condiciones más extremas, y en especial las asociadas al transporte de medios como ácidos, bases y sales. Esta solución universal da respuesta a todas las necesidades de seguridad, eficiencia y fiabilidad requeridas de cara a la construcción, el mantenimiento y el funcionamiento de sistemas de tuberías industriales. (Systems, s.f.)

El trazado en planta de las mismas no sugiere gran complicación ya que el terreno que separa la captación de la balsa no acarrea problemas para la ubicación de la tubería, por lo tanto será una línea recta.

Tras los cálculos realizados en el apartado 4: Cálculo tubería de impulsión, del documento nº2: cálculos, el diámetro óptimo de tubería es de 531 mm de diámetro exterior. Por lo tanto, la tubería correspondiente de Georg Fischer será el modelo 324 600 000 de diámetro exterior 600 mm y espesor 5 mm.

El catálogo de dicha tubería se encuentra en el anexo 3: Catálogo tuberías Georg Fischer.

11.2 Solución adoptada para el bombeo

Para cubrir la demanda de agua se ha optado diseñar el circuito compuesto por tres bombas capaces de dar la altura del punto más alto de la instalación y sus pérdidas de carga. Se opta por la instalación de dos bombas en funcionamiento para darle mayor flexibilidad al suministro, y responder rápidamente a variaciones en la demanda.

Se instalará una tercera bomba con el objetivo de mantener la calidad del suministro en caso de avería de alguna de las dos bombas principales y operaciones de mantenimiento.

Tras los cálculos realizados en el apartado 5: Bombeo, del documento nº2: cálculos se llega a la conclusión de que para impulsar un caudal de 147,64 l/s (531,51 m³/h) a una altura efectiva de 6 metros, se instalará una bomba Grundfos, modelo TP 200-150/4 A-F-A-BQQE – 97927150. La potencia nominal de la bomba es de 30kW y el motor que acompaña a la bomba es un motor SIEMENS de número EAN 5713829699519.

En el Anexo 4: Características técnicas bombas Grundfos, se adjuntan las características técnicas de la bomba así como su curva característica.

CAPÍTULO 12 - CIRCULACIÓN ENTRE PROCESOS

12.1 Tuberías de circulación entre procesos

En el apartado 6: Cálculo tuberías de circulación entre procesos, del documento nº2: cálculos, se realizan los cálculos de los diámetros de las tuberías que se encuentran a continuación del depósito de almacenamiento de agua.

Se llega a un diámetro óptimo de tubería de 424 mm. Por tanto, la tubería correspondiente de Georg Fischer será el modelo 324 600 000 de diámetro exterior 450 mm y espesor 5,6 mm.

El catálogo de dicha tubería se encuentra en el anexo 3: Catálogo tuberías Georg Fischer.

La red de distribución viene representada en los planos N°3 y 4.

12.2 Bombas de circulación entre procesos

Se van a determinar las bombas que impulsen el agua a tratar de un proceso a otro. Debido al diseño de la ETAP serán necesarias siete bombas de circulación entre procesos. Para dimensionarlas se utilizará en todo momento el caudal de diseño a la entrada (508,07 m³/h), de tal forma que la potencia calculada siempre será mayor a la real.

Será necesario instalar las siguientes bombas:

- 1 bomba de circulación del depósito de almacenamiento de agua a la cámara de coagulación
- 1 bomba de circulación de la cámara de coagulación a la cámara de floculación
- 1 bomba de circulación de la cámara de floculación al decantador
- 2 bombas de circulación del decantador a los filtros de arena
- 2 bombas de circulación de los filtros de arena a los tanques de desinfección

Se instalarán las bombas Grundfos correspondientes, modelo TP 200-150/4 A-F-A-BQQE – 97927150. En el Anexo 4: Características técnicas bombas Grundfos, se adjuntan las características técnicas de la bomba así como su curva característica.

CAPÍTULO 13 - CÁLCULO DE LA POTENCIA INSTALADA REQUERIDA

Para calcular la potencia total de la ETAP será necesario calcular la potencia de los equipos de bombeo, que son todos los siguientes:

Tipo	Unidades
Bomba de impulsión	2
Bomba de circulación del depósito de almacenamiento de agua a la cámara de coagulación	1
Bomba de circulación de la cámara de coagulación a la cámara de floculación	1
Bomba de circulación de la cámara de floculación al decantador	1
Bomba de circulación del decantador a los filtros de arena	2
Bomba de circulación del depósito de los filtros de arena a los tanques de desinfección	2

Tabla 9: Tabla equipos de bombeo

13.1 Potencia de los equipos de bombeo

Para el cálculo de la potencia que han de tener los equipos de bombeo se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = \rho \, g \, Q \, H$$

- ρ : densidad del fluido, en este caso agua
- g : gravedad terrestre
- Q caudal a suministrar
- H altura dinámica de la bomba

La altura dinámica que ha de superar la bomba es la suma de la altura geométrica más las pérdidas de carga calculadas en cada tramo de tubería. En el apartado 5.2: Cálculo pérdidas de carga, del documento nº2: cálculos, se explica su obtención.

A continuación se muestran los resultados de los cálculos:

BOMBAS DE IMPULSIÓN	
Número de unidades:	2,00
Potencia por unidad [kW]:	8,31
Potencia instalada [KW]:	16,61

BOMBAS DE CIRCULACIÓN ENTRE PROCESOS	
Bomba de circulación del depósito de almacenamiento de agua a la cámara de coagulación	
Número de unidades:	1,00
Potencia por unidad [kW]:	2,91
Potencia instalada [KW]:	2,91

Bomba de circulación de la cámara de coagulación a la cámara de floculación	
Número de unidades:	1,00
Potencia por unidad [kW]:	1,45
Potencia instalada [KW]:	1,45

Bomba de circulación de la cámara de floculación al decantador	
Número de unidades:	1,00
Potencia por unidad [kW]:	2,20
Potencia instalada [KW]:	2,20

Bombas de circulación del decantador a los filtros de arena	
Número de unidades:	2,00
Potencia por unidad [kW]:	4,49
Potencia instalada [KW]:	8,97

Bomba de circulación del depósito de los filtros de arena a los tanques de desinfección	
Número de unidades:	2,00
Potencia por unidad [kW]:	1,43
Potencia instalada [KW]:	2,85

La potencia total instalada aplicando un coeficiente de seguridad de 1,2 resulta de 42 kW.

CAPÍTULO 14 - RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presente PRESUPUESTO DE EJECUCION DEL PROYECTO asciende a la cantidad de CIENTO CUARENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS SESENTA Y UNO CON DOCE euros.

Madrid, Agosto de 2019

Autor del proyecto:

Fdo: Blanca Arilla Gordon

CAPÍTULO 15 - BIBLIOGRAFÍA

- AEAS. (1987). *Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento*. Obtenido de <http://www.aeas.es/servlet/mgc>
- Andía Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación*. Lima: SEDAPAL.
- Apella, M. C. (s.f.). *Microbiología de agua. Conceptos básicos*. San Martín, Buenos Aires: Solar Safe Water. Obtenido de https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf
- AQUAVALL. (s.f.). *Aguas de Valladolid*. Obtenido de <http://www.aguasdevalladolid.com/ESP/60.asp?origen=/ESP/60.asp&desti=/ESP/60.asp>
- Araujo, M. C. (s.f.). *Microbiología de agua. Conceptos básicos*. San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Aznar Jiménez, A. (s.f.). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Madrid. Obtenido de Universidad Carlos III: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- BOE. (22 de 02 de 2003). *Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*. Obtenido de Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/02/07/140/con>
- Casero Rodríguez, D. (2008). *Potabilización del agua*.
- CIDTA. (s.f.). *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua*. Obtenido de <http://cidta.usal.es/>
- Descalcificador10. (10 de Enero de 2017). *Descalcificador10*. Obtenido de <https://descalcificador10.com/agua-potable-historia/>
- Duero, C. H. (2019). *Portal de la Confederación Hidrográfica del Duero*. Obtenido de Confederación Hidrográfica del Duero: <http://www.chduero.es/>
- Euston96. (12 de 03 de 2018). Obtenido de www.euston96.com
- INE. (2016). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de <http://www.ine.es/welcome.shtml>
- Juana, R. I. (2005). *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: aguas de proceso, residuales y de refrigeración*.
- Medio natural en Valladolid*. (s.f.). Obtenido de <https://www10.ava.es/arcgisva/apps/webappviewer/index.html?id=e18d3a2235974074b72690e0962ea5d2>

Ministerio de Sanidad, C. y. (s.f.). *Ministerio de Sanidad Consumo y Bienestar Social*. Obtenido de
<https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAgua/s/preguntasFrec.htm>

Rojas, J. A. (1999). *Potabilización del agua*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.

Sebastián. (2017). *Métodos de aireación*.

Sede electrónica del catastro. (s.f.). Obtenido de
<https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?refcat=8352002UM5185C&from=OVCBusqueda&pest=rc&final=&RCCompleta=8352002UM5185C0001IQ&ZV=NO&del=47&mun=900>

Systems, G. P. (s.f.). *Georg Fischer*. Obtenido de
https://www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/100062/ES/es/109068/109342/index.html

Unidas, N. (25 de Septiembre de 2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollosostenible/>

WeedersDigest. (s.f.). Obtenido de <https://weedersdigest.com/kasco-surface-aerator-lake-pond-aeration/>

DOCUMENTO Nº 2

CÁLCULOS

ÍNDICE DE LOS CÁLCULOS

1 - DIMENSIONADO DE LAS ETAPAS DE LA ETAP	3
1.1 Datos de partida	3
1.2 Rejas de desbaste	3
1.3 Tamices	4
1.4 Cámara de coagulación	4
1.5 Cámara de floculación	5
1.6 Decantador	5
1.7 Filtro rápido de arena	6
1.8 Tanque de desinfección	7
2 - CANTIDAD DE AGUA A IMPULSAR	8
3 - DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO	9
4 - CÁLCULO TUBERÍA DE IMPULSIÓN	10
5 - BOMBEO	11
5.1 Cálculo del bombeo	11
5.2 Cálculo pérdidas de carga	11
6 - CÁLCULO TUBERÍAS DE CIRCULACIÓN ENTRE PROCESOS	15
7 - CÁLCULO BOMBAS DE CIRCULACIÓN ENTRE PROCESOS	16

ÍNDICE DE LOS CÁLCULOS

1 - DIMENSIONADO DE LAS ETAPAS DE LA ETAP

1.1 Datos de partida

Datos de partida		
Parámetros de partida	Valor	Unidad
Habitantes equivalentes	89660	habs
Dotación por habitante	136	L/habs.día
Concentración de STS a la entrada	135	mg/L de STS
Concentración de STS a la salida	7,5	mg/L de STS
Relación caudal máximo a caudal de diseño	1,046	-
Cálculos		
Caudal medio diario	12193,73	m3/día
Caudal medio de diseño	508,07	m3/h
Caudal máximo	531,51	m3/h
Rendimiento de eliminación de STS	94,44	%

Tabla 1: Tabla cálculos caudales de diseño

1.2 Rejas de desbaste

Rejas de desbaste		
Parámetros de partida	Valor	Unidad
Caudal de diseño	508,07	m3/h
m3 de residuos cada 1000m3	0,01	m3
Cálculos		
Colmatación	0,122	m3/día

Tabla 2: Tabla cálculo rejas de desbaste

1.3 Tamices

Tamizado		
Parámetros de partida	Valor	Unidad
Caudal de diseño	508,07	m ³ /h
Sólidos en suspensión (SS)	21	mg/L
Eliminación SS	5	%
Cálculos		
Producción de residuos en los tamices	12,80	kg/día

Tabla 3: Tabla cálculo tamices

1.4 Cámara de coagulación

Cámara de coagulación		
Parámetros de partida	Valor	Unidad
Caudal de diseño	508,07	m ³ /h
Caudal máximo	531,51	m ³ /h
Dosis de coagulante	26	mg/L
Densidad de coagulante	1,69	kg/L
Concentración de coagulante	400	kg/ton
Concentración de dosificación	50	kg/ton
Profundidad útil cámara de coagulación	1,5	m
Relación entre longitud y anchura cámara de coagulación	1,5	-
Cálculos		
Consumo de coagulante	33,02	kg/h
Consumo de reactivo diluido	264,20	kg/h
Volúmen cámara de coagulación	12,70	m ³
Longitud cámara de coagulación	3,56	m
Anchura cámara de coagulación	2,38	m
Superficie cámara de coagulación	8,47	m ²
Tiempo de permanencia a caudal máximo	1,43	min

Tabla 4: Tabla cálculo cámara de coagulación rectangular

1.5 Cámara de floculación

Cámara de floculación		
Parámetros de partida	Valor	Unidad
Caudal de diseño	508,07	m ³ /h
Caudal máximo	531,51	m ³ /h
Tiempo de retención en cámara de floculación	30	min
Profundidad útil cámara de floculación	1,5	m
Relación entre longitud y anchura cámara de floculación	2	-
Cálculos		
Volumen útil cámara de floculación	16,94	m ³
Longitud cámara de floculación	4,75	m
Superficie cámara de floculación	2,38	m
Anchura cámara de floculación	11,29	m ²
Tiempo de permanencia a caudal máximo	1,91	min

Tabla 5: Tabla cálculo cámara de floculación rectangular

1.6 Decantador

Decantador		
Datos partida	Valor	Unidad
Caudal de diseño	508,07	m ³ /h
Tiempo medio de retención	3	h
Velocidad ascensional a caudal máximo	1	m/h
Cálculos		
Superficie horizontal del decantador	508,07	m ²
Diámetro interno	25,43	m
Volumen útil	1524,22	m ³
Profundidad cilíndrica útil	3	m

Tabla 6: Tabla cálculo decantador cilíndrico

1.7 Filtro rápido de arena

Filtro rápido de arena		
Datos de partida	Valor	Unidad
Caudal de diseño	508,07	m ³ /h
SS entrada	21	mg/L
SS salida	7,5	mg/L
Velocidad de filtración	5	m/h
Tiempo de operación por ciclo	12	h
m ³ de huecos por m ³ de lechos del medio 1	0,4	-
m ³ de huecos por m ³ de lechos del medio 2	0,4	-
Contenido de materia seca del flóculo retenido	45	kg/m ³
Máximo porcentaje de huecos a ocupar del lecho	25	%
Profundidad del medio 1 (antracita)	33,33	%
Profundidad del medio 2 (arena)	66,67	%
Profundidad del lecho adicional sobre la calculada	3	m
Expansión del lecho	10	%
Caudal normal por boquilla	2	m ³ /h
Talla efectiva del medio 1	0,8	mm
Talla efectiva del medio 2	0,4	mm
Velocidad del agua de lavado	20	m/h

Cálculos		
Sección mínima del filtro	101,61	m ²
Volumen de agua a filtrar por ciclo	42,34	m ³
Sólidos a retener por ciclo	0,57	kg
Capacidad de retención del medio 1	4,50	kg/m ³
Capacidad de retención del medio 2	4,50	kg/m ³
Capacidad media de retención del lecho	4,50	kg/m ³
Volumen del lecho	0,13	m ³
Altura del lecho	3,00	m
Altura del medio 1 (antracita)	1,00	m
Altura del medio 2 (arena)	2,00	m
Volumen total del medio 1 (antracita)	101,66	m ³
Volumen total del medio 2 (arena)	203,31	m ³
Número de boquillas del filtro	254,04	-
Caudal necesario de agua de lavado	2032,29	m ³ /h
Número de filtros	3,86	-

Tabla 7: Tabla cálculo filtro rápido de arena por gravedad

1.8 Tanque de desinfección

Desinfección		
Datos de partida	Valor	Unidad
Caudal de diseño	508,07	m ³ /h
Caudal máximo	531,51	m ³ /h
Dosis de cloro	6	mg/L
Tiempo de contacto a caudal máximo	15	min
Profundidad del tanque	1,5	m
Relación entre longitud y anchura del tanque	2	-
Cálculos		
Consumo medio de cloro	73,16	kg/día
Consumo punta de cloro	3,19	kg/h
Volumen útil del tanque	132,88	m ³
Superficie útil del tanque	88,59	m ²
Longitud del tanque	13,31	m
Anchura del tanque	6,66	m

Tabla 8: Tabla cálculo tanque de desinfección

2 - CANTIDAD DE AGUA A IMPULSAR

Se calcula la cantidad de agua que se va a abastecer a partir del número de habitantes equivalentes y del consumo medio por habitante al día, esto último es a lo que se refiere con dotación media.

El objetivo es abastecer con agua potable al 30% de la población de Valladolid. A día de hoy Valladolid tiene aproximadamente 298.866 habitantes, el 30% de esta población serían 89666 habitantes.

Se estima un consumo medio de agua en hogares españoles de 136 litros por habitante al día, datos aportados por el Instituto Nacional de Estadística.

Por lo tanto, la cantidad de agua a impulsar sería un total de 12.193,73 m³/día que son 508,07 m³/h. Este último es el caudal de diseño de los distintos procesos de la ETAP, menos del depósito de almacenamiento de agua que utilizará, en cambio, el caudal máximo horario, para su dimensionamiento.

SISTEMA DE BOMBEO		
Datos de partida		
Parámetros de partida	Valor	Unidad
Habitantes equivalentes	89660	habs
Dotación por habitante	136	l/habs.día
Relación caudal máximo a caudal de diseño	1,0461388	-
Cálculos		
Caudal medio diario	12193,73	m ³ /día
Caudal medio de diseño	508,07	m ³ /h
	141,13	l/s
	0,141	m ³ /s
Caudal máximo diario	531,51	m ³ /h
	147,64	l/s
	0,148	m ³ /s

Tabla 9: Tabla datos de partida y caudales de diseño

3 - DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO

Siguiendo las recomendaciones de la AEAS, Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento, se dimensionará el nuevo depósito de forma que se consiga un volumen de agua almacenado, capaz de satisfacer la demanda de agua máxima de un día completo, para garantizar así el abastecimiento en caso de fallo del suministro.

La demanda del día de máximo consumo es de $531,51 \text{ m}^3/\text{h}$.

La capacidad del depósito es de $12.756,336 \text{ m}^3$.

Finalmente, las dimensiones en planta del depósito son de: 65,59 x 34,20 metros con 5,7 m de altura útil.

4 - CÁLCULO TUBERÍA DE IMPULSIÓN

La tubería de captación al depósito de almacenamiento se diseña con el caudal máximo diario, para poder abastecer la demanda en los días de mayor consumo del año.

Caudal máximo diario: 531,51 m³/h, 147,64 l/s o 0,148 m³/s.

El caudal de impulsión se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_i = \frac{Q_{\text{máx.diario}} \left[\frac{l}{s} \right] * 86400}{h_i * 3600} = \frac{147,64 * 86400}{16 * 3600} = 221,46 \text{ l/s}$$

Donde h_i son las horas de bombeo en un día. Se estimarán 16 horas para tener cierto margen en los días de máximo consumo- También, se reduce el desgaste de la bomba si se limitan las horas de funcionamiento.

Número de horas de bombeo en un día	16	h/día
Caudal de impulsión	221,46 0,221	l/s m ³ /s

Tabla 10: Tabla cálculo caudal de impulsión

Para calcular el diámetro de la tubería de impulsión se utiliza la siguiente fórmula:

$$D_{\text{impulsión}} = \sqrt{\frac{4 * Q_{\text{impulsión}} [m^3/s]}{v_{\text{impulsión}} * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,221}{1 * \pi}} = 0,531 \text{ m}$$

Donde $v_{\text{impulsión}}$ es la velocidad de impulsión a través de la tubería. La velocidad mínima se impone por criterios de sedimentación de sólidos en el interior de las tuberías. Se recomienda un valor mínimo para tuberías de 0,5 m/s.

Por consiguiente, se ha establecido 1m/s como velocidad mínima de impulsión.

Caudal de impulsión	0,221	m ³ /s
Velocidad de impulsión	1	m/s
Diámetro tubería impulsión	0,531	m

Tabla 11: Tabla cálculo tubería de impulsión

Resulta una conducción de diámetro de 531 mm. Por tanto, escogemos el diámetro comercial inmediato superior de Georg Fischer, el cuál es de 600 mm.

5 - BOMBEO

5.1 Cálculo del bombeo

Para el cálculo del bombeo se han estudiado las cotas y caudales de diseño: El caudal de demanda máximo registrado es de 147,64 l/s y la altura a superar por la bomba será la suma de la altura geométrica más las pérdidas que pueda haber en las tuberías, pérdidas por fricción y codos.

En los planos Nº 3 y 4 se representa la distribución en planta de las instalaciones, así como el recorrido de las tuberías y la longitud de las mismas. Vienen divididas en tramos y más adelante se calcularán las pérdidas de carga en cada tramo de tubería.

5.2 Cálculo pérdidas de carga

Pérdidas por fricción

Se calcularán a partir de la ecuación de Darcy-Weisbach que permite la evaluación del efecto de cada uno de los factores que inciden en la pérdida de energía en una tubería.

Esta ecuación puede utilizarse para todos los tipos de flujo (laminar, transicional y turbulento), cambiando únicamente el valor que toma el coeficiente de fricción, f .

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{C^2}{2g}$$

Donde:

- h_f : pérdida de carga debida a la fricción (m.c.a)
- f : coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach (-)
- L : longitud de la tubería (m)
- D : diámetro de la tubería (m)
- v : velocidad del fluido (m/s)
- g : aceleración de la gravedad (m/s²)

Cálculo del coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach

El coeficiente de fricción (f) depende de la rugosidad relativa de la tubería (e) y del número de Reynolds (Re)

El valor de f se obtiene:

- 1) Del ábaco de Moody

- 2) De la fórmula de Colebrook
- 3) A través de la siguiente expresión

$$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{k}{3,7 * D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) \right]^2}$$

Donde k es la rugosidad absoluta de la tubería, D el diámetro de la tubería y Re el número de Reynolds.

A continuación, se calculará el coeficiente de fricción de la forma 1) y la 3)

- 1) Del ábaco de Moody

En el ábaco de Moody se entra a partir de la rugosidad relativa de la tubería y del número de Reynolds

Para calcular el número de Reynolds se utiliza su ecuación en función de la viscosidad cinemática:

$$Re = \frac{c * D}{\nu}$$

En la tabla siguiente se muestran los cálculos del número de Reynolds para la tubería de impulsión y las demás tuberías:

Tramos	Velocidad (m/s)	Viscosidad (m2/s)	Diámetro externo (m)	Nº de Reynolds
Tramo 1	1,00	1,00E-06	0,60	600000
Tramo 2	1,00	1,00E-06	0,45	450000
Tramo 3	1,00	1,00E-06	0,45	450000
Tramo 4	1,00	1,00E-06	0,45	450000
Tramo 5	1,00	1,00E-06	0,45	450000
Tramo 6	1,00	1,00E-06	0,45	450000
Tramo 7	1,00	1,00E-06	0,45	450000
Tramo 8	1,00	1,00E-06	0,45	450000
Tramo 9	1,00	1,00E-06	0,45	450000

Tabla 12: Tabla cálculo del Nº de Reynolds

La rugosidad relativa se calcula a partir de la rugosidad absoluta del material de la tubería y del diámetro de la misma, a través de la siguiente fórmula:

$$e = \frac{k}{D}$$

En la tabla siguiente se muestran los cálculos obtenidos en los distintos tramos de tubería:

Tramos	Rugosidad absoluta (k)	Rugosidad relativa (e = k/D)
Tramo 1	0,0015	0,0025
Tramo 2-9	0,0015	0,0033

Tabla 13: Tabla cálculo rugosidad relativa

Por último, entrando en el ábaco de Moody representado a continuación se obtienen los siguientes valores del coeficiente de fricción en los distintos tramos de tubería:

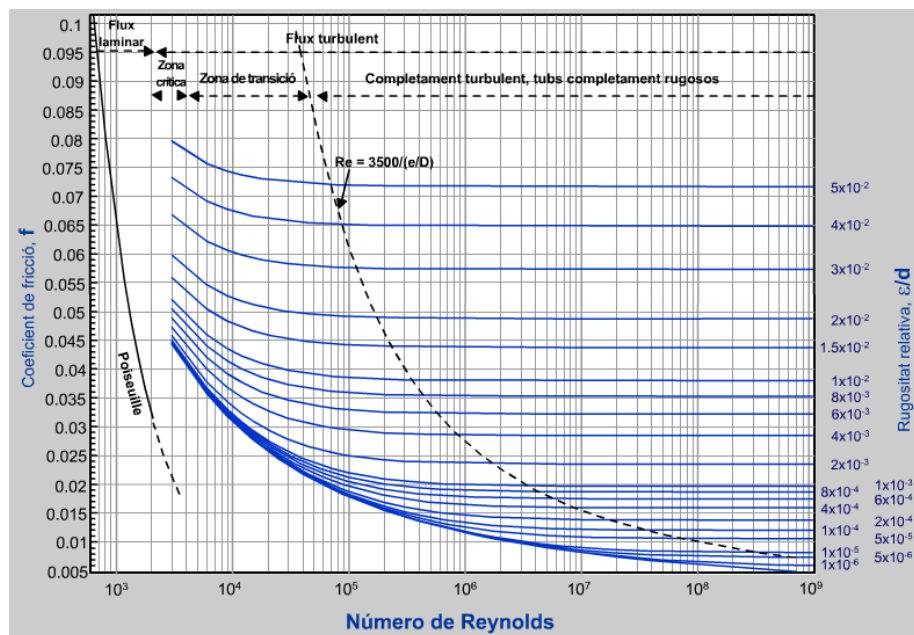


Figura 1: Ábaco de Moody

Tramos	Rugosidad relativa (e = k/D)	Nº de Reynolds	Coeficiente de fricción (f)
Tramo 1	0,0025	600000	0,025
Tramo 2-9	0,0033	450000	0,028

Tabla 14: Tabla cálculo coeficiente de fricción

3) A través de la siguiente expresión

$$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) \right]^2}$$

Donde k es la rugosidad absoluta de la tubería, D el diámetro de la tubería y Re el número de Reynolds.

En la siguiente tabla se muestran los cálculos obtenidos:

Tramos	Rugosidad absoluta (k)	Nº de Reynolds	Diámetro externo (m)	Coefficiente de fricción (f)
Tramo 1	0,0015	600000	0,6	0,025
Tramo 2 - 9	0,0015	450000	0,45	0,027

Tabla 15: Tabla cálculo coeficiente de fricción

Se obtiene un coeficiente de fricción muy parecido de las dos formas.

Una vez obtenido el coeficiente de fricción se introduce en la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{C^2}{2g}$$

La altura geométrica es la diferencia de cota entre el punto más alto y el más bajo de bombeo. Resulta de 5,7 m.

La altura efectiva que debe salvar la bomba será, por tanto, la suma de la altura geométrica y las pérdidas por fricción. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de las mismas.

CÁLCULO PÉRDIDAS DE CARGA						
Tramos	Velocidad (m/s)	Longitud tramo tubería (m)	Diámetro externo (m)	Coefficiente de fricción (f)	hf (m)	hef (m)
Tramo 1	1,00	112,99	0,60	0,025	0,240	5,940
Tramo 2	1,00	32,38	0,45	0,028	0,103	5,803
Tramo 3	1,00	14,82	0,45	0,028	0,047	5,747
Tramo 4	1,00	27,71	0,45	0,028	0,088	5,788
Tramo 5	1,00	44,47	0,45	0,028	0,141	5,841
Tramo 6	1,00	16,42	0,45	0,028	0,052	5,752
Tramo 7	1,00	15,00	0,45	0,028	0,048	5,748
Tramo 8	1,00	2,11	0,45	0,028	0,007	5,707
Tramo 9	1,00	9,37	0,45	0,028	0,030	5,730

Tabla 16: Tabla cálculo pérdidas de carga

Para impulsar un caudal de 147,64 l/s (531,51 m³/h) a una altura efectiva de 6 metros, se instalará una bomba Grundfos, modelo TP 200-150/4 A-F-A-BQQE – 97927150. La potencia nominal de la bomba es de 30kW y el motor que acompaña a la bomba es un motor SIEMENS de número EAN 5713829699519.

En el Anexo 4 se adjuntan las características técnicas de la bomba, así como su curva característica.

Se dispondrán de dos bombas en funcionamiento a la vez, teniendo una tercera en reserva en previsión de posibles fallos en alguna de las anteriores.

6 - CÁLCULO TUBERÍAS DE CIRCULACIÓN ENTRE PROCESOS

Al igual que se ha hecho para el cálculo de la tubería de impulsión, se procede a calcular el diámetro del resto de tuberías.

La conducción de salida del depósito y las que la siguen, se dimensionarán en función del caudal de diseño. El caudal de diseño es 508,07 m³/h, 141,13 l/s o 0,141 m³/s.

Dimensionando las conducciones para una velocidad de circulación del fluido de 1 m/s, resulta:

$$D_{tuberías} = \sqrt{\frac{4 * Q_{diseño} [m^3/s]}{v_{impulsión} * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,141}{1 * \pi}} = 0,424 m$$

Caudal medio de diseño	0,141	m ³ /s
Velocidad del agua	1	m/s
Diámetro tuberías	0,424	m

Tabla 17: Tabla cálculo diámetro tuberías

Resulta una conducción de diámetro 424 mm. Por tanto, adoptamos el diámetro comercial inmediato superior de 450 mm. Este será el diámetro escogido en los distintos tramos de tubería inmediatamente después al depósito.

7 - CÁLCULO BOMBAS DE CIRCULACIÓN ENTRE PROCESOS

Por lo tanto, la cantidad de agua a impulsar sería un total de 12.193,73 m³/día que son 508,07 m³/h. Este último es el caudal de diseño a la entrada, que se utilizará en todo momento para el dimensionado de las bombas. De esta forma la potencia que se calculará sea en todo momento mayor a la real.

Se ve necesaria la instalación de las siguientes bombas:

Tipo	Unidades
Bomba de circulación del depósito de almacenamiento de agua a la cámara de coagulación	1
Bomba de circulación de la cámara de coagulación a la cámara de floculación	1
Bomba de circulación de la cámara de floculación al decantador	1
Bomba de circulación del decantador a los filtros de arena	2
Bomba de circulación del depósito de los filtros de arena a los tanques de desinfección	2

Tabla 18: Tabla bombas de circulación entre procesos

Se instalarán las bombas Grundfos correspondientes, modelo TP 200-150/4 A-F-A-BQQE – 97927150. En el Anexo 4 se adjuntan las características técnicas de la bomba, así como su curva característica.

8 - CÁLCULO POTENCIA INSTALADA REQUERIDA

Para el cálculo de la potencia que han de tener los equipos de bombeo se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = \rho g Q H$$

- ρ : densidad del fluido, en este caso agua
- g : gravedad terrestre
- Q caudal a suministrar
- H altura dinámica de la bomba

La altura dinámica que ha de superar la bomba es la suma de la altura geométrica más las pérdidas de carga calculadas en cada tramo de tubería (calculadas en el apartado 5.2).

A continuación se muestran los resultados de los cálculos:

- Potencia de las dos bombas de impulsión

$$P_{impulsión} = \rho g Q H * N^{\circ}unidades = 1000 * 9,81 * \frac{508,07}{3600} * 6 * 2 = 16,61 \text{ kW}$$

- Potencia de la bomba de circulación del depósito de almacenamiento de agua a la cámara de coagulación

$$P_{bomba1} = \rho g Q H_1 * N^{\circ}unidades = 2,91 \text{ kW}$$

- Potencia de la bomba de circulación de la cámara de coagulación a la cámara de floculación

$$P_{bomba2} = \rho g Q H_2 * N^{\circ}unidades = 1,45 \text{ kW}$$

- Potencia de la bomba de circulación de la cámara de floculación al decantador

$$P_{bomba3} = \rho g Q H_3 * N^{\circ}unidades = 2,20 \text{ kW}$$

- Potencia de las bombas de circulación del decantador a los filtros de arena

$$P_{bomba4} = \rho g Q H_4 * N^{\circ}unidades = 8,97 \text{ kW}$$

- Potencia de las bombas de circulación de los filtros de arena al tanque de desinfección

$$P_{bomba5} = \rho g Q H_5 * N^{\circ}unidades = 2,85 kW$$

La potencia final será la suma de cada una de ellas, resultando:

$$P = 16,61 + 2,91 + 1,45 + 2,20 + 8,97 + 2,85 = 35 kW$$

Finalmente se aplicará un margen de seguridad del 20%, de tal forma que se podrán asumir variaciones aleatorias y asegurar el correcto funcionamiento de la ETAP. De tal forma que la potencia final es:

$$P_{total} = 35 kW * 1,2 = 42 kW$$

DOCUMENTO Nº3

PLANOS

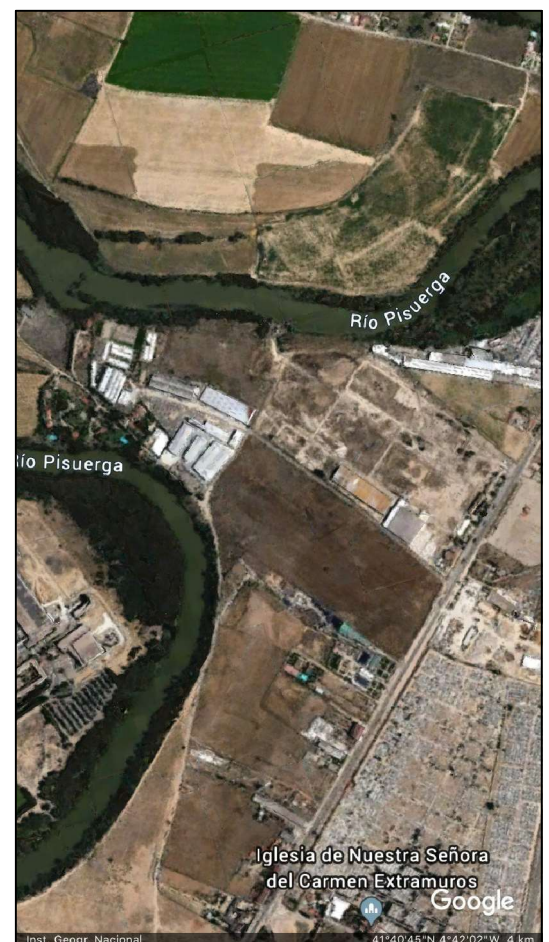
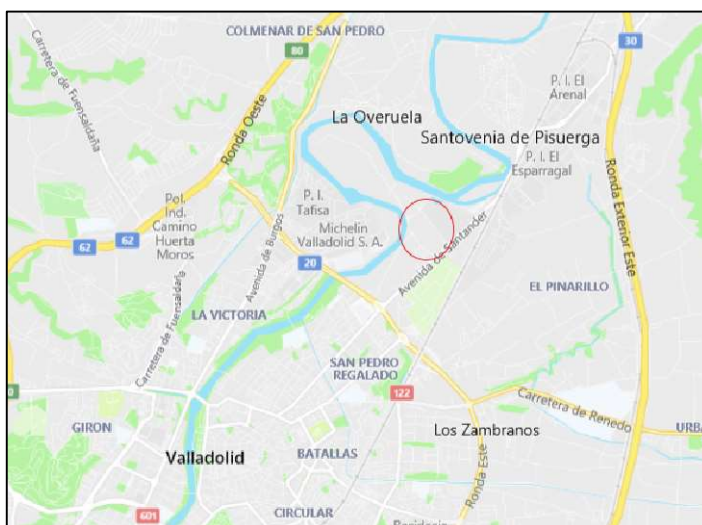
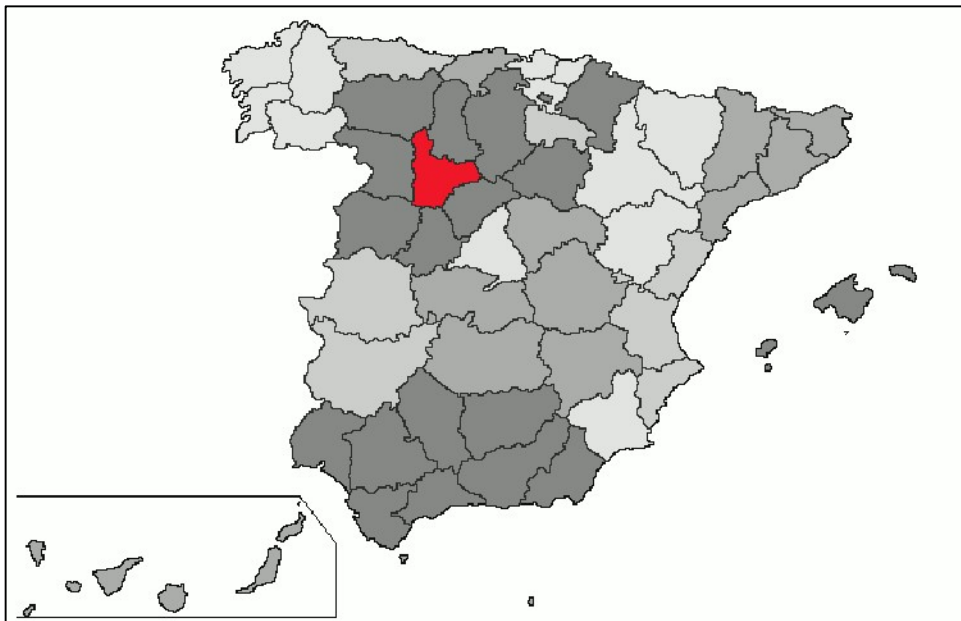
LISTADO DE PLANOS

Plano Nº1: Ubicación ETAP

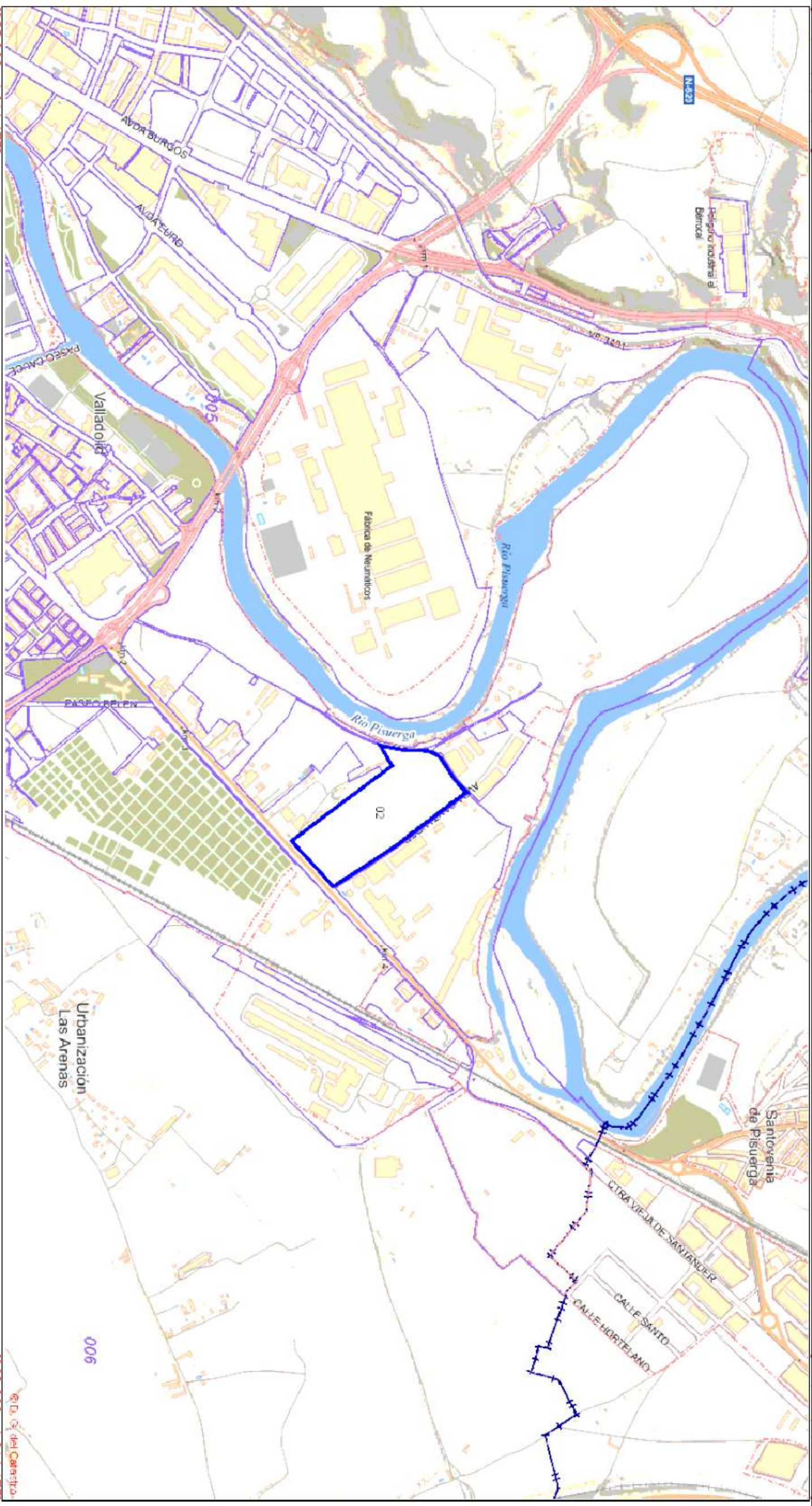
Plano Nº2: Parcela ETAP

Plano Nº3: Esquema instalación ETAP

Plano Nº4: Esquema tuberías ETAP



Ubicación ETAP				
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)				
Autor: Blanca Arilla Gordon	Firma:	Escala: -	Fecha: 28/08/19	Nº: 1



Parcela ETAP

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

Autor:

Blanca Arilla Gordon

Firma:

Escala:

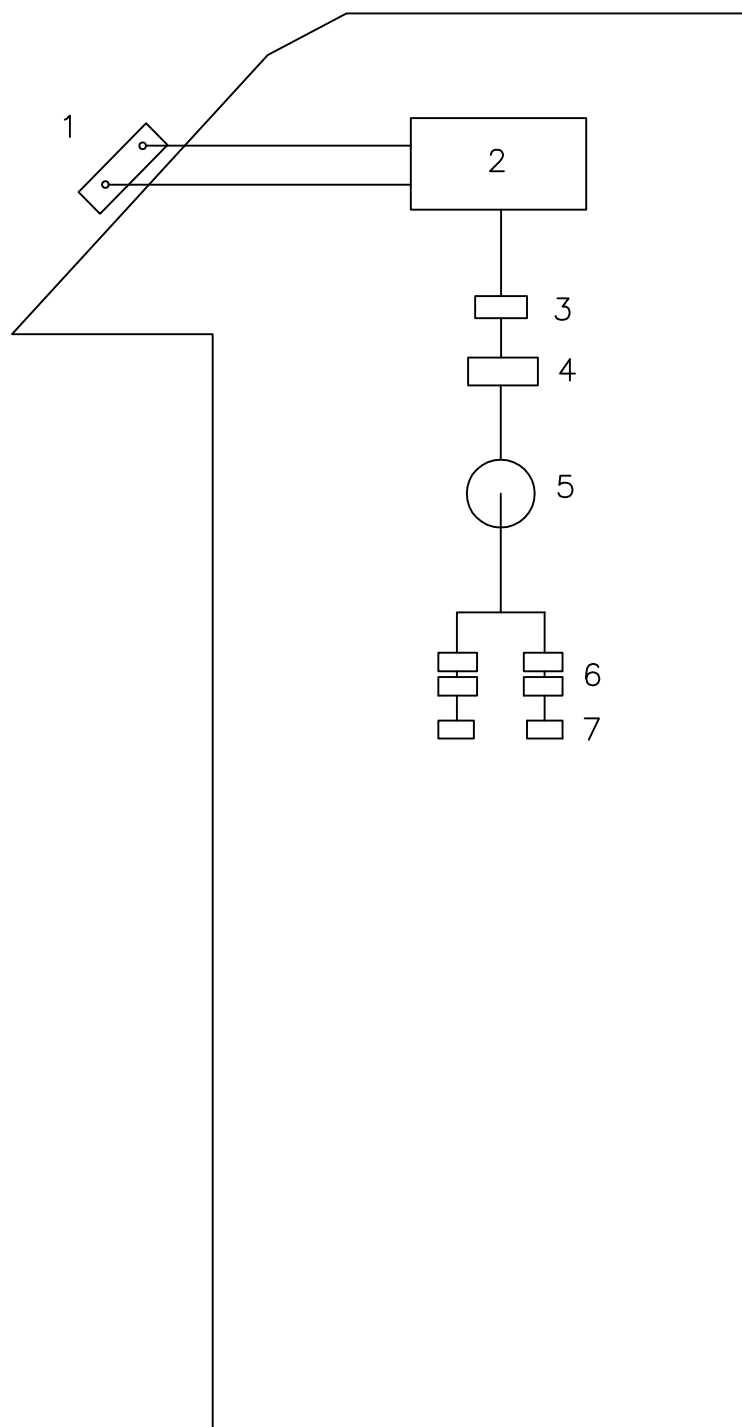
1:20000

Fecha:

28/08/19

Nº:

2



Leyenda

- 1: Captación río
- 2: Depósito almacenamiento agua
- 3: Cámara de coagulación
- 4: Cámara de floculación
- 5: Decantador
- 6: Filtros de arena
- 7: Tanque de desinfección

Esquema instalación ETAP

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

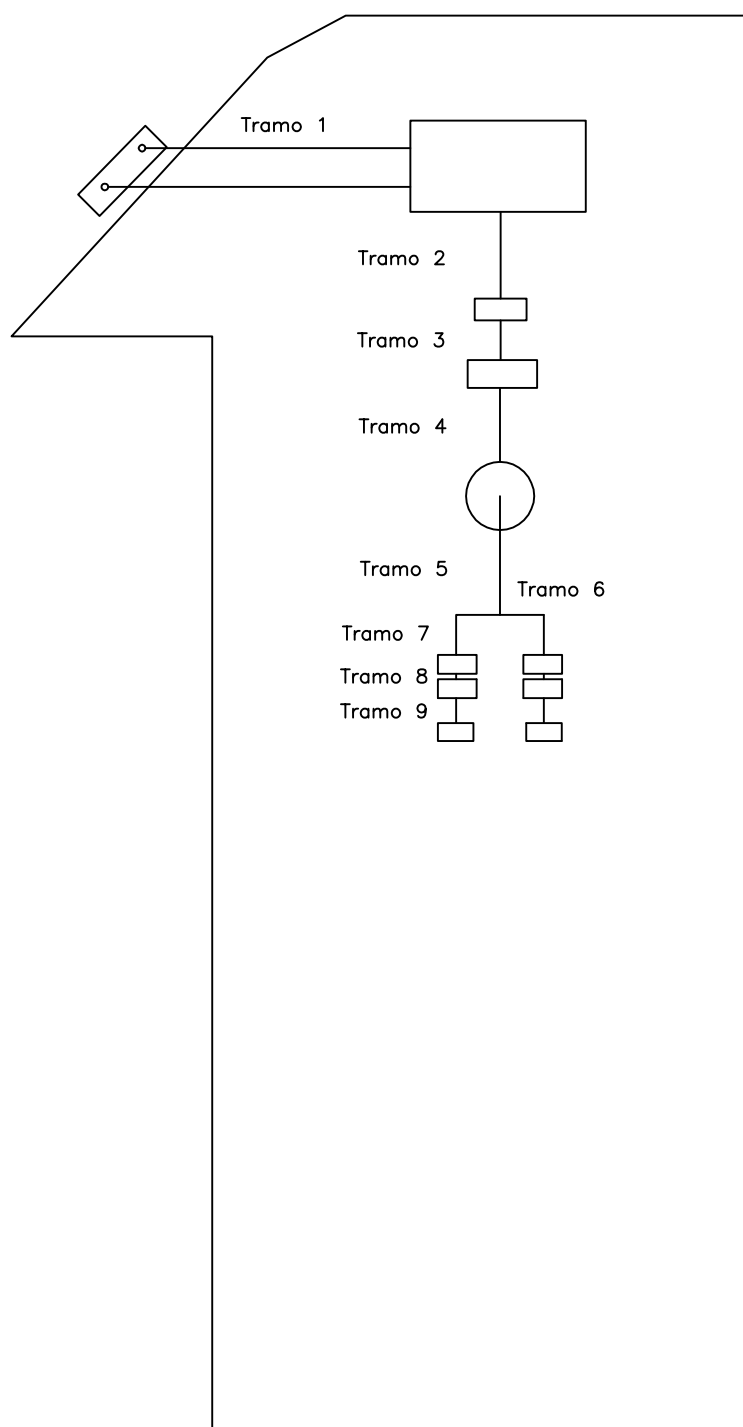
Autor:
Blanca Arilla Gordon

Firma:

Escala:
1:2000

Fecha:
28/08/19

Nº:
3



Tramos	Longitud(m)	Diámetro(m)
Tramo 1	112,99	0,6
Tramo 2	32,38	0,45
Tramo 3	14,82	0,45
Tramo 4	27,71	0,45
Tramo 5	44,47	0,45
Tramo 6	16,42	0,45
Tramo 7	15,00	0,45
Tramo 8	2,11	0,45
Tramo 9	9,37	0,45

Esquema tuberías ETAP

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

Autor:
Blanca Arilla Gordon

Firma:

Escala:
1:2000

Fecha:
28/08/19

Nº:
4

DOCUMENTO Nº4

PRESUPUESTO

El presupuesto que se estima a continuación es orientativo. No se considera definitivo porque su cálculo no es exacto ya que se depende de muchos elementos como el coste de la mano de obra directa e indirecta o el precio de las estructuras que exceden los límites del presente Trabajo de Fin de Grado.

En la siguiente tabla se muestran cada uno de los elementos correspondientes del presupuesto con sus correspondientes costos y la suma final de todos ellos.

Presupuesto ETAP				
Descripción	Unidad medición	Cantidad	Precio/unidad (€)	Total (€)
Bomba impulsión Grundfos TP 200-150/4, 15kW	ud	3	11740	35220
Bombas procesos Grundfos TP 200-150/4, 15kW	ud	7	11740	82180
Tubería impulsión Georg Fischer DN600, 16 bar	m	212,05	5,73	1215,0465
Tubería Georg Fischer DN450, 16 bar	m	205,187	3,94	808,43678
Curva corta de 90° de PVC-U 90°	ud	2	5,47	10,94
Te igual de 90° de PVC-U	ud	1	4,67	4,67
Mano de obra	h	430	12	5160
Sistemas de cableado y conexionado		-	-	30000
				154599,09

Se le adjudica un beneficio industrial del 13% y un IVA del 16%.

Presupuesto total (€)	154599,09
Beneficio industrial (13%)	20097,88
IVA (16%)	24735,85
Coste total de ejecución ETAP (€)	149961,12

El presupuesto de ejecución del proyecto de CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA ESTACIÓN POTABILIZADORA DE AGUA EN LA PROVINCIA DE VALLADOLID se eleva a la cantidad de CIENTO CUARENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS SESENTA Y UNO CON DOCE euros.

Madrid, Agosto de 2019

Autor del proyecto:

Fdo: Blanca Arilla Gordon

DOCUMENTO Nº 5

ANEXOS

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

ANEXO 1: REFERENCIA CATASTRAL DE LA PARCELA	3
ANEXO 2: NORMATIVA VIGENTE.....	6
ANEXO 3: CATÁLOGO TUBERÍAS GEORG FISCHER	14
ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBAS GRUNDFOS.....	18

ANEXO 1: REFERENCIA CATASTRAL DE LA PARCELA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE HACIENDA

SECRETARÍA DE ESTADO
DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL
DEL CATASTRO

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE
8352002UM5185C0001IQ

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN

AV SANTANDER 185 Suelo

47011 VALLADOLID [VALLADOLID]

USO PRINCIPAL

Suelo sin edif.

AÑO CONSTRUCCIÓN

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN

100,000000

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]

--

PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN

AV SANTANDER 185

VALLADOLID [VALLADOLID]

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]

0

SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m²]

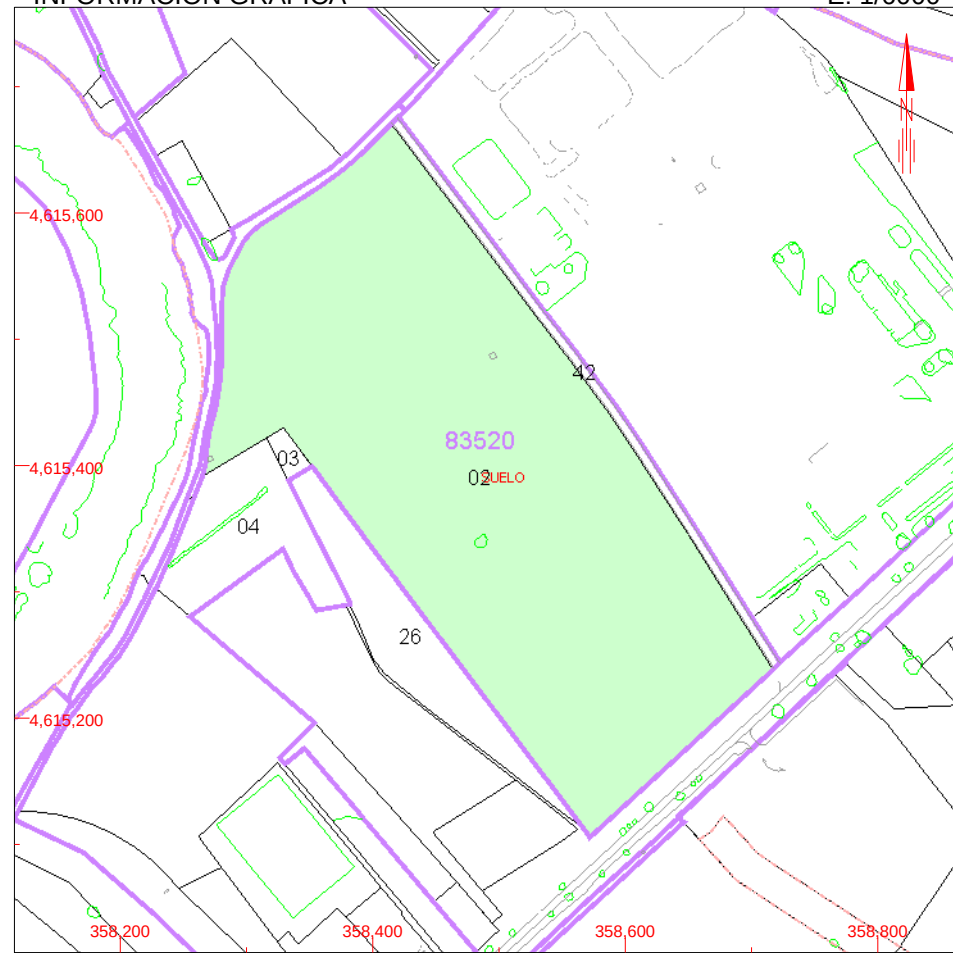
113.376

TIPO DE FINCA

Suelo sin edificar

INFORMACIÓN GRÁFICA

E: 1/6000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

358,800 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89

- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Construcciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía

Miércoles , 12 de Junio de 2019

Referencia catastral del inmueble

<https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S>

ANEXO 2: NORMATIVA VIGENTE

Disposición transitoria sexta. *Usuarios del SINAC.*

A partir del 1 de junio de 2003 los usuarios ligados a zonas de abastecimiento con más de 500 habitantes podrán solicitar el alta como usuarios del SINAC a sus administradores autonómicos y a partir del 1 de enero de 2004 para el resto de los usuarios de zonas de abastecimiento menores.

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa.*

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente Real Decreto y en particular el Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

Disposición final primera. *Habilitación normativa.*

Se faculta conjuntamente a los Ministros de Sanidad y Consumo, de Agricultura, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente, de Economía y de Ciencia y Tecnología para dictar, en el ámbito de sus respectivas competencias, las disposiciones necesarias para el desarrollo de lo establecido en el presente Real Decreto.

Disposición final segunda. *Título competencial.*

El presente Real Decreto, que tiene carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16.^a de la Constitución y de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 18.6, 19.2, 23, 24, 40.2, 40.13 y en la disposición adicional segunda de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

Disposición final tercera. *Entrada en vigor.*

El presente Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, a 7 de febrero de 2003.

JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno
y Ministro de la Presidencia,
MARIANO RAJOY BREY

ANEXO I

Parámetros y valores paramétricos

A. *Parámetros microbiológicos*

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
1. Escherichia coli	0 UFC en 100 ml	1 y 2
2. Enterococo	0 UFC en 100 ml	
3. Clostridium perfringens (incluidas las esporas) ..	0 UFC en 100 ml	

Notas:

(1) Cuando la determinación sea positiva y exista una turbidez mayor 5 UNF se determinarán, en la salida de ETAP o depósito, si la autoridad sanitaria lo considera oportuno, «Cryptosporidium» u otros microorganismos o parásitos.

(2) Hasta el 1 de enero de 2004 se podrá determinar «Clostridium» sulfito reductor en vez de «Clostridium perfringens». Las condiciones descritas en la nota 1 y el valor paramétrico serán los mismos para ambos.

B.1 *Parámetros químicos*

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
4. Antimonio	5,0 µg/l	1
Hasta el 31/12/2003 ...	10,0 µg/l	
5. Arsénico	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l	
6. Benceno	1,0 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
7. Benzo(α)pireno	0,010 µg/l	
8. Boro	1,0 mg/l	
9. Bromato:		
A partir de 01/01/2009	10 µg/l	
De 01/01/2004 a 31/12/2008	25 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
10. Cadmio	5,0 µg/l	
11. Cianuro	50 µg/l	
12. Cobre	2,0 mg/l	2
13. Cromo	50 µg/l	
14. 1,2-Dicloroetano	3,0 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
15. Fluoruro	1,5 mg/l	
16. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA) ...	0,10 µg/l	
Suma de:		
Benzo(b)fluoranteno	µg/l	
Benzo(ghi)perileno	µg/l	
Benzo(k)fluoranteno	µg/l	
Indeno(1,2,3-cd)pireno ..	µg/l	
17. Mercurio	1,0 µg/l	3 y 4
18. Microcistina	1 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
19. Níquel	20 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l	
20. Nitrato	50 mg/l	
21. Nitritos:		
Red de distribución	0,5 mg/l	
En la salida de la ETAP/depósito	0,1 mg/l	
22. Total de plaguicidas	0,50 µg/l	5 y 6
23. Plaguicida individual	0,10 µg/l	
Excepto para los casos de:		
Aldrín	0,03 µg/l	
Dieldrín	0,03 µg/l	
Heptacloro	0,03 µg/l	
Heptacloro epóxido	0,03 µg/l	
24. Plomo:		
A partir de 01/01/2014	10 µg/l	
De 01/01/2004 a 31/12/2013	25 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	50 µg/l	

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
25. Selenio	10 µg/l	7 y 8
26. Trihalometanos (THMs): Suma de:		
A partir de 01/01/2009	100 µg/l	
De 01/01/2004 a 31/12/2008	150 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
Bromodiclorometano ...	µg/l	
Bromoformo	µg/l	
Cloroformo	µg/l	
Dibromoclorometano ...	µg/l	
27. Tricloroeteno + Tetraclo- roeteno	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003 ...	— µg/l	
Tetracloroeteno	µg/l	
Tricloroeteno	µg/l	

Notas:

(1) Se determinará cuando se utilice el ozono en el tratamiento de potabilización y se determinará al menos a la salida de la ETAP.

(2) Sólo se determinará cuando exista sospecha de eutrofización en el agua de la captación, se realizará determinación de microcistina a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(3) Se cumplirá la condición de que $[\text{nitrito}]/50 + [\text{nitrito}]/3 < 1$. Donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato (NO_3) y para el nitrito (NO_2).

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.

(5) Suma de todos los plaguicidas definidos en el apartado 10 del artículo 2 que se sospeche puedan estar presentes en el agua.

(6) Las comunidades autónomas velarán para que se adopten las medidas necesarias para poner a disposición de la autoridad sanitaria y de los gestores del abastecimiento el listado de plaguicidas fitosanitarios utilizados mayoritariamente en cada una de las campañas contra plagas del campo y que puedan estar presentes en los recursos hídricos susceptibles de ser utilizados para la producción de agua de consumo humano.

(7) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro, se determinarán cloritos a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(8) En los casos de que los niveles estén por encima del valor paramétrico, se determinarán: 2,4,6-triclorofenol u otros subproductos de la desinfección a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

B.2 Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
28. Acrilamida	0,10 µg/l	1
29. Epiclorhidrina	0,10 µg/l	1
30. Cloruro de vinilo	0,50 µg/l	1

Nota:

(1) Estos valores paramétricos corresponden a la concentración monomérica residual en el agua, calculada con arreglo a las características de la migración máxima del polímero correspondiente en contacto con el agua.

La empresa que comercialice estos productos presentará a los gestores del abastecimiento y a los instaladores de las instalaciones interiores la documentación que acredite la migración máxima del producto comercial en contacto con el agua de consumo utilizado según las especificaciones de uso del fabricante.

C. Parámetros indicadores

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
31. Bacterias coliformes	0 UFC	En 100 ml
32. Recuento de colonias a 22 °C		
A la salida de ETAP	100 UFC	
En red de distribución	Sin cambios anómalos	En 1 ml
33. Aluminio	200 µg/l	
34. Amonio	0,50 mg/l	
35. Carbono orgánico total	Sin cambios anómalos	1
36. Cloro combinado residual	2,0 mg/l	2, 3 y 4 2 y 3
37. Cloro libre residual	1,0 mg/l	
38. Cloruro	250 mg/l	
39. Color	15 mg/l Pt/Co	5
40. Conductividad	2.500 µS/cm ⁻¹ a 20 °C	
41. Hierro	200 µg/l	
42. Manganeseo	50 µg/l	1 5 y 6
43. Olor	3 a 25 °C	
44. Oxidabilidad	5,0 mg O ₂ /l	
45. pH:		
Valor paramétrico mínimo	6,5	Unidades de pH
Valor paramétrico máximo	9,5	Unidades de pH
46. Sabor	3 a 25 °C	Índice de dilución
47. Sodio	200	

Parámetro	Valor paramétrico		Notas
48. Sulfato	250	mg/l	
49. Turbidez:			
A la salida de ETAP y/o depósito	1	UNF	
En red de distribución	5	UNF	

Notas:

- (1) En abastecimientos mayores de 10.000 m³ de agua distribuida por día se determinará carbono orgánico total, en el resto de los casos, oxidabilidad.
- (2) Los valores paramétricos se refieren a niveles en red de distribución. La determinación de estos parámetros se podrá realizar también «in situ».
- En el caso de la industria alimentaria, este parámetro no se contemplará en el agua de proceso.
- (3) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.
Si se utiliza el dióxido de cloro se determinarán cloritos a la salida de la ETAP.
- (4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.
- (5) El agua en ningún momento podrá ser ni agresiva ni incrustante. El resultado de calcular el Índice de Langelier debería estar comprendido entre +/– 0,5.
- (6) Para la industria alimentaria, el valor mínimo podrá reducirse a 4,5 unidades de pH.

D. Radiactividad

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
50. Dosis indicativa total	0,10 mSv/año	1
51. Tritio	100 Bq/l	
52. Actividad α total	0,1 Bq/l	2
53. Actividad β total	1 Bq/l	

Notas:

- (1) Excluidos el tritio, el potasio⁴⁰, el radón y los productos de desintegración del radón.
- (2) Excluidos el potasio⁴⁰ y el tritio.

ANEXO II

Normas UNE-EN de sustancias utilizadas en el tratamiento del agua de consumo humano

Código de Norma	Sustancias o preparado
UNE-EN 13194:2001	Ácido acético.
UNE-EN 939:2000	Ácido clorhídrico.
UNE-EN 974:1998	Ácido fosfórico.
UNE-EN 899:1997	Ácido sulfúrico.
UNE-EN 1405:1998	Alginato de sodio.
UNE-EN 1406:1998	Almidones modificados.
UNE-EN 882:1997	Aluminato de sodio.
UNE-EN 12905:2000	Aluminosilicato expandido.
UNE-EN 12126:1999	Amoniaco licuado.
UNE-EN 12122:1999	Amoniaco.
UNE-EN 12909:2000	Antracita.
UNE-EN 12911:2000	Arena verde de manganeso.
UNE-EN 12912:2000	Barita.
UNE-EN 1204:1998	Bis-dihidrogenofosfato de calcio.
UNE-EN 12518:2000	Cal.
UNE-EN 12903:2000	Carbón activo en polvo.
UNE-EN 12915:2000	Carbón activo granulado.
UNE-EN 12907:2000	Carbón pirolizado.
UNE-EN 1018:1998	Carbonato de calcio.
UNE-EN 897:1999	Carbonato de sodio.
UNE-EN 938:2000	Clorito de sodio.
UNE-EN 937:1999	Cloro.
UNE-EN 891:1999	Clorosulfato de hierro (III).
UNE-EN 881:1997	Cloruro de aluminio, hidroxiclo- ruro de aluminio e hidroxiclo- rosulfato de aluminio (monó- meros).
UNE-EN 1421:1996	Cloruro de amonio.
UNE-EN 888:1999	Cloruro de hierro (III).
UNE-EN 1201:1998	Dihidrogenofosfato de potasio.
UNE-EN 1198:1998	Dihidrogenofosfato de sodio.
UNE-EN 1205:1998	Dihidrogenopirofosfato de sodio.
UNE-EN 1019:1996	Dióxido de azufre.
UNE-EN 936:1998	Dióxido de carbono.
UNE-EN 12671:2000	Dióxido de cloro.
UNE-EN 12121:1999	Disulfito de sodio.
UNE-EN 1017:1998	Dolomita semi-calcinada.
UNE-EN 13176:2001	Etanol.
UNE-EN 12173:1999	Fluoruro de sodio.
UNE-EN 1203:1998	Fosfato tripotásico.
UNE-EN 1200:1998	Fosfato trisódico.
UNE-EN 12910:2000	Granate.
UNE-EN 898:1998	Hidrogenocarbonato de sodio.
UNE-EN 12120:1999	Hidrogenosulfito de sodio.
UNE-EN 1202:1998	Hidrogenofosfato de potasio.
UNE-EN 1199:1998	Hidrogenofosfato de sodio.
UNE-EN 896:1999	Hidróxido de sodio.
UNE-EN 900:2000	Hipoclorito de calcio.
UNE-EN 901:2000	Hipoclorito de sodio.
UNE-EN 12901:2000	Materiales inorgánicos de filtra- ción y soporte.
UNE-EN 12876:2000	Oxígeno.
UNE-EN 1278:1999	Ozono.
UNE-EN 12914:2000	Perlita en polvo.
UNE-EN 12672:2001	Permanganato de potasio.
UNE-EN 902:2000	Peróxido de hidrógeno.
UNE-EN 12926:2001	Peroxodisulfato de sodio.
UNE-EN 12678:2000	Peroxomonosulfato de potasio.
UNE-EN 12906:2000	Piedra pómez.
UNE-EN 1207:1998	Pirofosfato tetrapotásico.
UNE-EN 1206:1998	Pirofosfato tetrasódico.
UNE-EN 1408:1998	Poli(cloruro de dialildimetilamo- nio).
UNE-EN 1407:1998	Poliacrilamidas aniónicas y no iónicas.
UNE-EN 1410:1998	Poliacrilamidas catiónicas.
UNE-EN 1409:1998	Poliaminas.
UNE-EN 1208:1998	Polifosfato de sodio y calcio.
UNE-EN 1212:1998	Polifosfato de sodio.
UNE-EN 883:1997	Polihidroxiclo- ruro de aluminio y polihidroxiclo- rosulfato de alu- minio.
UNE-EN 12933:2000	Ácido tricloroisocianúrico *.

Extracto de Real Decreto 140/2003 (BOE.es) - Niveles Paramétricos

Documento completo:

<https://www.boe.es/boe/dias/2003/02/21/pdfs/A07228-07245.pdf>

DISPONGO:**Artículo único.**

Se modifica el anexo número 1 del Reglamento de la Administración pública del agua y de la planificación hidrológica, aprobado por el Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, que quedará redactado de la siguiente forma:

«I. Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas en los tres grupos siguientes, según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización.

Tipo A1. Tratamiento físico simple y desinfección.

Tipo A2. Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.

Tipo A3. Tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección.

II. Los niveles de calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable que fijen los planes hidrológicos no podrán ser menos estrictos que los que figuran en la tabla siguiente para los distintos tipos de calidad que figuran en el apartado anterior, salvo que se prevea un tratamiento especial que las haga potables.

No obstante lo anterior, y excepcionalmente, los citados límites que figuran en dicha tabla podrán ampliarse en los supuestos siguientes:

a) Inundaciones u otras catástrofes naturales.

b) Condiciones meteorológicas o geográficas excepcionales, por lo que concierne a los parámetros o límites que están señalados con la letra «O» en la tabla siguiente.

c) Enriquecimiento natural de las aguas superficiales en ciertas sustancias cuyo resultado sea la superación de los límites establecidos en la tabla para los grupos A1, A2 y A3.

d) Lagos de profundidad no superior a 20 metros cuya renovación hídrica necesite más de un año y que no reciban vertidos directos de aguas residuales, por lo que concierne a los parámetros señalados con un asterisco (*) en la tabla.

Se entenderá por enriquecimiento natural el proceso en virtud del cual una masa de agua determinada recibe del suelo determinadas sustancias contenidas en el mismo sin intervención humana.

Las Confederaciones Hidrográficas y las Administraciones Hidráulicas de las Comunidades Autónomas en las cuencas de sus respectivas competencias acordarán la aplicación de las excepciones señaladas, precisando los motivos que las originan y los períodos de tiempo para los que se prevén. en ningún caso las excepciones previstas podrán ignorar las obligaciones impuestas por la protección de la salud pública.»

Tabla

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	-	(6,5-8,5)	(5,5-9)	(5,5-9)
Color (O)	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en suspensión.	mg/l	(25)	-	-
Temperatura. (O)	°C	25	25	25
Conductividad a 20°C	µS/cm	(1.000)	(1.000)	(1.000)
Nitratos (O) (*)	mg/l NO ₃	50	50	50
Fluoruros (1)	mg/l F	1,5	(0,7 / 1,7)	(0,7 / 1,7)
Hierro disuelto.	mg/l Fe	0,3	2	(1)
Manganeso	mg/l Mn	(0,05)	(0,1)	(1)
Cobre	mg/l Cu	0,05 (O)	(0,05)	(1)
Zinc	mg/l Zn	3	5	5
Boro	mg/l B	(1)	(1)	(1)
Arsénico.	mg/l As	0,05	0,05	- 0,1
Cadmio.	mg/l Cd	0,005	0,005	0,005
Cromo total.	mg/l Cr	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg/l Pb	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg/l Se	0,01	0,01	0,01
Mercurio	mg/l Hg	0,001	0,001	0,001
Bario	mg/l Ba	0,1	1	1
Cianuros	mg/l CN	0,05	0,05	0,05
Sulfatos(**)	mg/l SO ₄	250	250 (O)	250 (O)
Cloruros(**)	mg/l Cl	(200)	(200)	(200)
Detergentes	mg/l (lauryl-sulfato)	(0,2)	(0,2)	(0,5)
Fosfatos (*) (2)	mg/l P ₂ O ₅	(0,4)	(0,7)	(0,7)
Fenoles	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,005	0,1
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (tras extracción en éter de petróleo).	mg/l	0,05	0,2	1
Carburos aromáticos policíclicos.	mg/l	0,0002	0,0002	0,001
Plaguicidas totales.	mg/l	0,001	0,0025	0,005
DQO (*)	mg/l O ₂	-	-	(30)
Oxígeno disuelto(*)	% satur	(70)	(50)	(30)
DBO5 (*)	mg/l O ₂	(3)	(5)	(7)
Nitrógeno Kjeldahl.	mg/l N	(1)	(2)	(3)
Amoníaco	mg/l NH ₄	(0,05)	1,5	4 (O)
Sustancias extraíbles con cloroformo.	mg/l SEC	(0,1)	(0,2)	(0,5)
Coliformes totales 37°C.	100 ml	(50)	(5.000)	(50.000)
Coliformes fecales.	100 ml	(20)	(2.000)	(20.000)
Estreptococos fecales.	100 ml	(20)	(1.000)	(10.000)
Salmonellas.		Ausente en 5.000 ml.	Ausente en 1.000 ml	

(1) Los valores indicados constituyen los límites superiores determinados en función de la temperatura media anual (temperatura elevada y temperatura baja).

(2) Se incluye este parámetro para cumplir los requisitos ecológicos de determinados medios.

(**) Salvo que no existan aguas más aptas para el consumo.

Nota: Las cifras entre paréntesis se tomarán como valores indicativos deseables con carácter provisional.

Disposición final única.

Este Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid a 8 de julio de 1994.

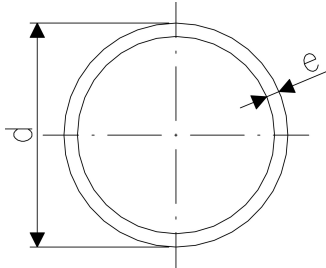
JUAN CARLOS R.

Extracto de Real Decreto 1541/1994 (BOE.es) - Calidad del Agua

Documento completo:

<http://www.boe.es/boe/dias/1994/07/28/pdfs/A24260-24262.pdf>

ANEXO 3: CATÁLOGO TUBERÍAS GEORG FISCHER



DEKADUR-Vent Pipe PVC-U

Model:

- Material: PVC-U
- Dimension: acc. to DIN 8062
- Colour: darkgrey RAL 7011
- Pipe length: 5000mm, with plain ends
- Fire prevention: flame retardant acc. to DIN 4102 B1 up to wall thickness 3.2mm
- **Note 1:** Dimensional variations of wall thickness not acc. to DIN 8062
- **Note 2:** also available in 5900mm
- **Note 3:** only available in 5900mm
- Attention: Load capacity of ventilation pipes on exterior excess pressure (depression) on request.

Note	d (mm)	Code	Weight (kg)	e (mm)
2	110	324 110 000	0.964	1.8
	125	324 125 000	1.100	1.8
	140	324 140 000	1.230	1.8
	160	324 160 000	1.410	1.8
	180	324 180 000	1.590	1.8
	200	324 200 000	1.770	1.8
	225	324 225 000	1.990	1.8
	250	324 250 000	2.430	2.0
	280	324 280 000	3.030	2.2
2	315	324 315 000	3.830	2.5
2	355	324 355 000	4.790	2.8
2	400	324 400 000	6.190	3.2
	450	324 450 000	7.760	3.6
	500	324 500 000	9.510	4.0
1, 2	160	324 160 001	1.929	2.5
1	180	324 180 001	2.174	2.5
1, 2	200	324 200 001	2.420	2.5
1, 2	225	324 225 001	3.020	2.8
1	250	324 250 002	3.469	2.9
1, 3	250	324 250 003	3.033	2.5
1	280	324 280 001	3.890	2.9
1	315	324 315 001	4.328	2.9
1	355	324 355 001	7.442	4.4
1	400	324 400 001	9.419	5.0
1	450	324 450 001	11.884	5.6
1	500	324 500 001	13.223	5.6
1	600	324 600 000	14.192	5.0

The technical data are not binding. They neither constitute expressly warranted characteristics nor guaranteed properties nor a guaranteed durability. They are subject to modification. Our General Terms of Sale apply.

Georg Fischer Piping Systems Ltd, Postfach, CH-8201 Schaffhausen/Switzerland

Phone +41 -(0)52-631 1111

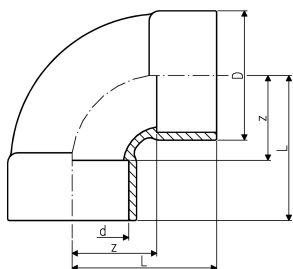
e-mail: info.ps@georgfischer.com

Internet: <http://www.gfps.com>



Curva corta de 90° de PVC-U ISO/DIN

PN (bar)	d (mm)	Código	SP	Peso (kg)	z (mm)	D (mm)	L (mm)
10	225	721 010 120	1	7,554	168	256	287
10	280	721 010 122	1	16,987	210	318	357
6	315	721 010 123	1	21,567	237	356	402
6	400	721 010 125	1	30,000	300	442	521



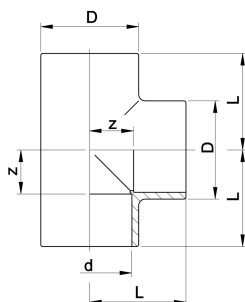
Los datos técnicos no son vinculantes. No constituyen expresamente características o propiedades garantizadas. Son susceptibles de modificación. En caso de duda se aplican nuestras Condiciones Generales de Venta

Georg Fischer Piping Systems Ltd, Postfach, CH-8201 Schaffhausen/Switzerland

Phone +41 -(0)52-631 1111

e-mail: info.ps@georgfischer.com

Internet: <http://www.gfps.com>



**Te igual de 90° de PVC-U
ISO/DIN**

d (mm)	d Pulgadas (inch)	PN (bar)	Código	SP	Peso (kg)	D (mm)	L (mm)	z (mm)
6		16	721 200 101	10	0,004	11	16	4
8		16	721 200 102	10	0,008	13	17	5
10		16	721 200 103	10	0,008	16	18	6
12		16	721 200 104	10	0,011	19	19	7
16		16	721 200 105	10	0,011	21	23	9
20		16	721 200 106	10	0,019	25	27	11
25		16	721 200 107	10	0,029	31	33	14
32		16	721 200 108	10	0,055	38	39	17
40		16	721 200 109	10	0,100	48	49	23
50		16	721 200 110	10	0,156	58	57	26
63		16	721 200 111	10	0,291	73	71	33
75	2 ½	16	721 200 112	5	0,476	87	83	39
90		16	721 200 113	4	0,824	105	97	46
110		16	721 200 114	6	1,411	127	116	55
125		16	721 200 115	2	2,521	151	135	66
140	5	16	721 200 116	1	3,410	169	147	71
160		16	721 200 117	1	4,982	193	167	81
200		10	721 200 119	1	5,868	225	207	101
225		10	721 200 120	1	9,268	256	233	114
250		10	721 200 121	1	14,350	282	263	132
280		10	721 200 122	1	19,541	318	298	152
315		6	721 200 123	1	27,254	356	332	168
400		6	721 200 125	1	35,000	442	420	214

Los datos técnicos no son vinculantes. No constituyen expresamente características o propiedades garantizadas. Son susceptibles de modificación. En caso de duda se aplican nuestras Condiciones Generales de Venta

Georg Fischer Piping Systems Ltd, Postfach, CH-8201 Schaffhausen/Switzerland

Phone +41 -(0)52-631 1111

e-mail: info.ps@georgfischer.com

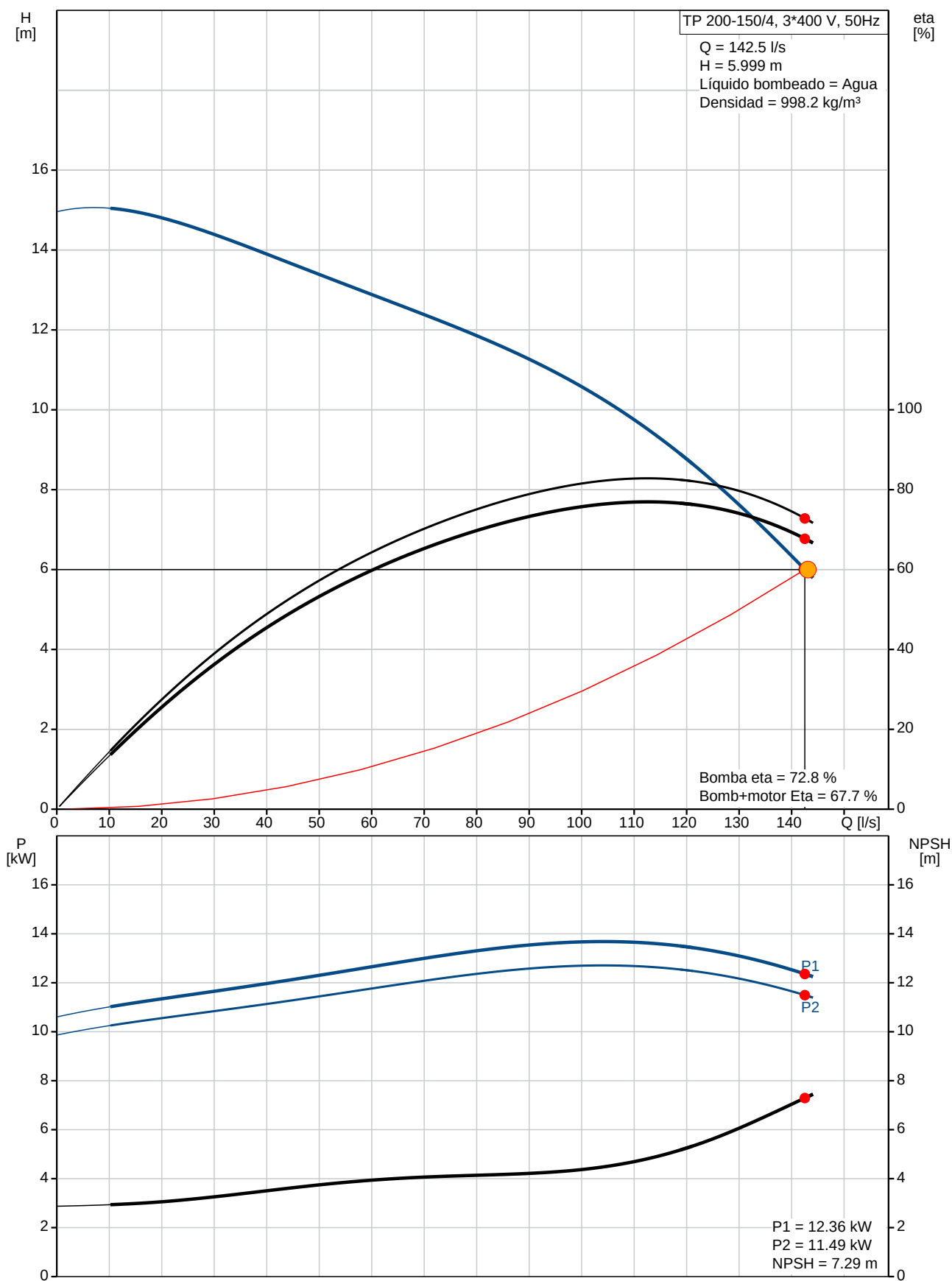
Internet: <http://www.gfps.com>

ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BOMBAS GRUNDFOS

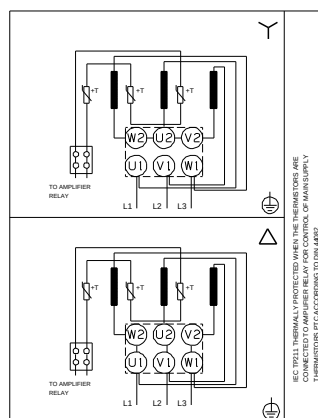
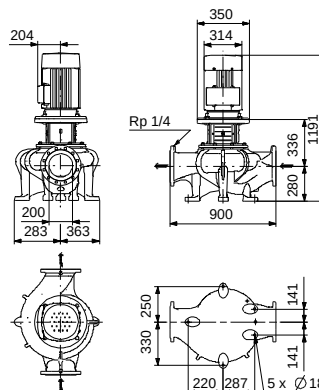
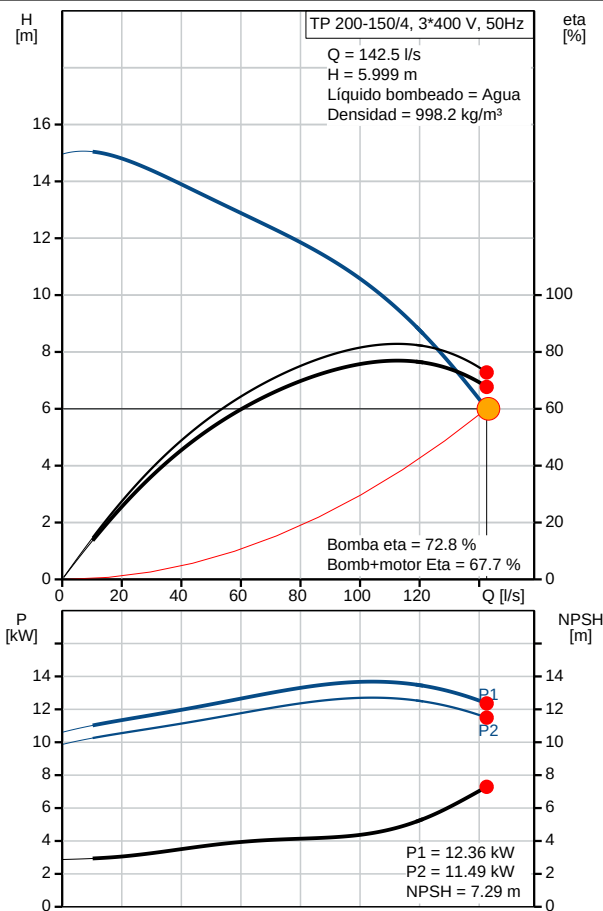
Contar	Descripción
1	TP 200-150/4 A-F-A-BQQE  Código: 97927150 Bomba de una etapa, acoplamiento cerrado y voluta con puertos de aspiración y descarga en línea de idéntico diámetro. El diseño de la bomba incluye un sistema de extracción superior que facilita el desmontaje del cabezal motor (el motor, el cabezal de la bomba y el impulsor) con fines de mantenimiento o reparación sin necesidad de desconectar las tuberías de la carcasa de la bomba. TP 200-150/4 A-F-A-BQQE La bomba está equipada con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado. TP 200-150/4 A-F-A-BQQE El cierre mecánico satisface los requisitos establecidos por la norma EN 12756. Pipework connection is via PN 16 DIN flanges (EN 1092-2 and ISO 7005-2). La conexión de las tuberías se lleva a cabo por medio de bridas DIN de PN 16 (normas EN 1092-2 e ISO 7005-2). La bomba está equipada con un motor asíncrono refrigerado por ventilador. Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -25 .. 120 °C Densidad: 998.2 kg/m³ Técnico: Velocidad de bomba en la que se basan los datos de bomba: 1470 rpm Caudal real calculado: 142.5 l/s Altura resultante de la bomba: 5.999 m Diámetro real del impulsor: 224 mm Cierre primario: BQQE Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B Materiales: Carcasa de la bomba: Hierro fundido EN-JL1040 ASTM A48-40 B Impulsor: Hierro fundido EN-JL1030 ASTM A48-30 B Instalación: Rango de temperaturas ambientes: -30 .. 60 °C Presión de trabajo máxima: 16 bar Normativa de brida: DIN Conexión de tubería: DN 200 Entrada de bomba: DN 200 Salida de bomba: DN 200 Presión nominal: PN 16 Longitud puerto a puerto: 900 mm Tamaño de la brida del motor: FF300 Datos eléctricos: Tipo de motor: 160LB

Contar	Descripción
	Clase eficiencia IE: IE3 Potencia nominal - P2: 15 kW Potencia (P2) requerida por la bomba: 15 kW Frecuencia de red: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 380-415D/660-690Y V Intensidad nominal: 29,0-28,0/16,8-16,4 A Intensidad de arranque: 760-870 % Cos phi - factor de potencia: 0.86-0.82 Velocidad nominal: 1460-1470 rpm Eficiencia: IE3 92,1% Eficiencia del motor a carga total: 92.1 % Eficiencia del motor a una carga de 3/4: 92.3 % Eficiencia del motor a una carga de 1/2: 92.1 % Número de polos: 4 Grado de protección (IEC 34-5): 55 Dust/Jetting Clase de aislamiento (IEC 85): F Motor N.º: 87420032 Otros: Índice eficiencia mínima, MEI $\geq$: 0.70 Estado ErP: Prod. independiente (directiva EuP) Peso neto: 383 kg Peso bruto: 479 kg Volumen de transporte: 1.68 m³ VVS danés n.º: 381719150

97927150 TP 200-150/4 A-F-A-BQQE 50 Hz



Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	TP 200-150/4 A-F-A-BQQE
Código::	97927150
Número EAN::	5710626546732
	5710626546732
Precio:	11.740,00 EUR
Técnico:	
Velocidad de bomba en la que se basan los datos de bomba:	1470 rpm
Caudal real calculado:	142.5 l/s
Altura resultante de la bomba:	5.999 m
Altura máx.:	150 dm
Diámetro real del impulsor:	224 mm
Cierre primario:	BQQE
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba:	A
Modelo:	A
Materiales:	
Carcasa de la bomba:	Hierro fundido
	EN-JL1040
	ASTM A48-40 B
Impulsor:	Hierro fundido
	EN-JL1030
	ASTM A48-30 B
Código de material:	A
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	-30 .. 60 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Normativa de brida:	DIN
Conexión de tubería:	DN 200
Entrada de bomba:	DN 200
Salida de bomba:	DN 200
Presión nominal:	PN 16
Longitud puerto a puerto:	900 mm
Tamaño de la brida del motor:	FF300
Código de conexión:	F
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-25 .. 120 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	160LB
Clase eficiencia IE:	IE3
Potencia nominal - P2:	15 kW
Potencia (P2) requerida por la bomba:	15 kW
Frecuencia de red:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-415D/660-690Y V
Intensidad nominal:	29,0-28,0/16,8-16,4 A
Intensidad de arranque:	760-870 %
Cos phi - factor de potencia:	0.86-0.82
Velocidad nominal:	1460-1470 rpm
Eficiencia:	IE3 92,1%
Eficiencia del motor a carga total:	92.1 %
Eficiencia del motor a una carga de 3/4:	92.3 %
Eficiencia del motor a una carga de 1/2:	92.1 %
Número de polos:	4





Empresa:
Creado Por:
Teléfono:

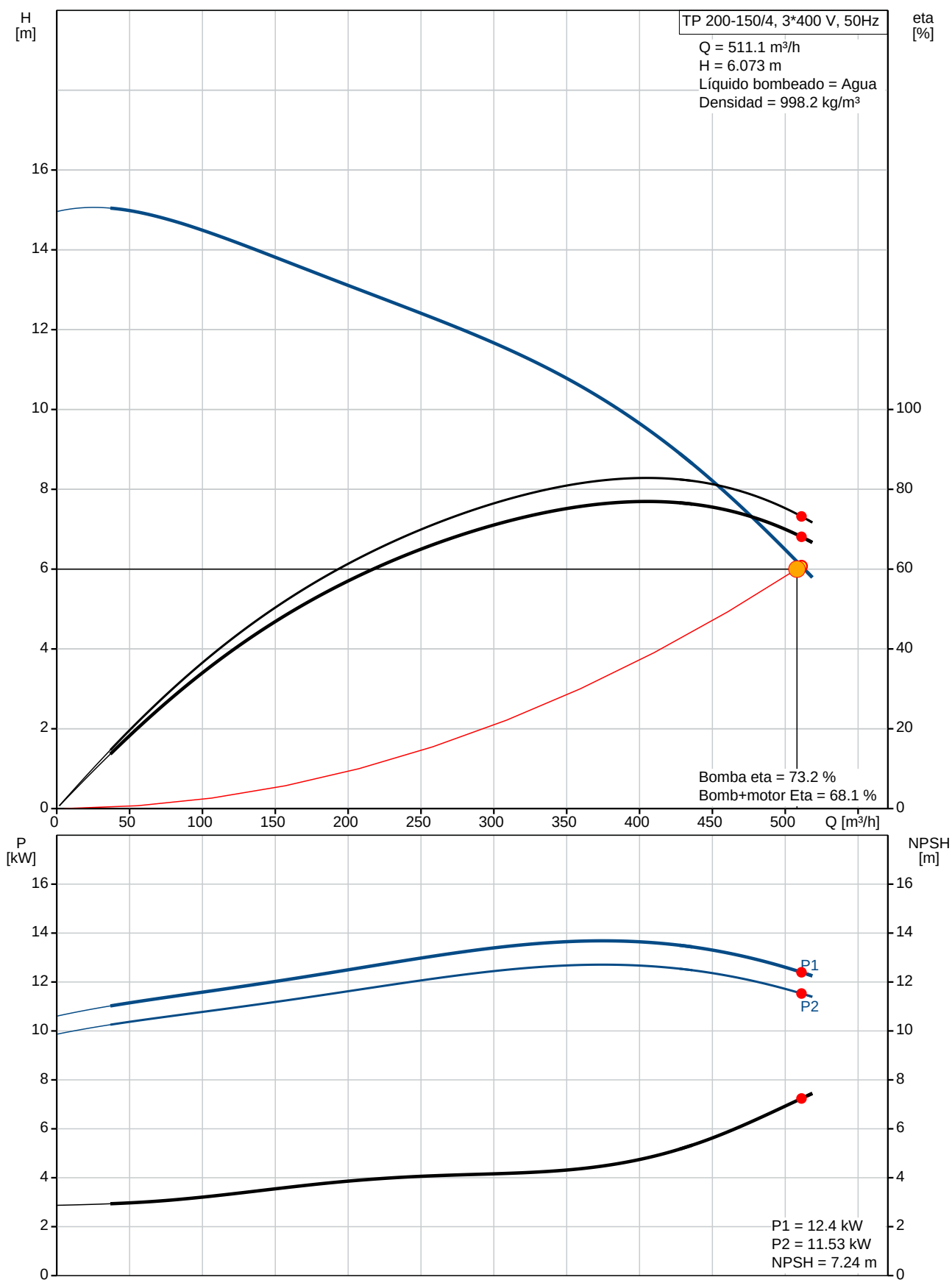
Datos: 13/08/2019

Descripción	Valor
Grado de protección (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protec de motor:	PTC
Motor N.º:	87420032
Otros:	
Índice eficiencia mínima, MEI ≥:	0.70
Estado ErP:	Prod. independiente (directiva EuP)
Peso neto:	383 kg
Peso bruto:	479 kg
Volumen de transporte:	1.68 m³
VVS danés n.º:	381719150

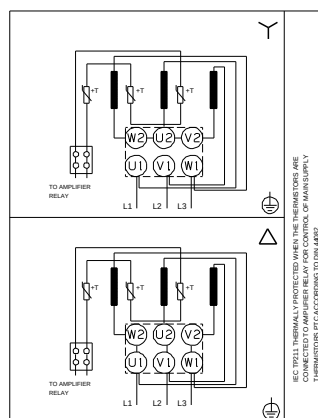
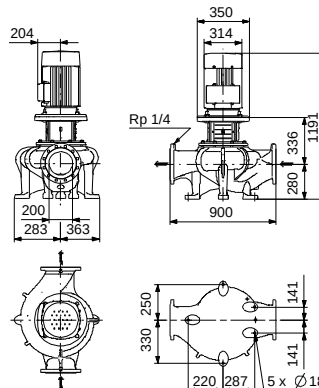
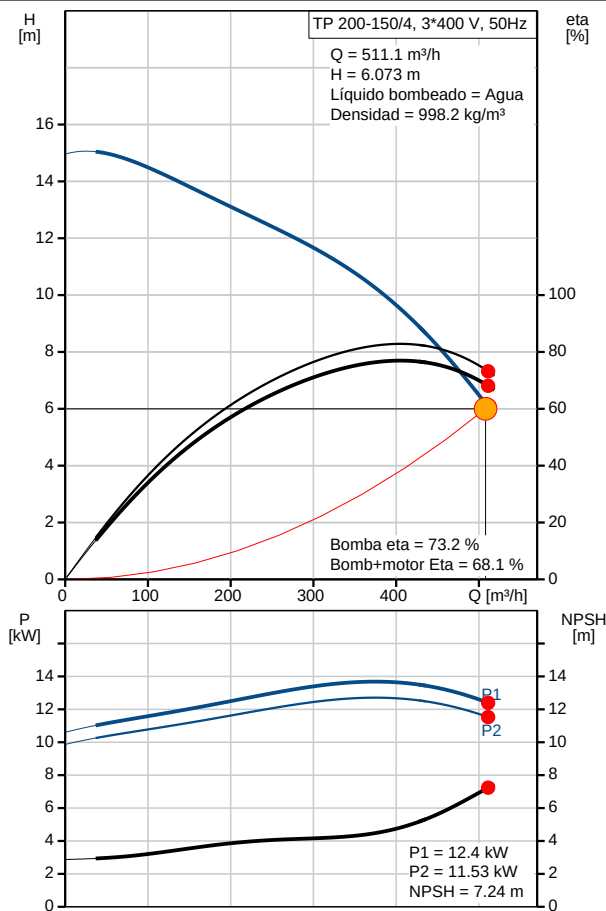
Contar	Descripción
1	TP 200-150/4 A-F-A-BQQE  Código: 97927150 Bomba de una etapa, acoplamiento cerrado y voluta con puertos de aspiración y descarga en línea de idéntico diámetro. El diseño de la bomba incluye un sistema de extracción superior que facilita el desmontaje del cabezal motor (el motor, el cabezal de la bomba y el impulsor) con fines de mantenimiento o reparación sin necesidad de desconectar las tuberías de la carcasa de la bomba. TP 200-150/4 A-F-A-BQQE La bomba está equipada con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado. TP 200-150/4 A-F-A-BQQE El cierre mecánico satisface los requisitos establecidos por la norma EN 12756. Pipework connection is via PN 16 DIN flanges (EN 1092-2 and ISO 7005-2). La conexión de las tuberías se lleva a cabo por medio de bridas DIN de PN 16 (normas EN 1092-2 e ISO 7005-2). La bomba está equipada con un motor asíncrono refrigerado por ventilador. Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -25 .. 120 °C Densidad: 998.2 kg/m³ Técnico: Velocidad de bomba en la que se basan los datos de bomba: 1470 rpm Caudal real calculado: 511.1 m³/h Altura resultante de la bomba: 6.073 m Diámetro real del impulsor: 224 mm Cierre primario: BQQE Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B Materiales: Carcasa de la bomba: Hierro fundido EN-JL1040 ASTM A48-40 B Impulsor: Hierro fundido EN-JL1030 ASTM A48-30 B Instalación: Rango de temperaturas ambientes: -30 .. 60 °C Presión de trabajo máxima: 16 bar Normativa de brida: DIN Conexión de tubería: DN 200 Entrada de bomba: DN 200 Salida de bomba: DN 200 Presión nominal: PN 16 Longitud puerto a puerto: 900 mm Tamaño de la brida del motor: FF300 Datos eléctricos: Tipo de motor: 160LB

Contar	Descripción
	Clase eficiencia IE: IE3 Potencia nominal - P2: 15 kW Potencia (P2) requerida por la bomba: 15 kW Frecuencia de red: 50 Hz Tensión nominal: 3 x 380-415D/660-690Y V Intensidad nominal: 29,0-28,0/16,8-16,4 A Intensidad de arranque: 760-870 % Cos phi - factor de potencia: 0.86-0.82 Velocidad nominal: 1460-1470 rpm Eficiencia: IE3 92,1% Eficiencia del motor a carga total: 92.1 % Eficiencia del motor a una carga de 3/4: 92.3 % Eficiencia del motor a una carga de 1/2: 92.1 % Número de polos: 4 Grado de protección (IEC 34-5): 55 Dust/Jetting Clase de aislamiento (IEC 85): F Motor N.º: 87420032 Otros: Índice eficiencia mínima, MEI ≥: 0.70 Estado ErP: Prod. independiente (directiva EuP) Peso neto: 383 kg Peso bruto: 479 kg Volumen de transporte: 1.68 m³ VVS danés n.º: 381719150

97927150 TP 200-150/4 A-F-A-BQQE 50 Hz



Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	TP 200-150/4 A-F-A-BQQE
Código::	97927150
Número EAN::	5710626546732
	5710626546732
Precio:	11.740,00 EUR
Técnico:	
Velocidad de bomba en la que se basan los datos de bomba:	1470 rpm
Caudal real calculado:	511.1 m³/h
Altura resultante de la bomba:	6.073 m
Altura máx.:	150 dm
Diámetro real del impulsor:	224 mm
Cierre primario:	BQQE
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba:	A
Modelo:	A
Materiales:	
Carcasa de la bomba:	Hierro fundido
	EN-JL1040
	ASTM A48-40 B
Impulsor:	Hierro fundido
	EN-JL1030
	ASTM A48-30 B
Código de material:	A
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	-30 .. 60 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Normativa de brida:	DIN
Conexión de tubería:	DN 200
Entrada de bomba:	DN 200
Salida de bomba:	DN 200
Presión nominal:	PN 16
Longitud puerto a puerto:	900 mm
Tamaño de la brida del motor:	FF300
Código de conexión:	F
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-25 .. 120 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	160LB
Clase eficiencia IE:	IE3
Potencia nominal - P2:	15 kW
Potencia (P2) requerida por la bomba:	15 kW
Frecuencia de red:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-415D/660-690Y V
Intensidad nominal:	29,0-28,0/16,8-16,4 A
Intensidad de arranque:	760-870 %
Cos phi - factor de potencia:	0.86-0.82
Velocidad nominal:	1460-1470 rpm
Eficiencia:	IE3 92,1%
Eficiencia del motor a carga total:	92.1 %
Eficiencia del motor a una carga de 3/4:	92.3 %
Eficiencia del motor a una carga de 1/2:	92.1 %
Número de polos:	4





Empresa:
Creado Por:
Teléfono:

Datos: 13/08/2019

Descripción	Valor
Grado de protección (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protec de motor:	PTC
Motor N.º:	87420032
Otros:	
Índice eficiencia mínima, MEI ≥:	0.70
Estado ErP:	Prod. independiente (directiva EuP)
Peso neto:	383 kg
Peso bruto:	479 kg
Volumen de transporte:	1.68 m³
VVS danés n.º:	381719150



Product Data Template

Template Category	Pumps			
Template Version	v1			
Category Description	Devices for moving fluid to serve (or serving) a building services system			
Classification System				
Classification	Value			
Suitability for Use	Approved			
Template Custodian	CIBSE			
Information Category	Parameter Name	Value	Units	Notes
Manufacturer Data				
Specifications	Manufacturer	Grundfos A/S	Text	
Specifications	Manufacturer Website	http://www.grundfos.com	URL	
Specifications	Product Range	TP	Text	
Specifications	Product Model Number	97927150	Text	or code
Specifications	CE Approval		Text	number, yes, no
Specifications	Approvals		Text	e.g. WRAS number
Specifications	Product Literature	https://product-selection.grundfos.com/produ	URL	
Specifications	Features	Single-stage in-line pumps	Text	Free text to describe product
Construction Data				
Specifications	Application		Text	e.g. LTHW, CHW, etc.
Specifications	Pump Type	Inline single stage pumps	Text	e.g. End Suction, Inline, Glandless, Vertical multistage etc.
Specifications	Configuration	Not applicable	Text	e.g. close coupled, long coupled, split coupled etc
Specifications	Drive Type		Text	e.g. Direct, Belt, Integrated drive
Specifications	Casing Material	Hierro fundido	Text	e.g. cast iron, ductile iron, bronze etc
Specifications	Impeller Material	Hierro fundido	Text	e.g. bronze, plastic etc
Specifications	Shaft Material	Not applicable	Text	e.g. Stainless steel, brass etc.
Specifications	Shaft Seal Type	BQQE	Text	e.g. carbon, silicon carbide etc
Specifications	PN Rating	PN 16	Text	e.g. as per ISO 7005
Specifications	Colour		Text	e.g. RAL Colour
Specifications	Finish		Text	e.g. polished, matt, gloss etc.
Specifications	Connection Type	DIN	Text	e.g. flanged, screwed etc.
Dimensional Data				
Specifications	Impeller diameter		224 mm	to be a range, user input
Specifications	Number of Impellers		Number	
Specifications	Suction Connection diameter	200	mm	
Specifications	Discharge Connection diameter	200	mm	
Specifications	Overall Length	900	mm	
Specifications	Overall Width		mm	
Specifications	Overall Height	1191	mm	
Specifications	Gross Weight	479	kg	Equates to operating weight of unit
Specifications	Shipping Weight		kg	Equates to dry weight of unit plus packaging allowance
Specifications	Access Clearance Top		mm	Access required for maintenance of this item
Specifications	Access Clearance Bottom		mm	Access required for maintenance of this item
Specifications	Access Clearance Left		mm	Access required for maintenance of this item
Specifications	Access Clearance Right		mm	Access required for maintenance of this item
Specifications	Access Clearance Front		mm	Access required for maintenance of this item
Specifications	Access Clearance Rear		mm	Access required for maintenance of this item
Performance Data				
Specifications	Speed Type	fixed	Text	(fixed or variable)
Specifications	Maximum Speed	1460-1470	RPM	Maximum operating speed
Specifications	Minimum Speed		RPM	Minimum operating speed
Specifications	Flow	110	l/s	at max speed and BEP, based on SG1 - water
Specifications	Head	94.15	kPa	at max speed and BEP
Specifications	NPSHr		kPa	at max speed and BEP
Specifications	Maximum Operating Pressure	1600	kPa	
Specifications	Maximum Operating Temperature	120	degC	
Specifications	Bearing Design Life		Text	e.g. L ₁₀ , L ₂₅
Specifications	Efficiency Rating	0.70		e.g. MEI, EEI based on ErP directive
Specifications	Performance Data	https://product-selection.grundfos.com/produ	URL	link to technical documentation on free access website
Electrical Data				
Specifications	Voltage	380-415D/660-690Y	Volts	
Specifications	Supply Phase	3	Number	1,3
Specifications	Frequency	50	Hertz	50,60
Specifications	Enclosure Rating		Text	IP numbers
Specifications	Maximum Motor Power Rating	15	kW	
Specifications	Full load current	29,0-28,0/16,8-16,4	Amps	At UK standard voltage
Specifications	Maximum Starting Current	760-870	Amps	Using DOL at UK standard voltage
Specifications	Motor Type	160LB	Text	TEFC, ODP
Specifications	Number of Poles	4	Number	2,4,6,8
Specifications	Motor Efficiency Class	IE3	Text	e.g. CEMEP, IE2, IE3
Sustainability				
Sustainable Material BREEAM etc	Embodied Carbon		kgCO2	University of Bath ICE Data if none other available
Sustainable Material BREEAM etc	Life Cycle Analysis		Number	BREEAM
Sustainable Material BREEAM etc	Location of Manufacturer		GridRef	Northing, Easting
Sustainable Material BREEAM etc	Green Guide for Specification		Text	A - E
Sustainable Material BREEAM etc	Environmental Product Declaration		Text	3rd Party Verification
Sustainable Material BREEAM etc	Responsible Sourcing of Materials		Text	Endorsing Body
Sustainable Material ETL	Energy Technology List		URL	Hyperlink to ETL webpage for product
Sustainable Material LEED v.4	Responsible Extraction of Materials		Text	
Sustainable Material LEED v.4	Material Ingredient Reporting		Text	
Operations & Maintenance				
Facilities/Asset Management	O&M Manual	https://product-selection.grundfos.com/produ	URL	Hyperlink to Manufacturer O&M Data
Facilities/Asset Management	Daily		Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes
Facilities/Asset Management	Weekly		Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes
Facilities/Asset Management	Monthly		Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes
Facilities/Asset Management	Quarterly		Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes
Facilities/Asset Management	6 Monthly		Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes
Facilities/Asset Management	Annually		Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes
Facilities/Asset Management	Bespoke Timeframe		Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes
Facilities/Asset Management	Maintenance Required 0-300hrs		Text	Maintenance tasks required during this time frame
Facilities/Asset Management	Maintenance Required 301-600hrs		Text	Maintenance tasks required during this time frame
Facilities/Asset Management	Maintenance Required 601-1000hrs		Text	Maintenance tasks required during this time frame
Facilities/Asset Management	Maintenance Required 1001-2000hrs		Text	Maintenance tasks required during this time frame
Facilities/Asset Management	Maintenance Required 2001-4000hrs		Text	Maintenance tasks required during this time frame
Facilities/Asset Management	Maintenance Required 40001-8000hrs		Text	Maintenance tasks required during this time frame
Facilities/Asset Management	Maintenance Required 8001-12000hrs		Text	Maintenance tasks required during this time frame
Facilities/Asset Management	Expected Life		Years	
Facilities/Asset Management	Warranty ID		Text	

This spreadsheet is the property of CIBSE although it can be freely used in the ways described, and completed with data specific to particular products.
It is important that the Categories and Parameters given on the form are not changed. It is also important that where units of measurement are defined on the form that these too are followed.
Any comment or suggestion on their revision should be addressed to pdtd@cibse.org

DOCUMENTO Nº 6

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1 - OBJETIVO DEL PLIEGO	3
CAPÍTULO 2 - CAUDALES, ÍNDICES Y CONDICIONES DE POTABILIZACIÓN	5
CAPÍTULO 3 - ENSAYOS Y ANÁLISIS	6
CAPÍTULO 4 - PERSONAL	7
CAPÍTULO 5 - MATERIALES, REPOSICIONES Y SUMINISTROS.....	8
CAPÍTULO 6 - PARADAS Y AVERÍAS	9
CAPÍTULO 7 - MEJORAS Y AMPLIACIONES	10
CAPÍTULO 8 - INSPECCIÓN Y VIGILANCIA	11
CAPÍTULO 9 - GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA.....	12
ANEXO 1: RESUMEN CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ETAP	13

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1 - OBJETIVO DEL PLIEGO

BASE 1ª.- En el presente pliego se recogen las bases que regirán para la contratación de los Servicios de Mantenimiento, Conservación y Explotación de la planta de potabilización de agua de Valladolid, que comprende las instalaciones definidas en el proyecto de construcción, de manera que se asegure su funcionamiento y se efectúen cuantas labores de mantenimiento y conservación sean precisas.

BASE 2ª.- Los servicios obligatorios que ha de realizar el contratista son:

- a) Mantener el funcionamiento normal de la planta de forma ininterrumpida y consiguiendo en todo momento unos índices de calidad de agua que correspondan a los requerimientos previstos en el proyecto.
- b) Retirar en las debidas condiciones higiénicas, transportar y verter en los lugares adecuados los posibles residuos recogidos en la planta.
- c) Conservar en perfecto estado todos los elementos de la planta e instalaciones.
- d) Mantener adecuadamente todas las instalaciones y equipos de la ETAP e instalaciones. Deberá suscribir los correspondientes contratos de mantenimiento con empresas homologadas, de los elementos e instalaciones de la planta, conforme a la legislación vigente.
- e) Reparar o reponer todos los elementos averiados y deteriorados de las instalaciones.
- f) Adquirir a su costa todos los materiales, productos y suministros precisos para el debido mantenimiento, conservación y explotación.
- g) Conservar y mantener en perfecto estado todas las instalaciones existentes de control, automatismo e información de la planta. A tal fin deberán suscribir los correspondientes contratos de mantenimiento.
- h) Mantener en perfecto estado de limpieza y pintura todos los elementos e instalaciones de la ETAP.
- i) Conservar en las debidas condiciones, todos los elementos anejos a la ETAP, tales como caminos interiores y edificaciones auxiliares.
- j) Suscribir una póliza de responsabilidad civil con cobertura de 1 millón de euros por siniestro y patronal para cada anualidad.
- k) Registrar y analizar las características de los parámetros que definen el proceso de las líneas de agua y auxiliares para su debido control y funcionamiento.

l) Comunicar a los Servicios Técnicos del Ayuntamiento de forma inmediata, cualquier incidencia que afecte a las instalaciones de la ETAP.

m) Enviar a los Servicios Técnicos del Ayuntamiento la información que éstos soliciten sobre el funcionamiento de la planta y con la periodicidad que se determine.

n) Y, en general, cuantas operaciones y cuidados sean necesarios para cumplir con el fin iniciado en el apartado a).

El servicio consistirá en el mantenimiento preventivo y correctivo de dichas desalación realizando un seguimiento continuo de su funcionamiento y asegurando la normalidad en la prestación del servicio de potabilización.

CAPÍTULO 2 - CAUDALES, ÍNDICES Y CONDICIONES DE POTABILIZACIÓN

BASE 3ª.- Las características principales de la planta serán las siguientes:

CAUDAL MÁXIMO DIARIO (m³/día)
12756,33

BASE 4ª.- El concesionario tratará de funcionar al del caudal máximo que pueda potabilizar la misma según sus condiciones técnicas.

BASE 5ª.- La buena marcha de la potabilización se comprobará por determinación de los índices recogidos en el Anexo 2.

La Dirección Técnica del Ayuntamiento podrá ordenar o realizar ensayos, para un mejor conocimiento de la marcha de la potabilización.

BASE 6ª.- Será obligación y a cuenta del adjudicatario, la retirada de los residuos de las rejillas de desbaste y tamices, recogidos en la planta, así como su transporte y depósito en vertederos autorizados.

BASE 7ª.- En el caso de que aparezcan en el agua captada sustancias o materias perturbadoras de los procesos de pretratamiento, se comunicará inmediatamente su presencia a los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, que determinará si se está en el caso de suspender la actividad de la planta.

CAPÍTULO 3 - ENSAYOS Y ANÁLISIS

BASE 8ª.- En el laboratorio instalado en la planta, el adjudicatario deberá llevar a cabo cuantos ensayos y análisis sean precisos para el seguimiento de la potabilización, para lo cual proveerá el personal, aparatos y reactivos necesarios.

Se deben realizar, como mínimo, las determinaciones impuestas por la “Guía de Potabilización: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano”, del ministerio de sanidad y política social.

BASE 9ª.- Por su parte, los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, podrán encargar al laboratorio de la planta o a otros laboratorios, cuantos ensayos y análisis juzguen necesarios para comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en los Capítulos 2 y 3 de estas Bases, o para estudiar la posibilidad de mejoras en el rendimiento y funcionamiento de las instalaciones.

BASE 10ª.- En el caso de que el contratista no estuviera de acuerdo con el resultado de los análisis efectuados por los Servicios del Ayuntamiento se podrá acudir al arbitraje de un laboratorio oficial elegido de común acuerdo por las partes. Los gastos de los análisis de arbitraje serán por cuenta del contratista si no tuviera razón.

BASE 11ª.- El contratista previa autorización de los Servicios Técnicos, podrá montar instalaciones experimentales para ensayar posibilidades de mejora en los rendimientos o calidades de las aguas tratadas, ateniéndose para ello a las condiciones que dicho servicio le señale. Asimismo, colaborará en el montaje de instalaciones de este tipo, si se llevasen a cabo por iniciativa del Ayuntamiento por terceros autorizados por ésta.

CAPÍTULO 4 - PERSONAL

BASE 12ª.- El adjudicatario deberá disponer del personal preciso para garantizar la correcta realización, en todo momento de las labores de explotación, mantenimiento y conservación de la planta. Al frente del personal y para todas las relaciones con los Servicios Técnicos del Ayuntamiento se hallará un titulado superior, especializado en potabilización.

El resto del personal de la empresa concesionaria, tendrá una formación profesional y experiencia, acordes con las funciones que vayan a tener encomendadas.

El explotador distribuirá el personal en los oportunos turnos de trabajo, de tal forma que se cubran todos los días del año.

La variación y sustitución del personal deberá ser razonada y puesta en conocimiento de los servicios Técnicos Municipales antes de proceder a la misma.

La empresa adjudicataria deberá subrogar al personal que actualmente está adscrito al presente servicio.

BASE 13ª.- Para atender las necesidades e incidencias que se presenten en la ETAP, el contratista dispondrá por su cuenta de los vehículos que estimen necesarios.

BASE 14ª.- El personal deberá atender con toda corrección a los representantes del Departamento Técnico Municipal, en cuantas visitas, inspecciones y trabajos efectúen en las instalaciones, proporcionándoles, asimismo, todos los datos o detalles que soliciten.

BASE 15ª.- Todo el personal que emplee el adjudicatario para la prestación del servicio, deberá percibir, como mínimo, los haberes o jornales fijados en las correspondientes reglamentaciones laborales y estará en todo momento al corriente de sus obligaciones tributarias y Seguridad Social.

BASE 16ª.- El Ayuntamiento no tendrá relación de ningún tipo con el personal, ni durante la vigencia del contrato ni a su terminación.

BASE 17ª.- Todo el personal de la contrata, que, de servicio en la planta, cuyo mantenimiento, conservación y explotación es objeto del contrato, deberá actuar correctamente uniformado e identificado.

BASE 18ª.- Aparte del personal vinculado al contratista y al Departamento Técnico del Ayuntamiento, no se permitirá la entrada en las instalaciones a ninguna otra persona que no vaya provista de una autorización expresa y nominal, expedida para cada caso concreto por el departamento citado.

CAPÍTULO 5 - MATERIALES, REPOSICIONES Y SUMINISTROS

BASE 19ª.- El contratista queda obligado a disponer en las instalaciones de todos los materiales, aparatos, herramientas y repuestos necesarios para su funcionamiento normal y para las reparaciones de rutina.

BASE 20ª.- El contratista vendrá obligado a la introducción de las mejoras y complementaciones que a continuación se detallan:

- a) Material de oficina, taller, etc., necesarios.
- b) Equipamiento e instrumentación del laboratorio para poder efectuar todos los análisis previstos y, en especial, los señalados en la BASE 11ª.
- c) Equipos de seguridad de forma que se cumplan las normas vigentes sobre seguridad e higiene en el trabajo.

BASE 21ª.- En los quince primeros días desde la fecha de comienzo de los servicios del contratista, se procederá por éste y por los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, a redactar un inventario contradictorio de todos los materiales, aparatos, herramientas y repuestos que existen en la ETAP y demás instalaciones.

El contratista repondrá cuantos elementos incluidos en el inventario se consuman, deterioren o desaparezcan, manteniendo éste al día. Podría, por su parte, aumentar a su costa el número y clase de repuestos si lo considera conveniente para el buen funcionamiento de las instalaciones, incluyéndose también en el inventario.

BASE 22ª.- Serán de cuenta del contratista todos los suministros de productos fungibles necesarios para el debido mantenimiento de la estación y su funcionamiento correcto, debiendo tener acopiados en el almacén los suficientes, para hacer frente a cualquier eventualidad que se puede presentar en la entrega de productos por los respectivos abastecedores.

BASE 23ª.- Serían por cuenta del Ayuntamiento los siguientes suministros:

- a) Los gastos derivados de aquellas pruebas o ensayos que tengan por objeto la mejora de los rendimientos, o la mejor adaptación de las instalaciones a las nuevas disposiciones legales, salvo que los mismos hubieran sido ofertados por el licitador como mejoras, y, por tanto, incorporados al objeto del contrato.
- b) El consumo de cloro para adicionar al efluente en aquellos casos que determine la Dirección del Ayuntamiento, que será abonado por la administración en la certificación correspondiente.

Serán por cuenta del contratista los productos químicos necesarios para el funcionamiento de la planta.

BASE 24ª.- Los gastos de consumo eléctrico ocasionado por el funcionamiento de la ETAP e instalaciones anejas serán por cuenta del contratista.

CAPÍTULO 6 - PARADAS Y AVERÍAS

BASE 25ª.- La planta operará bajo el principio de mantenimiento preventivo, planeado para evitar roturas de índole mecánica, paros generales por reparación de elementos esenciales, y conseguir una operación de la instalación en proceso continuo.

Anualmente se realizará, en colaboración con el Ayuntamiento, una inspección sobre el estado de mantenimiento de las instalaciones, del que se realizará un informe escrito.

BASE 26ª.- El contratista deberá reparar rápidamente y a su costa, cuantos desperfectos y averías se produzcan en las instalaciones.

Siempre que sea posible, las reparaciones se harán en la propia estación, excepto aquellas de especial importancia que requieran la sustitución de elementos complejos o el traslado de los elementos averiados a taller.

CAPÍTULO 7 - MEJORAS Y AMPLIACIONES

BASE 27ª.- El contratista podrá proponer toda clase de mejoras a su costa durante la vigencia del contrato, y el Servicio Técnico del Ayuntamiento será libre para aceptarlas o no. En el caso de su aceptación, no producirán modificación del respectivo canon, aún cuando den lugar a economías en los gastos de mantenimiento, conservación o explotación.

CAPÍTULO 8 - INSPECCIÓN Y VIGILANCIA

BASE 28ª.- El contratista adjudicatario deberá atender con toda solicitud a cuantas órdenes dicten los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, a cuyo fin existirá en la Estación un libro de órdenes foliado, firmado y sellado por la Dirección de dichos Servicios, a los cuales podrá acudir el contratista en caso de disconformidad con alguna orden dentro del plazo máximo de 24 horas.

BASE 29ª.- Para la debida comprobación del cumplimiento de las condiciones de este Pliego de Condiciones y de las órdenes del Servicio Técnico del Ayuntamiento, éste designará los técnicos que crean convenientes, dando cuenta de ello por escrito al contratista.

CAPÍTULO 9 - GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA

BASE 30ª.- Además de todos los gastos necesarios para el cumplimiento de lo establecido en este Pliego de Condiciones, serán también por cuenta del contratista los que se originen por el montaje, desmontaje y retirada de cualquier clase de instalaciones, los de protección de materiales, seguridad tanto de personas al servicio de la planta como visitantes, como equipos e instalaciones, daño e incendio; los de conservación y reparación de caminos, pasarelas y desagües; los que afecten a la limpieza general de la planta, los ocasionados por la corrección de las deficiencias que se pongan de manifiesto en las inspecciones, ensayos y pruebas sobre la marcha de la instalación y el estado de sus elementos.

También serán a costa del contratista, todos los gastos de teléfono, luz, agua y similares de las edificaciones e instalaciones adscritas a los servicios concedidos y de las nuevas aportadas por el concesionario, así como tributos e impuestos que legalmente sean exigibles a la concesión, así como aquellos otros que lo sean en el futuro.

Asimismo, serán de cuenta del contratista, los gastos ocasionados por la suscripción de la póliza de seguro de responsabilidad civil con una cobertura mínima de 500.000,00 euros por siniestro y patronal para cada anualidad. Esta póliza deberá suscribirse durante el primer mes de prestación del servicio.

De igual modo, deberá asegurarse la depuradora contra incendios, robos, vandalismo, rayos, inundaciones y demás contingencias asegurables, con una póliza de seguro de multirriesgo de 1.000.000 euros.

Además, el concesionario será responsable de las sanciones impuestas por la Confederación Hidrográfica por la realización de vertidos irregulares, salvo que se acredite la imposibilidad de evitar el vertido, bajo las condiciones de la instalación e infraestructuras existentes.

BASE 31ª.- Serán también de cuenta del contratista los gastos de otorgamiento del contrato de adjudicación, incluso los correspondientes impuestos, los de anuncios y los de cuantos recargos o impuestos sean inherentes a la prestación del servicio y tramitación de documentos que a él se refieran incluso los del Impuesto del Valor Añadido (IVA).

ANEXO 1: RESUMEN CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ETAP

DATOS GENERALES

AÑO ACTUAL

CAUDALES

Caudal medio horario

508,07

m³/h

Caudal medio diario

12756,33

m³/día

RESULTADOS A OBTENER

AGUA POTABILIZADA

Los valores que deberán tener los diferentes parámetros medidos serán los indicados en el anexo 2.

LÍNEA DE AGUA

- CAPTACIÓN

- * Toma de agua con rejillas
- * Inmisario
- * Cámara de captación
 - Bomba de una etapa. (2+ 1 de reserva)

- TRATAMIENTO

- * Bombeo
 - Bomba de una etapa (7)
- * Coagulación
- * Floculación
- * Decantación
- * Filtración

*Desinfección

*Ajuste de pH

*EDIFICIOS

- Edificio de bombeo de agua bruta, laboratorio y sala de reactivo.
- Edificio principal, de dos plantas, la superior para sala de control y la inferior para servicios

