

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO DE UNA E.D.A.R EN LA JUNTA DE VOTO
(CANTABRIA)***

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS

Alumna: Ezcurra, Zubizarreta, Paula
Directora : De Luis, Álvarez, Ana María

Curso: 2019-2020

Fecha: 18, Julio, 2020

Resumen y palabras clave.

Después de muchos años haciendo uso indebido, por parte de la humanidad, de los recursos hídricos de los que se disponen, va siendo hora de frenar y empezar a mejorar la calidad de los vertidos antes de devolverlos a la naturaleza.

En este sentido, este trabajo propone dar solución a una serie de municipios que no cuentan con un sistema de depuración de aguas que permita cumplir con los parámetros requeridos por la normativa vigente.

Por lo tanto, para cumplir así con la normativa de vertidos y debido al fuerte crecimiento poblacional de los últimos años en los municipios citados, se ha decidido implantar una estación depuradora de aguas residuales (E.D.A.R) para mejorar el vertido de las aguas en el río Clarín, en Voto, Cantabria.

En el estudio de las diferentes alternativas para el tratamiento del agua residual urbana en dicha E.D.A.R y siempre teniendo presente el tipo de población, contaminación de la zona, tipo de red de saneamiento, variación estacional, factores económicos... etc. se han elegido las siguientes opciones para el pretratamiento, tratamiento primario y secundario.

Como pretratamiento se ha elegido un desbaste con rejillas automáticas, que debido al tipo de red que se dispone en la zona y el tipo de efluente que llega a la E.D.A.R cumpliría con los requisitos que se necesitan.

El tratamiento primario consta de dos rototamices, posteriores a un pozo de bombeo, para seguir con la eliminación de sólidos en suspensión, así como una parte de la materia orgánica biodegradable que contienen las aguas.

Por último se ha dispuesto de un tratamiento secundario compuesto por 4 tanques de oxidación y un decantador circular, que permitirá reducir incluso en un 90% la cantidad de materia orgánica que habría pasado desde los tamices y un 80% de los sólidos en suspensión.

Todos estos elementos, sin contar maquinaria específica como son la rejilla de desbaste, tamices, bombas y algunos otros componentes, serán de hormigón armado in situ. Si bien esta decisión alarga el tiempo de ejecución de las obras frente a los sistemas prefabricados, sus costes serán menores.

El total del proyecto tendrá un Presupuesto de Ejecución por Contrata de 453.171,15 € y un plazo estimado de ejecución total de la obra de 1 año aproximadamente, contando con una correcta planificación.

Palabras clave: Tratamiento primario, Tratamiento secundario, Pretratamiento, Lodos activados, Fangos, Tanques de aireación, Decantador secundario, Tamices.

Laburpen eta Gako-hitzak:

Gizarteak urte askotan zehar eskura izan dituen ur-baliabideak behar ez bezala erabili ondoren, isurketak geldiarazteko eta horien kalitatea, naturara itzuli aurretik, hobetzeko garaia da.

Horrenbeztez, lan honek hurrengo proposatzen du: urak arazteko sistemarik ez duten udalerriei irtenbide bat ematea indarrean dagoen araubideak eskatzen dituen parametroak bete ahal izateko.

Beraz, isuriei buruzko araubidea betetzeko eta aipatutako udalerrietan azken urteetan izan den biztanleria-hazkunde handia dela eta, hondakin-uren araztegi bat (HUA) ezartzea erabaki da, Clarín ibaian (Cantabria) uren isurketa hobetzeko.

Hondakin-uren araztegi horretan hiriko hondakin-ura tratatzeko dauden aukerak aztertzerako orduan, eta kontuan izanik biztanleria mota, eremuko kutsadura, saneamendu-sare mota, urte-sasoia aldaketa, faktore ekonomikoak, etab., honako aukera hauek hautatu dira: aurretratamendurako, tratamendu primarioarako eta bigarren mailako tratamendurako.

Aurretratamendu gisa, burdin sare automatikoekin arbastatzea aukeratu da, eremu horretan dagoen sare motaren eta HUAra iristen den efluente motaren ondorioz, behar diren baldintzak beteko lituzkeelako.

Lehen mailako tratamenduak bi errototamizak ditu, ponpaketa-putzu baten ondoren, solido esekiak ezabatzen jarraitzeko, eta urek duten materia organiko biodegradagarriaren zati bat ere.

Azkenik, bigarren mailako tratamendu bat jarri da, 4 oxidazio-tangaz eta dekantagailu zirkular batez osatuta. Horri esker, baheetatik igarotako materia organikoaren kopurua % 90 murriztu ahal izango da, eta solido esekien % 80 ere.

Elementu horiek guztiak, makineria espezifikoa (arbastatzeko burdin sarea, baheak, ponpak eta beste osagai batzuk) kontuan hartu gabe, hormigoi bertan armatuzkoak izango dira. Sistema aurrefabrikatuen aurrean, obrak egiteko denbora luzatu arren, kostuak txikiagoak izango dira.

Proiektuaren aurrekontua, guztira, 453.171,15 €-koa izango da kontrata bakoitzeko, eta, gutxi gorabehera, urtebetekoa obra egiteko, plangintza egokia eginda.

Gako-hitzak: lehen mailako tratamendua, bigarren mailako tratamendua, aurretratamendu, lohi aktibatuak, lohiak, aireztapen-tankeak, bigarren mailako dekantagailua, tamizeak

Summary and key words.

The human factor has been making a water resources misuse for many years what has brought us to the need of starting to improve the quality of our waste before taking it back to our environment.

This project's goal is to provide a solution to a series of municipalities that do not have a water purification system which allows them to comply with the parameters required by the current regulations.

I have decided, through my research, to build a Waste Water Treatment Plant (WWTP) to improve the quality of the waste dumped into the Clarín river, located in Voto (Cantabria, Spain) in order to comply with the regulations caused due to the large population growth in the area during the last years.

Taking into account the type of population, the contamination levels of the area, the type of sanitation network, the seasonal variation, economic factors.... I have selected the following options for the pretreatment, and the primary and secondary treatments.

As pretreatment, I have chosen the option of roughing with automatic bars that, due to the type of network already available in the area, will make the water waste arriving to the E.A.D.R. meet the requirements need in the area and, at the same time, comply with the regulations established.

The primary treatment is a physical one and consists on the implementation of two rotary sieves after a pumping well to continue with the elimination of suspended matters as well as with a part of the biodegradable organic matter contained into the water.

Lastly, I have chosen a secondary treatment composed by four oxidation tanks and a circular decanter that will allow to reduce until 90% of the amount of organic matter that would have previously come from the rotary sieves and, also, until 80% of the suspended solids.

All the elements needed in these three treatments, without counting with some specific machinery as the grinding grid, the two sieves, pumps, and some other components, will be made of reinforced concrete on site. This will cause the whole process to take a little longer but the cost will be cheaper.

The total project will have a Contract Execution Budget of € 453,171.15 and an estimated total execution time of approximately 1 year, with a proper planning.

Key words: Primary treatment, Secondary treatment, Pretreatment, Activated sludge, Sludge, Aeration tanks, Secondary decanter, Sieves.

ÍNDICE.

1.	ANTECEDENTES.....	9
2.	OBJETIVO.....	15
3.	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	16
4.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	21
4.1	PRETRATAMIENTOS.....	23
4.1.1	SEPARACIÓN DE GRANDES SÓLIDOS. (POZO DE GRUESOS).....	24
4.1.2	DESBASTE.....	25
4.1.3	DILACERACIÓN.....	27
4.1.4	DESARENADO Y DESENGRASADO.....	28
4.1.5	ELECCIÓN DEL PRETRATAMIENTO.....	30
4.2	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	31
4.2.1	DECANTACIÓN PRIMARIA.....	32
4.2.2	TAMICES.....	35
4.2.3	ELECCIÓN DEL TRATAMIENTO PRIMARIO.....	38
4.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	39
4.3.1	LODOS ACTIVADOS.....	41
4.3.2	LECHOS BACTERIANOS.....	46
4.3.3	ELECCIÓN DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	47
5.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	48
5.1	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	48
5.1.1	<i>Canal de llegada</i>	49
5.1.2	<i>Reja de desbaste</i>	49
5.1.3	<i>Pozo de bombeo</i>	49
5.1.4	<i>Bombeo a tratamiento</i>	50
5.2	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	51
5.2.1	<i>Tamizado</i>	51
5.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	52
5.3.1	<i>Tanques de aireación</i>	52
5.3.2	<i>Alimentación de aire</i>	53
5.3.3	<i>Decantación secundaria</i>	53
5.4	ALMACENAJE Y ESTABILIZACIÓN DE LODOS.....	54

6.	PLAN DE OBRA.	55
6.1	CALENDARIO DE TRABAJO.	55
6.1.1.	<i>Coeficientes correctores.</i>	55
6.1.2	<i>Plazo previsto.</i>	56
6.2	DESARROLLO DE LAS OBRAS.	57
6.3	ESTUDIO Y RENDIMIENTO DE TAJOS EN OBRA.	58
6.3.1	<i>Movimientos de tierras.</i>	61
6.3.1.1	Excavación.....	61
6.3.1.2	Desbroce y excavación tierra vegetal.	61
6.3.1.3	Terraplén o relleno.....	61
6.3.2	<i>Obra civil y edificaciones.</i>	61
6.3.2.1	Hormigones, ferrallas y prefabricados.....	61
6.3.2.2	Albañilería.....	61
6.3.3	<i>Montaje de equipos.</i>	62
6.3.4	<i>Diagrama de Gantt.</i>	63
7.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.	64
8.	NORMATIVA.	66
8.1	NORMATIVA EUROPEA.	66
8.2	NORMATIVA ESTATAL.	67
8.3	NORMATIVA AUTONÓMICA.	68
9.	BIBLIOGRAFÍA.	70
	ANEJOS	73

Índice de figuras.

Figura 1: Evolución de población en Bádames.....	10
Figura 2: Evolución de población en Rada.	11
Figura 3: Evolución de población en San Mamés de aras.....	11
Figura 4: Mapa España. Fuente: Mapas España [6]	16
Figura 5: Mapa de provincias, Cantabria seleccionada. Fuente: Wikipedia. [7].....	17
Figura 6: Mapa municipio de Cantabria. Fuente: mapas.cantabria.es [8].....	17
Figura 7: Mapa de Cantabria. Fuente: mapas.cantabria.es [8].....	18
Figura 8: Municipio de la Junta de Voto, señalado Bádames.Fuente: mapas.cantabria.es [8]	18
Figura 9: Municipio de Bádames. Fuente: mapas.cantabria.es [8].....	19
Figura 10: Localización de la parcela. Fuente: mapas.cantabria.es [8].....	19
Figura 11: Situación y riesgos inundabilidad. Fuente: mapas.cantabria.es [8].....	20
Figura 12: Esquema básico de una E.D.A.R. Fuente: http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/depuracion-de-aguas-residuales.asp [9].....	22
Figura 13: Pozo de gruesos. Fuente: http://bioplastdepuracion.com/index.php?s=noticia&n=44 [12].....	24
Figura 14: Rreja de desbaste manual.Fuente: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/curso/uni_03/u_03_img/011a.gif [14].....	25
Figura 15: Reja de desbaste automática. Fuente: https://www.idm-pirineo.es/idm/index.php [15].....	26
Figura 16:Esquema proceso de Dilaceración.	27
Figura 17: Desarenado y desengrasado.....	29
Figura 18: Decantador rectangular. Fuente: Manual del alcalde. Depuración de aguas residuales. [21].....	33
Figura 19: Decantador circular. Fuente: Manual del alcalde. Depuración de aguas residuales. [21].....	34
Figura 20: Tamiz estático. Fuente: http://www.noheydia.net/productos/tamices/ [24]	36
Figura 21: Tamíz rotativo. Fuente: http://www.noheydia.net/productos/tamices/ [24].....	37
Figura 22: Lodos activados, proceso convencional.	42
Figura 23: Lodos activados de mezcla completa. Fuente: https://cutt.ly/8t6cohc [32]	43

<i>Figura 24: Lodos activados, proceso de aireación escalonada.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 25: Proceso fangos activados contacto-estabilización.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 26: Proceso de Lechos bacterianos.</i>	<i>46</i>

Índice de tablas.

<i>Tabla 1: Parámetros aplicados en las autorizaciones de vertido a cauce.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2: Resumen de los caudales. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3: Actividades, tipo y equipo de trabajo asociado. Fuente: elaboración propia.</i>	<i>60</i>

1. Antecedentes.

La sociedad debe concienciarse más de la importancia y la necesidad que tenemos de disponer de unos recursos hídricos pero sobre todo que estos sirvan para los usos a los que se van a disponer.

Para ello es necesario que una vez se vaya a devolver a los ríos, mares etc. los recursos primeramente obtenidos de estos, éstos vuelvan en unas calidades tales, que no supongan un problema, ni para su fauna, ni flora, ni posteriores usos. **[1]**

En España, desde la comunidad europea, ya se han dado varios toques de atención al respecto, porque no se llevan a cabo las tareas necesarias para cumplir con estas necesidades.

Es hora de concienciarse y empezar a cuidar nuestros recursos hídricos.

Para ello, una manera eficaz que ayuda a paliar este problema, es el sistema de depuración de aguas residuales ya sea en grandes poblaciones como en pequeñas.

En el caso que se va a analizar, se plantea la implantación de una estación depuradora en una “pequeña” localidad.

La comunidad, en la que se va a implantar esta nueva estación depuradora, es en Cantabria, comunidad que limita con el País Vasco, Castilla y León, el Principado de Asturias así como con el Mar Cantábrico.

Si se concreta un poco más en la localización, se ubicará en el municipio de Voto, en el área más suroriental de la comarca trasmerana y se extiende al sur de Colindres y de Bárcena de Cicero, por un territorio de 77,7 km², a partir de las rías de Limpias y Rada.

El municipio de Voto está formado por 12 núcleos de población distribuidos de forma dispersa por el territorio, a modo de múltiples barrios que confieren una gran heterogeneidad al municipio. Estas entidades poblacionales que componen el término municipal están bien comunicadas entre sí y con los municipios colindantes gracias a las carreteras autonómicas y a los caminos rurales.

La mayor parte del territorio municipal se encuentra a una altitud inferior a los 400 metros, debido a su proximidad a la costa se caracteriza por poseer una orografía suave, ubicándose la mayor parte de los núcleos de población en el fondo de valle y los restantes al pie de las laderas, con unos preciosos entornos naturales, nada industrializada y con una población que varía mucho a lo largo del año.

En el caso de este proyecto, se va a considerar 3 de los núcleos de población que conforman el municipio de Voto y que además son los que presentan mayores fluctuaciones en

la población en función de la época del año, con hasta más del doble de población en la temporada de verano. Esta circunstancia viene dada, por el auge en la construcción de viviendas con el boom inmobiliario, que atrajo a mucha gente a comprar una segunda residencia e incluso a trasladarse de municipios cercanos a este entorno.

La zona concretamente en la que se va a ubicar la E.D.A.R, es Bádames, capital del municipio de Voto, con poco más de 550 habitantes censados en invierno, pero que contará además con la recogida de aguas de los municipios limítrofes como son Rada y San Mamés de Aras, con incluso menor población que Bádames, pero todos con una gran fluctuación de la población en las distintas estaciones del año.

El agua una vez tratada en la E.D.A.R será devuelta al río Clarín cumpliendo las especificaciones detalladas que se exigen en el BOE.

Como se puede observar en los siguientes gráficos de población, el crecimiento es paulatino en los diferentes municipios a los que se va a prestar servicio con la construcción de esta E.D.A.R [2]

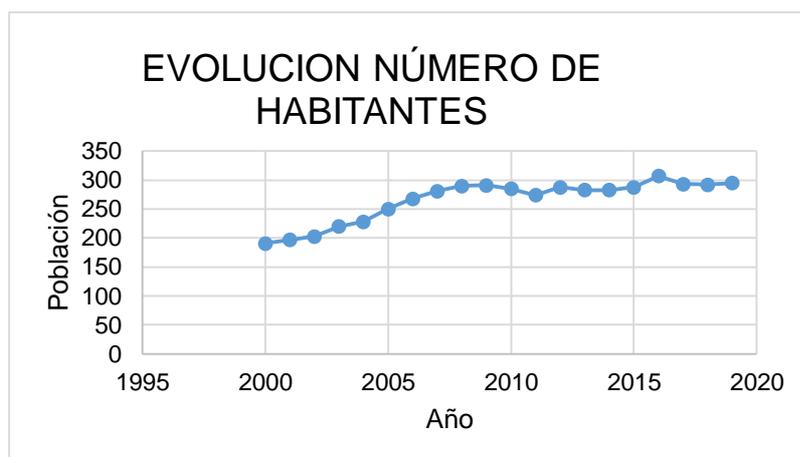


Figura 1: Evolución de población en Bádames.
Fuente: Elaboración propia [2]

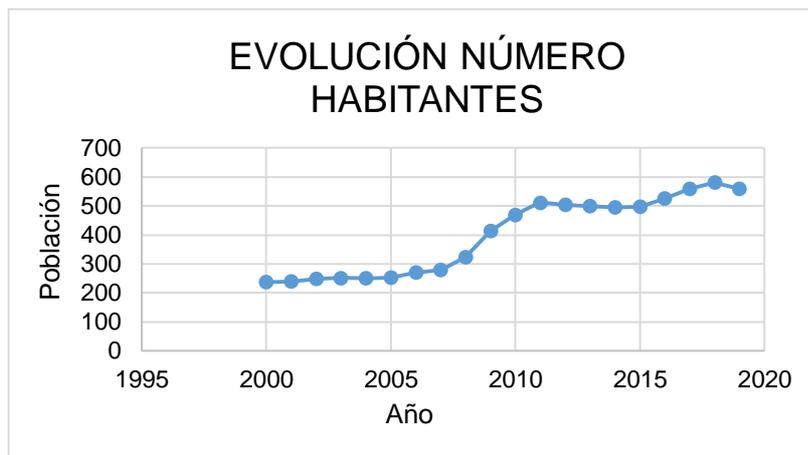


Figura 2: Evolución de población en Rada.
Fuente: Elaboración propia [2]

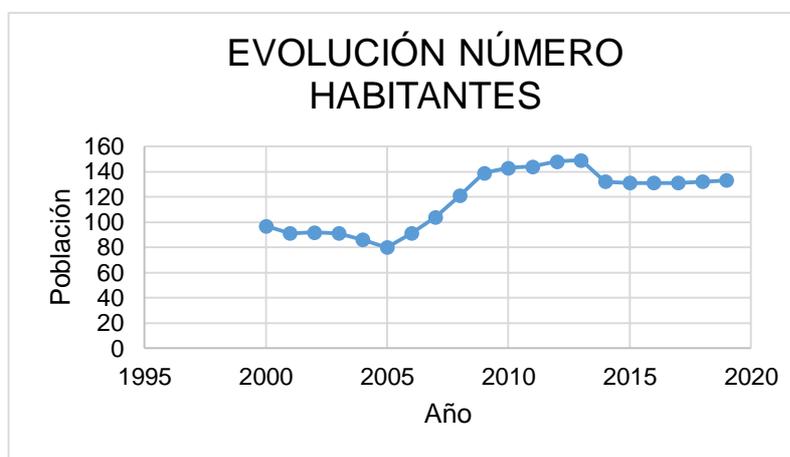


Figura 3: Evolución de población en San Mamés de aras.
Fuente: elaboración propia. [2]

En los gráficos, se observa la tendencia al crecimiento en la población censada en el municipio en los últimos años.

Las buenas comunicaciones existentes, así como el aumento de servicios, la proximidad a la zona turística de Laredo y el precio de la vivienda en estas zonas, invita a la gente a residir en estos municipios cuya población crece notablemente en la temporada de verano, llegando incluso a duplicar la población residente el resto del año, siendo éste un dato importante a tener en cuenta a la hora del diseño de la E.D.A.R. y un factor clave a la hora de la elección del tipo y tamaño de la estación depuradora, así como de los tratamientos que se vayan a realizar.

No obstante, el estudio de la población se puede observar de forma más detallada en el **Anejo 2**.

La fluctuación en la población y su tamaño, la variación del caudal a lo largo del día, la tipología de las actividades que se desarrollan, el tipo de sistema de saneamiento que se dispone, así como la zona de vertido de las aguas depuradas son datos a tener en cuenta a la hora de decidir el tipo de tratamiento, así como el tipo de estación depuradora.

En pequeños núcleos urbanos (menos de 2.000 habitantes equivalentes), la dotación es pequeña y, por lo tanto, se genera menor volumen de aguas residuales que en las grandes poblaciones, lo que afecta directamente a la concentración de contaminantes. Así, la concentración de contaminantes será mayor, cuanto menor tamaño de la población, debido a la menor cantidad de agua para su disolución. En cuanto a las fluctuaciones de caudal a lo largo de un día, en pequeñas poblaciones son muy grandes, por las variaciones en las actividades que se desarrollan en las mismas.

En zonas con mayor número de población, el caudal de agua será notablemente mayor que en pequeñas poblaciones, pero las concentraciones que se produzcan serán menores, así como las fluctuaciones de caudal a lo largo del día. [4]

Por otro lado, otro de los factores a tener en cuenta en el diseño de la estación depuradora adecuada es el tipo de actividades presentes en la zona, que diferenciarán los tratamientos que se vayan a utilizar, así como los contaminantes y sus concentraciones, que se deben controlar más detalladamente a la hora de devolver el agua al río, o efluente que se disponga.

Como se ha comentado, el área de estudio se sabe que no es una zona industrializada, sino más bien rural (con poca ganadería y con tendencia a desaparecer), por lo que únicamente se tratarán aguas residuales urbanas procedentes de uso doméstico.

Otro factor importante a tener en cuenta a la hora de diseñar una estación depuradora es el tipo de red de saneamiento que se dispone. En este caso se trata de una red separativa, que no tiene en cuenta las aguas pluviales de la zona ya que por la morfología de la construcción (la mayoría viviendas unifamiliares aisladas irán directamente al terreno, y solo conducirá las aguas residuales urbanas a la depuradora.

Según la clasificación expuesta en Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas y su vertido según sea zona sensible o menos sensible

Según el Anexo II del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, *Criterios para la determinación de zonas sensibles y menos sensibles,*

Se considerará que un medio acuático es zona sensible si puede incluirse en uno de los siguientes grupos:

a) Lagos, lagunas, embalses, estuarios y aguas marítimas que sean eutróficos o que podrían llegar a ser eutróficos en un futuro próximo si no se adoptan medidas de protección.

(Se entenderá por «eutrofización»: el aumento de nutrientes en el agua, especialmente de los compuestos de nitrógeno o de fósforo, que provoca un crecimiento acelerado de algas y especies vegetales superiores, con el resultado de trastornos no deseados en el equilibrio entre organismos presentes en el agua y en la calidad del agua a la que afecta.)

b) Aguas continentales superficiales destinadas a la obtención de agua potable que podrían contener una concentración de nitratos superior a 50 mg/l.

c) Masas de agua en las que sea necesario un tratamiento adicional al tratamiento secundario establecido en el artículo 5 del Real Decreto-ley y en este Real Decreto para cumplir lo establecido en la normativa comunitaria.

Un medio o zona de agua marina podrá catalogarse como zona menos sensible cuando el vertido de aguas residuales no tenga efectos negativos sobre el medio ambiente debido a la morfología, hidrología o condiciones hidráulicas específicas existentes en esta zona.

Al determinar las zonas menos sensibles, se tomará en consideración el riesgo de que la carga vertida pueda desplazarse a zonas adyacentes y ser perjudicial para el medio ambiente.

Para determinar las zonas menos sensibles se tendrán en cuenta los siguientes elementos:

Bahías abiertas, estuarios y otras aguas marítimas con un intercambio de agua bueno y que no tengan eutrofización o agotamiento del oxígeno, o en las que se considere que es improbable que lleguen a desarrollarse fenómenos de eutrofización o de agotamiento del oxígeno por el vertido de aguas residuales urbanas.

En el caso de estudio, se determina que la zona sobre la que se va a realizar el vertido de aguas, se considera como zona menos sensible, ya que el vertido de aguas residuales no tendrá efectos negativos sobre el medio ambiente debido a la morfología, hidrología o condiciones hidráulicas específicas existentes en esta zona.

Una vez descritas las características más importantes de la zona a la que va a dar servicio la E.D.A.R, se van a detallar los parámetros más importantes a tener en cuenta para poder llevar a cabo el diseño y posterior construcción de la planta objeto del proyecto.

- Los parámetros y los requisitos para devolver el agua al efluente son los siguientes según el *Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.*

Tabla 1:
Parámetros

Parámetros	Valor Límite
Sólidos en suspensión (mg/L) ⁽¹⁾	35
DBO (mg/L) ⁽²⁾	25
DQO (mg/L) ⁽³⁾	125

aplicados en las autorizaciones de vertido a cauce.

Fuente: Elaboración propia a partir del (Rd 509/1996)

1. *Sólidos en suspensión.* Los sólidos en suspensión son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua.

2. *DBO.* Es la demanda biológica de Oxígeno, indica la cantidad de oxígeno disuelto (mg/l) que se requiere durante un tiempo determinado para la degradación biológica de las sustancias orgánicas contenidas en el agua residual. **[4]**

3. *DQO.* La demanda química de oxígeno, indica cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua. **[5]**

Nota: La determinación de la DQO se utiliza para la caracterización y regulación de la emisión de desechos industriales. En este caso no se trata ningún tipo de residuo industrial.

- Los caudales de entrada en la E.D.A.R:

Una vez seleccionada, el tipo de red que se va a tener, es importante saber que caudal va a llegar a la entrada de la E.D.A.R, que se estudia en el ANEJO 3.

Teniendo que las aguas a tratar son exclusivamente aguas residuales urbanas y no las aguas pluviales, y suponiendo una dotación diaria de 200 litro por habitante al día, una vez conocido esto se procede al cálculo de los caudales.

CAUDALES	VALORES
Caudal medio.	33,33 m ³ /h
Caudal punta.	73,33 m ³ /h
Caudal máximo	116,67 m ³ /h
Caudal mínimo.	16,67 m ³ /h

Tabla 2: Resumen de los caudales. Fuente: Elaboración propia.

2. Objetivo.

El objetivo del presente trabajo es el diseño de una E.D.A.R modular en el municipio de Voto, Cantabria, que recoja todos los vertidos producidos por los municipios de Bádames, San Mames y Rada, en Cantabria, para su posterior vertido al río Clarín.

Así mismo, en el presente proyecto se detallan las bases técnicas para la dirección y realización de las obras, por lo que a la hora de la presentación ante los organismos competentes, servirá como documento administrativo, para su posterior ejecución.

3. Situación y emplazamiento.

Las instalaciones que se van a llevar a cabo se van a ubicar en el municipio de Bádames, la capital de la Junta de Voto, en Cantabria, España.

Las coordenadas de dicho lugar son las siguientes:

Longitud: 3°30'15.5" O Latitud:43°21'35.4"N

La zona se encuentra a unos 800 metros del centro del municipio y a escasos 100 metros del Río Clarín.

Para una visualización más detallada se exponen las siguientes imágenes:



Figura 4: Mapa España. Fuente: Mapas España [6]



Figura 5: Mapa de provincias, Cantabria seleccionada. Fuente: Wikipedia. [7]



Figura 6: Mapa municipio de Cantabria. Fuente: mapas.cantabria.es [8]



Figura 7: Mapa de Cantabria. Fuente: mapas.cantabria.es [8]

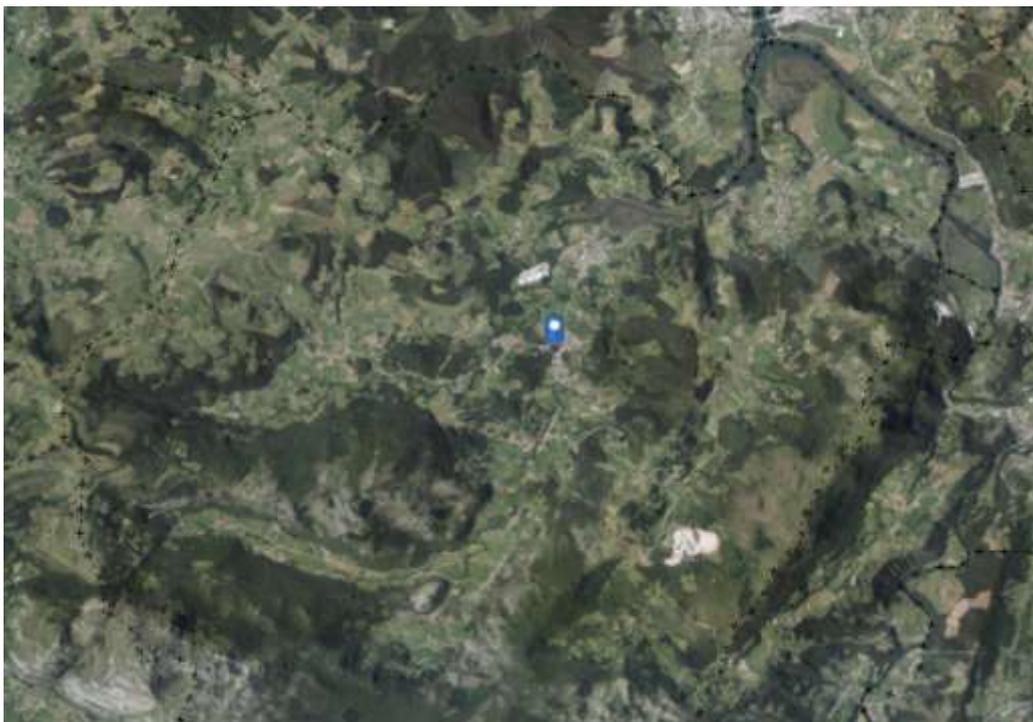


Figura 8: Municipio de la Junta de Voto, señalado Bádames. Fuente: mapas.cantabria.es [8]

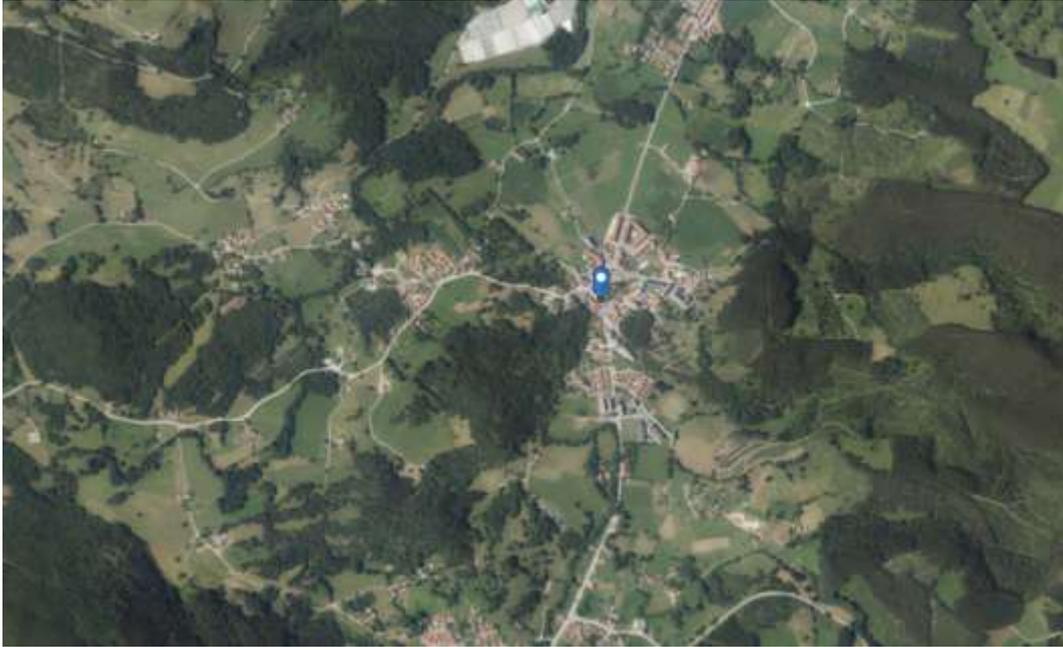


Figura 9: Municipio de Bádames. Fuente: mapas.cantabria.es [8]



Figura 10: Localización de la parcela. Fuente: mapas.cantabria.es [8]

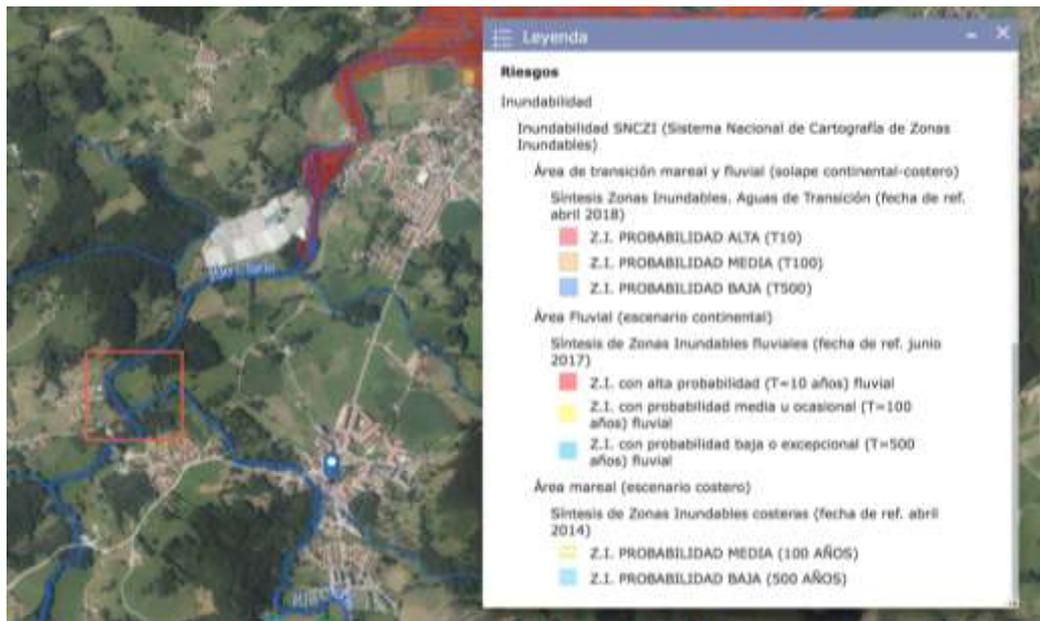


Figura 11: Situación y riesgos inundabilidad. Fuente: mapas.cantabria.es [8]

Las figuras anteriores dan una idea de la ubicación exacta de la construcción de la E.D.A.R. Se puede observar también, que no existe riesgo de inundabilidad en la zona escogida, ya que las posibles crecidas del río no afectarían a la zona elegida.

4. Estudio de alternativas.

Para la construcción de una E.D.A.R uno de los pasos principales es hacer una distinción entre los tipos de vertidos que puedan llegar a la planta, se distinguen los vertidos de tipo urbano y los industriales.

Los vertidos urbanos reciben en su mayoría aguas residuales urbanas y los industriales de una o varias industrias. Esta distinción es importante, dado que los tratamientos no serán los mismos porque las cargas de los contaminantes, como los contaminantes en sí, no serán los mismos.

Al mismo tiempo, se debe saber qué tipo de depuradora se adecua más al tamaño de población, espacio del que se dispone para su ubicación y al nivel económico de la zona.

El término municipal de Voto ha sufrido, junto con el resto de municipios de la costa oriental cántabra, fuertes presiones urbanísticas, influenciadas en gran medida por la superación de todas las previsiones de crecimiento de muchos de sus núcleos desde la aparición de la autovía A-8 y del boom inmobiliario, dando lugar al incremento de la población y por tanto del número de habitantes.

Según los estudios de población en el **Anejo 2**, se observa que el número de habitantes de los 3 municipios a los que dará servicio esta E.D.A.R, es de aproximadamente 1.000 habitantes censados en el año 2020, y una previsión de 2.000 habitantes aproximadamente en el año 2025. Teniendo en cuenta las circunstancias del crecimiento estacional que duplica la población en los meses de verano, se ha de considerar una población aproximada de 4.000 habitantes.

A la hora de elegir el tipo de E.D.A.R que ha de instalarse, se ha de tener en cuenta el tamaño de la población. A grandes rasgos, se puede observar una diferencia entre E.D.A.R para grandes poblaciones y pequeñas poblaciones.

Las estaciones de depuración para pequeñas poblaciones (aquellas con un número de habitantes equivalentes (he) inferior a 2.000), suelen utilizar sistemas de depuración donde los costes de mantenimiento y ejecución son bajos, ofrecen flexibilidad y adaptación de la capacidad de tratamiento, y requieren generalmente de un mayor espacio para su implantación, como en el caso de los humedales artificiales, lagunajes, etc. En general solo necesitará de un tratamiento adecuado, y no se verán obligadas a la implantación de tratamientos secundarios o terciarios.

Las E.D.A.R. “al uso”, son las estaciones depuradoras que se utilizan para poblaciones generalmente mayores de 2.000 he suele conllevar a tratamientos más complejos, secundarios

para poblaciones entre (2.000 y 15.000 he) y tratamientos terciarios para poblaciones mayores. Los costes de mantenimiento e implantación de estas instalaciones son elevados.

Una variación de estos dos tipos, es una E.D.A.R modular, este tipo, presenta los tratamientos en unos espacios mas reducidos, además de que pueden permitir, la utilización de solo una parte, en función de la población a la que vaya a dar servicio y ampliar su tamaño cuando sea necesario, lo que permite una reducción de costes. Por la gran variación estacional que sufre el caudal de la depuradora objeto de estudio, será éste el tipo de estación elegida.

Un esquema básico de los tipos de tratamientos en una E.D.A.R es el siguiente:

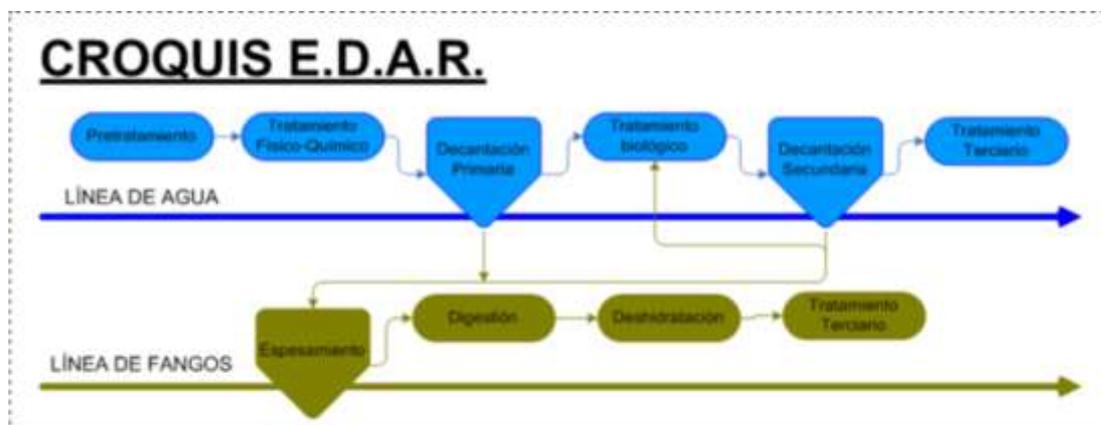


Figura 12: Esquema básico de una E.D.A.R. Fuente: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/depuracion-de-aguas-residuales.asp> [9]

En este esquema se observa claramente, que trata dos líneas, la línea de aguas y la línea de fangos. La línea de aguas es la que se devolverá al efluente mientras que los fangos, serán retirados y llevados a vertedero por un gestor autorizado.

Sin embargo, aunque en el croquis aparezcan esa variedad de tratamientos, esto no quiere decir que todos los tratamientos que se vayan a citar tienen que estar integrados en estas líneas, sino que alguno de ellos serán los seleccionados, en función del tratamiento que se vaya a realizar, la cantidad de caudal en función de la población a la que va a dar servicio esta construcción, etc.

A continuación se hará un estudio de las diversas alternativas que existen para el tratamiento de la línea de aguas en función de las necesidades y los requisitos que debe cumplir la E.D.A.R.

Respecto a la línea de fangos, simplemente se almacenarán los fangos y trasladarán a vertedero autorizado como se ha mencionado anteriormente.

Línea de aguas.

4.1 Pretratamientos.

Engloba a aquellos procesos que se sitúan a la entrada de la planta depuradora para eliminar residuos sólidos, arenas y grasas, que de no ser separados dañarían mecánicamente los equipos de las siguientes fases de tratamiento y sedimentarían en las tuberías y conductos de la instalación, obstruyéndolos o bien producirían pérdida de eficacia (por ejemplo: grasas en el reactor biológico). En todos los procesos se eliminan los contaminantes del agua residual por medios físicos. [10]

Alguna de las operaciones que puede haber en un pretratamiento son las siguientes, sin necesidad de realizar todas, se escogerán las mas convenientes:

- Separación de grandes sólidos.
- Desbaste.
- Dilaceración.
- Desarenado y desengrasado.

4.1.1 Separación de grandes sólidos. (Pozo de gruesos).

Cuando se prevé una gran cantidad de arenas en el agua bruta o la presencia de sólidos de gran tamaño, se debería incluir en cabecera de instalación un sistema de separación de estos grandes sólidos.

Este consiste en un pozo situado a la boca del colector de la depuradora, de tronco piramidal invertido y paredes muy inclinadas, con el fin de concentrar los sólidos y las arenas decantadas en una zona específica donde se puedan extraer de una forma eficaz.

Se le designa *Pozo de Gruesos*, que consiste en un pozo con una reja instalada, calificada como *Reja de Gruesos*, que consiste en una serie de barras de acero ubicadas en vertical en la entrada de la planta, y consigue impedir la entrada de troncos o materiales demasiado grandes que romperían o atorarían la entrada de caudal en la planta.

En este sistema la tarea consistirá en la retirada de estos grandes sólidos, para evitar que estos dificulten la llegada del agua residual al resto de la planta, y la de limpiar el fondo del pozo para que no se produzca anaerobiosis, y consecuentemente malos olores. También la de vaciar el contenedor de forma regular, si esto no es posible, se deberá utilizar un contenedor tapado.

[11]

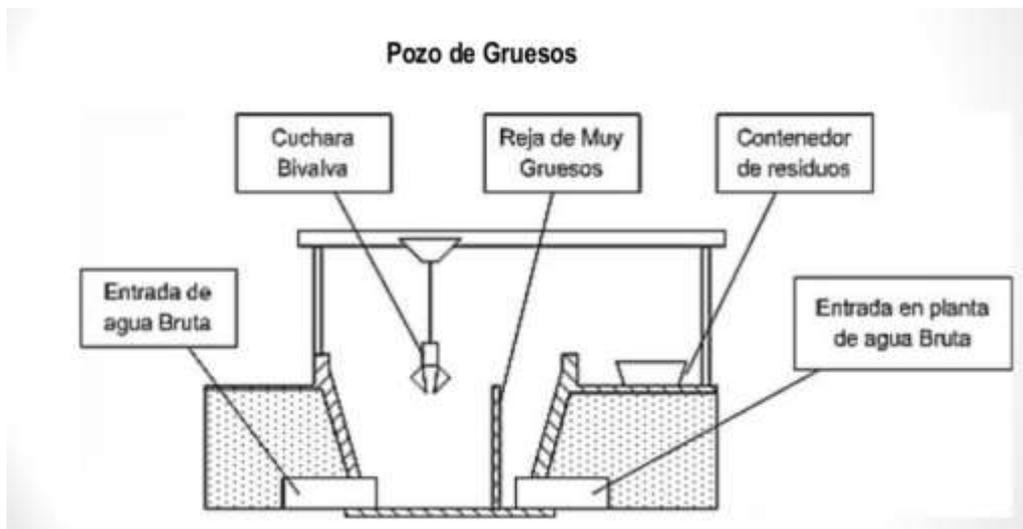


Figura 13: Pozo de gruesos. Fuente: <http://bioplastdepuracion.com/index.php?s=noticia&n=44> [12]

4.1.2 Desbaste.

Es un procedimiento de eliminación de sólidos de mayor tamaño del agua residual. El agua se hace pasar por rejillas y tiene como objetivo separar todos aquellos materiales de tamaño excesivamente voluminoso, que además de representar por sí una forma de contaminación (sólidos en suspensión), pueden dañar u obstaculizar las fases sucesivas de tratamiento. [10]

El desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en: [11]

- Desbaste de finos: con un espacio libre entre barras entre 10-25 mm.
- Desbaste de gruesos: con un espacio libre entre barras de 50-100 mm.

En cuanto a las barras, estas han de unos espesores mínimos según sea:

- Reja de gruesos: entre 12-25mm.
- Reja de finos: entre 6-12mm.

Se tiene que tener en cuenta también el tipo de limpieza de rejillas tanto para gruesos como para finos: [13]

- Rejas de limpieza manual: El usuario deberá limpiar periódicamente la reja manualmente con un rastrillo y eliminar los sólidos atrapados.

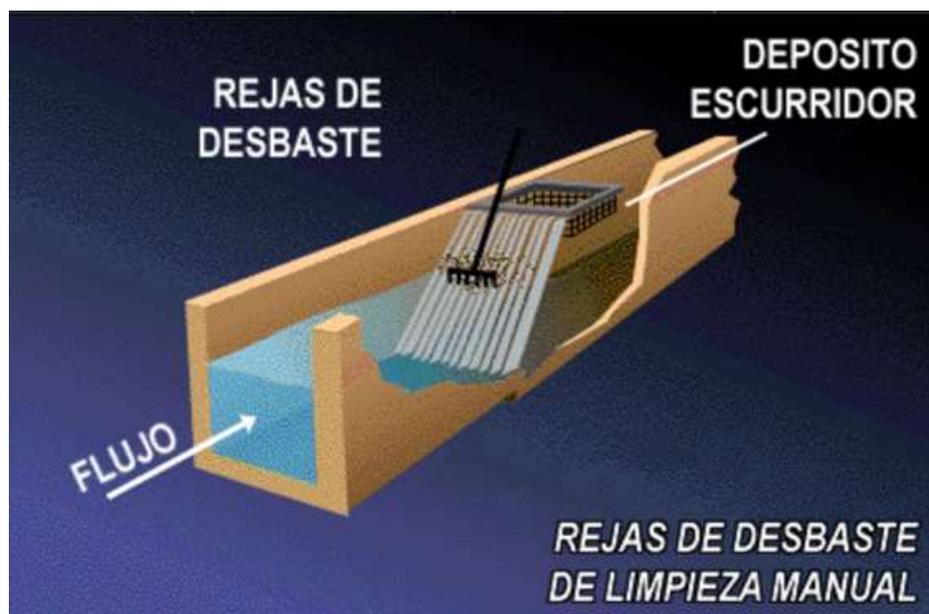


Figura 14:Reja de desbaste manual.Fuente:

https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/cursos/uni_03/u_03_img/011a.gif [14]

- Rejas de limpieza automática: Estas rejas de desbaste se clasifican por su funcionamiento automático. Atrapan los sólidos más gruesos y, a través de un cepillo rotatorio las envían a un contenedor para su reciclado. Las tareas de mantenimiento son menores debido a su «autolimpieza». [13]

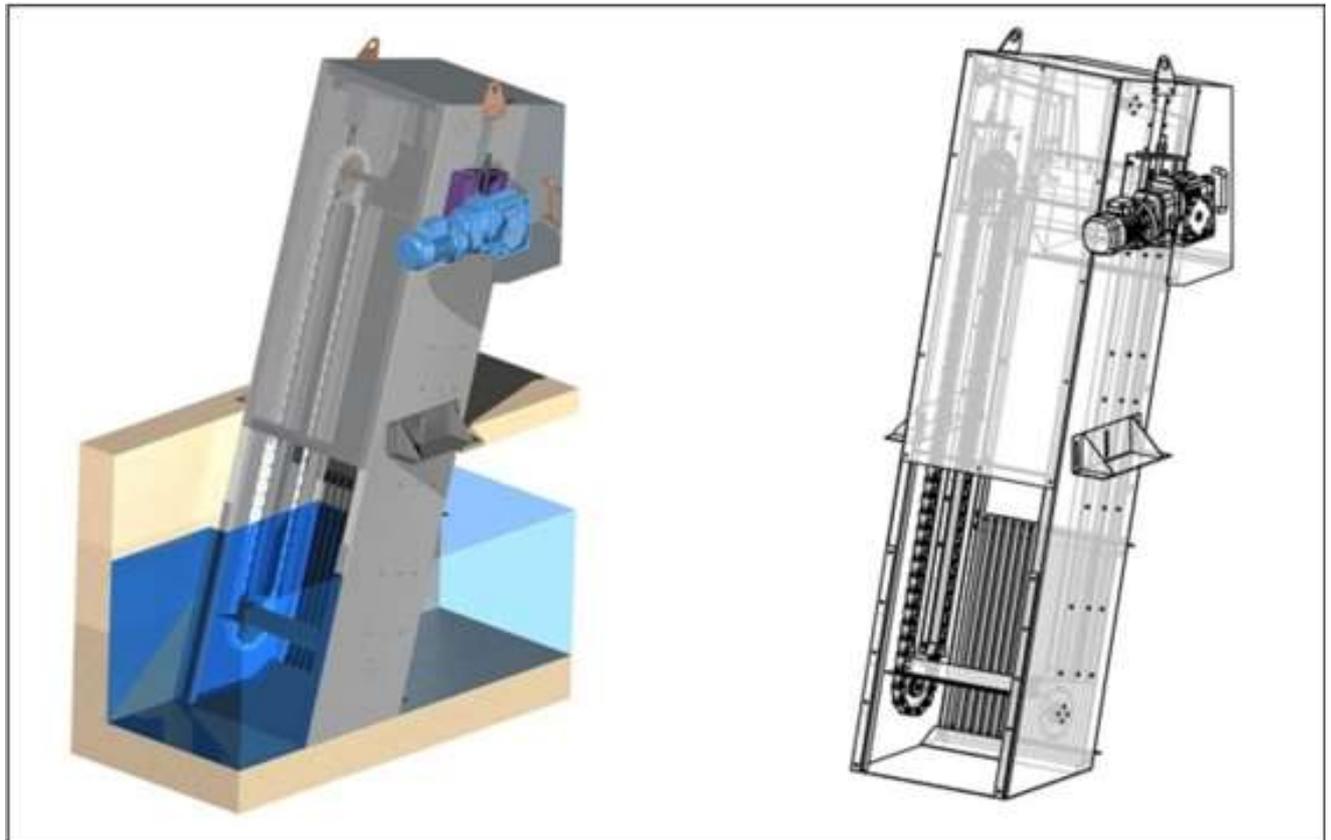


Figura 15: Reja de desbaste automática. Fuente: <https://www.idm-pirineo.es/idm/index.php> [15]

4.1.3 Dilaceración.

Los dilaceradores o trituradores, son dispositivos montados en canal, que admiten el paso del agua residual y los sólidos gruesos presentes son troceados, hasta reducirlos a un tamaño tal que sean arrastrados por el agua y que no causen problemas en el resto de la planta depuradora.

La única ventaja que presentan es la no generación de basuras en la planta depuradora. Debido a los problemas mecánicos que se pueden presentar en el funcionamiento de los dilaceradores, es indispensable contar con una unidad de reserva, o bien disponer en paralelo de una reja, generalmente de tipo manual. [16]

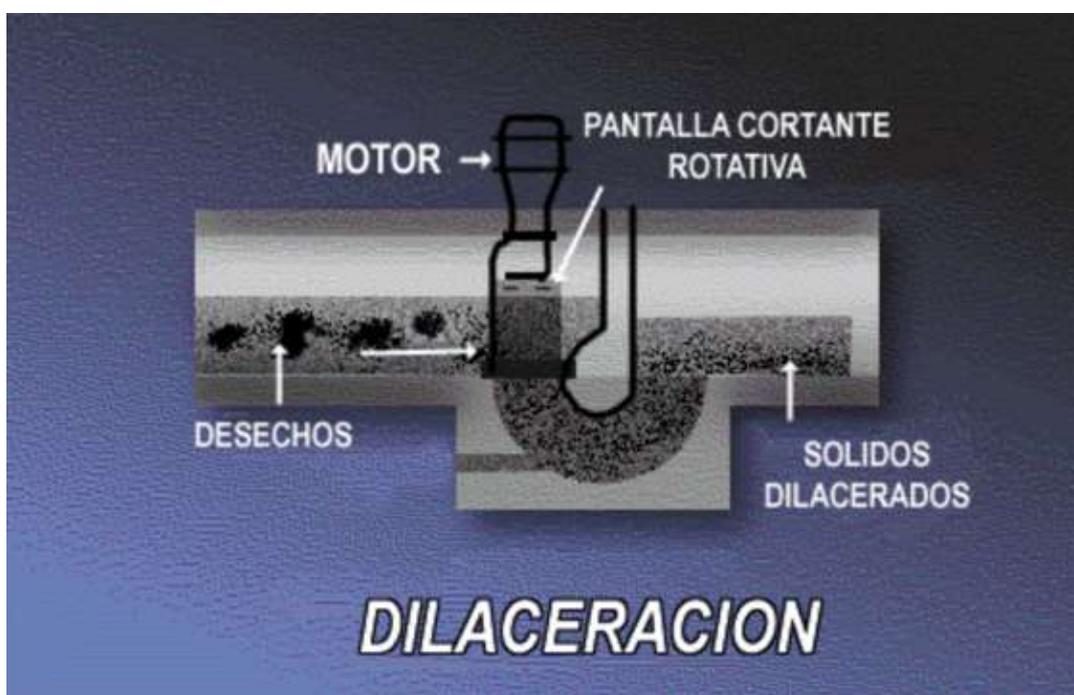


Figura 16: Esquema proceso de Dilaceración.

Fuente: http://aulacidta1.usal.es/edar/modulos/edar05/unidades/curso/uni_03/u3c4s1.htm [17]

4.1.4 Desarenado y desengrasado.

El objetivo de la operación de desarenado es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente.

En caso de que sea necesario un bombeo, deben ir antes un proceso de desbaste y de desarenado. Pero hay veces que es conveniente situar el bombeo previo al desarenado aun a costa de un mayor mantenimiento de las bombas. Esto ocurre cuando los colectores de llegada están situados a mucha profundidad, cuando el nivel freático está alto, etc.

Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm y peso específico medio 2,65, obteniéndose un porcentaje de eliminación del 90%. Si el peso específico de la arena es bastante menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las anteriores.

Pero en esta operación se eliminan también otros elementos de origen orgánico no putrescibles como granos de café, semillas, huesos, cascara de frutas y huevos.., que sedimentan a la misma velocidad que las partículas de arena y cuya extracción no interesa.

Este problema se evita con el llamado Barrido o Limpieza de Fondo. Se explica por el hecho de que existe una velocidad crítica del flujo a través de la sección, por encima de la cual las partículas de un tamaño y densidad determinadas, una vez sedimentadas, pueden volver a ser puestas en movimiento y reintroducidas en la corriente. Teóricamente, para partículas de 0,200 mm de diámetro y peso específico 2,65, la velocidad crítica de barrido es de 0,25 m/s aunque en la práctica se adopta a efectos de diseño una velocidad de 0,30 m/s. Con esta velocidad se considera que las arenas extraídas salen con un contenido en materia orgánica inferior al 5%. **[11]**

La finalidad del desengrasado en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más livianos que el agua, que podrían cambiar los procesos de tratamiento posteriores.

El desaceitado consiste en una separación líquido - líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido - líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

Se podría hacer esta separación en los decantadores primarios al ir provistos éstos de unas rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es importante, estas rasquetas son insuficientes y la recogida es deficitaria. **[18]**

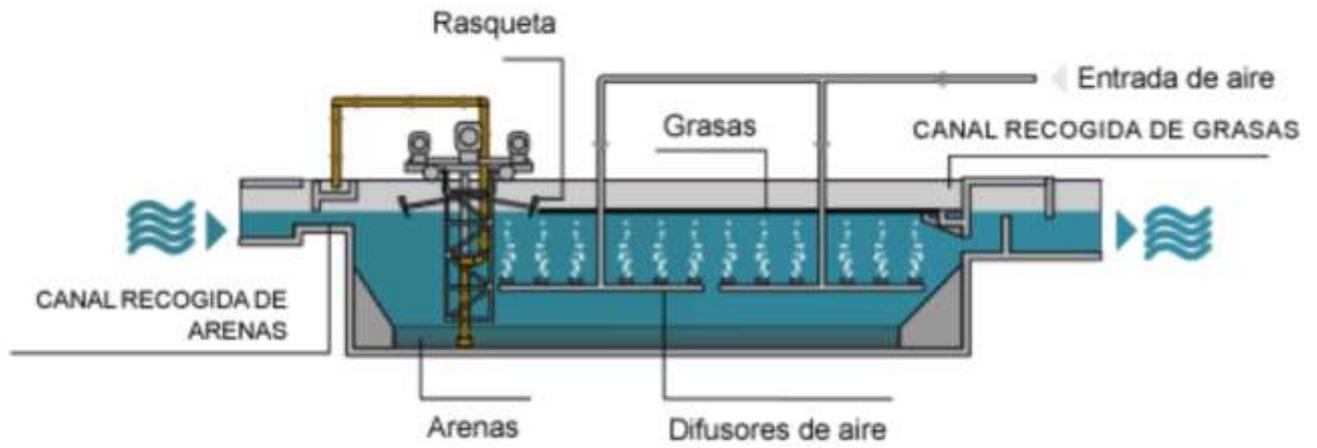


Figura 17: Desarenado y desengrasado.

Fuente: <http://contenidos.educarex.es/mci/2007/11/activid/edar/edar.htm> [19]

4.1.5 Elección del pretratamiento.

Dentro de todos los pretratamientos que se han analizado, no es necesario el uso de todos ellos, simplemente aquel o aquellos que hagan que se cumplan los objetivos que hay que llevar a cabo adecuándose a las características de la E.D.A.R.

Para comenzar no se dispondrá del pozo de gruesos, dado que a la entrada a la planta no llegarán grandes cantidades de arena ni sólidos de gran tamaño, puesto que se dispone de una red separativa y no se recogen las aguas pluviales.

La dilaceración no está destinada a mejorar la calidad del agua bruta ya que las materias trituradas no son separadas, sino que se reincorporan al circuito y pasan a los demás tratamientos, por lo que este paso no se suele utilizar, a no ser que no haya desbaste. Al contar con rejas de desbaste no es necesario incluirlo en el diseño y funcionamiento de la planta.

Además, estos equipos no eliminan las basuras presentes en el agua residual, sino que las adecuan para su eliminación posterior por decantación como sólidos en suspensión, lo que lleva consigo un aumento considerable de los mismos y de la DBO en el caso de que el sólido se componga de materia orgánica biodegradable, y en consecuencia un aumento del tamaño de los procesos posteriores así como del tratamiento de fangos. Por este motivo la instalación de estas unidades en plantas depuradoras urbanas generalmente no son permitidas.

El proceso de desengrasado-desarenado no será necesarios ya que sólo se va a tratar aguas residuales domésticas, con lo que la cantidad de grasas y aceites no va a ser tan notable como para la incorporación este proceso. Los desengrasadores separados del desarenado son recomendables cuando se busca una mayor calidad del agua o cuando el agua proviene de ciertos tipos de industrias: Petroquímicas y refinerías de petróleo producen gran cantidad de aceites, los mataderos producen gran cantidad de grasas, etc.

En el caso escogido se dispondrá como pretratamiento una reja de limpieza automática

Estas rejas se utilizan para evitar la entrada de sólidos gruesos o finos en los tratamientos siguientes de la E.D.A.R que puedan generar problemas, como el mal funcionamiento de los tratamientos posteriores, así como para conseguir con ello eludir posibles depósitos y obstrucciones posteriores además de para aumentar la eficacia de los tratamientos superiores. Por otro lado, se trata de un tratamiento que no requiere un gran espacio, no tiene un costo elevado y evita la necesidad de personal especializado para su mantenimiento

4.2 Tratamiento primario.

De acuerdo con la clasificación clásica de los tratamientos de aguas residuales, el tratamiento primario, se entiende como el proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos o químicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento.

Los procesos físicos aplicados al tratamiento de los residuos, se utilizan fundamentalmente para llevar a cabo la separación del residuo en sus fases o en sus componentes y la concentración de las sustancias responsables de su peligrosidad. Las operaciones de separación, bien por procedimientos mecánicos forzados, como por ejemplo las filtraciones de todos los tipos o la centrifugación, o bien por procedimientos hidráulicos como la decantación. [20]

Estos tratamientos no modifican la constitución de los componentes, sino la forma de presentación y pueden utilizarse como técnicas separadas o como complemento a los métodos químicos o biológicos.

Los tratamientos químicos, requieren la utilización de productos químicos o coagulantes, que rompen el estado coloidal de las partículas y forman flóculos de gran tamaño de forma que decantan más rápidamente. Este tipo de alternativas, no se plantearán ni llevarán a cabo por su complejidad en el tipo de planta depuradora que se está planteando.

Tampoco interesa sistemas tan complejos debido a la escasa contaminación a la que está expuestas dichas aguas. [21]

Cabe destacar que en el efluente del tratamiento primario, muchos de los sólidos en suspensión tienen carácter orgánico, con lo que al separar dichos sólidos, se estará eliminando parte del DBO.

La presencia en el agua de muchas sustancias sólidas constituye la parte más importante y aparente de la contaminación. El tamaño de las partículas contaminantes presentes en el agua es muy variado. Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista en el agua y dejando la suspensión en reposo, se pueden separar bien por decantación bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua. También resulta fácil separarlas por filtración.

Por lo tanto, lo que se está buscando es un tratamiento físico.

Dentro de estas opciones se van a plantear como tratamientos primarios para esta planta:

- Decantación primaria.
- Tamizado.

4.2.1 Decantación primaria.

El objetivo de la decantación primaria es la reducción de los sólidos en suspensión de las aguas residuales bajo la exclusiva acción de la gravedad. Por tanto solo se puede pretender la eliminación de los sólidos sedimentables y las materias flotantes.

Según la clasificación de Fitch, basada en la concentración y tendencia a la interacción de las partículas, existen cuatro tipos de sedimentación diferenciadas: **[18]**

- Sedimentación clase 1 ó de partículas discretas. Se trata de la sedimentación de partículas en suspensión con un abaja concentración de sólidos. Las partículas sedimentan como unidades individuales y no existe la interacción sustancial de partículas vecinas.
- Sedimentación clase 2 ó de partículas floculantes. La floculación espontanea se produce cuando chocan partículas que están sedimentando, de manera que se agregan y forman partículas más grandes.
- Sedimentación clase 3 ó zonal. Se refiere a la sedimentación donde la concentración de sólidos en suspensión es elevada, y donde las interacciones entre partículas intervienen en el proceso de sedimentación.
- Sedimentación clase 4 ó por compresión. Se refiere a la sedimentación en la que las partículas están concentradas de tal manera que se forma una estructura, y la sedimentación solo puede tener lugar a consecuencia de la compresión de esta estructura. La compresión se produce debido al peso de las partículas que se van añadiendo constantemente a la estructura por sedimentación desde el líquido.

Para poblaciones, como es este caso, dentro de los decantadores estáticos o dinámicos que hay, los estáticos son para pequeñas poblaciones (<2.000 habitantes), y los decantadores dinámicos para poblaciones mayores, por lo que la opción estaría en los decantadores dinámicos.

Los decantadores mecánicos, poseen elementos electromecánicos que se utilizan fundamentalmente para recoger flotantes y conducir los lodos decantados hacia el punto de evacuación. Atendiendo a su geometría son de dos tipos:

- Rectangulares.
- Circulares.

- Decantadores rectangulares: El agua entra por un extremo y el efluente sale por el opuesto, el flujo es paralelo a la dimensión más larga del decantador. Los fangos decantados son arrastrados hasta uno de los extremos por sistema de cadenas transportadoras sin fin o por un puente móvil con una rasqueta de fondo. Los lodos decantados son evacuados por purgas periódicas mediante un equipo de bombeo o mediante un tubo telescópico que por sifonamiento les envía a un pozo de bombeo. El líquido a tratar entra transversalmente al tanque de forma que se distribuye a lo largo de toda la sección, para evitar zonas muertas de trabajo. [21]

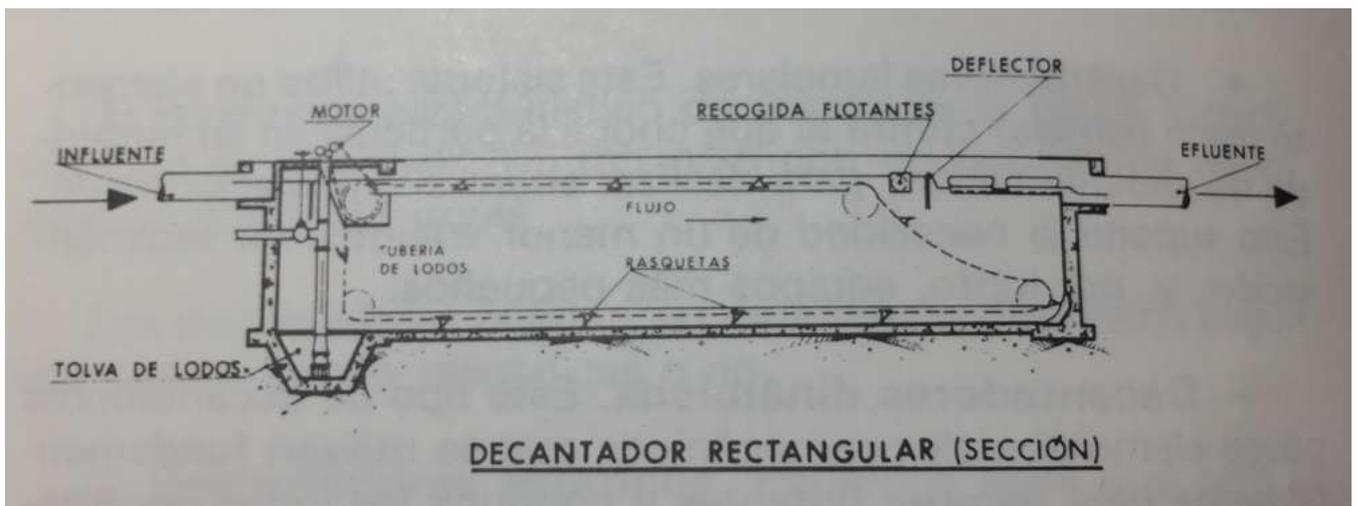


Figura 18: Decantador rectangular. Fuente: Manual del alcalde. Depuración de aguas residuales. [21]

- Decantadores circulares: El agua entra por el centro normalmente (excepto en los de alimentación periférica) y sale por la periferia por un vertedero ajustable. Los fangos son arrastrados hacia un pozo de lodos, situado muy próximo al centro, por medio de brazos giratorios que barren el fondo. La eliminación de espumas y flotantes se lleva a cabo mediante un brazo radial que gira solidario con las rasquetas del fondo. [21]

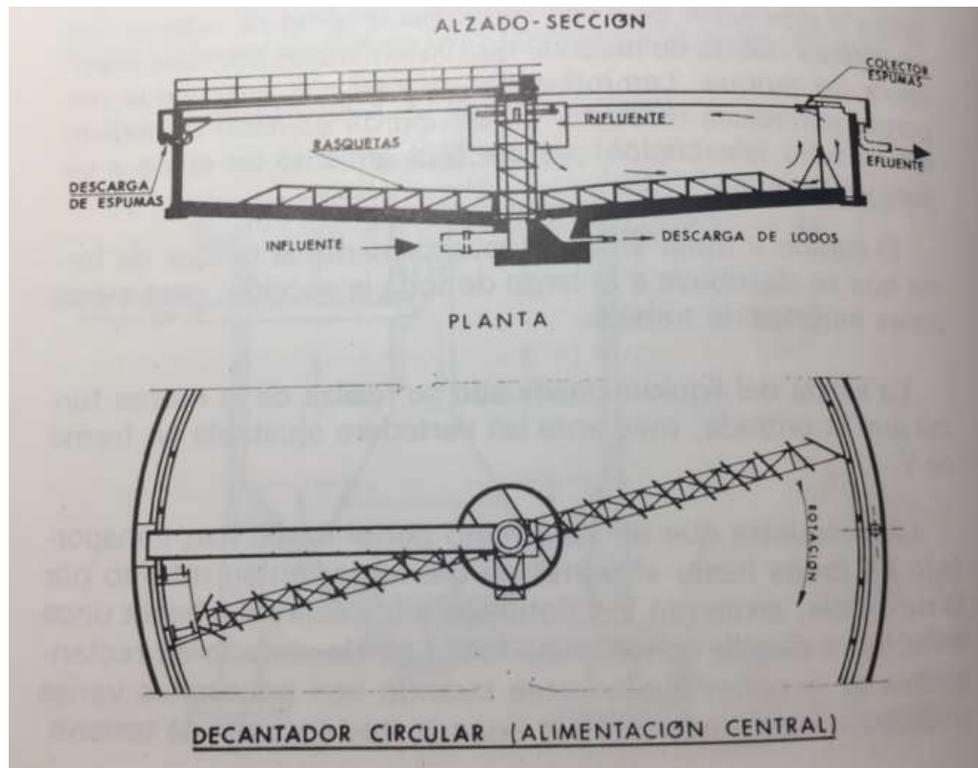


Figura 19: Decantador circular. Fuente: Manual del alcalde. Depuración de aguas residuales. [21]

4.2.2 Tamices.

El tamizado consiste en una filtración sobre malla delgada. Los tamices, en general, son equipos electromecánicos autolimpiantes. El uso de estos equipos suele requerir de la presencia de un desbaste previo.

En algunos casos, en función del tamiz escogido, este sistema sustituir los procesos de desarenado- desengrasado, ya que algunos permiten la eliminación de arenas gruesas y porcentajes del 30% de grasas y sobrantes. El proceso es estrictamente físico. [22] [23]

Según las dimensiones de los orificios de paso del tamiz, se distingue entre: [11]

- **Macrotamizado:** Se hace sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,2 mm. Se utilizan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas, partículas, etc. de tamaño entre 0,2 y varios milímetros.
- **Microtamizado:** Hecho sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Se usa para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en el agua de abastecimiento (Plancton) o en aguas residuales pretratadas.

Según su funcionamiento pueden clasificarse en estáticos y rotativos:

- **Tamices estáticos :** No tienen ninguna parte móvil y por la geometría de colocación de la malla, son autolimpiantes. El agua residual a tratar se introduce en un compartimento posterior del equipo, que por rebose se desliza a través de la superficie filtrante donde tiene lugar la tamización o separación de los sólidos. El núcleo fundamental de la unidad es el conjunto de barras o hilos del tamiz. La disposición de los alambres transversales con curvas sinusoidales en el sentido del flujo proporciona una superficie relativamente no atascable con alto poder de filtrabilidad.

Proyecto de una E.D.A.R modular en el municipio de Voto (Cantabria).

La gran ventaja de este tipo de tamices es:

- Mantenimiento mínimo.
- No tienen consumo energético.

Se usa en pequeñas plantas. La gran desventaja es la alta pérdida de carga que genera su uso.



Figura 20: Tamiz estático. Fuente: <http://www.noheydia.net/productos/tamices/> [24]

- Tamices rotativos o dinámicos: Los tamices dinámicos tienen una capacidad de tratamiento superior a los estáticos, siendo mecánicamente más complejos y de coste más elevado.

Estas unidades en la actualidad se están utilizando, además de para los fines indicados anteriormente, para el tamizado de fangos urbanos antes de su espesado, con el fin de eliminar la presencia de sólidos de tamaño medio y que ocasionarían graves problemas en los digestores.

Los tamices dinámicos están formados por un cilindro cuya virola está formada por una malla de inoxidable a través de la cual fluye el agua residual, quedando retenidos sobre la superficie los sólidos en suspensión a eliminar. Al girar el cilindro, extrae del agua los mencionados sólidos, que son arrastrados por la superficie del tamiz y separados posteriormente mediante una rasqueta. [25]



Figura 21: Tamiz rotativo. Fuente: <http://www.nocheydia.net/productos/tamices/> [24]

4.2.3 Elección del tratamiento primario.

El tratamiento primario, es un paso importante en la depuración de las aguas residuales. Dicho tratamiento como ya se ha mencionado anteriormente puede ser tanto físico , químico o físico-químico.

En las alternativas estudiadas para la estación depuradora de diseño, sólo se han planteado tratamientos físicos, por la complejidad, principalmente, que suponen los tratamientos químicos.

Dentro de los tratamientos físicos se ha analizado la decantación y los tamices. Si bien no se van a llevar a cabo ambos tratamientos, sino que se escogerá uno dentro de los dos procesos.

Cabe destacar que lo que se busca desde el principio en esta estación depuradora, es ocupar el menor espacio posible y que reduzca al máximo el impacto visual que una construcción de este tipo pueda provocar en la zona, por lo que los decantadores dada las dimensiones que requieren no serían convenientes en este caso.

Evidentemente, el nivel de garantía a exigir a una depuradora dependerá de la importancia de la misma. El Anteproyecto de Nuevo Modelo de Pliego de Bases del MOPU, recomienda la no consideración de la decantación primaria para poblaciones menores de 20.000 habitantes como es este caso. [26]

Por otro lado, y dentro de los problemas propios de la decantación, se encuentra la temporización de la purga de fangos, proceso que exige un cierto control por parte de un operario especializado. Además, Si el caudal es pequeño, los fangos se van almacenando en el decantador. Esto puede traer como consecuencia una disminución del rendimiento del proceso y la entrada de los fangos en anaerobiosis, con la consiguiente posibilidad de malos olores y flotación del fango decantado.

Al contrario que los decantadores, los tamices, ocupan espacios bastante reducidos, se trata de equipos baratos, sin partes móviles y que precisa de un mantenimiento mínimo.

Además, los tamices no se encontrarán muy influenciados por los cambios de caudales y trabajarán igualmente a caudal medio como a caudal máximo, algo que no pasa en los decantadores.

4.3 Tratamiento secundario.

Como repercusión del incremento de las cargas contaminantes urbanas e industriales, frente al poder autodepurador de los cauces receptores, un pretratamiento e incluso una depuración primaria o física no son suficientes para poder llevar a cabo el vertido sin problemas. Es preciso subir un nivel más, entrando así en el campo de los procesos biológicos. [27]

El tratamiento biológico de aguas residuales se lleva a cabo mediante una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre los que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes solubles en el agua. Estos procesos aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar la materia orgánica y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento. Cuando se reproducen, se agregan entre ellos y forman unos flóculos macroscópicos con suficiente masa crítica como para decantar en un tiempo razonable.

El objetivo prioritario en un tratamiento secundario, o también llamado tratamiento biológico, es la reducción de la Demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y Demanda química de oxígeno (DQO).

Podemos decir que el objetivo principal lo alcanza mediante tres pasos fundamentales:

[28]

- Transformar y disolver componentes biodegradables en productos finales aceptables.
- Capturar e incorporar sólidos coloidales no sedimentables a un floculo biológico, también llamado biopelícula.
- Transformar o eliminar nutrientes como nitrógeno y fósforo.

En la mayoría de los casos, la materia orgánica conforma la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento.

Además, también es necesaria la existencia de nutrientes, que contengan las bases esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan nitrógeno y fósforo, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua.

Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

- Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana, CO_2 y H_2O .
- Los procesos anaerobios transforman la sustancia orgánica en biogás, mezcla de metano y CO_2 .

Los procesos biológicos aerobios más utilizados son:

- Los lodos activados.
- Los lechos bacterianos o filtros percoladores.

En ambos casos, el éxito de la operación estriba en mantener las condiciones aerobias, que son necesarias para el ciclo vital de los organismos, y en controlar la cantidad de materia orgánica que descompongan. La materia orgánica es el alimento que sustenta a estos organismos, y su eficiencia disminuye tanto por una sobrealimentación, como por una alimentación deficiente o no equilibrada. [27]

4.3.1 Lodos activados.

El sistema radica en desarrollar un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo (lodos activados) en un depósito agitado y aireado (deposición de aireación) y alimentado con el agua a depurar. La agitación elude sedimentos y homogeniza la mezcla de los flóculos bacterianos y el agua residual (licor mezcla) y la aireación tiene por objeto abastecer del oxígeno necesario a las bacterias. Dicha aireación puede hacerse partiendo del oxígeno del aire, de un gas enriquecido en oxígeno, o de oxígeno puro.

Después de un tiempo de contacto suficiente, el licor de mezcla se envía a un clarificador (decantador secundario o tanque de sedimentación) designado a separar el agua depurada de los fangos, un porcentaje de estos últimos se recirculan al depósito de aireación (excepto en mezcla completa sin recirculación), para proveer en el mismo una concentración suficiente de biomasa activa (bacterias activas) y el excedente (fangos secundarios en exceso), se extrae del sistema y se evacúa al tratamiento de fangos. [21].

Los procesos de lodos activos que se van a analizar son los siguientes:

- Proceso convencional.
- Mezcla completa.
- Aireación escalonada.
- Contacto estabilización.

- Convencional: En el proceso convencional, el agua residual sin tratar o el efluente primario y el lodo recirculado se añaden como influente final en un tanque de aireación. Esta mezcla de agua residual y lodo recirculado circulan a través del tanque hacia el final del efluente.

Debido a que el agua residual no se añade en cualquier otro punto del tanque de aireación, el esquema del proceso corresponde a un "flujo de pistón".

Puesto que el influente final del tanque de aireación es una mezcla de influente y lodo recirculado, la demanda de oxígeno más elevada se produce en este punto. De esta forma, normalmente el oxígeno disuelto es bajo en este punto del tanque.

Esto se debe a que los microorganismos han estado en el fondo del clarificador secundario con una pequeña cantidad de oxígeno y alimento. Cuando son recirculados al tanque de aireación, consumen activamente materia orgánica; utilizando el oxígeno disponible.

Al final del tanque de aireación hay una pequeña cantidad de materia orgánica residual, el oxígeno utilizado es poco y algunas bacterias mueren. Las bacterias son menos activas y empezarán a flocular y decantar en los clarificadores secundarios. [29]

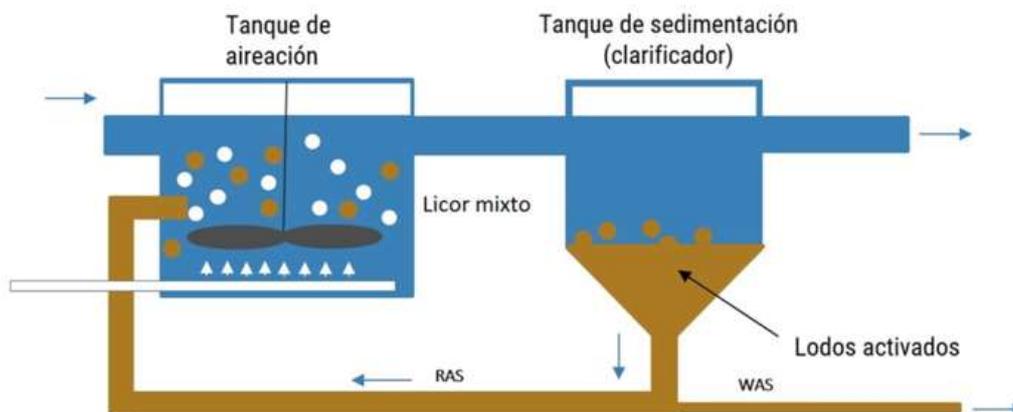


Figura 22: Lodos activados, proceso convencional.

Fuente: <https://croipaia.com/es/blog/lodos-activados/> [30]

- Mezcla completa: Imita el régimen hidráulico existente en un reactor agitado mecánicamente. La carga orgánica en el tanque de aireación y la demanda de oxígeno son uniformes de uno a otro de aquél. El licor de la mezcla al ir atravesando el tanque de aireación desde la entrada al canal efluente, tiene una mezcla completa por medio de aireación mecánica o difusores.

La ventaja de distribuir el agua residual en pequeñas cantidades por todo el tanque de aireación es que se reduce la demanda de oxígeno, permitiendo tratar cargas orgánicas más altas.

La distribución de agua residual en pequeñas cantidades disminuye el efecto de los "shocks" o golpes de carga, debido a cargas orgánicas excesivas. Las cargas tóxicas se minimizan también, puesto que el material tóxico se dispersa rápidamente. [31]

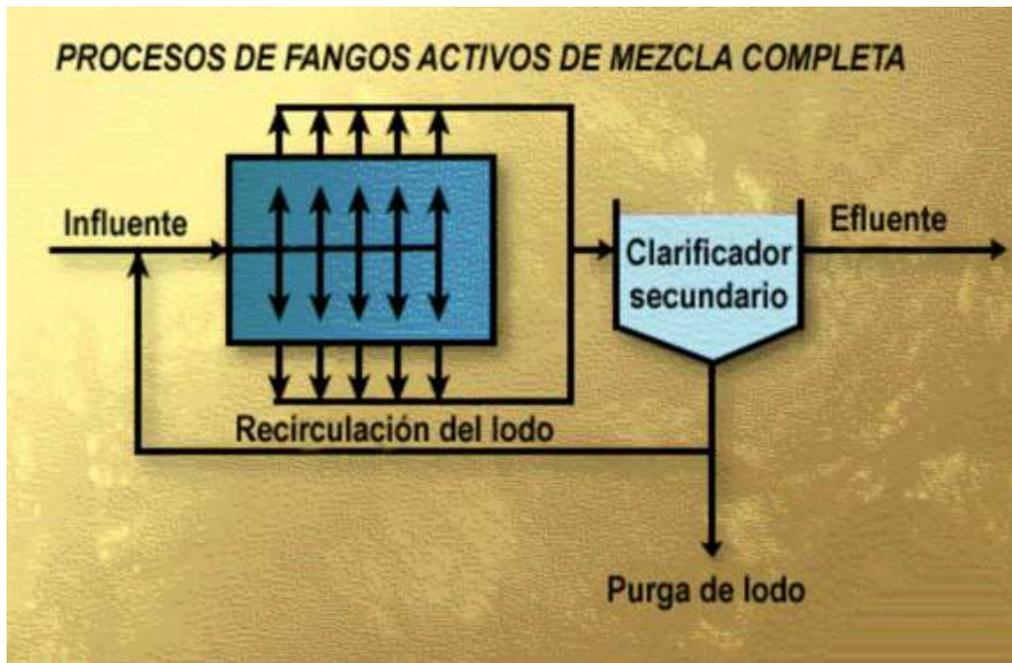


Figura 23: Lodos activados de mezcla completa. Fuente: <https://cutt.ly/8t6cohc> [32]

- **Aireación escalonada:** Es una modificación del proceso de fangos activados en el que se introduce el agua residual en distintos puntos del tanque de aireación, disminuyendo la demanda punta de oxígeno. Distribuyendo la carga orgánica en diferentes puntos y en pequeñas cantidades, se reduce la alta demanda de oxígeno que se produce en un punto.

Por tanto, la carga orgánica puede ser distribuida en diferentes puntos de alimentación en el tanque de aireación.

El tanque de aireación se subdivide por medio de deflectores en cuatro canales paralelos o más. Cada canal es una fase o escalón individual y las distintas fases se conectan entre sí en serie. Si se quiere, se puede utilizar la primera fase para la aireación del fango activado de retorno.

Por ejemplo, cuando una planta de tratamiento tiene condiciones normales de flujo pero hay un periodo de baja carga orgánica, el flujo influente del tanque de aireación puede ser introducido en la parte final de un tanque de paso múltiple o en los puntos de alimentación finales de un tanque de un solo paso.

Con respecto a la alimentación se parece al proceso de contacto-estabilización. [33]

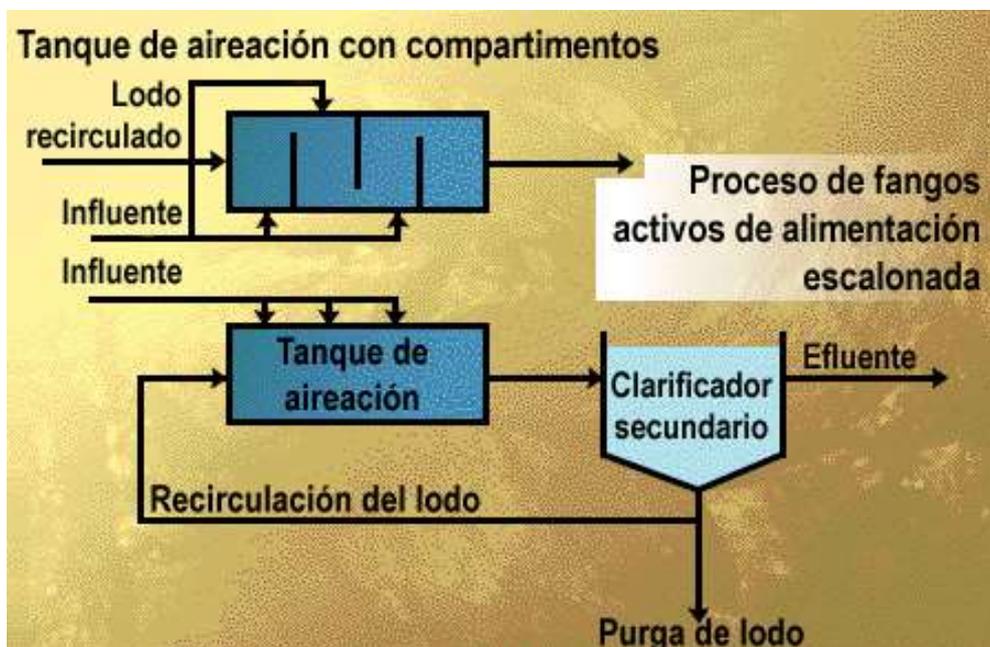


Figura 24: Lodos activados, proceso de aireación escalonada.

Fuente: <https://cutt.ly/lt6cbeu> [34]

• Contacto- estabilización: El proceso de contacto - estabilización utiliza una específica configuración del tanque. Como se muestra aquí, este proceso utiliza dos tanques de aireación:

- Tanque de estabilización;
- Tanque de contacto.

El lodo activo recirculado se bombea primero al tanque de estabilización, donde se airea durante 3 - 6 horas. En el tanque de estabilización el lodo se airea en ausencia de alimento (efluente primario o agua residual). En el tanque de estabilización, las bacterias oxidan el alimento que adsorben y lo utilizan para su crecimiento.

Después de esto, el lodo pasa al tanque de contacto, donde se mezcla con el efluente primario o agua residual. Puesto que los microorganismos han permanecido largo tiempo sin alimentación, son altamente activos cuando entran en el tanque de contacto.

El tiempo de retención en el tanque de contacto es bajo: de 20 minutos a una hora. El alimento es rápidamente absorbido por los microorganismos.

Después de pasar a través del tanque de contacto, el licor mezcla se transfiere al clarificador secundario, donde los sólidos decantan.



Figura 25: Proceso fangos activados contacto-estabilización.

Fuente: http://aulacidta1.usal.es/edar/modulos/edar05/idades/curso/uni_05/u5c3s5.htm#anchor1 [35]

4.3.2 Lechos bacterianos.

El principio de funcionamiento consiste en hacer caer el agua a tratar previamente decantada en forma de lluvia, sobre una masa de material de gran superficie específica que sirve de soporte a los microorganismos depuradores, los cuales forman en la misma una película de mayor o menor espesor, según la naturaleza del material utilizado.

Los filtros bacterianos se clasifican según su carga orgánica e hidráulica en filtros de alta a baja carga. Según el tipo de relleno los filtros pueden ser: de relleno tradicional o de relleno no plástico.

En principio el funcionamiento del filtro es el siguiente: se efectúa una aireación por tiro natural, esta aireación tiene por objeto aportar a la masa del lecho del oxígeno necesario para mantener la microflora en un medio aerobio, las sustancias contaminantes del agua y el oxígeno del aire se difunden a través de la película biológica hasta los microorganismos asimiladores, al mismo tiempo que se eliminan en los fluidos líquidos y gaseosos los subproductos y el gas carbónico.

La peculiaridad más importante de los tanques sedimentadores de filtros bacterianos, es que los fangos no se recirculan, como en los decantadores secundarios de los lodos activados. Todo el lodo existente en los tanques de sedimentación de los filtros bacterianos es enviado a las instalaciones de tratamientos de fangos. [21]

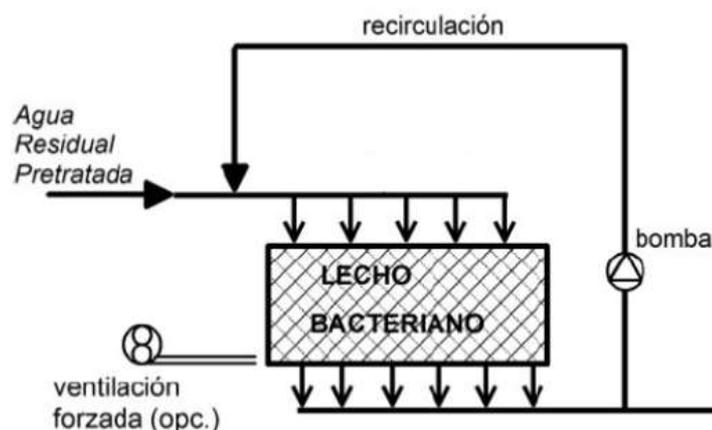


Figura 26: Proceso de Lechos bacterianos.

Fuente: <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/filtros-percoladores.htm> [36]

4.3.3 Elección del tratamiento secundario.

Dentro del tratamiento secundario, como ya se ha visto anteriormente, se han analizado los procedimientos de los dos sistemas siguientes: los lodos activos y los lechos bacterianos, también llamados filtros percoladores.

Los lechos bacterianos, suponen un mayor gasto de energía, un mayor coste de implantación y mayor complejidad por lo que a la hora del mantenimiento, se necesitará disponer de personal más cualificado.

Además para su funcionamiento se necesita de un mayor control por parte del operador. Por otro lado, presentan una peor integración paisajística, generan malos olores, una mayor generación de fangos y tienen gran dependencia a los cambios meteorológicos, siendo incluso desaconsejables en climas fríos por su falta de rendimiento

Cabe destacar también, que este tipo de tratamientos exigen un adecuado pretratamiento (desarenado) o una decantación primaria algo que no se contempla en esta E.D.A.R.

Por otro lado, los lodos activos presentan un bajo costo inicial del sistema, frente a los lechos bacterianos y se posee una amplia experiencia a nivel mundial con lo que facilita las tareas de mantenimiento e implantación del proceso.

Además, estos sistemas permiten una flexibilidad en la operación cuando se presentan grandes variaciones de carga orgánica e hidráulica, como es en este caso con las grandes fluctuaciones en la población entre verano e invierno.

También cabe destacar, el mínimo riesgo de producción de malos olores por el reducido tiempo en los reactores así como por las condiciones aerobias.

Hay que tener en cuenta, que la zona en la que se va a implantar la depuradora, va a dar servicio a tres municipios “pequeños” y no interesa que los costes de la implantación de la E.D.A.R así como su mantenimiento sean altos. [37].

Además, las aguas a tratar no van a presentar una elevada carga orgánica, por lo que tampoco se necesitaría un sistema más complejo en la introducción de la recirculación de lodos como en el proceso de mezcla completa.

Si que es cierto que dentro de todos los procesos que se presentan en los lodos activos, en esta E.D.A.R se van a escoger concretamente un proceso convencional, por su versatilidad simplemente implantando más tanques si fuese necesario, su menor complejidad a la hora de su mantenimiento, por su menor ocupación en planta al no disponer de un tanque de contacto como en el proceso de contacto-estabilización o necesitar de varios tanques de aireación como es en el caso de aireación escalonada.

5. Descripción del proyecto.

La alternativa seleccionada para el proyecto de la E.D.A.R, tiene como parámetro fundamental para la elección de su diseño, la diferencia sustancial entre la población que reside en la actualidad de 789 habitantes y la población futura estimada en 4.000 habitantes. También en su diseño se tendrá en cuenta las fuertes variaciones estacionales a las que van a estar expuestos los municipios a los que va a dar servicio.

Por tanto se planteará una planta con un diseño modular, que permita la utilización de una parte del total de la capacidad de la estación, adecuándose a la población que resida en la zona en cada momento.

Por tema de ahorros de energía, lo que se va a plantear es la construcción de una estación que permita utilizar un sólo módulo en invierno e ir ampliando a medida que va creciendo la población en las diferentes épocas del año y a lo largo de los años.

Instalaciones:

- PRETRATAMIENTO: DESBASTE DE GRUESOS: Caudal total.
- POZO DE HOMOGENEIZACIÓN Y BOMBEO: Caudal total.
- BOMBEO DE TRATAMIENTO: UNA LÍNEA 100% Caudal total.
- TRATAMIENTO BIOLÓGICO: 2 líneas al 50% caudal total.
- DECANTACIÓN SECUNDARIA: Caudal total .
- TRATAMIENTO LODOS: Almacenaje, estabilización por oxidación y retirada a vertedero autorizado.

5.1 Descripción de las instalaciones.

En los siguientes puntos se explicarán de forma resumida los distintos tratamientos escogidos para el diseño de la E.D.A.R del proyecto. El desarrollo detallado de las mismas se encuentran en el **Anejo 3**.

5.1.1 Canal de llegada.

Las aguas residuales llegan a la E.D.A.R. conducidas en tubería 500 mm de diámetro, de la que ya se dispone, que desembocan en un canal de entrada de 1.500 mm de profundidad estimada y 600 mm de anchura. Sobre dicho canal se ubicará la reja automática de desbaste. Los cálculos para su diseño se encuentran más detallados en el **Anejo 3, punto 3.1.**

5.1.2 Reja de desbaste.

Se proyecta una reja automática con 20 mm de luz de paso. La limpieza automática se realizará activada por un temporizador y/o sensor de nivel.

Los sólidos eliminados se elevan por encima del canal y se vierten a un contenedor para su retirada a vertedero.

La reja dispondrá de una anchura de 0,60 metros que se adapte al canal y una altura de más de 1,50 metros.

. Los cálculos para su diseño se encuentran más detallados en el **Anejo 3, punto 3.2.**

5.1.3 Pozo de bombeo.

Se proyecta un pozo de bombeo con capacidad para 32 m². Sus dimensiones serán 4,00 x 4,00 metros en planta y una altura útil de 2,00 metros a rasante de la tubería de entrada.

La tubería de llegada, terminará en el fondo del pozo de bombeo y con orientación horizontal. Esto minimizará la producción de olores y producirá una agitación del fondo del pozo, suspendiendo los sólidos existentes.

La solera del pozo dispondrá de unas ligeras pendientes que converjan sobre la zona de ubicación de las bombas favoreciendo también la limpieza de los suelos según indicación del plano de bombeo. Dispondrá el pozo también de una escalera de pates, en acero inoxidable, para acceso al fondo.

Los cálculo de las dimensiones del pozo se encuentran más detallados en el **Anejo 3, punto 3.3.**

5.1.4 Bombeo a tratamiento.

Las aguas residuales se elevarán desde el pozo de bombeo a la entrada de los tamices de tratamiento primario. El desnivel entre ambos es de 5 metros.

Se instalarán 3 bombas sumergibles compactas capaces de elevar 38 m³/h a 9 m.c.a.

Las bombas serán de instalación fija-removible, montadas sobre un zócalo fijo y dotadas de guías fijas de elevación. Sus características se definen en las especificaciones correspondientes.

En condiciones de caudal inferiores a 25% el sistema de bombeo funcionará con una de las bombas de 38 m³/h, comandada por un sistema de niveles y temporizadores.

El funcionamiento será alternativo entre ambas. Cuando el caudal supere periodos fijados el 25 % del total entrará en funcionamiento la segunda bomba de 38 m³/h.

Cuando el aumento de población haga que se supere el 50% del caudal total entrará en funcionamiento la tercera bomba siendo completada por una o las dos bombas anteriores.

Todo el sistema de bombeo estará controlado por medio de los reguladores de nivel y temporizadores que se integrarán en un sistema electrónico dirigido por un programa de software.

La salida de impulsión de las bombas, según el plano de detalle, se introducirán en un compartimento de válvulas. Cada bomba dispondrá de una válvula de escape de aire de $\varnothing 3/4$ " tipo bola, en acero inoxidable con su tubería de retorno al pozo, una válvula antirretorno de bola, válvula de cierre de compuerta de cierre elástico. Cada bomba dispondrá de una trampilla de cierre superior.

Para el manejo y elevación de las bombas se instalará un polipasto capaz para la elevación de 500 kg y una potencia mínima de 1.200 watios. El polipasto, con mando autónomo, discurrirá por un carriel con eje sobre el eje de las bombas, que se prolongará al exterior de la casa de bombas en voladizo una longitud de 1 metro. La pared de la puerta de acceso se dispondrá de una ventana superior que permita el desplazamiento externo del polipasto y su carga.

La casa de bombas y soplantes tendrá unas medidas de 13,50 x 6,10 m en planta, con una zona de implantación de soplantes de 5,60 x 2,17 m útiles, aislada del resto de recinto y con puerta exterior independiente. El cuadro de mando, protección y control de toda la depuradora estará ubicado en las paredes laterales de la caseta de maquinaria. Igualmente dispondrá de un banco de trabajo mecánico y un armario de herramientas para usos de mantenimiento.

El cierre perimetral se ejecutará hasta una altura de 1,2 m en parámetro de hormigón hidrófugo. El lateral derecho de salida de los conductos de los soplantes de aire estará enterrado

hasta la cota de 1,50 m como pantalla sonora complementaria. Los lazados interiores de la cámara de soplantes estarán recubiertos con placas de poliestireno expandido sobre rastreles como barrera sónica secundaria.

Existirán dos puertas de acceso. La principal de cierre con persiana metálica tendrá 2,00 metros de anchura y 2,50 metros de altura. Dispondrá de una segunda puerta en el lateral que dé acceso directo al banco de trabajo y al cuadro de mandos de la depuradora.

5.2 Tratamiento primario.

5.2.1 Tamizado.

Las aguas bombeadas son elevadas a través del colector general de \varnothing 150 mm a la zona de ubicación de los tamices.

La acometida a los tamices se realiza en paralelo, a través de sendas derivaciones dotadas de válvulas de aislamiento tipo mariposa con actuador de cierre eléctrico.

El tamizado se realizará con 2 rototamices tipo TR 4081 con cilindro filtrante en con luz de paso de 1mm y 710 mm de anchura. Su capacidad unitaria de tratamiento será de 99 m³/h a tamiz limpio. Los detalles de la selección del tamiz se encuentran en el **Anejo 3, punto 3.4**.

Cada tamiz dispone de una salida de rebose que desagua a través de una tubería a la entrada del pozo de bombeo. Las salidas de agua tamizada se conducen mediante una tubería al tratamiento biológico.

5.3 Tratamiento secundario.

Las aguas tamizadas son conducidas al canal de reparto del tratamiento biológico mediante conducciones. En el canal del reparto se homogeniza bien el agua procedente de ambos tamices.

Desde el canal de reparto las aguas ya pretratadas pasan a los tanques de oxidación donde serán tratadas biológicamente. Esta agua se repartirá en uno, dos o los cuatro tanques en función de la demanda que exista en esos momentos debido a las fluctuaciones en la población y en los diferentes períodos del día.

5.3.1 Tanques de aireación.

El tratamiento biológico se realiza en cuatro tanques de aireación de dimensiones útiles 10 (L) x 2,5 (a) x 3 (h).

Los cálculos de las dimensiones de los tanques se encuentran en el **Anejo 3, punto 3.6**.

La alimentación se realiza desde el canal de reparto por medio de dos entradas reguladas por medio de compuertas. Dichas compuertas estarán construidas en acero AISI 316.

Cada tanque será alimentado de aire por medio de una conducción de llegada que alimenta por el punto medio de la longitud del tanque a una parrilla de distribución tendida sobre el fondo del canal.

La parrilla ejecutada consta de dos tuberías longitudinales de 9 metros de longitud, ejecutadas en paralelo con una distancia entre ambas de 1,00 metros e interconexionadas por sus dos extremos y por el punto central de alimentación.

Soportará cada parrilla 26 difusores de aire tipo PIK 300 NOPOL o similar, capaces para 6 m³/h de aire.

En el extremo final de los tanques se instalará una canaleta de rebose que recoja las aguas salientes. Dicho canal de salida alimentará la cámara de entrada de agua al decantador.

Los tanques se han dimensionado para absorber cada uno de ellos la cuarta parte del caudal total, por lo que se pondrán en funcionamiento según las necesidades de la población presente en cada momento.

En invierno, que coincidirá con la época de menor población en los municipios, el caudal será menor y no será necesario el uso de todos los tanques para el tratamiento biológico, dejándose los tanques sobrantes para el uso del almacenamiento de lodos.

Mientras, en verano, coincidiendo con el periodo de mayor demanda, los tanques se utilizarán sólo como tratamiento secundario y los lodos pasaran a un contenedor externo para posteriormente ser recogidos y llevados a vertedero.

5.3.2 Alimentación de aire.

El aire será suministrado por dos líneas de distribución, cada una de las cuales alimentará dos canales de oxidación y que estarán interconectadas entre sí y aisladas con una válvula DN90.

Una de las líneas de distribución estará alimentada por 2 soplantes de émbolos rotativos PG-30/60.30 capaces unitariamente para insuflar $153 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a 300 mbar con motor de 3Kw.

La otra línea será alimentada por un soplante de émbolos rotativos PG-30/20.30 capaz para insuflar $302 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a 300 mbar con un motor de 5.5 Kw.

Todas las soplantes se instalarán con cabina de insonorización, que unido a las mamparas murales de poliestireno y el soterramiento parcial proyectado, conseguirán una óptima atenuación del sonido de las soplantes.

Cada una de las soplantes dispondrá de una válvula de aislamiento en el comienzo de su tubería de impulsión.

5.3.3 Decantación secundaria.

Las aguas-licor mezcla salientes de los tanques de aireación pasarán a una cámara de alimentación del decantador de 0,50 metros de anchura, 3,0 metros de profundidad y una longitud en toda la anchura del decantador. Por su parte inferior, alimentará por medio de 3 pasos rectangulares de 0,15 x 0,50 metros, situados simétricamente, uno central y los laterales a 0,75 metros del costado correspondiente.

El decantador tendrá unas dimensiones en planta de 4,00x10,00 metros. En el comienzo del trayecto hidráulico, existirá en el fondo una poceta de recogida de fangos, con una profundidad añadida a la del resto del estanque de 1 metro. El fondo será troncopiramidal con una sección de fondo de 0,50x1,00 metros y una sección superior de 2,00x4,00 metros.

El resto del estanque será de sección rectangular con 3,0 metros de profundidad útil y 10,00 metros de longitud.

Los cálculos de las dimensiones del decantador se encuentran en el **Anejo 3, punto 3.7.**

El estanque tendrá una pared de resguardo en todo su perímetro de 0,50 metros. En el fondo de la poceta de fangos se instalará una bomba sumergible estanca en ejecución fija-removible capaz para elevar 9,7 m³/h a 4 m.c.a.

Conectará con una tubería de recirculación de los fangos elevados al inicio del canal de distribución de entrada al tratamiento biológico. También dispondrá de una derivación para alimentar directamente uno de los canales de oxidación. Se ejecutará en PVC, PN 10 CON DN50 y dispondrá de válvulas de aislamiento, derivación y antirretorno.

5.4 Almacenaje y estabilización de lodos.

Una vez se ponga en marcha la depuradora se necesitarán 2 semanas para alcanzar el equilibrio de activación de los fangos activados. Transcurridas otras 2 semanas, es decir 1 mes de funcionamiento, el licor mezcla de fangos alcanzará una concentración de 5.000-6.000 ppm sólidos en suspensión en el licor mezcla (MLSS). En dicho momento y coincidiendo con época de bajos caudales, como pasa en la temporada de invierno, se procederá a la purga del sistema, eliminando la mitad de la masa de fangos.

Esto se realizará evacuando la mitad de los lodos de recirculación a uno de los tanques de aireación vacíos, por medio de la derivación existente en la tubería de recirculación.

Se evacuará un volumen equivalente a 60 m³ de fangos que se mantendrán en aireación para mantener un nivel de 3-4 ppm de O₂.

Cada 1-2 semanas se procederá a la decantación de los fangos oxidados y eliminación de la capa de líquido sobrenadante. Una vez eliminado, se procederá a una nueva extracción de fangos en exceso y trasvase al tanque de oxidación de lodos.

Realizados 3-4 ciclos de extracción de fangos, se procederá al vaciado del canal de fangos estabilizados, trasladándolos a vertedero autorizado.

6. Plan de obra.

En este apartado se pretende explicar la ejecución de los trabajos correspondientes a las principales unidades de la obra del proyecto.

La planificación de los trabajos a realizar se ha efectuado mediante un estudio pormenorizado de las unidades de obra, clasificándolas de acuerdo con sus características comunes. Las secuencias de las actividades así como las duraciones de cada una de ellas pueden verse en el diagrama de barras que se adjunta.

6.1 Calendario de trabajo.

Se ejecutarán las obras adecuándose al calendario laboral del período aplicado al presente Plan de Obra.

6.1.1. Coeficientes correctores.

Debido a las situaciones climatológicas y geográficas que puedan verse afectada por las obras, dado que las precipitaciones y temperatura ambiente supere los límites inferiores y superiores establecidos, se ha afectado a las producciones horarias medias los siguientes coeficientes generales.

Hormigones hidráulicos	0,94.
Explanaciones.....	0,90.
Riegos y tratamientos superficiales	0,78.
Mezclas bituminosas	0,84.

Estos coeficientes son generales para la media del año y pueden variar para cada actividad dependiendo de la época del año en que se ejecute. Por todo lo anteriormente indicado los tiempos previstos para cada actividad son consecuentes con la climatología, previsible en la zona de la obra para cada época del año.

Jornada laboral: En la confección del programa se han supuesto días de 8 horas de jornada, así como 40 horas semanales. Los meses se han considerado de 22 días laborales.

La programación efectuada contemplará márgenes suficientes para suponerla segura y susceptible de ser cumplida en la ejecución de la obra, asumiendo los imponderables que puedan surgir.

Coeficiente reductor por meses: Este coeficiente, que tomamos como 0,9 se ha aplicado para todas las actividades a la hora de asignación de tiempos.

6.1.2 Plazo previsto.

Conforme a la planificación realizada, la duración de las obras será de 12 meses. Además, se han proyectado 6 meses para la Puesta en marcha y Explotación de la planta.

Dicho plazo total se obtiene a partir de los plazos parciales “por tajo” que se obtienen de aplicar los rendimientos expuestos en los apartados siguientes a las mediciones reales de cada una de las actividades de obra.

En el mismo se han tenido en cuenta la red lógica de precedencias entre actividades, según el orden de ejecución que se expone en el apartado siguiente.

De este modo:

- Las obras de la E.D.A.R. se extenderán desde principios del mes 1 hasta el final del plazo de ejecución de las obras.
- Los últimos 6 meses, del total de 12+6, se dedicarán al periodo de puesta en servicio de las instalaciones.

6.2 Desarrollo de las obras.

A continuación se va a hacer una descripción somera y explicativa del Plan de Obra.

Se procederá de la siguiente forma:

1. Preparación y replanteo.
2. Ejecución de la obra civil de la E.D.A.R y comenzando por el movimiento de tierra general para a continuación proceder a la excavación y construcción de los distintos elementos y edificios que constituyen la planta.
3. Montaje de tuberías y redes.
4. Montaje de los elementos mecánicos y equipos eléctricos en la E.D.A.R, así como realización de pruebas y ensayos.
5. Realización de la urbanización y jardinería, instalación eléctrica, incluso proyecto, legalización e instalación Media Tensión y Baja Tensión.

Durante todo el proceso estarán presentes las medidas de seguridad y salud proyectadas.

Estudio materiales.

Los estudios de obras y terrenos similares garantizan la utilidad de los productos procedentes de la excavación en zanja como material de relleno posterior de éstas, seleccionando los materiales más adecuados en cada caso. Igualmente no se prevén especiales problemas en cuanto a la utilización de los productos procedentes de las excavaciones de éstos, como material de relleno y terraplenes de poco requerimiento portante.

6.3 Estudio y rendimiento de tajos en obra.

Para el estudio del Programa de Trabajo al que debe responder la ejecución de las obras proyectadas, se parte de dos datos básicos como son el número de unidades de cada Actividad Principal, y el número de días trabajables en cada una de las actividades.

A partir de estos datos se obtendrá posteriormente, el número de días que requiere la construcción de cada una de las unidades de obra básicas y el número de equipos de trabajo necesarios, teniendo en cuenta para ello el rendimiento medio de cada uno de estos equipos.

Partiendo de las bases metodológicas desarrolladas anteriormente, habrá que distinguir, por un lado aquellas Actividades Principales, que formarán parte de un Programa de Trabajo General, y cuya organización, coincidirá, en líneas generales con los distintos Capítulos que componen el Proyecto; y por otro lado aquellas otras actividades que por su importancia en cuanto a volumen de medición, cuantía presupuestaria, características técnicas y dificultad de ejecución, incidirán de forma decisiva a la hora de computar su duración, y que denominaremos en lo sucesivo Actividades Básicas.

A cada una de estas actividades Principales y/o Básicas se les hará corresponder uno o varios Equipos de trabajos que resultarán necesarios para su completa ejecución. Con ello se logrará una programación temporal, no sólo de las actividades de la obra sino también de los recursos: mano de obra y maquinaria, consumidos por cada una de ellas.

Se contará con los siguientes equipos propios para una correcta ejecución de los siguientes trabajos:

- EQUIPO Nº 1.-REPLANTEO
- EQUIPO Nº 2.-INSTALACIONES DE OBRA
- EQUIPO Nº 3.-MOVIMIENTO DE TIERRAS
- EQUIPO Nº 4.-CONDUCCIONES
- EQUIPO Nº 5.-HORMIGONES Y ESTRUCTURAS
- EQUIPO Nº 6.-ALBAÑILERÍA Y EDIFICACIÓN
- EQUIPO Nº 7.-EQUIPOS MECÁNICOS
- EQUIPO Nº 8.-URBANIZACIÓN Y VIALES
- EQUIPO Nº 9.- ACABADOS Y VARIOS

Además de estos equipos PROPIOS, de manera habitual, para la correcta ejecución de este tipo de obras, se requerirá de la subcontratación de ciertos equipos ajenos: SUBCONTRATAS, necesarios para la ejecución de ciertas unidades que requieren de personal cualificado y tecnologías especializadas, por ello se procederá a su subcontratación total o parcial a casas especializadas. Estos equipos subcontratados serán los siguientes:

- SUBCONTRATA 1: PUESTA EN SERVICIO Y EXPLOTACIÓN

En el cuadro siguiente, se relacionan de forma detallada las Actividades Principales y Básicas, con las unidades de obra que forman parte de cada una de ellas, asignado, a cada una los equipos básicos. de trabajo encargados de su ejecución. En el mismo cuadro figuran también aquellas actividades para las que se tiene planificado contar con la colaboración de subcontratas.

ACTIVIDAD	TIPO	EQUIPO DE TRABAJO ASOCIADO
Instalaciones de obra y replanteo.	Principal	E1: Replanteo. E2: Instalaciones de obra.
Movimiento de tierras	Principal	E3: Movimiento de tierras.
Excavación	Básica.	E3: Movimiento de tierras.
Desbroce y Excavación tierra vegetal	Básica.	E3: Movimiento de tierras.
Excavación a cielo abierto	Básica.	E3: Movimiento de tierras.
Excavación zanjas, pozo, etc.	Básica.	E3: Movimiento de tierras.
Terraplén o relleno	Básica.	E3: Movimiento de tierras. E5: Hormigones y estructuras.
Urbanización y Pavimentaciones.	Principal	E6: Albañilería y edificación. E9: Urbanización y viales. E10: Acabados y varios
Obra civil y edificaciones	Principal	
Hormigones, ferrallas y prefabricados.	Principal / Básica.	E5: Hormigones y estructuras.
Albañilería	Principal / Básica.	E6: Albañilería y edificación. E9: Urbanización y viales. E10: Acabados y varios
Montaje tuberías	Básica.	E4: Conducciones
Montaje de equipos.	Básica.	E7: Equipos mecánicos
Varios	Básica.	Subcontratas

Tabla 3: Actividades, tipo y equipo de trabajo asociado. Fuente: elaboración propia.

6.3.1 Movimientos de tierras.

6.3.1.1 Excavación.

Se incluye en esta actividad tanto el desbroce como las excavaciones de los diferentes tipos de materiales que se encuentran en el emplazamiento de la obra y su correspondiente transporte a terraplén o vertedero. Las superficies y volúmenes de las distintas unidades de obra a realizar se desglosan en las mediciones del proyecto.

6.3.1.2 Desbroce y excavación tierra vegetal.

Consiste esta actividad en el despeje y desbroce de la superficie afectado por la obra, retirando de las zonas ocupadas por los fondos de terraplén toda la maleza, broza, escombros y demás elementos ajenos al proceso de ejecución. La eliminación de la capa vegetal en esta superficie se realizará en una profundidad media de 0,20 m.

6.3.1.3 Terraplén o relleno.

Esta unidad consiste en la extensión y compactación de gruesos procedentes de las excavaciones para el emplazamiento de las obras, así como el relleno de zanjas con material procedente de la propia excavación.

6.3.2 Obra civil y edificaciones.

6.3.2.1 Hormigones, ferrallas y prefabricados.

Esta unidad consiste en la puesta en obra de hormigones, provenientes en su mayoría de central, una vez ejecutadas las labores previas de encofrado y ferrallado.

6.3.2.2 Albañilería.

En este apartado se incluyen todas las unidades tales como fábrica de ladrillos, cubiertas, forjados, revestimientos, solados, necesarios para la ejecución de los edificios y urbanización.

6.3.3 Montaje de equipos.

Como ya se ha indicado, una vez terminada la obra civil de cada uno de los elementos, y habiendo dejado transcurrir el tiempo necesario para el curado del hormigón utilizado en la construcción de los mismos, se procederá al montaje de los equipos mecánicos de cada uno de ellos.

7. Resumen del presupuesto.

Resumen:

Acondicionamiento del terreno:	6.926,25 €
Cimentaciones:	74.149,50 €
Estructuras:	26.899,76 €
Cerramientos y divisiones:	5.213,99 €
Revestimientos y falsos techos	4.456,40 €
Cubiertas:	4.036,50 €
Aislamiento e impermeabilización:	573,54 €
Pavimentos:	47.032,80 €
Alicatados, chapados y prefabricados:	739,40 €
Carpintería de aluminio y PVC:	5.787,34€
Elementos hidráulicos y electromecánicos:	124.726,82 €
Seguridad y salud:	8.731,44 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.	309.273,74 €

El presupuesto de ejecución material de las obras definidas en el presente proyecto asciende a: **TRESCIENTOS NUEVE MIL DOSCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO (309.273,74 €).**

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.	309.273,74 €
6% de Beneficio Industrial	18.883,41 €
13% de Gastos Generales	40.914,06 €
SUMA	374.521,73€
21% de IVA	78.649,41€
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	453.171,15 €

Teniendo en cuenta un 13% de Gastos Generales, un 6% de Beneficio Industrial y todo ello incrementado con el 21% del impuesto sobre el valor añadido, obtenemos un presupuesto base de contrata de las obras de **CUATROCIENTO CINCUENTA Y TRES MIL CIENTO SETENTA Y UN EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS DE EURO.(453.171,15 €)**

8. Normativa.

8.1 Normativa europea.

Encargada de la regulación del Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas en la Unión Europea

- Directiva 21 Mayo,91/271/CEE

La Directiva Europea del 21 de Mayo de 1991 sobre el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas 91/271/CEE, modificada por la Directiva 98/15/CE, define los Sistemas de Recogida, Tratamiento y Vertido de las Aguas Residuales Urbanas y establece las medidas necesarias que los Estados miembros han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su vertido. Esta Directiva ha sido transpuesta a la Normativa Española por el R.D. Ley 11/1995, el R.D. 509/1996, que lo desarrolla, y el R.D. 2116/1998 que modifica el anterior.

De forma resumida, la Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas, en primer lugar las aglomeraciones urbanas deberán disponer, según los casos, de sistemas de colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales o marinas. En la determinación de los tratamientos a que deberán someterse las aguas residuales antes de su vertido, se tiene en cuenta las características del emplazamiento donde se producen. De acuerdo con esto, los tratamientos serán más o menos rigurosos según se efectúen en zonas calificadas como sensibles, menos sensibles o normales.

8.2 Normativa estatal.

Encargada de regular los vertidos a aguas del dominio público hidráulico: o REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, 20 de Julio

El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas que tiene como objetivo:

- La regulación del Dominio Público Hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado en las materias relacionadas con dicho dominio.
- La planificación hidrológica a la que deberá someterse toda actuación sobre el dominio público hidráulico.

Las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas renovables, integradas todas ellas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, que forma parte del dominio público estatal como dominio público hidráulico. Las aguas minerales y termales se regularán por su legislación específica.

- REGLAMENTO 638/2006, 9 de Diciembre

Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.

En cuanto al tema de vertidos en la categoría de Río o en la categoría de Otros (Pozo Séptico o Sima Natural), no encontramos valores límites para cada parámetro estudiado en este Trabajo Fin de Grado, ya que dependen de muchos factores (fauna de la zona de vertido, distancia que lo separa del espacio marítimo, calidad ecológica de la misma, etc.); y son las propias empresas las que dan los detalles de su propio vertido y llegan a un acuerdo en los límites de los mismos con la autoridad competente.

8.3 Normativa autonómica.

Encargada de regular los vertidos a aguas pertenecientes al dominio marítimo:

- DECRETO 47/2009, 4 de Junio

El Decreto 47/2009, de 4 de junio, aprueba el Reglamento de Vertidos desde Tierra al Litoral de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

El presente Reglamento tiene por objeto el establecimiento del procedimiento para la solicitud, tramitación, otorgamiento, revisión, revocación y extinción de autorizaciones de vertido desde tierra al mar; en conformidad con lo dispuesto en la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

Todo vertido a las aguas litorales, y en general al dominio público marítimo-terrestre, requiere autorización administrativa, que ha de ser emitida por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Ciclo Integral del Agua de la Consejería de Medio Ambiente bajo las condiciones que se establecen en el presente Reglamento. Dichas condiciones en cuanto a la limitación de vertido para los parámetros utilizados en este Trabajo Fin de Grado son:

- Los S.S.T. deben presentarse con un valor menor a 80 mg/l.
- La D.B.O₅ ha de encontrarse inferior a 45 mg/l de O₂.

El Decreto 18/2009, de 12 de Marzo aprueba el Reglamento del Servicio Público de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Cantabria.

Dicho Reglamento tiene por objetivo regular el Servicio Público de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Cantabria, en desarrollo de las competencias atribuidas por la Ley de Cantabria 2/2002, de 29 de abril de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Asimismo, es objeto del presente el establecimiento de las normas para la prestación del servicio de alcantarillado público que realizan las entidades locales de Cantabria.

Las finalidades para las que se ha redactado este documento son las siguientes:

- Garantizar mediante los tratamientos previos adecuados que las aguas residuales, industriales o de otra procedencia, que se vierten a los sistemas de saneamiento cumplan los límites establecidos en este Reglamento y en las autorizaciones o permisos preceptivos.
- Garantizar que los vertidos de las plantas de tratamiento cumplen las exigencias establecidas en la normativa vigente, de manera que no comporten efectos nocivos sobre el medio receptor y la salud de las personas.

- Garantizar el tratamiento adecuado de los residuos sólidos o semisólidos y las emisiones procedentes de los sistemas públicos de saneamiento para evitar efectos nocivos en el medio y en la salud de las personas, y para asegurar el cumplimiento de la normativa aplicable.

9. Bibliografía.

- [1] J. C. Lafuente, Depuradoras. <<Bases científicas>>., Madrid: Bellisco, 1997.
- [2] [En línea]. Available: <https://www.foro-ciudad.com> . [Último acceso: 10 Marzo 2020].
- [3] [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/juan-ramon-pidre-bocado/depuracion-aguas-pequenas-poblaciones>. [Último acceso: 18 Marzo 2020].
- [4] [En línea]. Available: <https://www.grafiberica.com/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/lexico/begriff/demanda-biologica-de-oxigeno-dbo5.html> . [Último acceso: 19 Marzo 2020].
- [5] [En línea]. Available: http://www.kenbi.eu/kenbipedia_3.php. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [6] [En línea]. Available: <https://pixabay.com/pt/illustrations/mapa-espanha-prov%C3%ADncias-geografia-4121575/> . [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [7] [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cantabria> . [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [8] [En línea]. Available: <https://mapas.cantabria.es>. [Último acceso: 28 Abril 2020].
- [9] [En línea]. Available: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/depuracion-de-aguas-residuales.asp>. [Último acceso: 18 Abril 2020].
- [10] [En línea]. Available: <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/pretratamiento/>. [Último acceso: 18 Abril 2020].
- [11] [En línea]. Available: https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Pretratamiento . [Último acceso: 25 Abril 2020].
- [12] [En línea]. Available: <http://bioplastdepuracion.com/index.php?s=noticia&n=44> . [Último acceso: 27 Abril 2020].
- [13] [En línea]. Available: <http://blogdeagua.es/reja-de-desbaste>. [Último acceso: 18 Abril 2020].
- [14] [En línea]. Available: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/CURSO/UNI_03/U_03_IMG/011a.gif. [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [15] [En línea]. Available: <https://www.idm-pirineo.es/IDM/index.php>. [Último acceso: 3 Mayo 2020].
- [16] [En línea]. Available: http://aulacidta1.usal.es/edar/modulos/edar05/unidades/CURSO/UNI_03/u3c4s1.htm . [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [17] [En línea]. Available: 18. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12844/Memòria.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. [Último acceso: 3 Mayo 2020].
- [18] [En línea]. Available: https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Pretratamiento. [Último acceso: 15 Mayo 2020].

- [19] [En línea]. Available: <http://contenidos.educarex.es/mci/2007/11/activid/edar/edar.htm> . [Último acceso: 21 Abril 2020].
- [20] [En línea]. Available: <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/tratamientos-residuos.pdf> . [Último acceso: 23 Abril 2020].
- [21] J. A. D. L. Carrasco, Depuración de aguas residuales, Madrid: Banco de credito local de España, 1998.
- [22] [En línea]. Available: https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/libros/Uni_05/DESBASTE.PDF. [Último acceso: 28 Abril 2020].
- [23] [En línea]. Available: <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Sistemas+de+Desbaste.pdf/90eca02d-49f5-aa12-718f-40ffd6eaa262>. [Último acceso: 27 Mayo 2020].
- [24] [En línea]. Available: ftp://ceres.udc.es/ITS_Caminos/2_Ciclo/Ingenieria_Sanitaria_Ambiental/TEMA29-rev120525-ajb.pdf. [Último acceso: 2 Mayo 2020].
- [25] [En línea]. Available: <https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/lechoshernan.PDF>. [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [26] [En línea]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj0k_SxtPXpAhXR8uAKHYE4AH8QFjAIegQIBxAB&url=https%3A%2F%2Fstatic.eoi.es%2Fsavia%2Fdocuments%2Fpretratamientos_magua_2016_rfd_rev0.pdf&usg=AOvVaw2avT9VKdm05Q0MEeT1GTRJ. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [27] [En línea]. Available: <http://www.nocheypdia.net/productos/tamices/>. [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [28] [En línea]. Available: <https://www.tecpa.es/edar-tratamiento-secundario-depuracion-aguas/>. [Último acceso: 2 Mayo 2020].
- [29] [En línea]. Available: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/1Unidad_5.pdf . [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [30] [En línea]. Available: <https://cropaia.com/es/blog/lodos-activados/>. [Último acceso: 3 Mayo 2020].
- [31] [En línea]. Available: http://aulacidta1.usal.es/edar/modulos/Edar05/unidades/CURSO/UNI_05/u5c3s3.htm#Anchor4 . [Último acceso: 3 Mayo 2020].
- [32] [En línea]. Available: <https://cutt.ly/8t6cOHC> . [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [33] [En línea]. Available: http://aulacidta1.usal.es/edar/modulos/edar05/unidades/CURSO/UNI_05/u5c3s6.htm. [Último acceso: 7 Mayo 2020].
- [34] [En línea]. Available: <https://cutt.ly/l6cBeU> . [Último acceso: 7 Mayo 2020].
- [35] [En línea]. Available: http://aulacidta1.usal.es/edar/modulos/edar05/unidades/CURSO/UNI_05/u5c3s5.htm#Anchor1. [Último acceso: 9 Mayo 2020].
- [36] [En línea]. Available: <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/filtros-percoladores.htm>. [Último acceso: 8 Mayo 2020].

- [37] [En línea]. Available: <http://werabereaguasresiduales.blogspot.com/2010/06/lechos-bacterianos.html> . [Último acceso: 14 Mayo 2020].
- [38] [En línea]. Available: http://depuranat.itccanarias.org/index2.php?option=com_tecnologias&func=ver&id=12. [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [39] [En línea]. Available: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/1Unidad_5.pdf. [Último acceso: 3 Mayo 2020].
- [40] [En línea]. Available: http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/Curso/uni_03/u3c2s6.htm#Anchor5 . [Último acceso: 2 Mayo 2020].
- [41] [En línea]. Available: <https://www.aquarbe.es/consum>. [Último acceso: 1 Mayo 2020].
- [42] [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/depuracion-principiantes-i-datos-diseno>. [Último acceso: 12 Mayo 2020].
- [43] A. H. Lehmann, Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales., Madrid: Colegio de caminos, canales y puertos , 1197.
- [44] [En línea]. Available: <https://seftgroup.com/esp>. [Último acceso: 7 Mayo 2020].
- [45] [En línea]. Available: <https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/15861/PFC%20Alejandro%20Lasheras%20Romeiro.pdf?sequence=1> . [Último acceso: 12 Mayo 2020].
- [46] [En línea]. Available: <http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>. [Último acceso: 7 Mayo 2020].
- [47] [En línea]. Available: https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwiyquf6_cfqAhXG9IEKHSYG5kYABAAGgJ3cw&ohost=www.google.com&cid=CAESQeD2kVc4bxnSTwdZvyvIgh7quxS-W_-39BIfgJbn8TlyQN2UBW9hEPwVNcIbbLPuacCQTAcDYMBxtAFZKITRPYzu&sig=AO D64_0BJjX9gR5-YcKltBveUMtBLENL. [Último acceso: 18 Mayo 2020].
- [48] [En línea]. Available: https://www.simop.es/es/product/ROT1_rototamiz. [Último acceso: 13 Mayo 2020].
- [49] [En línea]. Available: 49. http://www.politech.es/documentos/tamizado/TAMIZ_ROTATIVO_MOD.TR.pdf. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [50] [En línea]. Available: http://www.politech.es/documentos/tamizado/TAMIZ_ROTATIVO_MOD.TR.pdf. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [51] [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=tasa+de+recirculación+de+fango+s&ie=UTF-8&oe=UTF-8#> . [Último acceso: 6 Mayo 2020].

ANEJOS

ÍNDICE

ANEJO 1	7
ESTUDIO DE POBLACIÓN.	7
1. ESTUDIO DE POBLACIÓN.	9
1.1 INTRODUCCIÓN.	9
1.2 DATOS DE PARTIDA.	9
1.3 ESTIMACIÓN FUTURA.	13
1.4 POBLACIÓN DE DISEÑO.	17
1.5 POBLACIÓN EQUIVALENTE TOTAL.	19
ANEJO 2.	20
CÁLCULO DE CAUDALES.	20
2. CÁLCULO DE CAUDALES.	22
2.1 INTRODUCCIÓN.	22
2.2 DATOS DE PARTIDA.	23
2.3 EVALUACIÓN DE LOS CAUDALES DE LA E.D.A.R.	26
2.3.1 <i>Caudal medio.</i>	26
2.3.2 <i>Caudal punta.</i>	26
2.3.3 <i>Caudal máximo.</i>	27
2.3.4 <i>Caudal mínimo.</i>	28
ANEJO 3.	29
DIMENSIONADO DE LOS EQUIPOS.	29
3. DIMENSIONADO DE LOS EQUIPOS.	31
3.1 CANAL DE LLEGADA.	31
3.2 REJAS DE DESBASTE.	34
3.3 POZO DE BOMBEO.	39
3.4 BOMBAS.	43
3.5 TAMICES.	46
3.6 TANQUES DE OXIDACIÓN O TANQUES DE AIREACIÓN.	50
3.7 DECANTADOR.	61
3.8 ALMACENAJE Y ESTABILIZACIÓN DE LODOS.	65

ANEJO 4	67
REPORTAJE FOTOGRÁFICO.	67
4. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.....	69
4.1 INTRODUCCIÓN.	69
4.2 ZONAS DE ACCESO.....	69
4.3 ZONA DE VERTIDO EN EL RÍO CLARÍN.....	72
4.4 TERRENO PARA LA UBICACIÓN DE LA E.D.A.R.....	76
ANEJO 5	78
ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	78
5. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	80
5.1 PRESENTACIÓN.....	80
5.2 ANTECEDENTES.....	81
5.3 RECONOCIMIENTOS REALIZADOS.....	81
5.3.1 <i>Datos de emplazamiento.</i>	81
5.3.2 <i>Marco geológico.</i>	82
5.3.4 <i>Características geotécnicas del Terreno.</i>	83
5.4.4 <i>Excavaciones.</i>.....	87
5.5 CONTENCIONES.....	87
5.6 ESTABILIDAD DE TALUD.....	88
5.7 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	89
5.7.4 <i>Capacidad portante del terreno.</i>.....	89
5.7.5 <i>Cimentaciones.</i>	90
5.8 CONCLUSIONES.....	91
ANEXOS	92
ANEXO 1. REGISTRO DE CALICATAS, PENETRÓMETROS Y PLANOS	93
ANEXO 2. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA.....	102
ANEXO 3. REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	104
ANEJO 6	116
DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	116
6. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	118

ANEJO 7	119
EXPROPIACIONES Y SERVICIOS AFECTADOS.	119
7. EXPROPIACIONES Y SERVICIOS AFECTADOS	121
ANEJO 8	122
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.	122
8. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.	124
ANEJO 9	125
GESTIÓN DE RESIDUOS.	125
9. GESTIÓN DE RESIDUOS	127
9.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR, CODIFICADOS CON ARREGLO A LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS PUBLICADA POR ORDEN MAM/304/2002 DE 8 DE FEBRERO O SUS MODIFICACIONES POSTERIORES.	128
9.2 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUO QUE SE GENERARÁ EN LA OBRA, EN TONELADAS Y METROS CÚBICOS.	131
9.3 MEDIDAS DE SEGREGACIÓN "IN SITU" PREVISTAS (CLASIFICACIÓN/SELECCIÓN).	133
9.4 PREVISIÓN DE OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN EN LA MISMA OBRA O EN EMPLAZAMIENTOS EXTERNOS (EN ESTE CASO SE IDENTIFICARÁ EL DESTINO PREVISTO)	134
9.5 PREVISIÓN DE OPERACIONES DE VALORIZACIÓN "IN SITU" DE LOS RESIDUOS GENERADOS.	135
9.6 DESTINO PREVISTO PARA LOS RESIDUOS NO REUTILIZABLES NI VALORIZABLES "IN SITU" (INDICANDO CARACTERÍSTICAS Y CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUOS)	136
9.7 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO PARA LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RCDs, QUE FORMARÁ PARTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO.	138
9.8 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN CORRECTA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, COSTE QUE FORMARÁ PARTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO EN CAPÍTULO APARTE.	142
ANEJO 10	144
CONTROL DE CALIDAD.	144
10. CONTROL DE CALIDAD	146
10.1 CONFORMIDAD CON EL CTE DE LOS PRODUCTOS, EQUIPOS Y MATERIALES.	150
10.2 CONDICIONES DEL PROYECTO.	151
10.3 CONDICIONES EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	151
10.3.1 Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas.	151
10.3.2 Control de ejecución de la obra.	152
10.3.3 Control de la obra terminada.	152

10.4	DOCUMENTACIÓN DEL CONTROL DE LA OBRA.	152
10.5	CERTIFICADO FINAL DE OBRA.	154
10.6	CONDICIONES GENERALES DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS.	155
10.6.1	<i>Código Técnico de la Edificación.</i>	155
10.6.2	<i>Productos afectados por el Reglamento de Productos de la Construcción.</i>	157
10.6.3	<i>Productos no afectados por el Reglamento de Productos de la Construcción.</i>	158
10.6.4	<i>Relación de documentos en la recepción de productos. Resumen.</i>	159
10.6.5	<i>Aceptación y rechazo.</i>	160
10.7	RELACIÓN DE PRODUCTOS CON MARCADO CE.	160
10.8	ENSAYOS, ANÁLISIS Y PRUEBAS A REALIZAR.	161
10.9	VALORACIÓN ECONÓMICA.	163
10.10	CONTROL DE EJECUCIÓN.	164

Índice tablas.

Tabla 1: Población de Bádames. Fuente: Elaboración propia. [2].....	10
Tabla 2: Población de San Mamés de Aras. Fuente: Elaboración propia. [2].....	11
Tabla 3: Evolución población Rada. Fuente: Elaboración propia. [2]	12
Tabla 4: Número de cabezas de ganado. Fuente: Elaboración propia. [40].....	18
Tabla 5: Resumen habitantes equivalentes. Fuente: Elaboración propia [2].....	19
Tabla 6: Consumos población Voto.	23
Tabla 7:Dotaciones brutas máximas admisibles en litros por habitante y día para abastecimiento urbano.	24
Tabla 8: Dotaciones brutas máximas para uso doméstico. Método particularizado.....	25
Tabla 9: Datos diseño para las bombas. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 10: Datos a la salida y entrada de los tamices. Fuente: Elaboración propia.	49
Tabla 11: Valores de diseño. Fuente: Manual de diseño de depuradoras.[43].....	50
Tabla 12: Valores DBO ₅ y SS a la salida del decantador secundario. Fuente: Elaboración propia..	64
Tabla 13: Comparativa de valores a la salida de la E.D.A.R y los permitidos por la legislación.	64
Tabla 14: Grados dificultad en Movimientos de Tierras. Fuente: Elaboración propia.	87
Tabla 15: Fracciones de residuos. Fuente: Elaboración propia.	133
Tabla 16: Medidas empleadas para elementos desmontables y peligrosas. Fuente: Elaboración propia.	133
Tabla 17: Operaciones previstas y el destino previsto inicial para los materiales.	134
Tabla 18: Operaciones previstas y su destino para los materiales propios o externos de la obra.	135
Tabla 19:Prescripciones a incluir en obra. Fuente: Elaboración propia.	141
Tabla 20: Estimación presupuesto del control de residuos. Fuente: Elaboración propia.	142

Índice figuras.

Figura 1: Canal de llegada. Fuente: Elaboración propia.....	33
Figura 2: Características hidráulicas.	35
Figura 4: Reja de desbaste. Fuente: SeftGroup [44]	38
Figura 5: Características de las Rejas de desbaste. Fuente: SeftGroup. [44]	38
Figura 6: Esquema del Pozo de Bombeo. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 7: Especificaciones técnicas de la Bomba. Fuente: AIGUAPRES SL. [47]	44
Figura 8: Bombas sumergibles compactas. Fuente: AIGUAPRES SL. [47]	45
Figura 9:Esquema trabajo del rototamiz. Fuente: https://www.simop.es/es/product/ROT1_rototamiz [48]	46
Figura 10: Especificaciones técnicas de rototamiz.....	47
Figura 11: Rototamices TR 4081. Fuente: http://www.politech.es/documentos/tamizado/TAMIZ_ROTATIVO_MOD.TR.pdf [49]	49
Figura 12: Bombas sumergible para recirculación de Lodos. Fuente: AIGUAPRES SL. [47]	54
Figura 13: Especificaciones técnicas de la Bomba. Fuente: AIGUAPRES SL. [47]	55
Figura 14: Reactor biológico del tratamiento secundario.....	60
Figura 15: Decantador secundario. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 16: Carretera de acceso existente a la ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura 17: Carretera de acceso existente a la ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 18: Zona de acceso a la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura 19: Zona de acceso a la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 20: Zona de acceso a la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 21: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 22: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.	73
Figura 23: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.	73
Figura 24: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 25: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 26: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 27: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.	75
Figura 28: Terreno ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.....	76
Figura 29: Terreno ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.....	77
Figura 30: Terreno ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.....	77
Figura 31: Plano ubicación de las catas en el terreno. Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura 32: Catas. Fuente: Elaboración propia.....	101

Anejo 1

Estudio de población.

ÍNDICE.

ANEJO 1	7
ESTUDIO DE POBLACIÓN.....	7
1. ESTUDIO DE POBLACIÓN.	9
1.1 INTRODUCCIÓN.	9
1.2 DATOS DE PARTIDA.....	9
1.3 ESTIMACIÓN FUTURA.	13
1.4 POBLACIÓN DE DISEÑO.....	17
1.5 POBLACIÓN EQUIVALENTE TOTAL.....	19

1. Estudio de población.

1.1 Introducción.

En este anejo se va a realizar un estudio de la situación demográfica existente en el año de proyecto (2020) , así como ha sido su evolución en los últimos 10 años y 20 años.

Como se observará más adelante, de los tres núcleos que abarcará el nuevo sistema de depuración, dos de ellos tienen crecimiento, mientras que en el tercero se observa un estancamiento en el crecimiento de la población e incluso pequeños decrecimientos en algunos períodos de tiempo.

1.2 Datos de Partida.

Para la realización del proyecto de la estación depuradora, uno de los datos importantes a tener en cuenta es la población actual, el tipo de actividad que se lleven a cabo en la zona de servicio.

Además, es importante hacer una estimación de la posible población futura que podemos tener en la zona, debido al crecimiento a lo largo de un período de tiempo, que se ha supuesto en este caso de 25 años.

Para ello es importante la obtención de los datos de población en los últimos 20 años de los municipios que se van a estudiar, en este caso Bádames, San Mamés de Aras y Rada, todos ellos en la Junta de Voto, en Cantabria.

Población de Bádames:

Evolución de la población desde 2000 hasta 2019			
Año	Hombres	Mujeres	Total
2019	290	269	559
2018	302	279	581
2017	291	268	559
2016	279	247	526
2015	262	236	498
2014	262	233	495
2013	267	233	500
2012	269	235	504
2011	270	242	512
2010	248	222	470
2009	213	201	414
2008	165	158	323
2007	143	136	279
2006	141	129	270
2005	129	124	253
2004	128	123	251
2003	128	124	252
2002	126	122	248
2001	122	118	240
2000	122	116	238

Tabla 1: Población de Bádames. Fuente: Elaboración propia. [2]

Población de San Mamés de Aras:

Evolución de la población desde 2000 hasta 2019			
Año	Hombres	Mujeres	Total
2019	71	62	133
2018	72	60	132
2017	70	61	131
2016	71	60	131
2015	69	62	131
2014	70	62	132
2013	84	65	149
2012	84	64	148
2011	81	63	144
2010	81	62	143
2009	81	58	139
2008	71	50	121
2007	56	48	104
2006	47	44	91
2005	40	40	80
2004	45	41	86
2003	46	45	91
2002	47	45	92
2001	46	45	91
2000	48	49	97

Tabla 2: Población de San Mamés de Aras. Fuente: Elaboración propia. [2]

Población de Rada:

Evolución de la población desde 2000 hasta 2019			
Año	Hombres	Mujeres	Total
2019	152	143	295
2018	152	140	292
2017	149	144	293
2016	161	146	307
2015	153	135	288
2014	153	130	283
2013	155	128	283
2012	155	133	288
2011	149	125	274
2010	153	132	285
2009	159	132	291
2008	158	132	290
2007	150	131	281
2006	141	127	268
2005	131	119	250
2004	118	110	228
2003	115	105	220
2002	103	100	203
2001	102	95	197
2000	99	92	191

Tabla 3: Evolución población Rada. Fuente: Elaboración propia. [2]

Como ya se comentó anteriormente, se puede observar la evolución de la población dentro de estos tres municipios.

Donde más acentuado se puede observar el crecimiento de la población, en un período de 20 años, es en Bádames, que es la capital del municipio de La Junta de Voto, que entre otros engloba estos tres municipios.

Aun así, el crecimiento no es excesivo como puede pasar en otros núcleos más industrializados, o con mayor interés turístico.

1.3 Estimación futura.

Uno de los datos más importantes a tener en cuenta a la hora del dimensionamiento de la E.D.A.R, a parte de la población actual es la previsión de crecimiento para los próximos años. Como se observa, la población tiende a un crecimiento, pero se necesita saber cual será la población para un año horizonte. En este caso se ha supuesto unos 25 años, para año horizonte, por tanto se estudiara la población para el año $2020+25= 2045$.

El modelo que se ha utilizado para el cálculo de esta población futuro es el modelo MOPU (Antiguo Ministerio de Obras Públicas y actual Ministerio de Fomento).

Este modelo calcula la tasa de crecimiento/decrecimiento de la última década y de los últimos 20 años y asume una tasa global “a”, que se trata de una media ponderada de las dos anteriores.

Se hace un estudio de cada municipio individualmente, dado que se trata de municipios con un crecimiento independiente.

El modelo MOPU hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$P_a = P_{10} (1 + b)^{10}$$

$$P_a = P_{20} (1 + g)^{20}$$

$$a = (2b + g)/3$$

$$P = P_a (1 + a)^t$$

Siendo:

P_a = Población en el año de proyecto.

P_{10} = Población hace 10 años.

P_{20} = Población hace 20 años.

b = tasa de crecimiento de la población en 10 años.

g = tasa de crecimiento de la población en 20 años.

a = media de las tasas de crecimiento anteriores.

t = diferencia de años entre el periodo de proyecto y el de diseño.



Municipio de Bádames:

$P_a = 559$ habitantes

$P_{10} = 414$ habitantes

$P_{20} = 238$ habitantes.

b = tasa de crecimiento de la población en 10 años.

g = tasa de crecimiento de la población en 20 años.

a = media de las tasas de crecimiento anteriores.

$t = 25$ años.

$$P_a = P_{10} (1 + b)^{10}$$

$$559 = 414(1 + b)^{10}$$

$$b = 0,0304 = 3,04\%$$

$$P_a = P_{20} (1 + g)^{20}$$

$$559 = 238 (1 + g)^{20}$$

$$g = 0,043 = 4,3 \%$$

$$a = (2b + g)/3$$

$$a = (2 \cdot 0,0304 + 0,043)/3$$

$$a = 0,0346 = 3,46\%$$

$$P = P_a (1 + a)^t$$

$$P = 559 (1 + 0,0346)^{25}$$

$$P = 1290 \text{ habitantes.}$$

Municipio de San Mamés de Aras:

$P_a = 133$ habitantes

$P_{10} = 139$ habitantes

$P_{20} = 97$ habitantes.

b = tasa de crecimiento de la población en 10 años.

g = tasa de crecimiento de la población en 20 años.

a = media de las tasas de crecimiento anteriores.

$t = 25$ años.

Nota: como el crecimiento se observa en la tabla que desde 2014 se mantiene aproximadamente constante, se supone que la tasa media de crecimiento es de un 1%.

$$P = P_a (1 + a)^t$$

$$P = 133 (1 + 0,01)^{25}$$

$$P = 170 \text{ habitantes.}$$



Municipio de Rada:

$P_a = 295$ habitantes

$P_{10} = 291$ habitantes

$P_{20} = 191$ habitantes.

b = tasa de crecimiento de la población en 10 años.

g = tasa de crecimiento de la población en 20 años.

a = media de las tasas de crecimiento anteriores.

$t = 25$ años.

$$P_a = P_{10} (1 + b)^{10}$$

$$295 = 291(1 + b)^{10}$$

$$b = 0,00136 = 0,1\%$$

$$P_a = P_{20} (1 + g)^{20}$$

$$295 = 191 (1 + g)^{20}$$

$$g = 0,044 = 4,4 \%$$

$$a = (2b + g)/3$$

$$a = (2 \cdot 0,00136 + 0,044)/3$$

$$a = 0,0156 = 1,56 \%$$

$$P = P_a (1 + a)^t$$

$$P = 295 (1 + 0,0156)^{25}$$

$$P = 453 \text{ habitantes.}$$

Población estacional.

Se debe tener en cuenta que en estas zonas rurales, no es igual la población durante los meses de verano e invierno, por ser una zona medianamente turística, a pocos kilómetros de la costa y un entorno rural, que propicia la existencia de gran número de segundas residencias.

Por ello se supondrá que el predimensionamiento podría ampliarse para no verse saturado durante unos meses al año.

Se supondrá como mínimo el doble la población registrada, a la hora del dimensionamiento de la E.D.A.R.

1.4 Población de diseño.

En la determinación de la población de diseño no solo habrá que tener en cuenta la población como tal, sino también el equivalente producido por los sectores primarios, secundarios y terciario.

Para este estudio se utilizada el concepto de HEQ (habitantes equivalentes). Es una unidad que sirve para comparar los vertidos. Es un concepto que puede referirse a la carga hidráulica, a la carga de sólidos en suspensión, o normalmente y más frecuentemente a la carga orgánica expresada como DBO_5 .

Los factores que influyen en este caso solo serían las aguas residuales generadas por la ganadería dado que no tenemos plantaciones agrícolas extensas ni industrias en ningún municipio.

Aguas residuales generadas por la ganadería.

Aunque en La Junta Vecinal de Voto, si existen núcleos con actividad ganadera, no es el caso de estos tres municipios, donde el número de cabezas de ganado es muy reducido. Debido al crecimiento de la segunda vivienda y el desarrollo urbanístico de estos municipios, la zona que se destina a esta actividad se está viendo muy reducida y se prevé que pueda desaparecer en un futuro.

Por lo tanto se tendrá en cuenta para el dimensionamiento de la E.D.A.R. en cuanto al consumo de agua que conlleva, pero no a la hora de la recogida y tratamiento de sus vertidos.

Las cabezas de ganado que se han contabilizado de una forma aproximada en el conjunto de los tres municipios es de 50. Con previsión a que al final de los años de proyecto este número sea prácticamente 0, por lo que no se preverá la adecuación de la depuradora al tipo de residuos generados por estas.

La Directiva 91/271/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas establece las medidas necesarias que adoptarán los estados miembros para garantizar que dichas aguas son tratadas correctamente antes de su vertido. El principal criterio que utiliza esta Directiva para fijar estas obligaciones es el número de habitantes-equivalentes.

En dicha directiva se establece que 1 h-e (habitante equivalente) tiene una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5) equivalente 60 gramos de oxígeno por día.

Teniendo en cuenta esta premisa, el vertido de una vaca expresado en DBO5 , aproximadamente de 250 gramos de oxígeno por día, son unos 4 habitantes equivalentes. De igual manera se puede calcular para todo el ganado estabulado su equivalencia

De este modo se obtienen, los habitantes equivalentes que se obtienen son los siguientes:

Animal	Número	Equivalencia	H.E (habitante equivalente)
Vaca	50	4	200

Tabla 4: Número de cabezas de ganado. Fuente: Elaboración propia. [40]

1.5 Población equivalente total.

La población equivalente total para el año 2.045 se aproxima a 2.000 personas y no se tendrá en cuenta la ganadería por lo citado en el apartado anterior.

Esta población será aproximadamente la que estará censada en el año 2.045.

En el diseño de esta E.D.A.R, se debe contemplar la fluctuación de la población en verano, que llega a duplicarse, dando lugar a unos 4.000 habitantes equivalentes en la zona.

	Población Actual	Población prevista (2045)	H-E Ganadería	H-E Industria	H-E actual	H-E 2.045
Bádames	559	1.290	0	0	559	1.290
San Mamés de Aras	133	170	200	0	333	170
Rada	97	435	0	0	97	435
				<i>Total</i>	989	1.895

Tabla 5: Resumen habitantes equivalentes. Fuente: Elaboración propia [2]

Anejo 2.

Cálculo de caudales.

ÍNDICE

ANEJO 2.	20
CÁLCULO DE CAUDALES.	20
2. CÁLCULO DE CAUDALES.	22
2.1 INTRODUCCIÓN.	22
2.2 DATOS DE PARTIDA.	23
2.3 EVALUACIÓN DE LOS CAUDALES DE LA E.D.A.R.	26
2.3.1 Caudal medio.	26
2.3.2 Caudal punta.	26
2.3.3 Caudal máximo.	27
2.3.4 Caudal mínimo.	28

2. Cálculo de caudales.

2.1 Introducción.

En el dimensionamiento de una E.D.A.R tanto los sistemas de depuración como los distintos equipos vendrá marcado en función de los caudales calculados para el año horizonte del proyecto.

Por esto, es muy importante tener en cuenta el crecimiento de población que se ha calculado en el **Anejo 2**.

Dada la magnitud de la obra a realizar se pretende que la duración de su servicio sea de al menos 25 años sin problemas de dimensionamiento.

El objeto del presente anejo es el cálculo de los caudales de entrada en la E.D.A.R, provenientes de las aguas residuales urbanas.

Estos caudales dependen como se ha mencionado anteriormente, de la población equivalente, por lo tanto se tendrá en cuenta los datos antes calculados, según las previsiones de crecimiento.

Para la realización de estos cálculos se ha hecho uso de estimaciones del consumo en función de la población de la zona, por la falta de datos concretos que indiquen la cantidad de aguas residuales generadas.

2.2 Datos de partida.

Se dispone de pocos datos de partida para comprobar el consumo que se produce en la zona de estudio donde se va a instalar la E.D.A.R.

La cantidad de aguas residuales que se generan están relacionadas directamente con las aguas de abastecimiento, que a su vez también viene influenciado por el desarrollo económico, social y del número de población de la zona.

Entre los factores que influyen en la cantidad de aguas residuales que se genera en una aglomeración urbana destacan:

- El consumo de agua de abastecimiento, la pluviometría (en este caso no se tendrán en cuenta por contar con una red separativa).
- Las pérdidas, que pueden deberse a fugas en los colectores
- A que parte de las aguas consumidas, no llegan a la red de alcantarillado (como por ejemplo el riego de jardines)
- A las ganancias, por vertidos a la red de alcantarillado o por intrusiones de otras aguas en la red de colectores.

Es importante conocer tanto las características de las aguas residuales generadas en la zona de estudio como el conocimiento de los caudales para un correcto diseño de la E.D.A.R. Además, en su diseño debe estar previstas las variaciones de carga y caudal que puedan experimentar estas aguas.

A través de la empresa Aquarbe, se sabe que los datos del consumo aproximado de los años 2014-2017 de todo el municipio de Voto, donde se encuentran las poblaciones objeto de estudio, son los siguientes: **[41]**

AÑO	CONSUMO
2014	297.000 m ³
2015	294.000 m ³
2016	300.000 m ³
2017	302.000 m ³

Tabla 6: Consumos población Voto.

Fuente: <https://www.aquarbe.es/consumo> **[41]**

El consumo de agua en el municipio de Voto se ha visto incrementado en los últimos años por el aumento paulatino de la población debido al desarrollo urbanístico.

Los últimos datos globales del censo de población en el municipio de Voto, cifran el número de habitantes, en 2.745 habitantes.

Por lo tanto, si dividimos el consumo de la población total del municipio entre el número de habitantes que residen actualmente se obtiene un consumo de agua aproximado 301 litros/hab./día.

Pero estos datos no se pueden considerar como un consumo real para este municipio, dado que la población que se está teniendo en cuenta es solamente la censada y se sabe que la población aumenta considerablemente en otras épocas del año, puesto que la mayoría de las viviendas son de segunda residencia.

Dentro del Boletín Oficial del Estado (B.O.E) se recogen varios métodos para el cálculo del consumo de agua por habitante:

En el método genérico se consideran en su conjunto todos los usos de agua que se abastecen de la red municipal, como son el uso doméstico, uso industrial y comercial, uso municipal, riego privado y uso ganadero.

En este caso se establecen las dotaciones brutas máximas de agua que figuran en la **tabla 7**, entendiéndose como dotación bruta el cociente entre el volumen a captar para la red de suministro en alta y el número de habitantes inscritos en el padrón municipal en la zona de suministro.

Población abastecida. por el sistema.	Actividad comercial- industrial vinculada		
	Alta	Media	Baja
< 2.000 hab.	340	310	290
2.000 – 10.000 hab.	325	290	260
10.000 – 50.000 hab.	300	260	-
50.000 – 250.000 hab.	270	-	-
> 250.000 hab	250	-	-

Tabla 7: Dotaciones brutas máximas admisibles en litros por habitante y día para abastecimiento urbano.

Método genérico. Fuente: Elaboración propia. [BOE <https://www.boe.es/boe/dias/2013/06/08/pdfs/BOE-A-2013-6077.pdf>]

En el caso de estudio, como se ha comentado en otras ocasiones, no se cuenta con ningún tipo de industria, por lo que estos datos serían una aproximación al alza.

El método particularizado se definirá para cada uso una dotación bruta máxima con las siguientes características:

a) Uso sanitario. Abastecimiento a vestuarios de industrias, instalaciones deportivas, etc. Se establece una dotación de 150 a 200 L/empleo-usuario/día.

b) Uso doméstico. Se refiere específicamente al abastecimiento domiciliario, excluidas las necesidades municipales, comerciales, etc. Las dotaciones brutas máximas de agua se muestran en la tabla 3.

Población abastecida por el sistema (habitantes)	Dotación Máx. bruta (L/hab/día)
Menos de 100	220
De 101 a 2.000	210
De 2.001 a 10.000	205
De 10.001 a 50.000	200
De 50.001 a 250.000	195
Más de 250.000	190

Tabla 8: Dotaciones brutas máximas para uso doméstico. Método particularizado.

Fuente: Elaboración propia. [BOE <https://www.boe.es/boe/dias/2013/06/08/pdfs/BOE-A-2013-6077.pdf>]

Por tanto:

Teniendo en cuenta las diferentes valoraciones en el consumo anteriormente citadas, se va a considerar un valor medio entre la más alta de 301L/hab/día y la más baja de 205 L/hab/día , lo que da un consumo de aproximadamente 250 L/hab/día.

Generalmente el volumen de aguas residuales se calcula considerando que será sobre un 80 – 90 % sobre la dotación máxima que se haya estipulado.

Teniendo en cuenta que la tipología edificatoria mayoritaria es de viviendas unifamiliares con zonas ajardinadas e incluso algunos pequeños huertos, se considerará el valor de un 80 % como aguas residuales sobre la dotación de consumo.

Es decir, se tendrá en cuenta una generación de aguas residuales de **200 L/hab día.**

2.3 Evaluación de los caudales de la E.D.A.R.

2.3.1 Caudal medio.

El caudal medio (Q_{MEDI0}) se define como el caudal total al que tendrá que hacer frente la E.D.A.R en un período de 24 horas.

Sabiendo que se cuenta con una dotación de 200 litros por habitante y por día, el caudal medio es:

$$Q_{MEDI0} \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{\text{población habitantes equivalentes} \times \text{dotación}}{1000}$$

$$Q_{MEDI0} \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{4000 \times 200}{1000} = 33,33 \frac{m^3}{h} = \mathbf{9,258 \frac{l}{segundo}}$$

$$Q_{MEDI0} \left(\frac{m^3}{h} \right) = \mathbf{9,258 \frac{l}{segundo}}$$

2.3.2 Caudal punta.

Se define como caudal punta (Q_{PUNTA}) es aquel al que debe hacer frente la E.D.A.R de manera puntual en ciertas horas del día.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{punta} = Q_{MEDI0} \times C_p$$

Donde C_p es el coeficiente punta, que es un coeficiente de mayoración.

El coeficiente punta viene influido por el tipo de comunidad a la que corresponde, siendo este coeficiente mayor en comunidades grandes donde no suelen darse grandes variaciones, y más reducido en poblaciones pequeñas más sensibles a variaciones de caudal.

A modo de ejemplo suele darse que para comunidades pequeñas el Q_{PUNTA} es 4 veces mayor que el Q_{MEDI0} , mientras que para localidades grandes se establece que Q_{PUNTA} es 1,5 veces el Q_m .

Otra manera de obtener el coeficiente punta cuando no se dispone de datos más fiables es a través de la fórmula: **[42]**

$$Cp = -9 \times \ln (\text{población equivalente futura})^{0,1} + 13,3$$

$$Cp = -9 \times \ln (4000)^{0,1} + 13,3 = 2,2$$

Por lo tanto, el caudal punta que se obtiene es de :

$$Q_{punta} \frac{m^3}{h} = 33,33 \times 2,2 = 73,33 \frac{m^3}{h} \approx 74 \frac{m^3}{h} = 20,5 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$$

$$Q_{punta} \frac{m^3}{h} = 20,5 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$$

2.3.3 Caudal máximo.

Este caudal es el que determinará el caudal de diseño para la E.D.A.R.

Se define el caudal máximo como el máximo volumen de aguas, tanto residuales como pluviales, que pueden llegar a la E.D.A.R en un momento determinado.

Dado que se ha propuesto que el municipio trabaje con una red de saneamiento separativa, simplemente habrá que tener en cuenta las aguas residuales.

En general, se suele estimar el caudal máximo que puede llegar a planta como la mayoración del caudal punta en 1,5 a 2,5 veces .

Algunas veces también se puede calcular el caudal máximo, en una primera aproximación, como tres veces el caudal medio en el caso de sistemas de saneamiento separativos o en el de los unitarios durante épocas secas; mientras que se debe tomar como cinco veces en el caso de sistemas unitarios en tiempo de lluvias.

En este caso a modo de seguridad se va a utilizar como caudal máximo 3,5 el caudal medio.

$$Q_{\text{máximo}} = Q_{\text{MEDIO}} \times 3,5$$

$$Q_{\text{máximo}} = 33,33 \times 3,5 = 116,655 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,0324 \frac{\text{m}^3}{\text{segundo}}$$

$$Q_{\text{máximo}} = 0,0324 \frac{\text{m}^3}{\text{segundo}}$$

2.3.4 Caudal mínimo.

El caudal mínimo diario ($Q_{\text{mínimo}}$) es el valor mínimo de caudal diario expresado en m³/día o en m³/h y ligado normalmente a periodos de sequía o en los periodos del día de menos consumo y que garantiza tener agua a aquellas instalaciones que la necesitan, como las bombas de succión.

Es un dato importante para el funcionamiento de las estaciones de bombeo, sobre todo en los periodos iniciales de funcionamiento, puesto que se suele trabajar con caudales inferiores a los proyectados y se pueden producir retenciones de residuos en las conducciones, pozos y arquetas, así como de ciertos elementos que funcionen en vacío, bombas, sistemas de agitación, etc. con lo que podrían sufrir deterioros.

Se obtiene a partir de las series estadísticas de datos o en su defecto en función del caudal medio diario y del tamaño de la población (entre el 30% y el 50%). Donde k es un valor comprendido entre 0,3 y 0,5.

$$Q_{\text{MÍNIMO}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = Q_{\text{MEDIO}} \times k$$

$$Q_{\text{MÍNIMO}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 33,33 \times 0,5 = 16,67 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{MÍNIMO}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Anejo 3.

Dimensionado de los equipos.

ÍNDICE

ANEJO 3.	29
DIMENSIONADO DE LOS EQUIPOS.	29
3. DIMENSIONADO DE LOS EQUIPOS.	31
3.1 CANAL DE LLEGADA.	31
3.2 REJAS DE DESBASTE.	34
3.3 POZO DE BOMBEO.	39
3.4 BOMBAS.	43
3.5 TAMICES.	46
3.6 TANQUES DE OXIDACIÓN O TANQUES DE AIREACIÓN.	50
3.7 DECANTADOR.	61
3.8 ALMACENAJE Y ESTABILIZACIÓN DE LODOS.	65

3. Dimensionado de los equipos.

3.1 Canal de llegada.

Las aguas residuales llegan al canal conducidas en tuberías de diámetro 500 mm a cota -1.00.

Los parámetros a tener en cuenta en el diseño del canal son los siguientes:

- Caudal máximo (m³/segundo) : Q= 0,0324 m³/segundo
- Tipo de sección: Rectangular.
- Material: Hormigón.
- Coeficiente de Manning para el hormigón: n = 0,013
- Perímetro mojado (p) : p = 4y.
- Altura del canal: y.
- Pendiente del canal: 0,5%
- Sección del canal: A= 2.y²

La fórmula siguiente permitirá el cálculo de la altura del canal (y):

$$Q = \frac{A^{5/3} x \sqrt{S}}{n x p^{3/2}}$$

$$0,0324 = \frac{(2 \cdot y^2)^{5/3} x \sqrt{0,005}}{0,013 x (4 \cdot y)^{3/2}}$$

$$y = 0,13 \text{ metros}$$

La altura mínima del canal para el caudal máximo al que se verá expuesto tendrá un valor de 0,20 metros.

A esta altura mínima y como norma general debe sumársele un margen de seguridad.

En este caso se dispondrá de un margen de seguridad para el rebose de 0,30 metros.

Por tanto la altura mínima para el calculo dimensional del cana es de 0,50 metros.

Para el calculo del ancho mínimo del canal de sección rectangular se sabe que:

$$P = b + 2y$$
$$0,52 = b + 2 \cdot 0,13$$
$$b = 0,26 \text{ metros}$$

Redondeando se necesitará como ancho mínimo 0,30 metros.

Dado que la conexión al canal se realiza con una tubería de diámetro Φ 500 mm, el ancho del canal tendrá como mínimo de 0,50 metros, si se le da un margen a cada lado de la tubería, se dispondrá un ancho total de 0,60 metros.

Este valor cumple con los parámetros mínimos antes calculados.

Por otro lado, atendiendo a las mismas circunstancias y a que la conducción de llegada a la E.D.A.R está a cota -1.00 metros, situamos el suelo del canal a la cota -1.20 metros a lo que hay que añadir el margen de seguridad de 0,3 metros, sobre la cota 0.00 metros del terreno.

Por tanto el canal tendrá unas dimensiones de :

- Altura : 1,50 metros.
- Anchura: 0,60 metros.

El canal será de hormigón armado fabricado “in situ”. Será de sección rectangular con altura útil total de 1,50 metros, anchura 0,60 metros y longitud suficiente para canalizar el agua y disponer de las rejillas de desbaste automáticas. Se realizará a medida por el fabricante.

Las características y medidas detalladas se reflejarán en el plano 8 de detalle en la hoja 1 de 6 del documento “Planos”.



Figura 1: Canal de llegada. Fuente: Elaboración propia.

3.2 Rejas de desbaste.

El desbaste se realiza por medio de rejas y tiene como objeto retener y separar los cuerpos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual.

Se consigue con ello:

- Eludir posteriores depósitos.
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general.
- Interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores (desarenador, medidor de caudal etc.)

Para el dimensionado de las rejas se escoge una separación entre barras de 20 mm, las barras serán de sección rectangular con una anchura de 10 mm y una profundidad de barra de 50 mm.

Dimensionado de las rejas.

Establecimiento del número de líneas de tratamiento:

- En este caso se cuenta con una única línea.

Dado que todo llega al mismo canal, y por tanto a la misma reja de desbaste, la capacidad hidráulica de la línea es el equivalente al caudal máximo.

- $Q_{\text{máximo}} = 0,0324 \text{ m}^3/\text{segundo}$.

$$Q_{\text{máximo}} \rightarrow \text{Capacidad hidráulica} = 0,0324 \frac{\text{m}^3}{\text{segundo}}$$

Cálculo del ancho del canal de desbaste.

Se fijan los siguientes valores:

- Ancho de los barrotes, en este caso : a = 10 mm.
- Separación libre entre los barrotes: s = 20 mm.

Se establece para la línea las características hidráulicas:

- Pendiente del canal: 0,5%.
- Sección: Rectangular.
- Anchura del canal: 0,60 metros.

Las características hidráulicas son:

Altura (cm)	Superficie (m ²)	Perímetro	R _H ^{2/3}	v (m/s)	Q (m ³ /s)
5,00	0,02	0,50	0,117	0,604	0,012
10,00	0,04	0,60	0,164	0,849	0,034
15,00	0,06	0,70	0,194	1,003	0,060
20,00	0,08	0,80	0,215	1,112	0,089
25,00	0,10	0,90	0,231	1,193	0,119
30,00	0,12	1,00	0,243	1,256	0,151
35,00	0,14	1,10	0,253	1,306	0,183
40,00	0,16	1,20	0,261	1,347	0,216
45,00	0,18	1,30	0,268	1,382	0,249
50,00	0,20	1,40	0,273	1,411	0,282

Figura 2: Características hidráulicas. Fuente: Manual de diseño de estaciones de depuradoras de aguas residuales. [43]

En situación normal se tendrá que el nivel del agua en el canal será:

$$D = 0,15 + 0,74 \sqrt{Q_{\text{máximo}}}$$

Siendo:

- $Q_{\text{máximo}} = 0,0324 \text{ m}^3/\text{segundo}$.

$$D = 0,15 + 0,74 \sqrt{0,0324} = 0,28 \text{ m.}$$

$$\mathbf{D = 0,28 \text{ metros.}}$$

Para el cálculo del ancho del canal donde se van a colocar las rejillas se aplica la siguiente expresión:

$$W = \left(\frac{Q_{\text{máximo}}}{v \times D} \right) \times \left(\frac{a + s}{s} \right) + C_{\text{rej}}$$

Siendo:

- W = ancho canal de rejillas. (m)
- $Q_{\text{máximo}}$ = Caudal máximo que pasa. ($\text{m}^3/\text{segundo}$)
- v = velocidad de paso del agua en rejillas (m/s)
- D = nivel de aguas arriba de la rejilla a caudal máximo. (m)
- a = ancho de barrotes. (m)
- s = separación libre entre barrotes. (m)
- C_{rej} = coeficiente de seguridad (m), adaptándose los siguientes valores:
- Rejillas finas: 0,1 m.
- Rejillas gruesas: 0,3 m.

$$W = \left(\frac{0,0324}{0,6 \times 0,28} \right) \times \left(\frac{0,010 + 0,020}{0,020} \right) + 0,3$$

$$\mathbf{W = 0,589 \text{ m} \approx 0,6 \text{ m}}$$

Se ha hecho un buen predimensionado de las rejillas, dado que nos da un ancho de zanja de valor igual al que se tenía, por lo tanto sirven.

Cálculo de la cantidad de materia retenida.

Al tratarse de rejas gruesas $20 \leq s \leq 40$ mm, 5-10 l/habitantes(hab).año.

La cantidad de materia retenida en las rejas será:

$$\text{Materia retenida} = \text{habitantes} \times 10 \left(\frac{\text{litros}}{\text{hab. año}} \right)$$

$$\text{Materia retenida} = 4.000 \times 10 = 40.000 \frac{l}{\text{año}} = 109,58 \frac{l}{\text{día}}$$

$$\text{Materia retenida} = \mathbf{109,58 \frac{l}{día}}$$

Para la recogida de la materia sustraída del canal por las rejas y su posterior retirada a vertedero se dispondrá de unos contenedores.

La capacidad de los contenedores de recogida generalmente es de 6.000 litros:

$$\frac{6.000}{109,58} = 54,75 \text{ días} \approx \mathbf{55 \text{ días}}$$

Habrá que hacer recogida de los depósitos aproximadamente cada **dos meses**.

La tipología de reja escogida será según catalogo la siguiente:

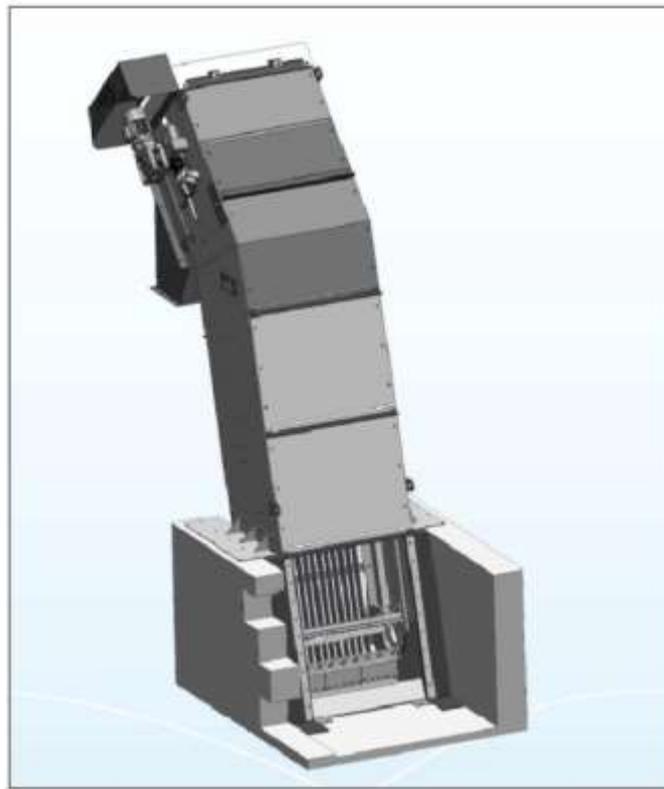


Figura 3: Reja de desbaste. Fuente: SeftGroup [44].

Características técnicas de la reja de desbaste:

DETTAGLI TECNICI / TECHNICAL DETAILS	
MODELLO - TYPE	CRS
larghezza canale - internal width of channell	400 mm + 2100 mm
altezza canale - channell depth	600 mm + 10000 mm
filtrazione - filtration	6 mm + 60 mm
velocità pettini (g/min.) - combs speed (rpm)	6
potenza - power	0,55 kW + 2,2 kW
inclinazione - inclination	75° - 90°
altezza griglia - fixed grid height	da definire all'ordine - to be define for purchase order
materiale - material	AISI 304 + AISI 316

Figura 4: Características de las Rejas de desbaste. Fuente: SeftGroup. [44].

Esos son los parámetros que definen la posibilidad de uso de estas rejas de desbaste.

- El ancho de canal.
- La altura.
- La separación entre barras.

3.3 Pozo de bombeo.

El pozo de bombeo de cabecera se ubica antes de tamicos y después del canal de desbaste y cuya función es la de albergar el agua residual para ser impulsada hasta una cota suficiente para que fluya por gravedad posteriormente al resto de los equipos.[45]

Volumen mínimo del pozo.

$$V = \frac{0,9 \cdot Q}{Z}$$

Siendo :

- V : Volumen del pozo en m³.
- Q_{máximo} : Caudal de bombeo máximo en L/segundo.
- Z: Número de arranques de las bombas.

Datos:

- Q_{máximo} = 32,41 L/segundo.
- Z = 4.

$$V = \frac{0,9 \cdot 32,41}{4} = 7,29 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mínimo}} = 8 \text{ m}^3.$$

Nota: Para considerar el número de arranques de la bomba se tendrá en cuenta que por convención se usa una frecuencia de 4 a 6 ciclos por hora, el ciclo de cuatro (4) arranques/hora se usa para el confort del usuario y se considera que con mas de seis (6) arranques/hora puede "haber" un sobrecalentamiento del motor, desgaste innecesario de las unidades de bombeo y excesivo consumo de energía eléctrica.
[46]



Sumergencia de aspiración.

$$v = \frac{4 \cdot Q_{bombeo}}{\pi \cdot D^2}$$

$$Q_{bombeo} = \frac{Q_{máximo}}{n^{\circ} bombas}$$

Siendo:

- v: velocidad (m/segundo).
- Q: caudal de bombeo en (m³/segundo).
- D: Diámetro de la tubería de impulsión (metros) (depende del tipo de bomba).

Datos:

- Caudal de bombeo = 0,010 m³/segundo
- D = 0,15 metros.

$$v = \frac{4 \cdot \frac{116,67}{3} \cdot \frac{1}{3600}}{\pi \cdot 0,15^2} = 0,611 \frac{m}{segundo}$$

$$v = 0,611 \frac{m}{segundo}$$

La altura sumergida.

$$H = \frac{v^2}{2g} + 0,20$$

Siendo:

- v: velocidad en (m/segundo).
- H: altura de sumergencia. (metros)
- g: aceleración de la gravedad. (m/segundo²).

Datos:

- $v = 0,611$ m/segundo
- $g: 9,8$ m/segundo².

$$H = \frac{0,611^2}{2 \cdot 9,81} + 0,20 = 0,22$$

$$H = 0,22 \text{ metros}$$

Se adopta una altura entre parada-arranque de seguridad de 0,9 m.

La **altura mínima** del pozo será : $0,22 + 0,9 = 1,12$ metros, se redondea a **2 metros**.

Superficie mínima del pozo.

$$S_{\text{mínima}} = \frac{V_{\text{mínimo}}}{Ht}$$

Siendo:

- $S_{\text{mínima}}$: Superficie mínima del pozo. (m²)
- $V_{\text{mínimo}}$: Volúmen mínimo del pozo (m³)
- Ht : Altura mínima. (metros)

Datos:

- $V_{\text{mínimo}} = 8$ m³.
- Ht : 1,12 metros.

$$S_{\text{min}} = \frac{8}{1,12} = 7,14 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{min}} = 7,14 \text{ m}^2$$

Se adoptará las siguientes dimensiones para el pozo de bombeo:

- Longitud. $L=4\text{m}$
- Anchura $A=4\text{m}$
- Altura $H=2\text{m}$

Solución adoptada:

El pozo de bombeo será rectangular y de hormigón armado fabricado “in situ”, con capacidad aproximada de 32 m^3 .

La solera del pozo dispondrá de unas ligeras pendientes que converjan sobre la zona de ubicación de las bombas favoreciendo la limpieza del fondo según indicación del plano de bombeo.

Las características y medidas detalladas se reflejarán en el plano 8 de detalles en la hoja 3 de 6 del documento “Planos”.

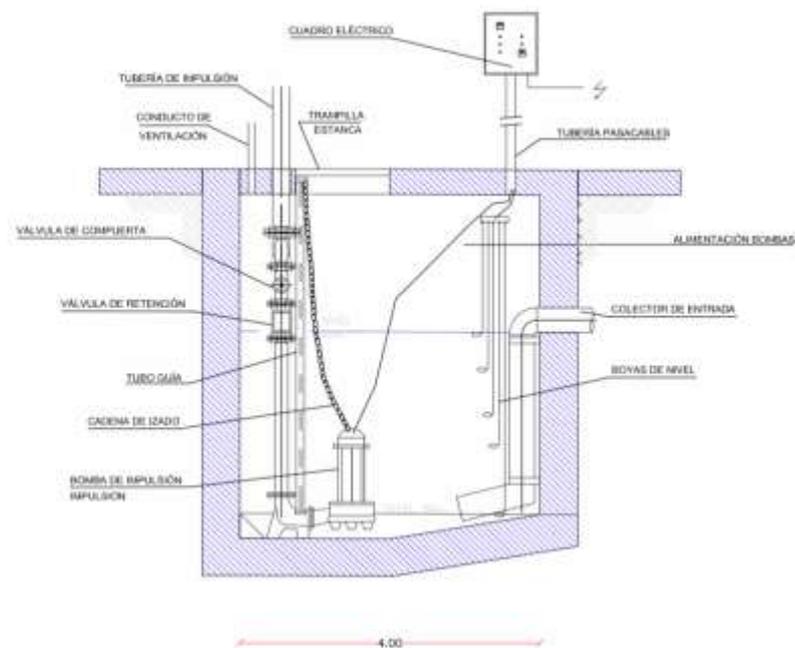


Figura 5: Esquema del Pozo de Bombeo. Fuente: Elaboración propia.

3.4 Bombas.

En función del caudal máximo que está previsto que pueda entrar en la E.D.A.R , el caudal medio y la altura que se debe elevar el agua, etc.

El proveedor ha suministrado las características de las siguientes bombas.

Datos de partida:

Caudal máximo	116,67 m ³ /hora
Caudal medio	33,33 m ³ /hora
Diferencia altura	5 metros
Altura a vencer	8 m.c.a

Tabla 9: Datos diseño para las bombas. Fuente: Elaboración propia

Las aguas residuales se elevarán desde el pozo de bombeo a la entrada de los tamices de tratamiento primario. El desnivel entre ambos es de 5 metros.

Solución adoptada:

Se instalarán 3 bombas sumergibles compactas capaces de elevar 40 m³/hora a 8 m.c.a.

Las bombas serán de instalación fija-removible, montadas sobre un zócalo fijo en el pozo de bombeo y dotadas de guías fijas de elevación. Sus características se definen en las especificaciones correspondientes.

En condiciones de caudal inferiores a 25% el sistema de bombeo funcionará con una de las bombas de 40 m³/h, comandada por un sistema de niveles y temporizadores.

El funcionamiento será alternativo entre ambas. Cuando el caudal supere en periodos fijados el 25 % del total, entrará en funcionamiento la segunda bomba de 40 m³/h.

Cuando el aumento de población haga que se supere el 50% del caudal total entrará en funcionamiento la tercera bomba que complementará a las otras dos bombas.

Se dispondrá de tres bombas iguales que simplificarán el mantenimiento de las mismas.

Las especificaciones técnicas de las bombas seleccionadas son las siguientes:

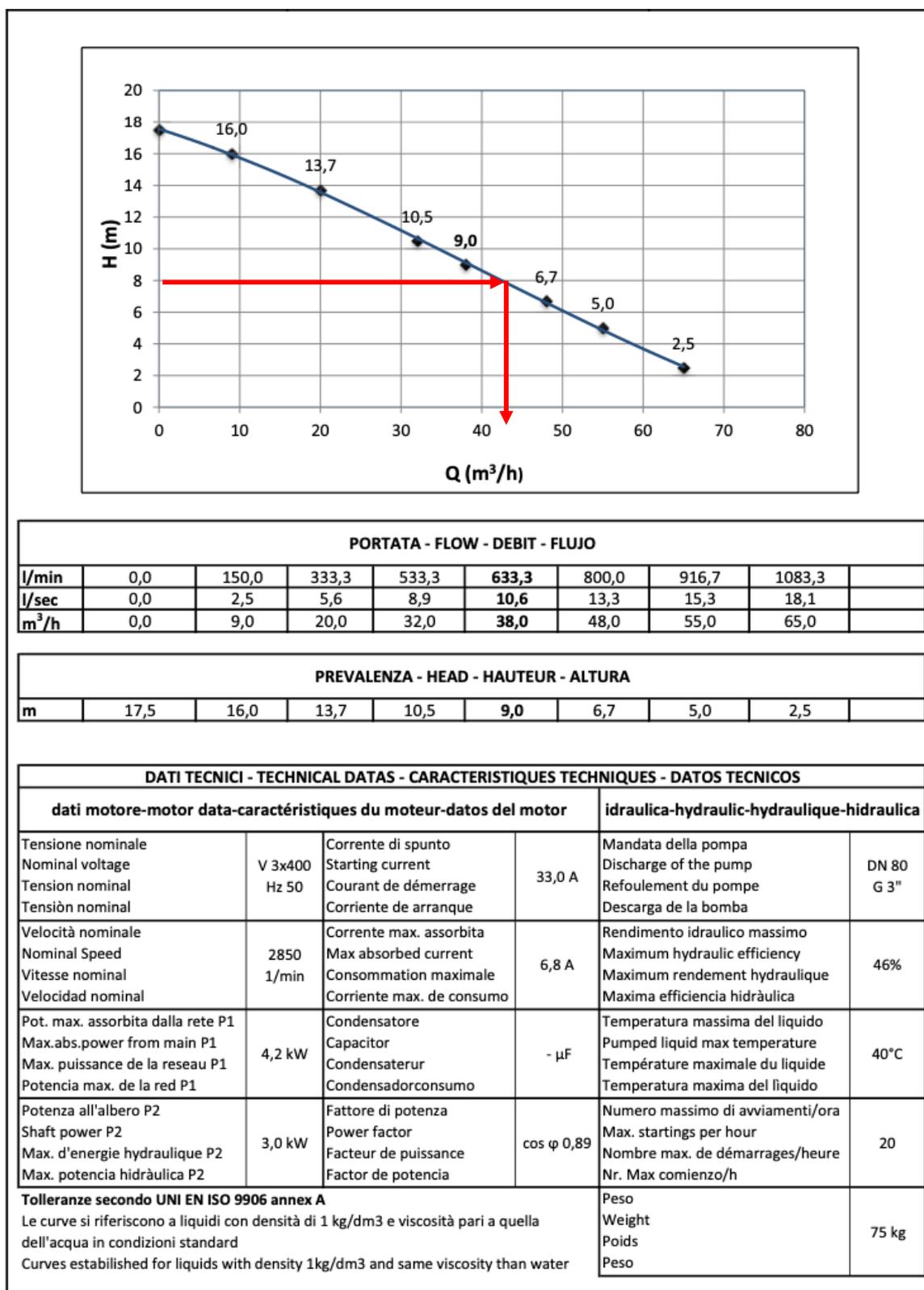


Figura 6: Especificaciones técnicas de la Bomba. Fuente: AIGUAPRES SL. [47]

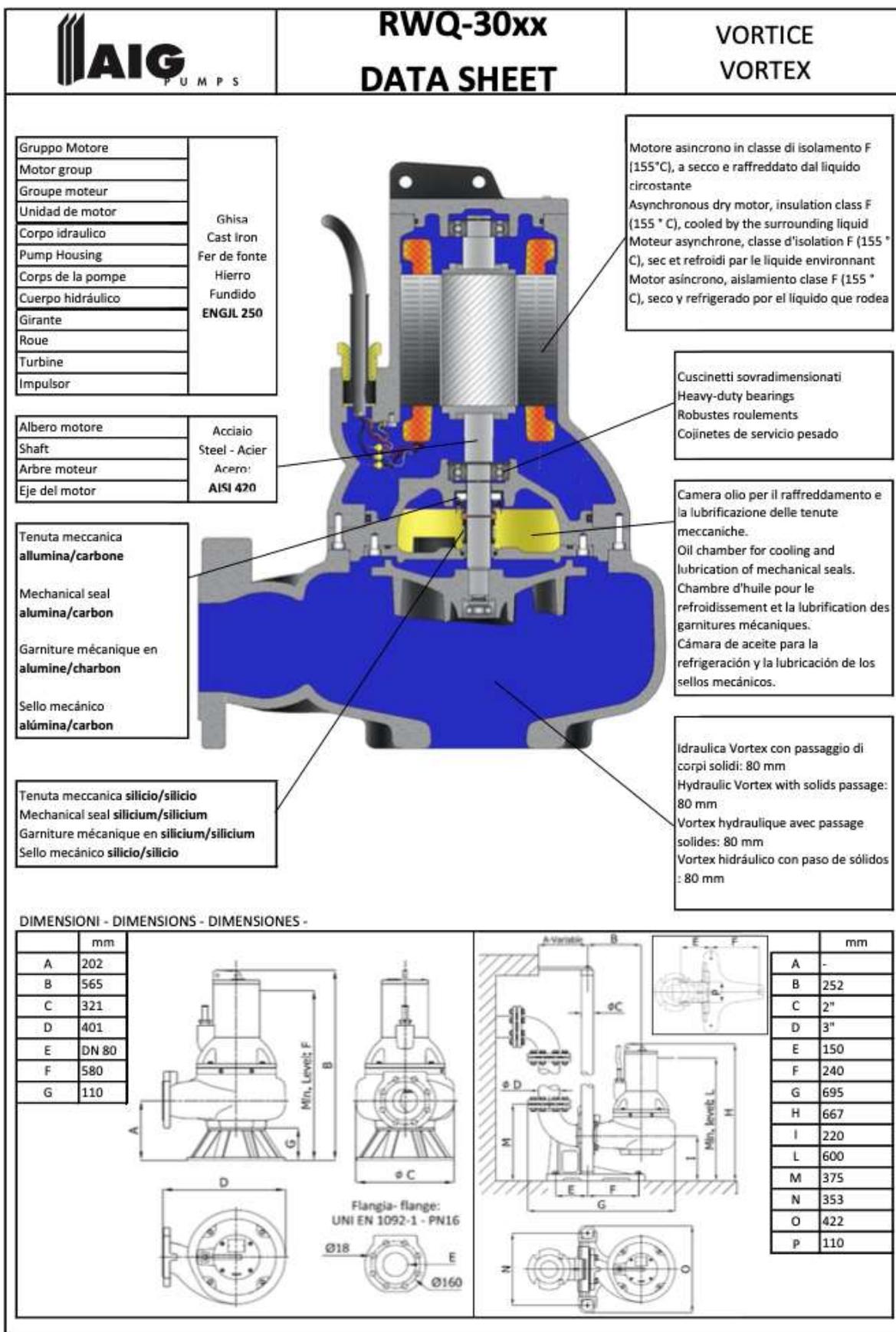


Figura 7: Bombas sumergibles compactas. Fuente: AIGUAPRES SL. [47]

3.5 Tamices.

Para continuar con la eliminación de residuos sólidos, utilizaremos los tamices, que es una equipo destinado a la filtración o tamizado de líquidos en general.

En este proyecto se dispondrá de dos rototamices que se usan generalmente con aguas residuales poco cargadas como en este caso.

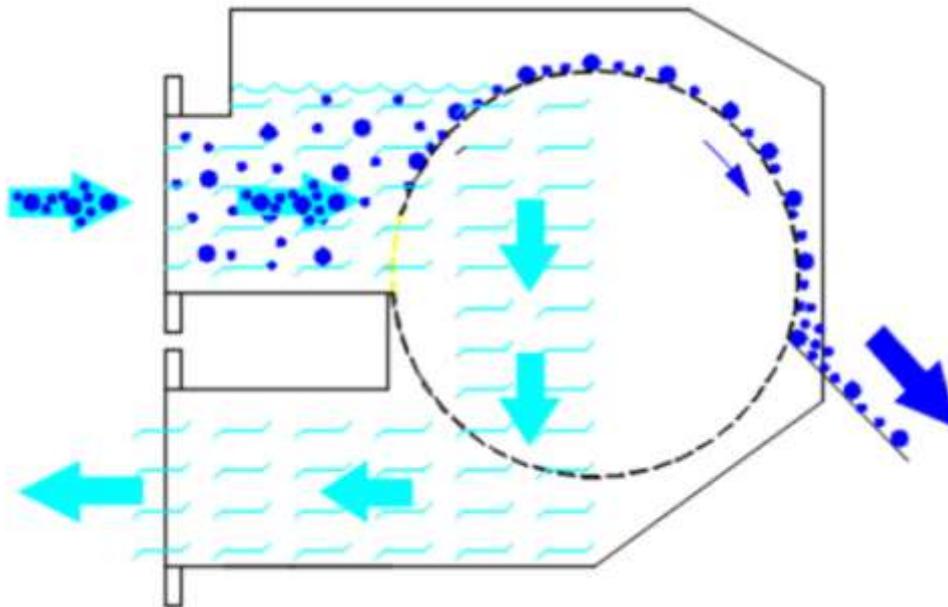


Figura 8:Esquema trabajo del rototamiz. Fuente: https://www.simop.es/es/product/ROT1_rototamiz [48]

Parámetros de diseño.

El parámetro a considerar en el diseño de una instalación de tamizado es la siguiente:

- Velocidad de paso o en este caso caudal que es posible tratar con una unidad determinada de tamiz.

Nota: No existen fórmulas generales para el cálculo de estos parámetros debido a la enorme diversidad de equipos existentes en el mercado. En cada caso particular el proyectista deberá dirigirse a los fabricantes e indagar sobre catálogos concretos que equipo se adapta mejor a sus necesidades.

Atendiendo a las características geométricas se tienen los siguientes tamices:

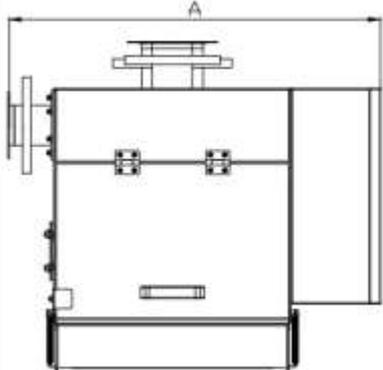
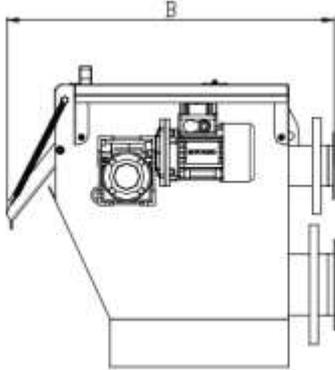
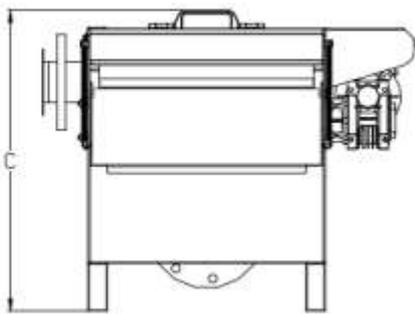
DATOS GENERALES								
								
MODELO TR	POTENCIA INSTALADA Kw.	PESO EN VACÍO Kg.	A mm	B mm	C mm	BRIDA ENTRADA DN	BRIDA SALIDA DN	REBOSE (Opcional) DN
2451	0,18	85	785	690	630	80	125	80
4051	0,25	115	785	905	880	125	150	125
4081	0,25	165	1035	905	880	150	200	125
4101	0,25	190	1290	905	880	200	250	125
6071	0,55	280	1010	1235	1190	200	250	150
6101	0,55	330	1260	1235	1190	250	300	150
6151	0,55	370	1760	1235	1190	300	350	150

Figura 9: Especificaciones técnicas de rototamiz.

Fuente: http://www.politech.es/documentos/tamizado/TAMIZ_ROTATIVO_MOD.TR.pdf [49]

Se escoge el remarcado que atiende con las siguientes especificaciones técnicas citadas a continuación:

EQUIPO PROPUESTO:

Fabricante:	POLITECH
Modelo:	TR 4081
Número de equipos necesarios:	2
Posición de montaje:	En superficie

ESPECIFICACIÓN:

Modelo:	TR 4081
Número de equipos necesarios:	2
Posición de montaje:	En superficie
Caudal para agua limpia:	99 m³/h
Luz de paso:	1 mm
Diámetro del cilindro filtrante:	405 mm
Longitud útil del cilindro:	710 mm
Potencia eléctrica instalada:	0,25 kw
Tensión, frecuencia y protección:	400/460 V 50/60 Hz IP 55 Clase F B5
Peso de la máquina en vacío:	165 kg.
Material del motor reductor:	Fundición aluminio pintado
Material de cilindro filtrante, carcasa y accesorios:	Acero inoxidable AISI 304
Juntas laterales:	Polietileno
Rascador:	Latón
Bridas:	Aluminio lacado
Conexión de entrada	Incluida 1 unidad DN 150
Conexión de salida	Incluida 1 unidad DN 200

Accesorios:

Dispositivo de lavado interno con tubería inoxidable:	Incluido conexión 3/8" H
Tapa abisagrada con asa de elevación:	Incluida
Deflector de entrada en acero inoxidable:	Incluido

OPCIONALES:

REBOSADERO DE EXCESO DE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

Rebosadero bridado DN 125 con vertedero interior fabricado en acero inoxidable.

Solución adoptada:

Se dispondrá de dos rototamices para cumplir con las necesidades a caudal máximo de 116,67 m³/h, puesto que dicho caudal no podría ser cubierto con un único tamiz.

Los tamices irán trabajando de forma alternada o a la vez en función del caudal de entrada en la E.D.A.R en función de las necesidades.

Datos del agua a la entrada y salida de los tamices será:

	Demanda biológica de Oxígeno (DBO ₅)	Sólidos en suspensión (SS)
ENTRADA	300 mg / L	450 mg/L
SALIDA	225 mg/L	135 mg /L
Rendimiento	25%	70%

Tabla 10: Datos a la salida y entrada de los tamices. Fuente: Elaboración propia.

Las características y medidas detalladas se reflejarán en el plano 8 de detalles en la hoja 5 de 6 del documento "Planos".

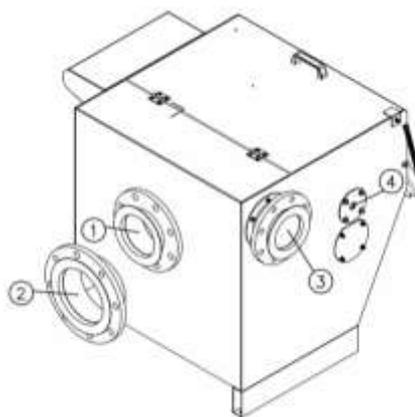


Figura 10: Rototamices TR 4081. Fuente:

http://www.politech.es/documentos/tamizado/TAMIZ_ROTATIVO_MOD.TR.pdf [49]

Gestión de sólidos.

Los residuos obtenidos tanto de las rejillas como de los tamices, se verterán a unos contenedores para almacenamiento de residuos y posteriormente serán llevados por la empresa gestora de residuos correspondiente.

3.6 Tanques de oxidación o tanques de aireación.

Se dispondrán 4 depósitos de aireación que puedan ponerse en funcionamiento según las necesidades de la población presentes en cada momento.

Cada uno de los depósitos se dimensionará para asumir la cuarta parte del caudal total, de esta forma en los momentos de menos caudales, los tanques que no se usen, harán la función de tanques para almacenamiento de lodos.

Valores normales de diseño para proceso de fangos activos:

Variantes del proceso	Proceso Convencional
Edad del fango (d)	4 - 12
Tiempo de retención (h)	4 - 8
Carga másica (Kg DBO. d/ Kg MLSSV)	0,2 - 0,4
Carga volúmica (Kg DBO.d/ m ³)	0,32 - 0,64
MLSS (mg/L)	1.500 – 3.500

Tabla 11: Valores de diseño. Fuente: Manual de diseño de depuradoras.[43]

Carga másica para cada tanque de oxidación:

Se define como la relación entre los kg de DBO₅ eliminados en un día en un depósito de fangos activados, y los kg de fangos contenidos en dicho depósito en ese mismo periodo de tiempo.

$$C_m = \frac{\text{Kg DBO}_5\text{elim/día}}{\text{kg de fango}} \approx \frac{\text{Kg} \frac{\text{DBO}_5\text{elim}}{\text{día}}}{\text{MLSSV}} \approx \frac{\text{Kg} \frac{\text{DBO}_5\text{elim}}{\text{día}}}{\text{MLSS}}$$

C_m es un valor comprendido entre 0,2 – 0,4

Siendo:

- MLSSV : Sólidos en suspensión volátiles en el licor mezcla.
- MLSS: Sólido en suspensión en el licor mezcla.
- $C_m = \text{Kg DBO}_5 \cdot \text{d} / \text{Kg MLSS}$: Carga másica.

Datos:

- Se opta por un valor intermedio de $C_m = 0,3$.
- $\text{DBO}_5 = 0,045 \text{ Kg}$

$$\frac{\text{Kg DBO}}{\text{d}} = 0,045 \cdot \frac{4000}{4} = 45 \text{ kg DBO}_5 \text{ en cada tanque}$$

$$C_m = \frac{\text{Kg DBO}_5 \text{ por tanque}}{\text{MLSS}}$$

$$0,3 = \frac{45}{\text{MLSS}}$$

$$\text{MLSS} = 150 \text{ Kg}$$

Concentración de MLSS es:

Para una concentración de MLSS de $3,5 \text{ kg/m}^3 = 3.500 \text{ mg/L}$

$$\text{Concentración MLSS} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{MLSS (Kg)}}{\text{Volumen}}$$

$$3,5 = \frac{150}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Volumen} = 42,86 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque de oxidación para cumplir con la carga másica establecida y la concentración de MLSS será mayor o igual que 50 m^3 .

Carga volúmica para cada tanque de oxidación:

$$\text{Kg DBO}_5 \text{ al día por m}^3 = \frac{45}{\text{Volúmen}}$$

Este valor deberá ser menor de 0,64, siendo este el mayor valor según tablas.

$$\text{Volúmen} = \frac{45}{0,64} = 70,31 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen} = 70,31 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, considerando las dos condiciones de volumen de ambos casos, se llega a la conclusión del que el volumen de los reactores de oxidación deber ser mayor de $70,31 \text{ m}^3$.

En cumplimiento de ambos resultados se dispondrá de **4 tanques de 75 m^3 cada uno.**

Se considerarán las siguientes dimensiones:

- Anchura = 2,5 metros.
- Longitud = 10 metros.
- Altura = 3 metros más 0,50 metros de protección.

Tiempo de retención hidráulico (T.R.H) para todos los tanques:

- Caudal diario : $Q_{\text{diario}} = 800 \text{ m}^3/\text{día}$.
- Caudal medio horario : $Q_{\text{medio}} = 33,33 \text{ m}^3/\text{hora}$.
- Volúmen total de los 4 tanques: $V = 300 \text{ m}^3$.
- Tiempo de retención hidráulico a caudal medio: $T.R.H_m = 300 / 33,33 = 9 \text{ horas a caudal medio}$.
- Tiempo de retención hidráulico máximo : $T.R.H_{\text{max}} = 300 / 116,67 = 2,57 \text{ horas a caudal máximo}$.

Como el tiempo de retención hidráulica que se establece tiene que ser mayor de 2 horas a caudal máximo y de 4 horas a caudal medio, tiene un tiempo de retención hidráulico con ese volumen aceptable.

Recirculación.

Se diseña una bomba para recircular el 100%, con programador horario para que funcione lo necesario en función de la demanda.

Esta bomba es capaz de recircular $8 \text{ m}^3/\text{hora}$, con una diferencia manométrica de 8 metros.

La bomba que se va a disponer es la siguiente:

DN 50 - 2"



VORTEX



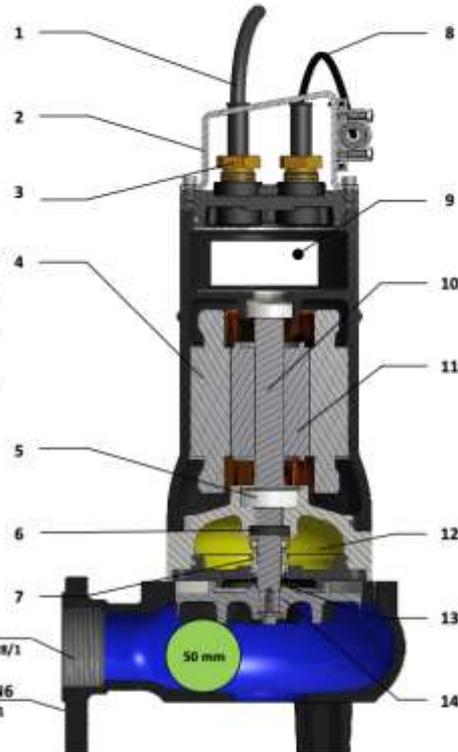
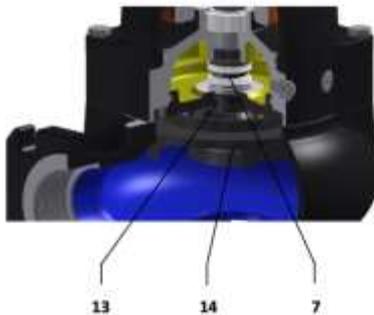
Poli
Poles
Poles
Poles

2/50HZ

Caratteristiche costruttive - Construction features
Caractéristiques de construction - Características de la construcción

Description	Material
- Corpo Motore / Pompa	Ghisa EN GIL 250
- Body Motor/ Pump	Cast Iron EN GIL 250
- Corps de Moteur / Pompe	Fonte EN GIL 250
- Cuerpo del Motor / Bomba	Hierro fund. EN GIL 250

- Motore asincrono a secco in classe di isolamento F (155°C), motore monofase con protettore termico;
- Asynchronous dry motor, insulation class F (155°C), singlephase motor with thermal protector switch;
- Moteur asynchrone en chambre sèche, classe d'isolation F (155°C), moteur monophasé avec interrupteur de protection thermique;
- Motor asincrono en camera seca, aislamiento clase F (155°C), motor monofásico con interruptor de protección térmica.



G 2"
UNI ISO 228/1

DN50-PN6
UNI 1092/1

Description	Material				
1 Cavo Cable Câble Cable	10m - H07RN-F	6 Tenuta radiale Lip seal Joint radial Sello radial	NBR	10 Albero Shaft Arbre Eje	Acciaio Stainless steel Acier inox Acero
2 Maniglia Handle Manche Manija	Ferro zincato Galvanized Iron Fer galvanisé Hierro galvanizado	7 Tenuta meccanica Mechanical seal Garniture mécanique Sello mecánico	Silicio/Silicio Silicon/ Silicon Silicium/Silicium Silicio/Silicio	11 Rotore Rotor Rotor Rotor	
3 Pressacavo Cable gland Pressie-étoupe Glándula de cable	Ottone + NBR Brass + NBR Laiton + NBR Latón + NBR	8 Gallegiante Level switch Flottateur Flotador	Modelli Series Modèles Modelos	12 Camera olio Oil chamber Chambre d'huile Cámara de aceite	
4 Statore Stator Estator		9 Condensatore Condensateur Condensador	Modelli Modèles Modelos	13	V - ring NBR
5 Cuscinetto Bearing Palier Cojnete	Singola corona RS1 Single row - RS1 rangée - RS1 hilera - RS1	9 Teleruttore Contactor Contacteur Contactor	Modelli Series Modèles Modelos	14 Girante Impeller Roue Rodete	Ghisa EN GIL 250 Cast Iron EN GIL 250 Fonte EN GIL 250 Hierro fund. EN GIL 250

Figura 11: Bombas sumergible para recirculación de Lodos. Fuente: AIGUPRES SL. [47]



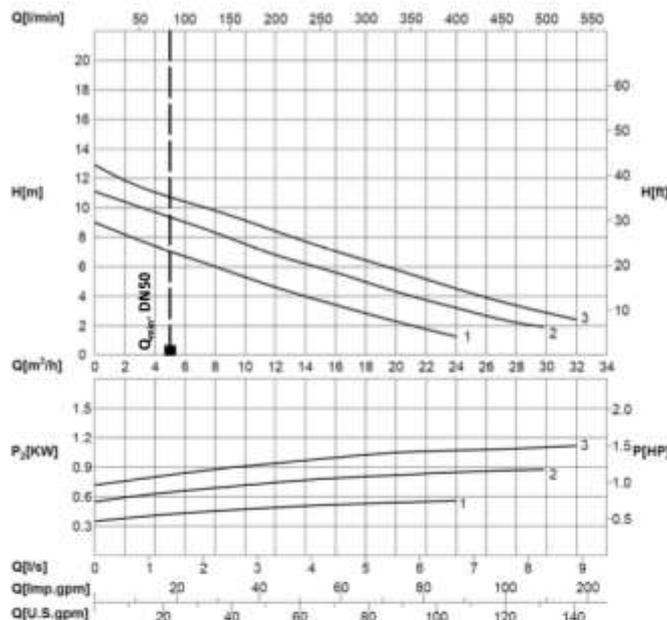
VORTEX



DN 50 - 2"

Poli
Poles **2/50HZ**
Poles
Poles **2850 R.P.M.**

Girante semi-aperta
Semi-open impeller
Roue semi-ouverte
Rodete semiabierto



Elettropompa Pump Pompe Bomba	Girante Impeller Roue Rodete Ø [mm]	Passaggio libero Throughlet size Passage libre Section de passage
RWQ-L-2008-2MA	110	50 mm
RWQ-L-2008-2T/A		
RWQ-L-2012-2MA	123	
RWQ-L-2012-2T/A		
RWQ-L-2015-2MA	128	
RWQ-L-2015-2T/A		

M monofase - singlephase - monophasé - monofásico;
T trifase - three-phase - triphasé - trifásico;
A con galleggiante - with level switch
avec flotteur - con flotador
110 - Taglia motore - Motor size
- Taille du moteur - Tamaño del motor

DATI IDRAULICI - HYDRAULIC DATA

Elettropompa Pump Pompe Bomba	Curva Curve Curve Curva	Mandata Discharge Reforment Impulsion	Potenza Power Potencia Potencia		Portata - Capacity - Debit - Caudal														
			P ₂ [kW]	P ₁ [Hp]	l/min	m³/h													
						0	66,67	133,3	200	266,7	333,3	400	466,7	533,3					
RWQ-L-2008	1		0,6	0,8	0,0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,6	6,7	7,8	8,9						
RWQ-L-2012	2	2" DN50-DN65	0,9	1,2	H (m)	11,1	9,7	8,3	6,9	5,6	4,3	3,2	2,2						
RWQ-L-2015	3		1,1	1,5		12,9	11,2	9,8	8,4	5,1	5,8	4,6	3,4	2,4					

DATI MOTORE - MOTOR DATA

Elettropompa Pump Pompe Bomba	Potenza Power Potencia Potencia		Alimentazione Nominal voltage Tension Tension	Corrente Current Corrente Courant	Max.avviamenti/h Max starting/h Max démarrage/h Max arranques/h	Condensatore Capacitor Condensateur Condensador	Avviamento Starting Démarriage Arranque	Cavo Cable Cable Cable	Sonda termica Thermal protector	Sonda olio Oil probe Sonde d'huile Sonda aceite	Installazione Installation Installation Instalacion		
	P ₂	P ₁									FC	S	
RWQ-L-2008-2MA	0,6	0,9	1~230	4,5	13,5	30	20	*	-	10m 3G1,5	*	*	*
RWQ-L-2012-2MA	0,9	1,1	1~230	6,5	21,0	30	25	*	-	10m 3G1,5	*	*	*
RWQ-L-2015-2MA	1,1	1,3	1~230	7,7	21,6	30	25	*	-	10m 3G1,5	*	*	*
RWQ-L-2008-2TA	0,6	0,9	3~400	1,6	8,0	30	-	*	-	10m 4G1	optional	-	*
RWQ-L-2012-2TA	0,9	1,1	3~400	2,0	11,0	30	-	*	-	10m 4G1	optional	-	*
RWQ-L-2015-2TA	1,1	1,3	3~400	2,8	14,0	30	-	*	-	10m 4G1	optional	-	*

P₁ = Potenza assorbita dal motore - Rated power - Puissance mécanique nominal - Potencia absorbida motor

P₂ = Potenza resa dal motore all'albero - Shaft power - Puissance sur arbre - Potencia suministrada motor -

I_n = Corrente nominale - Rated current - Courant nominal - Corriente nominal

Figura 12: Especificaciones técnicas de la Bomba. Fuente: AIGUAPRES SL. [47]

Consumo específico de oxígeno en cada tanque.

Degradación biológica de la Materia Orgánica (M.O):

kg O ₂ / kg DBO ₅	0,8 - 1
---	---------

La cantidad a introducir debe ser mayor de 0,8 kg O₂ / kg DBO₅ , tomando 1 se supone:

Datos:

- kg DBO₅ = 45 kg.
- kg O₂ = 45 kg O₂ / día = 1,875 kg O₂ / hora.
- Densidad del aire = 1,23 kg / m³.
- El rendimiento de la transferencia de oxígeno es del 8%.

Por lo tanto:

$$\text{Oxígeno} = \frac{45 \text{ kg } O_2}{0,08}$$

$$\text{Oxígeno} = 562,5 \text{ Kg de } O_2 \text{ al día.}$$

Sólo un 20 % del aire es oxígeno:

$$\text{Aire} = \frac{562,5 \text{ kg } O_2}{0,2}$$

$$\text{Aire} = 2812,5 \frac{\text{kg aire}}{\text{día}}$$

Será necesario 117,19 kg /hora en cada tanque, que es lo mismo que 95,27 ≈ 100 m³/hora en cada tanque.

Producción específica de fango en cada tanque:

Datos:

- Sólidos de entrada serán = 27 kg MLSS.
- 0,9 (Kg MLSS/ Kg. DBO₅)

$$MLSS = 0,9 \left(\frac{Kg \text{ MLSS}}{Kg \text{ DBO}_5} \right) \times 45 \text{ kg DBO}_5$$

$$MLSS = 40,5 \text{ Kg MLSS}$$

$$\text{Sólidos totales} = 40,5 \text{ Kg MLSS} + 27 \text{ kg MLSS}$$

$$\text{Sólidos totales} = 67,5 \text{ kg MLSS}$$

Por consiguiente los sólidos totales serán 67,5 kg MLSS al día. Considerando un caudal de 200 m³/ día (dotación) resultan 0,3375 kg/m³ que es lo mismo que 337,5 partes por millón (p.p.m).

Tasas de evacuación de fangos de cada tanque:

La recirculación externa se emplea para mantener en las balsas biológicas la concentración de MLSS deseados. Por lo tanto para la recirculación externa de fangos es muy importante definir y justificar la capacidad de recirculación necesaria para mantener el equilibrio biológico del sistema proyectado. [50]

Se supondrá, a efectos de proyecto, que la concentración de fango recirculado es como máximo de ciento setenta y cinco (175 %) por ciento de la concentración de los SSLM de las balsas y que no sea superior a los 8.000 mg/l = 8 Kg/m³.

Datos:

- Concentración de sólidos en fango = 8 kg/m³.
- Volumen de fango = 8,43 m³/ día = 351,25 l/hora.
- Tasa de recirculación: 25 %.
- Recirculación = 9/4 m³/h = 2,25 m³/h.

$$\text{Volumen recirculado al día} = 2,25 \times 24$$

$$\text{Volumen recirculado al día} = 54 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \approx 60 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$\text{Volumen recirculado al día} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

La energía de mezcla es de 2 m³/h por m³ de estanque, por lo tanto en este caso se tendrá un valor de 150 m³/h (3600 m³/ día). Por consiguiente si cada difusor es capaz de suministrar 6 m³/h se necesitarán 26 difusores en cada tanque.

Solución adoptada:

Los reactores del proceso biológico serán de hormigón armado fabricado “in situ”. Con anchura 2,5 metros, longitud 10 metros y altura de 3 metros más 0,50 metros de seguridad. Dispondrá además de dos tuberías longitudinales paralelas entre sí, en el fondo del tanque, de 9 metros de longitud unidas por los extremos y el centro por donde se repartirá el aire que ira a los difusores.

Las características y medidas detalladas se reflejarán en el plano de detalle de los reactores.

Concretamente en el plano 6, hoja 1 de 1 del documento “Planos”.

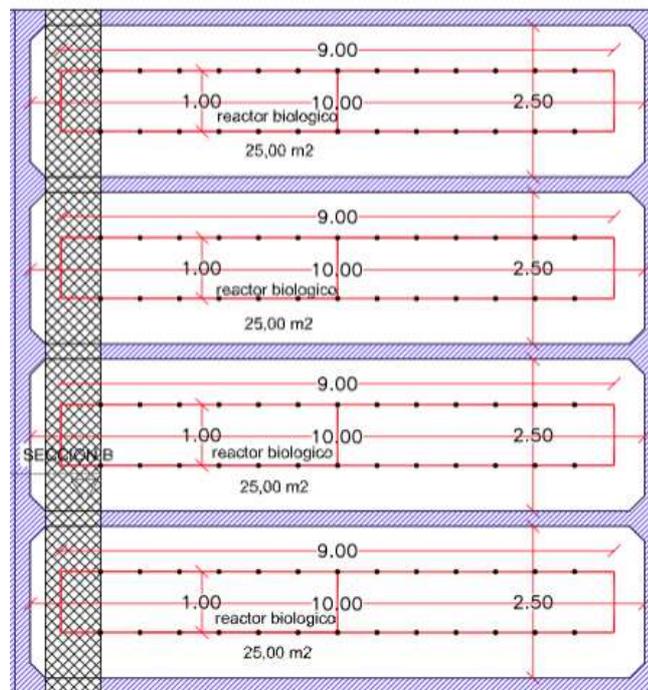


Figura 13: Reactor biológico del tratamiento secundario.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Decantador.

El decantador secundario tiene una doble función, por una parte, debe permitir la correcta sedimentación de los sólidos restantes para que el efluente se vierta de con la mayor calidad posible, al mismo tiempo, debe conseguir un espesamiento óptimo del fango, necesario para la recirculación del mismo al reactor biológico.

Se dispone un canal de distribución antes del decantador de 50 cm de ancho con el fin de asegurar una distribución lo más uniforme posible del flujo dentro del decantador.

Datos:

- Densidad de partículas = 1,01
- Diámetro de partícula = 50 μ
- Velocidad de sedimentación = 0,02 cm / segundo.
- Velocidad de arrastre = 0,5 cm /segundo = 18 m/hora.
- Caudal medio considerado = 33,33 m³/h.

Sección mínima:

$$Sección\ mínima = \frac{Q_{medio}}{V_{arrastre}}$$

$$Sección\ mínima = \frac{33,33}{18} = 1,85\ m^2$$

$$Sección\ mínima = 1,85\ m^2$$

Tiempo de retención hidráulico en el decantador:

Datos:

- $Q_{\text{medio}} = 33,33 \text{ m}^3/\text{hora}$.
- Volumen de diseño del decantador :
- Parte prismática = $10 \times 4 \times 3 = 120 \text{ m}^3$.
- Parte troncopiramidal = $3,444 \text{ m}^3$.
- Volumen total = $123,444 \text{ m}^3$.

Tiempo de retención hidráulico:

$$T. \text{RETENCIÓN} = \frac{\text{Volumen}_{\text{total}} (\text{m}^3)}{Q_{\text{medio}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \right)}$$

$$T. \text{RETENCIÓN} = \frac{123,444}{33,333} = 3,70 \text{ horas}$$

Teniendo en cuenta que el tiempo de retención (en horas) a caudal medio debe ser mayor o igual a 3 horas, es un tiempo adecuado.

Dimensiones del decantador:

- Altura: en cuanto a la altura recta sobre vertedero (profundidad de agua medida en los muros perimetrales en los decantadores circulares, y en el muro de salida del efluente en los decantadores rectangulares), la e.p.a. recomienda los siguientes valores:

$$3,0 \text{ m} \leq h \leq 5,0 \text{ m}$$

Donde se escogerá una altura máxima de 4 metros y una altura mínima de 3 metros.

- Anchura = 4 metros.
- Longitud = 10 metros.

Solución adoptada:

El decantador será de hormigón armado fabricado “in situ”. De dimensiones en planta de 4,00 x 10,00 metros. En el comienzo del decantador, existirá en el fondo una poceta de recogida de fangos con una profundidad añadida a la del resto del estanque de 1 metro, el fondo será troncopiramidal con una sección en el fondo de 0,50 x 1,00 metro y una sección superior de 2,00 x 4,00 metros.

El resto del decantador será de sección rectangular con 3,00 metros de profundidad útil y 10,00 metros de longitud.

Las características y medidas detalladas se reflejarán en el plano de detalle de los reactores.

Concretamente en el plano 6, hoja 1 de 1 del documento “Planos”.

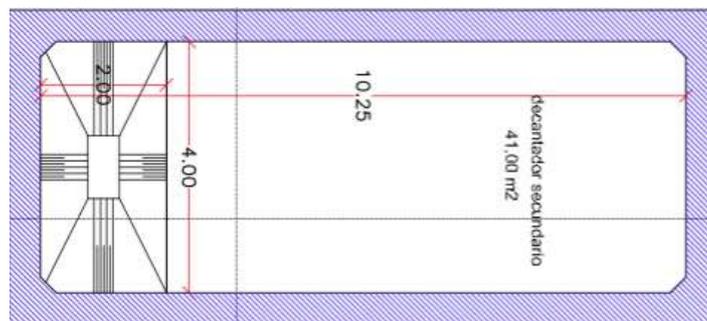


Figura 14: Decantador secundario. Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento expresado en DBO_5 para un proceso de fangos activos está entre el 90% y el 95%. En este proceso pretende conseguir un rendimiento del **90%**.

El rendimiento en la eliminación de SS está entre el 80% y el 95%. En este proceso se pretende conseguir mínimo un rendimiento del **80%**.

La composición del agua a la salida del tratamiento biológico tendrá las siguiente características:

	Demanda biológica de Oxígeno (DBO ₅)	Sólidos en suspensión (SS)
ENTRADA	225 mg / L	135 mg/L
SALIDA	22,5 mg / L	13,5 mg / L
Rendimiento	90%	80%

Tabla 12: Valores DBO₅ y SS a la salida del decantador secundario. Fuente: Elaboración propia.

Las características y medidas detalladas se reflejarán en el plano de detalle del decantador.

Teniendo en cuenta los valores que deben adoptar las aguas de vertido a la salida de la E.D.A.R según el el *Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre*, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

	Valores a la salida de la E.D.A.R	Valores permitidos para su vertido
SS	27 mg/L	35 mg /L
DBO ₅	22,5 mg/L	25 mg /L

Tabla 13: Comparativa de valores a la salida de la E.D.A.R y los permitidos por la legislación.

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con las especificaciones marcadas por la legislación.

3.8 Almacenaje y estabilización de lodos.

Tasas de evacuación de fangos de cada tanque:

La recirculación externa se emplea para mantener en las balsas biológicas la concentración de MLSS deseados. Por lo tanto para la recirculación externa de fangos es muy importante definir y justificar la capacidad de recirculación necesaria para mantener el equilibrio biológico del sistema proyectado. [50]

Se supondrá, a efectos de proyecto, que la concentración de fango recirculado es como máximo de ciento setenta y cinco (175 %) por ciento de la concentración de los SSLM de las balsas y que no sea superior a los 8.000 mg/l = 8 Kg/m³.

Datos:

- Concentración de sólidos en fango = 8 kg/m³.
- Volumen de fango = 8,43 m³ / día = 351,25 l/hora.
- Tasa de recirculación: 25 %.
- Recirculación = 9/4 m³/h = 2,25 m³/h.

$$\text{Volumen recirculado al día} = 2,25 \times 24$$

$$\text{Volumen recirculado al día} = 54 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \approx 60 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$\text{Volumen recirculado al día} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Una vez se ponga en marcha la depuradora se necesitarán 2 semanas para alcanzar el equilibrio de activación de los fangos activados. Transcurridas otras 2 semanas, es decir 1 mes de funcionamiento, el licor mezcla de fangos alcanzará una concentración de 5000-6000 ppm MLSS. En dicho momento y coincidiendo con época de bajos caudales se procederá a la purga del sistema, eliminando la mitad de la masa de fangos.

Esto se realizará evacuando la mitad de los lodos de recirculación a uno de los tanques de oxidación vacíos, por medio de la derivación existente en la tubería de recirculación. El caudal de recirculación se aumentará al máximo permitido por el bombeo.

Se evacuará un volumen equivalente a 60 m³ de fangos al día que se mantendrán en aireación para mantener un nivel de 3-4 ppm de O₂.

Cada 1-2 semanas se procederá a la decantación de los fangos oxidados Y eliminación de la capa de líquido sobrenadante. Una vez eliminado, se procederá a una nueva extracción de fangos en exceso y trasvase al estanque de oxidación de lodos.

Realizados 3-4 ciclos de extracción de fangos, se procederá al vaciado del tanque de fangos estabilizados y posterior traslado por el gestor correspondiente.

Anejo 4

Reportaje fotográfico.

ÍNDICE

ANEJO 4	67
REPORTAJE FOTOGRÁFICO.	67
4. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.....	69
4.1 INTRODUCCIÓN.	69
4.2 ZONAS DE ACCESO.....	69
4.3 ZONA DE VERTIDO EN EL RÍO CLARÍN.....	72
4.4 TERRENO PARA LA UBICACIÓN DE LA E.D.A.R.	76

4. Reportaje fotográfico.

4.1 Introducción.

En este anejo se va a mostrar con una serie de imágenes las zonas de acceso así como la ubicación de la misma y la zona de vertido en el río Clarín.

4.2 Zonas de acceso.



Figura 15: Carretera de acceso existente a la ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Carretera de acceso existente a la ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.



Figura 17: Zona de acceso a la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.



Figura 18: Zona de acceso a la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia



Figura 19: Zona de acceso a la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Zona de vertido en el río Clarín.



Figura 20: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.



Figura 21: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.



Figura 22: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.



Figura 23: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.



Figura 24: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.



Figura 25: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.



Figura 26: Zona de Vertido en el río Clarín. Fuente: Elaboración propia.

4.4 Terreno para la ubicación de la E.D.A.R.



Figura 27: Terreno ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.



Figura 28: Terreno ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.



Figura 29: Terreno ubicación de la E.D.A.R. Fuente: Elaboración propia.

Anejo 5

Estudio geotécnico.

ÍNDICE

ANEJO 5	78
ESTUDIO GEOTÉCNICO	78
5. ESTUDIO GEOTÉCNICO	80
5.1 PRESENTACIÓN	80
5.2 ANTECEDENTES	81
5.3 RECONOCIMIENTOS REALIZADOS	81
5.3.1 Datos de emplazamiento	81
5.3.2 Marco geológico	82
5.3.4 Características geotécnicas del Terreno	83
5.4.4 Excavaciones	87
5.5 CONTENCIÓNES	87
5.6 ESTABILIDAD DE TALUD	88
5.7 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN	89
5.7.4 Capacidad portante del terreno	89
5.7.5 Cimentaciones	90
5.8 CONCLUSIONES	91
ANEXOS	92
ANEXO 1. REGISTRO DE CALICATAS, PENETRÓMETROS Y PLANOS	93
ANEXO 2. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA	102
ANEXO 3. REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	104

5. Estudio geotécnico.

5.1 Presentación.

La campaña llevada a cabo para la elaboración de este Informe Geotécnico fue dividida en los siguientes trabajos:

1. Documentación bibliográfica y obtención del encuadre de la obra en su situación geográfica y geológica.
2. Trabajos de campo, habiéndose realizado las siguientes labores de campo:
 - La primera se trata de la realización de **tres (3) calicatas** mediante una pala de tipo mixto, hasta una profundidad comprendida entre **2.20 – 3.80 m**. Al realizarlas se fotografió y testificó la secuencia estratigráfica, se tomaron muestras del terreno y se realizaron los correspondientes ensayos de laboratorio, obteniéndose los resultados necesarios para cálculos posteriores.

Las muestras ensayadas fueron tomadas en:

Calicata 3:

Tramo perteneciente a la arcilla con arena marrón, muestra en SACO. Prof. 2.30 m.

Tramo perteneciente a la caliza gris (sustrato rocoso), muestra en BLOQUE. Prof. 3.00 m.

- La segunda se trata de la realización de **Tres (3) penetrómetros dinámicos tipo BORROS.**, hasta una profundidad comprendida entre **0.60 – 0.80 m.**, encontrándose rechazo por N20 >100 los penetrómetros 1 y 3, en el penetrómetro 2 se alcanzaron 8.00 m. de profundidad sin rechazo. Dichos ensayos fueron realizados para obtener los parámetros numéricos necesarios para el posterior cálculo de las condiciones de cimentación.
3. Realización del Informe Geotécnico tanto en su parte geológica como en su parte de cimentaciones a partir de los datos obtenidos en los apartados anteriores, con las consiguientes recomendaciones.

Con todo esto se está en condiciones de poder aportar los parámetros de seguridad necesarios para que la obra no se vea afectada negativamente por el terreno.

5.2 Antecedentes.

Paula Ezcurra Zubizarreta encarga a G E O T E K la realización de un informe geotécnico que establezca las condiciones de cimentación para la construcción de una E.D.A.R en Bádames, perteneciente al término municipal de Voto (Cantabria).

El estudio se desarrolló durante los meses de febrero y marzo de 2020.

5.3 Reconocimientos realizados.

5.3.1 Datos de emplazamiento.

Situación geográfica.

Las coordenadas geodésicas, en el centro de la parcela, son las siguientes:

- Longitud: 43.357687
- Latitud: -3.504436

Fisiografía.

La parcela objeto de estudio está emplazada en un terreno subhorizontal, siendo los límites de parcela:

- Hacia el N, parcelas colindantes y río.
- Hacia el E, parcelas colindantes y río.
- Hacia el S, camino vecinal y parcelas colindantes.
- Hacia el W, parcelas colindantes y río.

Posibilidad de inundación.

Atendiendo a la **POSIBILIDAD DE INUNDACIÓN** por crecidas del margen fluvial, se hace constar que la parcela se encuentra lo **suficientemente elevada y alejada** respecto al cauce fluvial más cercano.

5.3.2 Marco geológico.

Para la realización de este apartado se analizaron los datos provenientes de dos fuentes diferentes:

- La Hoja 36 (20-4) Castro Urdiales a escala 1/50.000 del IGME, junto con su Memoria descriptiva, en la cual se da una amplia información general de la zona.
- Otros trabajos geotécnicos privados realizados en la zona por **GEOTEK**.

Estratigrafía.

La zona donde se pretende realizar la futura construcción se localiza sobre un suelo constituido fundamentalmente por suelo vegetal y arcillas con arena, este suelo se acomoda sobre calizas con rudistas y orbitolinas, de edades comprendidas entre el Aptiense y el Albiense Medio (Cretácico Inferior).

Tectónica.

Desde el punto de vista de la tectónica regional, la parcela se encuentra emplazada en las proximidades de las siguientes estructuras:

- **Zona de debilidad Colindres-Ampuero**, falla inversa relacionada con los empujes diapíricos del Keuper, que aprovechó una fractura preexistente.
- **El Diapiro de Limpias**. Se trata de una estructura constituida por materiales del Keuper, inyectada a través de las formaciones cretácicas a favor de grandes fracturas, como la Falla de Colindres. En realidad es una rama del Diapiro de Santoña.

Hidrogeología.

En cuanto a las características hidrogeológicas del terreno añadir que no se han detectado surgencias de agua en los trabajos de campo realizados.

5.3.4 Características geotécnicas del Terreno.

Observando los resultados del perfil de las calicatas y penetrómetros realizados, se puede dividir la zona de influencia, directa e indirecta, de la cimentación en **Tres (3) tramos**:

TRAMO 1

Descripción:

Suelo vegetal con rellenos antrópicos.

Espesor:

Según los ensayos de campo realizados presenta un espesor de entre 0.40 m. En el centro de la parcela hay restos de una antigua edificación, el espesor del suelo vegetal más rellenos antrópicos es de 0.80 m.

Características:

Sin interés.

Clasificación (*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos*):

N/A. (*no aplicable*)

Agresividad química:

N/A.

Este suelo se cataloga como **NO APTO** para la cimentación, según la EHE.

TRAMO 2

Descripción:

Arcillas arenosas de color marrón.

Espesor:

Se trata de un nivel cuyo espesor oscila entre 0.50 y más de 8.00 m. según los estudios de campo realizados.

Debido a la morfología tipo lapiaz del sustrato el espesor de este tramo puede ser más variable.

Características:

Se trata de arcillas de descalcificación, presentes como relleno de grietas verticales que afectan al sustrato rocoso karstificado. Resistencia a la compresión media – alta, dilatancia nula a muy lenta y tenacidad media.

Clasificación (*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos*):

CL (Arcillas con arena inorgánicas de plasticidad media).

Agresividad química:

- **NO** se han observado restos de **materia orgánica**.
- No se produce reacción química frente al Ácido Clorhídrico (HCl), de lo que se deduce que **el terreno no es de carácter carbonatado**.
- El estudio del **contenido en sulfatos del suelo** ofrece un resultado **NULO**, el cual, **se encuentra dentro de los límites considerados como admisibles por la EHE**. El estudio de la **acidez** ofrece un resultado de **3 ml/100 g** de suelo, que de acuerdo con la escala de **BAUMANN-GULLY**, indica que **el suelo no es agresivo para el hormigón**.

Este suelo se cataloga como **TOLERABLE** para la cimentación, según la Clasificación de suelos Art. 330 PG 3/1975.

Parámetros geotécnicos:

- $C_{\text{Compactada}} (\text{Según Navfac, 1971}) = 8.79 \text{ T/m}^2$.
- $C_{\text{Saturada}} (\text{Según Navfac, 1971}) = 1.32 \text{ T/m}$.
- Golpeo $_{\text{BORROS}} (N_{20}) = 4 - 10$.
- Humedad (W) = 20.30 %.
- Límite Líquido (LL) = 45.00.
- Límite Plástico (LP) = 21.50.
- Índice de Plasticidad (I_p) = 23.50.
- Material con un tamaño $> 5\text{cm}$ = 0.00 %.
- Material con un tamaño $< 0.08 \text{ mm}$ = 80.00 %.
- Módulo de Deformación (E) = 900 T/m^2 .
- Coeficiente de Poisson (μ) = 0.30.
- Angulo de Rozamiento interno (φ) = 28o.

Grado de expansividad:

A efectos prácticos y según la Tabla 2.95 y el Cuadro 2.12, “Ingeniería Geológica” 2002, *González Vallejo y otros*, donde se relacionan directamente la humedad del terreno con el Límite Líquido y la expansividad del material, se deduce que este **tramo 2** queda catalogado con un **GRADO DE EXPANSIVIDAD NULO A BAJO.**

Teniendo lo anterior en consideración se deduce que NO existirán problemas de aumento o retracción de volumen en este tramo.

TRAMO 3

Descripción:

Calizas grises con rudistas y orbitolinas Sustrato rocoso.

Espesor:

Los reconocimientos de campo no permiten determinar el espesor de este tramo, que según la bibliografía consultada, la potencia total de la unidad es de unos 100 m.

Características Generales:

- El sustrato rocoso presenta una morfología muy irregular de tipo “lapiaz”, con grietas de desarrollo vertical cuya apertura tiende a disminuir en profundidad, y relleno de tipo arcilloso.

Parámetros geotécnicos:

- Resistencia a la Carga puntual (Q_u) = 36.30 Kg/cm².
- C_u = 18.15 Kg/cm².
- Módulo de Deformación, E = 28.000 – 1.300.000 Kg/cm .
- Coeficiente de Poisson, μ = 0.08 – 0.31.
- Angulo de Rozamiento interno, ϕ = 37o – 50°.
- Densidad, δ = 2.70 g/cm².

5.4 Excavaciones y contenciones.

5.4.4 Excavaciones.

A continuación se aportan los datos para clarificar la viabilidad en la ejecución de las excavaciones:

En un movimiento de tierras se diferencian tres grados de dificultad.

FÁCIL	<i>Materiales que pueden excavar con los medios tradicionales: Excavadora o similar.</i>
MEDIO	<i>Materiales que para su excavación requieren el empleo parcial del martillo hidráulico o voladura.</i>
DIFÍCIL	<i>Materiales que requieren en continuo el martillo hidráulico o la voladura.</i>

Tabla 14: Grados dificultad en Movimientos de Tierras. Fuente: Elaboración propia.

Los **Tramos 1 y 2** son excavables por medios convencionales, por tanto su grado de dificultad será **FÁCIL**.

El **Tramo 3** requerirá para su excavación el uso de martillo hidráulico, por lo que su grado de dificultad es **DIFÍCIL**.

5.5 Contenciones.

Teniendo en cuenta las condiciones del entorno, la naturaleza de los materiales afectados por la excavación a ejecutar y la profundidad de la misma, se hace necesario adoptar alguna medida de contención que proteja el perímetro de procesos de inestabilidad de las paredes.

Por lo tanto, y siempre del lado de la prevención y seguridad en obra, se recomienda, contener las paredes o adoptar pendientes que minimicen el riesgo de caída de materiales.

5.6 Estabilidad de talud.

Teniendo en cuenta las características geológicas del terreno, constituido por un lapiaz cubierto, y dada la necesidad de ejecutar excavaciones para emplazar la construcción proyectada, se hace preciso adoptar medidas que aseguren la estabilidad de aquellas zonas que pudieran presentar un mayor desarrollo de los rellenos arcillosos que recubren el sustrato rocoso.

De cara a la seguridad en la obra, se recomienda ataludar las zonas arcillosas con una pendiente no superior a 65º y sanear los bloques de roca que pudieran quedar aislados dentro de dichas zonas. En el sustrato rocoso los taludes subverticales serán estables.

Pese a no haberse observado agua en los estudios de campo, puede requerirse el uso de bombas de achique para drenar posibles flujos de agua a lo largo del contacto entre las arcillas y las calizas, correspondientes a bolsas procedentes de infiltración retenidas en el contacto impermeable.

Estas medidas tan solo serán necesarias durante la ejecución de la obra, ya que posteriormente los propios muros de los sótanos actuarán como muros de contención.

5.7 Recomendaciones de construcción.

Basándose en lo explicado en el apartado anterior, a continuación se ofrecen los datos de resistencia del suelo para establecer su comportamiento mecánico, así como las consiguientes recomendaciones para la cimentación a ejecutar.

5.7.4 Capacidad portante del terreno.

Según los resultados logrados en los distintos ensayos efectuados, la resistencia dinámica de los tramos que afectan directamente a la cimentación son:

La resistencia de las **Arcillas con arenas de color marrón (Tramo 2)**, obtenida mediante ensayos de penetración D.P.S.H., donde con un N₂₀ medio, según diversas correlaciones como Meyerhof, 1956; Sanglerat, 1957 y 1972; Jiménez Salas et al., 1976, y a partir de la **Fórmula de los Holandeses**, se obtiene una carga admisible (Q_{adm}) en kg/cm^2 , para un factor de seguridad $F = 3$ y un asiento máximo de $S = 2.50$ cm.

Tramo 2. $Q_{adm} = 1.50$ kg/cm^2 (Arcillas con arenas de color marrón).

La resistencia de las **Calizas grises / Sustrato rocoso (Tramo 3)**, se ha obtenido mediante el ensayo “*Determinación de la Resistencia a la Carga Puntual de Roca*”, y aplicando la normativa americana para cimentaciones sobre roca sana, donde $Q_{adm} \approx 0.2$ qu.

Tramo 3. $Q_{adm} = 7.00$ kg/cm^2 (Calizas grises / Sustrato rocoso).

* **Por motivos estructurales no se recomienda cimentar a más de 5.00 kg/cm^2 en la roca.**

5.7.5 Cimentaciones.

Con lo anteriormente expuesto y dada la tipología de edificación prevista, la cimentación de las viviendas se dispondrá sobre las **Calizas grises (sustrato rocoso) del Tramo 3**. Debido a la irregularidad de las morfologías kársticas, no es posible valorar a priori y con precisión el volumen y la disposición de las grietas con rellenos arcillosos presentes a la cota de cimentación. Con lo anteriormente expuesto y dada la tipología de edificación prevista, se plantean las siguientes soluciones de cimentación:

1. Se propone una **cimentación superficial mediante zapatas** que transmita al terreno cargas máximas de **5.00 kg/cm²** situadas o empotradas sobre el **Tramo 3 (Calizas grises)**. Debe asegurarse el apoyo correcto de la cimentación sobre roca, saneando posibles zonas fracturadas y meteorizadas bajo las zapatas, y empleando **pozos de cimentación** en caso de ser necesario.
2. Se propone una **cimentación superficial mediante losa** que transmita al terreno cargas máximas de **3.00 kg/cm²** situadas o empotradas sobre el **Tramo 3 (Calizas grises)**. Se recomienda mejorar las zonas arcillosas mediante un **relleno granular compactado según criterio de la dirección de obra** con el fin de disminuir los asientos diferenciales.

El *Coefficiente de Balasto* (K750), aplicando los parámetros estipulados por Jiménez Salas y otros para una placa de 30 cm, para una supuesta losa de cimentación apoyada sobre el terreno expuesto a continuación es de:

- *Tipo de material* = Calizas
- *B (luz entre pilares)* = 5.00.
- *L (longitud)* = 29.00.

El valor de K750 = 13.000 T/m³

Recomendación tipo de exposición del HORMIGÓN.

Los análisis correspondientes a los materiales de la parcela indican un contenido en *sulfatos solubles* **NULO**, una *acidez* que de **3 ml/100 g** estando ambos dentro de los límites tolerables según la EHE, por lo que el suelo **no es agresivo** para el hormigón.

No obstante y teniendo en cuenta todo esto, la decisión final sobre el tipo de cimentación a realizar queda en manos de los arquitectos de la obra que deberá ajustar la misma a los parámetros ofrecidos en este informe.

5.8 Conclusiones.

Según nuestro leal saber y entender; y teniendo en cuenta lo observado en el terreno, admitimos como validas las cimentaciones recomendadas en el apartado 6.2. para poder así garantizar la seguridad geotécnica de la obra.

El hecho de poder observar que la construcción de este proyecto no es un hecho aislado en el lugar, si no que por el contrario existen edificaciones de carácter similar en los alrededores de ésta, no habiéndose observado ningún tipo de problema geotécnico que afectara a las mismas, apoya la realización de la construcción del citado proyecto, siempre y cuando se sigan las recomendaciones aquí propuestas.

Se entiende como necesaria la supervisión de la cimentación por esta empresa, a fin de poder dar fe de que se ha realizado realmente lo aquí sugerido, comprometiéndose, de no ser así, el constructor a realizarlo correctamente; en caso contrario no nos responsabilizamos de futuros problemas de tipo geotécnico.

ANEXOS

ANEXO 1:

Registro de calicatas, penetrómetros y planos.

ANEXO 2:

Documentación fotográfica.

ANEXO 3:

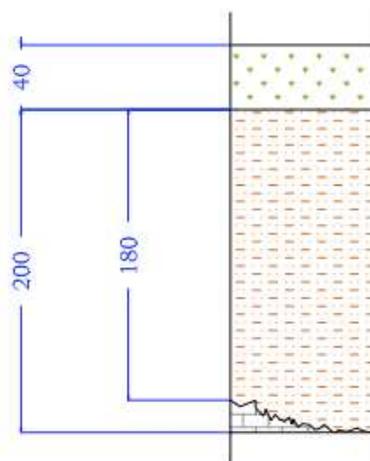
Registro de los ensayos de laboratorio.

ANEXO 1. Registro de calicatas, penetrómetros y planos

CATA 1

POTENCIA (240cm)

CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO



Suelo vegetal.

Arcillas con arena de color marrón.
Q. adm. = 1.56 Kg/cm²

Calizas grises. Sustrato rocoso.
Q. adm. = 7.80 Kg/cm²

DETALLE FOTOGRAFICO



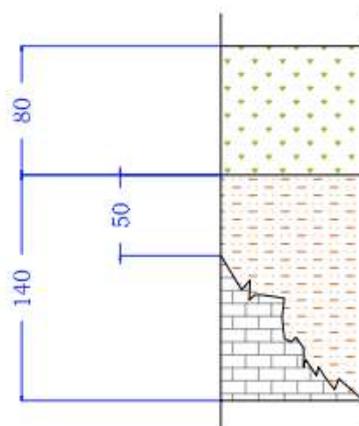
OBSERVACIONES

Paredes de las catas estables.
Sustrato con morfología de tipo lapiaz.
La pala no ripa más.

CATA 2

POTENCIA (220cm)

CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO



Suelo vegetal y rellenos antrópicos.

Arcillas con arena de color marrón.
Q. adm. = 1.50 Kg/cm²

Calizas grises. Sustrato rocoso.
Q. adm. = 7.00 Kg/cm²

DETALLE FOTOGRAFICO



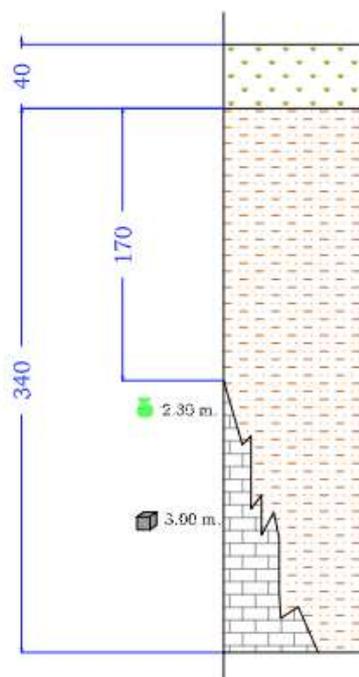
OBSERVACIONES

Paredes de las catas estables.
Sustrato con morfología de tipo lapiaz.
La pala no ripa más.

CATA 3

POTENCIA (380cm)

CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO



Suelo vegetal.

Arcillas con arena de color marrón.
Q. adm. = 1.50 Kg/cm²

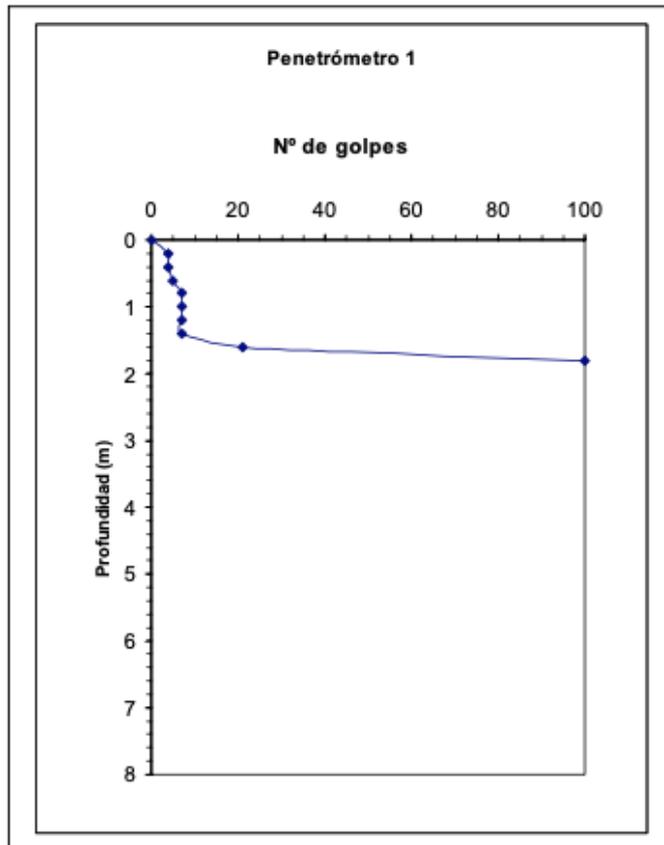
Calizas grises. Sustrato rocoso.
Q. adm. = 7.00 Kg/cm²

DETALLE FOTOGRAFICO



OBSERVACIONES

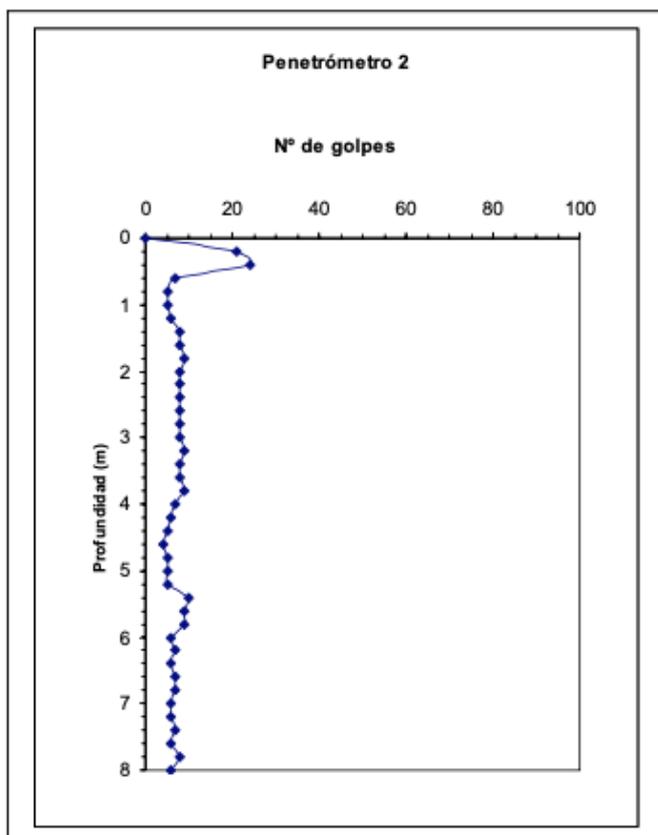
- Muestra en SACO de las **arcillas con arena de color marrón** a 2.30 m. de profundidad.
- Muestra en BLOQUE de las **calizas de color gris** a 3.00 m. de profundidad.
- Paredes de las catas estables.
- Sustrato con morfología de tipo lapiaz.
- La pala no ripa más.



P	N ₂₀	P	N ₂₀
0	0	8.2	
0.2	4	8.4	
0.4	4	8.6	
0.6	5	8.8	
0.8	7	9.0	
1.0	7	9.2	
1.2	7	9.4	
1.4	7	9.6	
1.6	21	9.8	
1.8	100	10.0	
2.0		10.2	
2.2		10.4	
2.4		10.6	
2.6		10.8	
2.8		11.0	
3.0		11.2	
3.2		11.4	
3.4		11.6	
3.6		11.8	
3.8		12.0	
4.0		12.2	
4.2		12.4	
4.4		12.6	
4.6		12.8	
4.8		13.0	
5.0		13.2	
5.2		13.4	
5.4		13.6	
5.6		13.8	
5.8		14.0	
6.0		14.2	
6.2		14.4	
6.4		14.6	
6.6		14.8	
6.8		15.0	
7.0			
7.2			
7.4			
7.6			
7.8			
8.0			

OBSERVACIONES

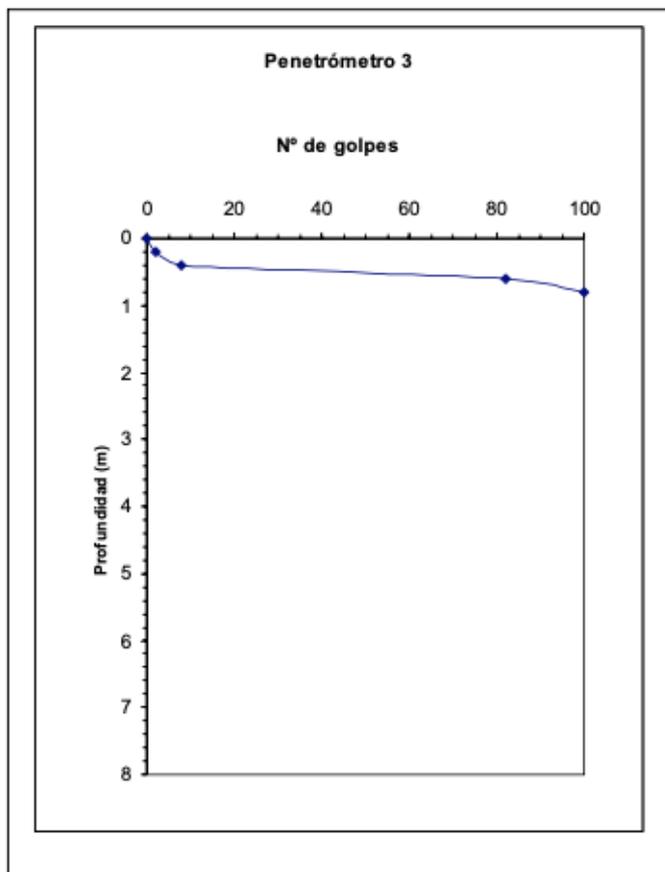
- Se alcanzó rechazo a 1.80 m de profundidad.
- Se utilizó puntaza recuperable.



P	N ₂₀	P	N ₂₀
0	0	8.2	
0.2	21	8.4	
0.4	24	8.6	
0.6	7	8.8	
0.8	5	9.0	
1.0	5	9.2	
1.2	6	9.4	
1.4	8	9.6	
1.6	8	9.8	
1.8	9	10.0	
2.0	8	10.2	
2.2	8	10.4	
2.4	8	10.6	
2.6	8	10.8	
2.8	8	11.0	
3.0	8	11.2	
3.2	9	11.4	
3.4	8	11.6	
3.6	8	11.8	
3.8	9	12.0	
4.0	7	12.2	
4.2	6	12.4	
4.4	5	12.6	
4.6	4	12.8	
4.8	5	13.0	
5.0	5	13.2	
5.2	5	13.4	
5.4	10	13.6	
5.6	9	13.8	
5.8	9	14.0	
6.0	6	14.2	
6.2	7	14.4	
6.4	6	14.6	
6.6	7	14.8	
6.8	7	15.0	
7.0	6		
7.2	6		
7.4	7		
7.6	6		
7.8	8		
8.0	6		

OBSERVACIONES

- Se alcanzaron 8.00 m. de profundidad sin rechazo.
- Se utilizó puntaza recuperable.



P	N ₂₀	P	N ₂₀
0	0	8.2	
0.2	2	8.4	
0.4	8	8.6	
0.6	82	8.8	
0.8	100	9.0	
1.0		9.2	
1.2		9.4	
1.4		9.6	
1.6		9.8	
1.8		10.0	
2.0		10.2	
2.2		10.4	
2.4		10.6	
2.6		10.8	
2.8		11.0	
3.0		11.2	
3.2		11.4	
3.4		11.6	
3.6		11.8	
3.8		12.0	
4.0		12.2	
4.2		12.4	
4.4		12.6	
4.6		12.8	
4.8		13.0	
5.0		13.2	
5.2		13.4	
5.4		13.6	
5.6		13.8	
5.8		14.0	
6.0		14.2	
6.2		14.4	
6.4		14.6	
6.6		14.8	
6.8		15.0	
7.0			
7.2			
7.4			
7.6			
7.8			
8.0			

OBSERVACIONES

- Se alcanzó rechazo a 0.80 m de profundidad.
- Se utilizó puntaza recuperable.

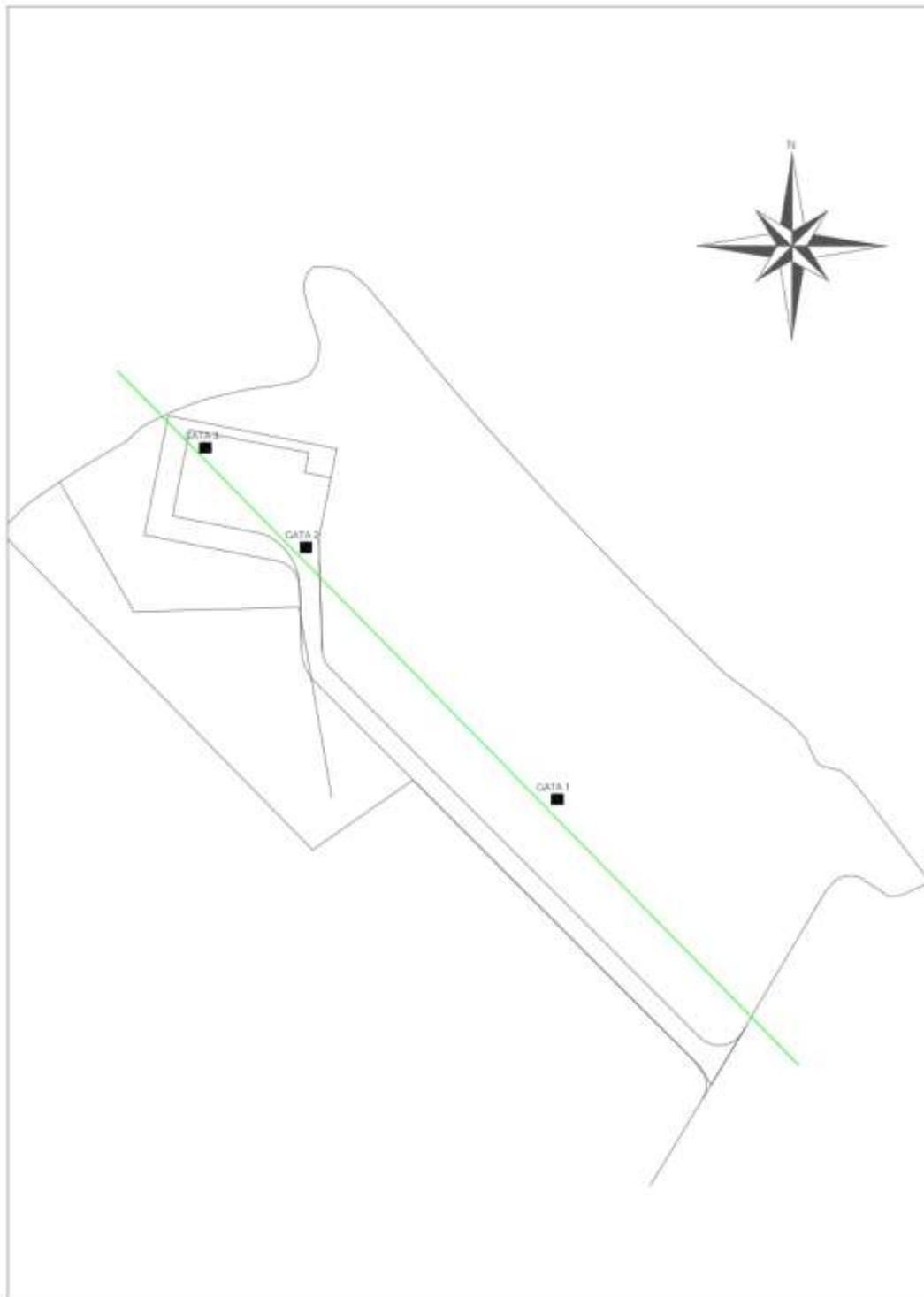


Figura 30: Plano ubicación de las catas en el terreno. Fuente: Elaboración propia.

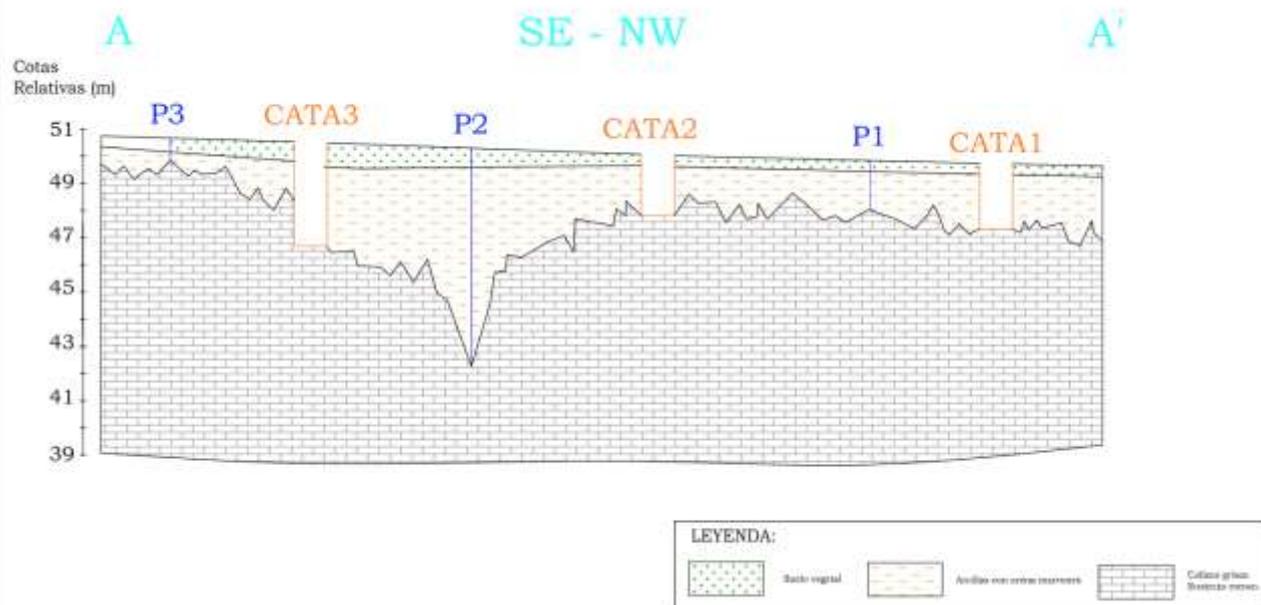


Figura 31: Catas. Fuente: Elaboración propia.

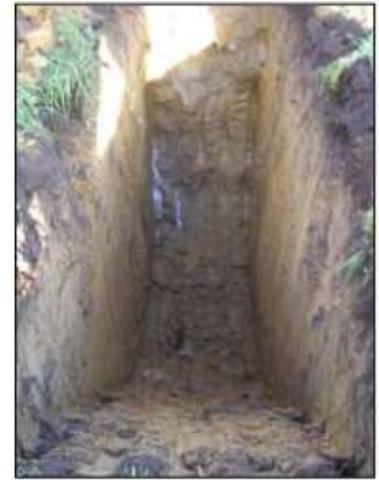
ANEXO 2. Documentación fotográfica.



CALICATA 1



CALICATA 2



CALICATA 3



ACOPIOS DE MATERIALES EXTRAÍDOS

ANEXO 3. Registro de los ensayos de laboratorio.

	GEOTEK CANTABRIA, S.L. Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil	Hoja 1 de 1
	RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS	

PROCEDENCIA (OBRA/CLIENTE): **BÁDAMES / GEOTEK**

REFERENCIA		762	763			
LOCALIZACIÓN	CALICATA / SONDEO	C3	C3			
	MUESTRA	M1	M2			
	PROFUNDIDAD (m)	2,30	3,00			
ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN Y ESTADO	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)					
	DENSIDAD SECA (g/cm ³)					
	HUMEDAD NATURAL W(%)	20,3				
	LÍMITE LÍQUIDO W _L	45,0				
	LÍMITE PLÁSTICO W _p	21,5				
	ÍNDICE DE PLASTICIDAD I _p	23,5				
	FINOS INFERIORES A 80μ (%)	80,0				
	MATERIAL SUPERIOR A 5mm (%)	0,0				
ENSAYOS DE AGRESIVIDAD	AGRESIVIDAD DEL AGUA (EHE)					
	ACIDEZ BAUMANN-GULLY	3				
	CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA (%)					
	CONTENIDO EN SULFATOS SOLUBLES (%SO ₃)	NULO				
	CONT. SULFATOS SOLUBLES (EHE; mg SO ₄)					
	CONTENIDO EN CARBONATOS (%CaCO ₃)					
ENSAYOS DE RESISTENCIA Y DEFORMABILIDAD	RESISTENCIA A LA ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE EN SUELOS (kPa)					
	RESISTENCIA A LA ROTURA A COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS (MPa)					
	RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (MPa)		3,56			
	PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO (kPa)					
	HINCHAMIENTO LIBRE (%)					
	CONSOLIDACIÓN EN EDÓMETRO					
	ÍNDICE DE POROS (EDÓMETRO)					
	ÍNDICE DE HINCHAMIENTO LAMBE (MPa)					
	CAMBIO DE VOLUMEN POTENCIAL (LAMBE)					
	ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (°)					
	COHESIÓN (kPa)					
	ÍNDICE REBOTE SCHMIDT					

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

	GEOTEK CANTABRIA, S.L. Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra	Hoja 1 de 1
	DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD (UNE 103 300:93)	

REFERENCIA N°: 762 **INFORME N° :** G190207

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: C3 M1; 2,30 m

FECHA DE TOMA: 19/02/2020

FECHA DE ENSAYO: 20/02/2007 **FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 27/02/2020

PROCEDENCIA (OBRA / CLIENTE): BÁDAMES / GEOTEK

Agua	$a = (t+s+a)-(t+s)$	22,61
Tara+suelo+agua	t+s+a	199,67
Tara+suelo	t+s	177,06
Tara	t	65,88
Suelo	s	111,18
% Humedad	$a/s \times 100$	20,3

OBSERVACIONES: _____

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la
Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

	GEOTEK CANTABRIA, S.L. Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil	Hoja 1 de 2
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (UNE 103 101:95)	

REFERENCIA DE LA MUESTRA: 762 **INFORME N°:** G190207
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: C3 M1; 2,30 m
FECHA DE TOMA: 19/02/2020
FECHA DE ENSAYO: 23/02/2020 **FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 27/02/2020
PROCEDENCIA (OBRA / CLIENTE): **BÁDAMES / GEOTEK**

Cálculos previos		
A	Muestra total seca al aire	962,70
B	Gruesos sin lavar	0,00
C	Gruesos lavados	0,00
E=(A-B) x f	Fracción fina seca total	940,39
F= B+E	Muestra total seca	940,39
G	Fracción fina ensayada	58,14
H= G x f	Fracción fina ensayada seca	56,79

Humedad higroscópica		
$f = 100 / (100 + h)$	Factor de corrección	0,9768
$h = (a/s) \times 100$	Humedad higroscópica %	2,37
-	Referencia tara	1
$a = (t+s+a) - (t+s)$	Agua	0,59
t+s+a	Tara+suelo+agua	88,37
t+s	Tara + suelo	87,78
t	Tara	62,91
s	Suelo	24,87

Por fracción gruesa se entiende el material retenido por el tamiz nº10 y fracción fina el que pasa por el mismo tamiz

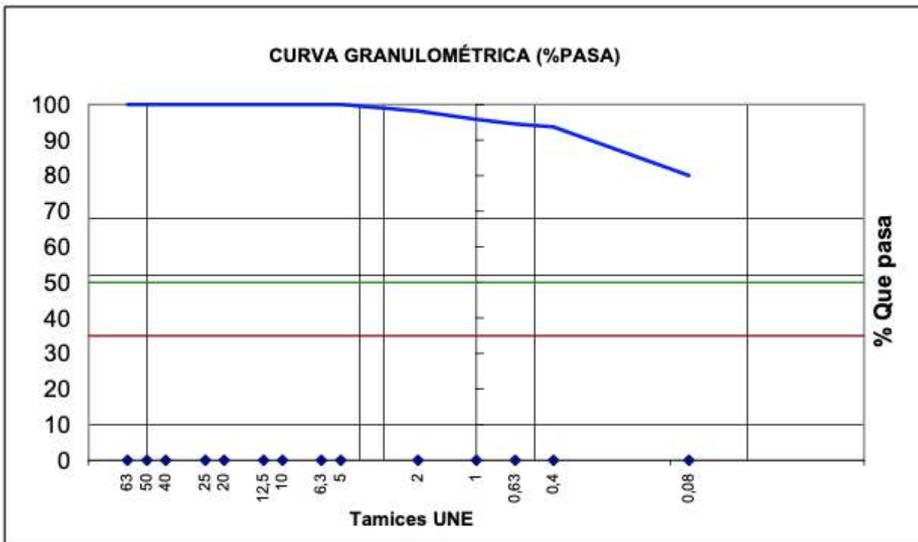
Quando se sigue una especificación determinada, se tomará los tamices establecidos en ella.

U.N.E.	TAMICES		Retenido en tamices		Pasa en muestra total		Descripción del suelo OBSERVACIONES
	A.S.T.M.		Grs.en la parte fina ensayada	Grs.en la muestra total	Gramos	% Pasa	
	Designación	Abertura mm.					
1	2 A	2 B	3	4	5	6	
					940,39	100	
63	2 1/2 *	63,5			940,39	100,0	
50	2 *	50,8			940,39	100,0	
40	1 1/2 *	38,1			940,39	100,0	
25	1 *	25,4			940,39	100,0	
20	3/4 *	19,1			940,39	100,0	
12,5	1/2 *	12,7			940,39	100,0	
10	3/8 *	9,52			940,39	100,0	
6,3	1/4 *	6,30			940,39	100,0	
5	Nº 4	4,76			940,39	100,0	
2	Nº 10	2,00	1,05	17,39	923,00	98,2	
1	Nº 16	1,15	1,33	22,02	900,98	95,8	
0,6	Nº 30	0,59	0,73	12,09	888,89	94,5	
0,40	Nº 40	0,420	0,47	7,78	881,11	93,7	
0,08	Nº200	0,074	7,77	128,66	752,45	80,0	

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

	GEOTEK CANTABRIA, S.L. Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil	Hoja 2 de 2
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (UNE 103 101:95)	

Nº DE REFERENCIA DE LA MUESTRA: 762



Tamices	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1	0,63	0,4	0,08
% pasa	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98,2	95,8	94,5	93,7	80

Designación del tamiz UNE	63	50	40	25	20	12,5	10	6 2/7	5	2	1	0,6	0,4	0,08
Designación del tamiz A.S.T.M.	2,5"	2"	1,5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº4	Nº10	Nº16	Nº30	Nº40	Nº200
Abertura (mm)	63,5	50,8	38,1	25,4	19,1	12,7	9 1/2	6 2/7	4 3/4	2	1,15	0,59	0,42	0,074

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

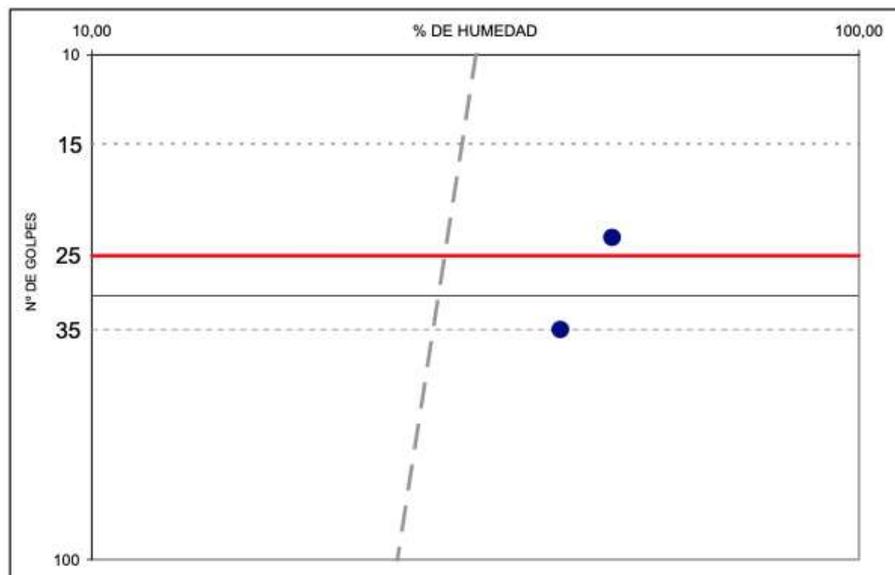
Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

	GEOTEK CANTABRIA, S.L. Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil.	Hoja 1 de 2
	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE (UNE 103 103:94) Y LÍMITE PLÁSTICO (UNE 103 104:93) DE UN SUELO	

Nº REFERENCIA DE LA MUESTRA: 762 **INFORME Nº** G190207
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: C3 M1; 2,30 m
FECHA TOMA DE MUESTRA: 19/02/2020
FECHA DE ENSAYO: 23/02/2020 **FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 27/02/2020
PROCEDENCIA (OBRA / CLIENTE): BÁDAMES / GEOTEK

LÍMITE LÍQUIDO (UNE 103 103:94)

	Número de golpes	35	23	
	Referencia tara	1	2	
t+s+a	Tara+suelo+agua	34,07	39,57	
t+s	Tara+suelo	30,03	34,87	
t	Tara	20,13	25,01	
s=(t+s)-t	Suelo	9,90	9,86	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	4,04	4,70	
w=100x a / s	Humedad (%)	40,81	47,67	45,0



Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

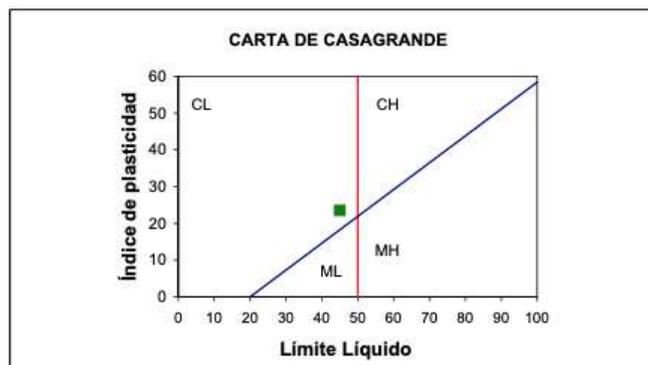
	GEOTEK CANTABRIA, S.L. Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil.	Hoja 2 de 2
	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE (UNE 103 103:94) Y LÍMITE PLÁSTICO (UNE 103 104:93) DE UN SUELO	

Nº DE REFERENCIA DE LA MUESTRA: 762

LÍMITE PLÁSTICO (UNE 103 104:93)

	Referencia tara	1	2	L.Plást.
t+s+a	Tara+suelo+agua	26,42	30,24	
t+s	Tara+suelo	25,26	29,03	
t	Tara	19,76	23,50	
s=(t+s)-t	Suelo	5,50	5,53	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	1,16	1,21	
w=100x a / s	Humedad (%)	21,09	21,88	21,5

Límite Líquido	45,0
Límite Plástico	21,5
Índice de Plasticidad	23,5



OBSERVACIONES: _____

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

	GEOTEK CANTABRIA, S.L. Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil	Hoja 1 de 1
	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (Anejo 5 EHE)	

REFERENCIA N°: 762

INFORME N°: G190207

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: C3 M1; 2,30 m

FECHA DE TOMA: 19/02/2020

FECHA DE ENSAYO: 20/02/2020

FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 27/02/2020

PROCEDENCIA (OBRA / CLIENTE):

BÁDAMES / GEOTEK

Peso de suelo seco ensayado (g)	100
Volumen de líquido recogido para la valoración (ml)	100
Volumen de Hidróxido de Sodio empleado en la valoración (ml)	1,6
Grado de acidez (ml por 100 g suelo)	3,2
Grado de acidez (ml por kg suelo)	3

DETERMINACIÓN	Resultado del ensayo	GRADO DE AGRESIVIDAD		
		Débil (Qa)	Medio (Qb)	Fuerte (Qc)
Acidez Baumann-Gully (ml/kg suelo)	3	> 20	-	-

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:

El suelo no es agresivo para el hormigón

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006



	GEOTEK CANTABRIA, S.L.	Hoja 1 de 1
	Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil DETERMINACIÓN CUALITATIVA DEL CONTENIDO EN SULFATOS SOLUBLES DE UN SUELO (UNE 103 202)	

REFERENCIA N°: 762 **INFORME N°:** G190207

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: C3 M1; 2,30 m

FECHA DE TOMA: 19/02/2020

FECHA DE ENSAYO: 22/02/2020 **FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:** 27/02/2020

PROCEDENCIA (OBRA / CLIENTE): BÁDAMES / GEOTEK

	SI	NO
PRESENCIA DE SULFATOS SOLUBLES EN EL SUELO		X

OBSERVACIONES: _____

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

	GEOTEK CANTABRIA, S.L.	Hoja 1 de 2
	Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil	
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL. (UNE 22 950-5:96)		

REFERENCIA N°: **763** INFORME N°: **G190207**
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: **C3 M2; 3,00 m**
 FECHA DE TOMA: 19/02/2020 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 27/02/2020
 FECHA DE ENSAYO: 19/02/2020
 TIPO DE ENSAYO: **FRAGMENTOS IRREGULARES**
 PROCEDENCIA (OBRA / CLIENTE): **BÁDAMES / GEOTEK**

N° fragmento ensayado de la muestra	1	2	3	4	5
Descripción litológica de la roca	CALIZA				
Localización geográfica de la muestra					
Profundidad de la muestra					
Método de muestreo / máquina utilizada					
Condiciones de almacenamiento de la muestra					
Distancia entre los puntos de aplicación D (mm)	48,30	50,20	49,80	35,70	30,80
Diámetro de la probeta W = (W ₁ +W ₂)/2 (mm)	96,80	73,80	64,30	73,40	70,20
Carga de rotura P (kN)	21,17	16,68	10,98	9,82	11,53
Diámetro equivalente al cuadrado D ² _e = 4WD/π (mm ²)	5952,94	4717,04	4077,08	3336,36	2752,94
Resistencia a la carga puntual no corregida I _p = P/D ² _e	0,003556	0,003536	0,002693	0,002943	0,004188
Factor de corrección por tamaño F = (D _e /50) ^{0,45}	1,216	1,154	1,116	1,067	1,022
Resistencia a la carga puntual corregida I _{p[50]}} = FxI _p	0,004323	0,004079	0,003006	0,003141	0,004280
Resistencia a la carga puntual corregida promedio (kN/mm²)	0,003561				
Resistencia a la carga puntual corregida promedio (MPa)	3,56				

OBSERVACIONES: Estado de alteración y nivel de humedad de las juntas: seco

Este resultado es válido para esta muestra

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

	GEOTEK CANTABRIA, S.L.	Hoja 2 de 2
	Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (UNE 22 950-5:96)	

REFERENCIA N°: **763** INFORME N°: **G190207**
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: **C3 M2; 3,00 m**
FECHA DE TOMA: 19/02/2020 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:
FECHA DE ENSAYO: 19/02/2020
TIPO DE ENSAYO: **FRAGMENTOS IRREGULARES**
PROCEDENCIA (OBRA / CLIENTE): **BÁDAMES / GEOTEK**

Nº fragmento ensayado de la muestra	6	7	8	9	10
Descripción litológica de la roca	CALIZA				
Localización geográfica de la muestra					
Profundidad de la muestra					
Método de muestreo / máquina utilizada					
Condiciones de almacenamiento de la muestra					
Distancia entre los puntos de aplicación D (mm)	43,70	32,80	38,70	51,70	54,70
Diámetro de la probeta $W = (W_1 + W_2)/2$ (mm)	92,70	73,70	67,70	65,60	76,40
Carga de rotura P (kN)	18,24	8,67	10,39	12,13	14,91
Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²)	5157,87	3077,87	3335,87	4318,21	5320,96
Resistencia a la carga puntual no corregida $I_p = P/D_e^2$	0,003536	0,002817	0,003115	0,002809	0,002802
Factor de corrección por tamaño $F = (D_e/50)^{0,45}$	1,177	1,048	1,067	1,131	1,185
Resistencia a la carga puntual corregida $I_{p(50)} = F \times I_p$	0,004162	0,002952	0,003323	0,003177	0,003321
Resistencia a la carga puntual corregida promedio (kN/mm²)	0,003561				
Resistencia a la carga puntual corregida promedio (MPa)	3,56				

OBSERVACIONES: Estado de alteración y nivel de humedad de las juntas: seco

Este resultado es válido para esta muestra

Laboratorio acreditado en las Áreas GTC, GTL y EHC de la Orden FOM 2060/2002 por la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria, BOC 202 de 20-X-2006

Anejo 6

Declaración de obra completa.

ÍNDICE

ANEJO 6	116
DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	116
6. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.	118

6. Declaración de obra completa.

Dña. Paula Ezcurra Zubizarreta, con D.N.I 72177986F, en cumplimiento del artículo 125 y 127 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001 de 12 de Octubre).

DECLARA

Que el Presente Proyecto de construcción de la E.D.A.R de La Junta de Voto (Cantabria) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de los municipios de Bádames, Rada y San Mamés de Aras, se refiere a una obra completa, susceptible de ser entregada al uso correspondiente, comprendido todos y cada uno de los elementos precisos para su utilización, sin perjuicio de que pueda ser objeto posteriormente.

Y para que conste, a los efectos oportunos, se firma la presente declaración en Bádames, a 6 de Julio de 2020.

Bádames, a 6 de Julio de 2019.

Anejo 7

Expropiaciones y servicios afectados.

ÍNDICE

ANEJO 7	119
EXPROPIACIONES Y SERVICIOS AFECTADOS.	119
7. EXPROPIACIONES Y SERVICIOS AFECTADOS.....	121

7. Expropiaciones y servicios afectados.

La realización de las obras del presente proyecto a la parcela con referencia catastral N° 39102A52900047 perteneciente al polígono 529 parcela 47.

La parcela tiene una superficie de 25.966,00 m² de los cuales se ven afectados por:

- Servidumbre: 1.260,00 m²
- Ocupación temporal : 2.500,00 m².
- Expropiación total: 2.100,00 m².

Teniendo en cuenta la siguiente valoración de precios unitarios :

- Servidumbre = 3€ / m².
- Ocupación temporal = 1 € / m².
- Expropiación total: 10 € /m².

Resumen:

Servidumbre	3.780,00 €
Ocupación temporal	2.500,00 €
Expropiación total	21.000,00 €
TOTAL	27.280,00 €

Anejo 8

Presupuesto para conocimiento de la Administración.

ÍNDICE

ANEJO 8	122
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.	122
8. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.	124

8. Presupuesto para conocimiento de la Administración.

El presupuesto para Conocimiento de la Administración incluye, además del coste de las obras expresado en el “Documento Nº 4 : Presupuesto”, el valor de las expropiaciones, la reposición de servicios afectados por terceros y los valores estimados para la Asistencia Técnica a la Dirección de Obra y de la Coordinación de Seguridad y Salud.

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.	453.171,15 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.	309.273,74 €
Expropiaciones.	27.280,00 €
Reposición de servicios afectados por terceros.	0 €
Coordinación de Seguridad y Salud (0,4 % PEM)	1.237,09 €
Asistencia Técnica de la Dirección de Obra (3% PEM).	9.278,21 €
TOTAL PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	491.127,47 €

Asciende el presente Presupuesto para Conocimiento de la Administración a la expresada cantidad de **CUATROCIENTOS NOVENTA Y UN MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.(491.127,47 €)**

Anejo 9

Gestión de residuos.

ÍNDICE

ANEJO 9	125
GESTIÓN DE RESIDUOS	125
9. GESTIÓN DE RESIDUOS	127
9.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR, CODIFICADOS CON ARREGLO A LA LISTA EUROPEA DE RESIDUOS PUBLICADA POR ORDEN MAM/304/2002 DE 8 DE FEBRERO O SUS MODIFICACIONES POSTERIORES.	128
9.2 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUO QUE SE GENERARÁ EN LA OBRA, EN TONELADAS Y METROS CÚBICOS	131
9.3 MEDIDAS DE SEGREGACIÓN "IN SITU" PREVISTAS (CLASIFICACIÓN/SELECCIÓN)	133
9.4 PREVISIÓN DE OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN EN LA MISMA OBRA O EN EMPLAZAMIENTOS EXTERNOS (EN ESTE CASO SE IDENTIFICARÁ EL DESTINO PREVISTO)	134
9.5 PREVISIÓN DE OPERACIONES DE VALORIZACIÓN "IN SITU" DE LOS RESIDUOS GENERADOS	135
9.6 DESTINO PREVISTO PARA LOS RESIDUOS NO REUTILIZABLES NI VALORIZABLES "IN SITU" (INDICANDO CARACTERÍSTICAS Y CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUOS)	136
9.7 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO PARA LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RCDS, QUE FORMARÁ PARTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO	138
9.8 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN CORRECTA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, COSTE QUE FORMARÁ PARTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO EN CAPÍTULO APARTE	142

9. Gestión de residuos.

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SEGÚN R. D. 105/2008

CONTENIDO DEL DOCUMENTO

De acuerdo con el RD 105/2008 por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición, se presenta el presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, conforme a lo dispuesto en el art. 4, con el siguiente contenido:

- 1.1- Identificación de los residuos (según OMAM/304/2002)
- 1.2- Estimación de la cantidad que se generará (en Tn y m3)
- 1.3- Medidas de segregación “in situ”
- 1.4- Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos (indicar cuales)
- 1.5- Operaciones de valorización “in situ”
- 1.6- Destino previsto para los residuos.
- 1.7- Instalaciones para el almacenamiento, manejo u otras operaciones de gestión.
- 1.8- Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs, que formará parte del presupuesto del proyecto.

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

9.1 Identificación de los residuos a generar, codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

Clasificación y descripción de los residuos.

A este efecto se identifican dos categorías de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

RCDs de Nivel I.- Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

RCDs de Nivel II.- residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos a generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002. No se consideraran incluidos en el computo general los materiales que no superen 1m³ de aporte y no sean considerandos peligrosos y requieran por tanto un tratamiento especial.

A.1.: RCDs Nivel I

1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN		
x	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07

A.2.: RCDs Nivel II

RCD: Naturaleza no pétreo		
1. Asfalto		
X	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
2. Madera		
x	17 02 01	Madera
3. Metales		
	17 04 01	Cobre, bronce, latón
	17 04 02	Aluminio
	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
x	17 04 05	Hierro y Acero
	17 04 06	Estaño
	17 04 06	Metales mezclados
	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
4. Papel		
x	20 01 01	Papel
5. Plástico		
x	17 02 03	Plástico
6. Vidrio		
x	17 02 02	Vidrio
7. Yeso		
x	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01
RCD: Naturaleza pétreo		

1. Arena Grava y otros áridos		
	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
x	01 04 09	Residuos de arena y arcilla
2. Hormigón		
X	17 01 01	Hormigón
3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos		
x	17 01 02	Ladrillos
x	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
x	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.
4. Piedra		
	17 09 04	RCDs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03

RCD: Potencialmente peligrosos y otros

1. Basuras		
x	20 02 01	Residuos biodegradables
x	20 03 01	Mezcla de residuos municipales

2. Potencialmente peligrosos y otros		
x	17 01 06	Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)*
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas* o contaminadas por ellas
x	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitran de hulla
x	17 03 03	Alquitran de hulla y productos alquitranados
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitran de hulla y otras SP's
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's
x	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's
	17 05 05	Lodos de drenaje* que contienen sustancias peligrosas
	17 05 07	Balastro* de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
x	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)
	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)
	16 01 07	Filtros de aceite
	20 01 21	Tubos fluorescentes
	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas
	16 06 03	Pilas botón

x	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado
x	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices
x	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados
x	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes
x	15 01 11	Aerosoles vacíos
	16 06 01	Baterías de plomo
x	13 07 03	Hidrocarburos con agua
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03

9.2 Estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra, en toneladas y metros cúbicos.

La estimación se realizará en función de la categorías del punto 1.

Obra Nueva: En ausencia de datos más contrastados se manejan parámetros estimativos estadísticos de 20cm de altura de mezcla de residuos por m² construido, con una densidad tipo del orden de 1,5 a 0,5 T/m³.

En base a estos datos, la estimación completa de residuos en la obra es:

GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Estimación de residuos EN OBRA NUEVA	
Superficie Construida total	278,00m ²
Volumen de residuos (S x 0,10)	27,80m ³
Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5 T/m ³)	1,20T/m ³
Toneladas de residuos	33,36T
Estimación de volumen de tierras procedentes de la excavación	463,00m ³
Presupuesto estimado de la obra	309.273,74€
Presupuesto de movimiento de tierras en proyecto	6.927,00 € (entre 1,00 - 2,50 % del PEM)

Con el dato estimado de RCDs por metro cuadrado de construcción se consideran los siguientes pesos y volúmenes en función de la tipología de residuo:

A.1.: RCDs Nivel II			
	Tn	d	V

Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m ³ Volumen de Residuos
1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN			
Tierras y pétreos procedentes de la excavación estimados directamente desde los datos de proyecto	694,50	1,50	463,00

A.2.: RCDs Nivel II				
	%	Tn	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	% de peso	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m ³ Volumen de Residuos
RCD: Naturaleza no pétreo				
1. Asfalto	0,100	3,34	1,30	2,57
2. Madera	0,040	1,33	0,60	2,22
3. Metales	0,010	0,33	1,50	0,22
4. Papel	0,002	0,07	0,90	0,07
5. Plástico	0,002	0,07	0,90	0,07
6. Vidrio	0,003	0,10	1,50	0,07
7. Yeso	0,003	0,10	1,20	0,08
TOTAL estimación	0,160	5,34		5,31
RCD: Naturaleza pétreo				
1. Arena Grava y otros áridos	0,220	7,34	1,50	4,89
2. Hormigón	0,250	8,34	1,50	5,56
3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos	0,150	5,00	1,50	3,34
4. Piedra	0,170	5,67	1,50	3,78
TOTAL estimación	0,790	26,35		17,57
RCD: Potencialmente peligrosos y otros				
1. Basuras*	0,020	0,67	0,90	0,74
2. Potencialmente peligrosos y otros*	0,030	1,00	0,50	2,00
TOTAL estimación	0,050	1,67		2,74

9.3 Medidas de segregación “in situ” previstas (clasificación/selección).

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Hormigón	80,00 T
Ladrillos, tejas, cerámicos	40,00 T
Metales	2,00 T
Madera	1,00 T
Vidrio	1,00 T
Plásticos	0,50 T
Papel y cartón	0,50 T

Tabla 15: Fracciones de residuos. Fuente: Elaboración propia.

Medidas empleadas (se marcan las casillas según lo aplicado):

	Eliminación previa de elementos desmontables y/o peligrosos
	Derribo separativo / segregación en obra nueva (ej.: pétreos, madera, metales, plásticos + cartón + envases, orgánicos, peligrosos...). Solo en caso de superar las fracciones establecidas en el artículo 5.5 del RD 105/2008
X	Derribo integral o recogida de escombros en obra nueva “todo mezclado”, y posterior tratamiento en planta

Tabla 16: Medidas empleadas para elementos desmontables y peligrosas. Fuente: Elaboración propia.

9.4 Previsión de operaciones de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos (en este caso se identificará el destino previsto).

Se marcan las operaciones previstas y el destino previsto inicialmente para los materiales (propia obra o externo)

	OPERACIÓN PREVISTA	DESTINO INICIAL
x	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado	Externo
	Reutilización de tierras procedentes de la excavación	Propia obra
	Reutilización de residuos minerales o pétreos en áridos reciclados o en urbanización	
	Reutilización de materiales cerámicos	
	Reutilización de materiales no pétreos: madera, vidrio...	
	Reutilización de materiales metálicos	
	Otros (indicar)	

Tabla 17: Operaciones previstas y el destino previsto inicial para los materiales.

Fuente: Elaboración propia.

9.5 Previsión de operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados.

Se marcan las operaciones previstas y el destino previsto inicialmente para los materiales (propia obra o externo)

	OPERACIÓN PREVISTA
X	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado
	Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
	Recuperación o regeneración de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que utilizan no disolventes
	Reciclado o recuperación de metales o compuestos metálicos
	Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas
	Regeneración de ácidos y bases
	Tratamiento de suelos, para una mejora ecológica de los mismos
	Acumulación de residuos para su tratamiento según el Anexo II.B de la Comisión 96/350/CE
	Otros (indicar)

Tabla 18: Operaciones previstas y su destino para los materiales propios o externos de la obra.

Fuente: Elaboración propia.

9.6 Destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorizables "in situ" (indicando características y cantidad de cada tipo de residuos).

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos estarán en todo caso autorizadas para la gestión de residuos no peligrosos.

Terminología:

- RCD: Residuos de la Construcción y la Demolición.
- RSU: Residuos Sólidos Urbanos.
- RNP: Residuos NO peligrosos.
- RP: Residuos peligroso.

A.1.: RCDs Nivel I				Porcentajes estimados		
1. TIERRAS Y PÉTRAS DE LA EXCAVACIÓN						
x	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	694,50	Diferencia tipo RCD
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	0,00	0,15
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	0,00	0,05
A.2.: RCDs Nivel II						
RCD: Naturaleza no pétreo						
1. Asfalto						
x	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	3,34	Total tipo RCD
2. Madera						
x	17 02 01	Madera	Reciclado / Vertedero	Gestor autorizado RNP	1,33	Total tipo RCD
3. Metales						
x	17 04 01	Cobre, bronce, latón	Reciclado	Gestor autorizado RNP	0,03	0,10
	17 04 02	Aluminio	Reciclado		0,00	0,07
	17 04 03	Plomo			0,00	0,05
	17 04 04	Zinc			0,00	0,15
x	17 04 05	Hierro y Acero	Reciclado		7,31	Diferencia tipo RCD
	17 04 06	Estaño			0,00	0,10
	17 04 06	Metales mezclados	Reciclado		0,00	0,25
	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	Reciclado		0,00	0,10
4. Papel						
x	20 01 01	Papel	Reciclado	Gestor autorizado RNP	0,07	Total tipo RCD

5. Plástico						
x	17 02 03	Plástico	Reciclado	Gestor autorizado RNP's	0,07	Total tipo RCD
6. Vidrio						
x	17 02 02	Vidrio	Reciclado	Gestor autorizado RNP's	0,10	Total tipo RCD
7. Yeso						
x	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	Reciclado	Gestor autorizado RNP's	0,10	Total tipo RCD

RCD: Naturaleza pétreo		Tratamiento	Destino	Cantidad		
1. Arena Grava y otros áridos						
	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00	0,25
x	01 04 09	Residuos de arena y arcilla	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	7,34	Diferencia tipo RCD
2. Hormigón						
x	17 01 01	Hormigón	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD	8,34	Total tipo RCD
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos						
x	17 01 02	Ladrillos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	1,75	0,35
x	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	-3,34	Diferencia tipo RCD
x	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD	6,59	0,25

4. Piedra						
	17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03	Reciclado		5,67	Total tipo RCD

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		Tratamiento	Destino	Cantidad		
1. Basuras						
x	20 02 01	Residuos biodegradables	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RSU	0,23	0,35
x	20 03 01	Mezcla de residuos municipales	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RSU	0,43	Diferencia tipo RCD
2. Potencialmente peligrosos y otros						
x	17 01 06	mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)*	Depósito Seguridad		0,01	0,01
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas*	Tratamiento Fco-Qco		0,00	0,01
x	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla*	Depósito / Tratamiento		0,04	0,04
x	17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados*	Depósito / Tratamiento		0,02	0,02
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas*	Tratamiento Fco-Qco		0,00	0,01
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's*	Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00	0,20
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto*	Depósito Seguridad		0,00	0,01
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas*	Depósito Seguridad		0,00	0,01
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto*	Depósito Seguridad		0,00	0,01
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's*	Tratamiento Fco-Qco		0,00	0,01
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio*	Depósito Seguridad		0,00	0,01

	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's*	Depósito / Seguridad		0,00	0,01
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's*	Depósito / Seguridad		0,00	0,01
	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03*	Reciclado	Gestor autorizado RNP's	0,00	0,01
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's*	Tratamiento Fco-Qco		0,00	0,01
	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas*	Tratamiento Fco-Qco		0,00	0,01
	17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas*	Depósito / Tratamiento		0,00	0,01
x	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)*	Depósito / Tratamiento		0,01	0,01
	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)*	Depósito / Tratamiento		0,00	0,02
	16 01 07	Filtros de aceite*	Depósito / Tratamiento		0,00	0,01
	20 01 21	Tubos fluorescentes*	Depósito / Tratamiento		0,00	0,02
	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas*	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RP's	0,00	0,01
	16 06 03	Pilas botón*	Depósito / Tratamiento		0,00	0,01
x	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado*	Depósito / Tratamiento		0,54	Diferencia tipo RCD
x	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices*	Depósito / Tratamiento		0,20	0,20
x	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados*	Depósito / Tratamiento		0,02	0,02
x	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes*	Depósito / Tratamiento		0,08	0,08
x	15 01 11	Aerosoles vacíos*	Depósito / Tratamiento		0,05	0,05
	16 06 01	Baterías de plomo*	Depósito / Tratamiento		0,00	0,01
	16 06 01	Baterías de plomo	Depósito / Tratamiento		0,00	0,01
x	13 07 03	Hidrocarburos con agua	Depósito / Tratamiento		0,05	0,05
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03	Depósito / Tratamiento	Restauración / Vertedero	0,00	0,02
x	13 07 03	Hidrocarburos con agua*	Depósito / Tratamiento		0,05	0,05
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03*	Depósito / Tratamiento	Restauración / Vertedero	0,00	0,02

9.7 Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs, que formará parte del presupuesto del proyecto.

Con carácter General:

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra.

Gestión de residuos de construcción y demolición

Gestión de residuos según RD 105/2008, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales.

Certificación de los medios empleados

Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad de los certificados de los contenedores empleados así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas.

Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

Con carácter Particular:

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto (se marcan aquellas que sean de aplicación a la obra):

	<p>Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes o elementos peligroso, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles...).</p> <p>Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan</p>
X	<p>El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1m³, contadores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos</p>
X	<p>El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.</p>

<p>x</p>	<p>Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15cm a lo largo de toso su perímetro.</p> <p>En los mismos deberá figurar la siguiente información: Razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor / envase y el número de inscripción en el registro de transportistas de residuos, creado en el art. 43 de la Ley 5/2003 de 20 de marzo de Residuos.</p> <p>Esta información también deberá quedar reflejada en los sacos industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.</p>
<p>x</p>	<p>El responsable de la obra ala que presta servicio el contenedor adotará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la mismo. Los contadores permanecerán cerrados, o cubiertos al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio.</p>
<p>x</p>	<p>En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación d cada tipo de RCD.</p>
<p>x</p>	<p>Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición.</p> <p>En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados.</p> <p>La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.</p>
<p>x</p>	<p>Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería de Medio Ambiente, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicha Consejería e inscritos en el registro pertinente</p> <p>Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos</p>

x	<p>La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales</p> <p>Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.</p>
	<p>Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos.</p> <p>En cualquier caso siempre se cumplirán los preceptos dictados por el RD 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto, así como la legislación laboral al respecto.</p>
x	<p>Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros</p>
x	<p>Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos</p>
x	<p>Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible en cabellones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.</p>
	<p>Otros (indicar)</p>

Tabla 19: Prescripciones a incluir en obra. Fuente: Elaboración propia.

9.8 Valoración del coste previsto de la gestión correcta de los residuos de construcción y demolición, coste que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo aparte.

A continuación se desglosa el capítulo presupuestario correspondiente a la gestión de los residuos de la obra, repartido en función del volumen de cada material.

A.- ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RCDs (calculo sin fianza)				
Tipología RCDs	Estimación (m ³)	Precio gestión en Planta / Vestadero / Cantera / Gestor (€/m ³)	Importe (€)	% del presupuesto de Obra
A1 RCDs Nivel I				
Tierras y pétreos de la excavación	463,00	4,00	1.852,00	0,5988%
Orden 2690/2006 CAM establece límites entre 40 - 60.000 €				0,5988%
A2 RCDs Nivel II				
RCDs Naturaleza Pétreo	17,57	10,00	175,70	0,0568%
RCDs Naturaleza no Pétreo	5,31	10,00	53,11	0,0172%
RCDs Potencialmente peligrosos	2,74	10,00	27,43	0,0089%
Orden 2690/2006 CAM establece un límite mínimo del 0,2% del presupuesto de la obra				0,0829%
B.- RESTO DE COSTES DE GESTIÓN				
B1.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel I			0,00	0,0000%
B2.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel II			362,31	0,1171%
B3.- % Presupuesto de Obra por costes de gestión, alquileres, etc...			309,27	0,1000%
TOTAL PRESUPUESTO PLAN GESTION RCDs			2.779,82	0,8988%

Tabla 20: Estimación presupuesto del control de residuos. Fuente: Elaboración propia.

Para los RCDs de Nivel I se utilizarán los datos de proyecto de la excavación, mientras que para los de Nivel II se emplean los datos del apartado 1.2 del Plan de Gestión

Se establecen los precios de gestión acorde a lo establecido. El contratista posteriormente se podrá ajustar a la realidad de los precios finales de contratación y especificar los costes de gestión de los RCDs de Nivel II por las categorías LER si así lo considerase necesario.

Se establecen en el apartado “B.- RESTO DE COSTES DE GESTIÓN” que incluye tres partidas:

B1.- Porcentaje del presupuesto de obra que se asigna si el coste del movimiento de tierras y pétreos del proyecto supera el límite superior de la fianza (60.000 €).

B2.- Porcentaje del presupuesto de obra asignado hasta completar el mínimo del 0,2%.

B3.- Estimación del porcentaje del presupuesto de obra del resto de costes de la Gestión de Residuos, tales como alquileres, portes, maquinaria , mano de obra y medios auxiliares en general.

Anejo 10

Control de calidad.

ÍNDICE

ANEJO 10	144
CONTROL DE CALIDAD.....	144
10. CONTROL DE CALIDAD.....	146
10.1 CONFORMIDAD CON EL CTE DE LOS PRODUCTOS, EQUIPOS Y MATERIALES.	150
10.2 CONDICIONES DEL PROYECTO.	151
10.3 CONDICIONES EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	151
10.3.1 Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas.....	151
10.3.2 Control de ejecución de la obra.....	152
10.3.3 Control de la obra terminada.....	152
10.4 DOCUMENTACIÓN DEL CONTROL DE LA OBRA.....	152
10.5 CERTIFICADO FINAL DE OBRA.	154
10.6 CONDICIONES GENERALES DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS.	155
10.6.1 Código Técnico de la Edificación.	155
10.6.2 Productos afectados por el Reglamento de Productos de la Construcción.....	157
10.6.3 Productos no afectados por el Reglamento de Productos de la Construcción.....	158
10.6.4 Relación de documentos en la recepción de productos. Resumen.....	159
10.6.5 Aceptación y rechazo.....	160
10.7 RELACIÓN DE PRODUCTOS CON MARCADO CE.....	160
10.8 ENSAYOS, ANÁLISIS Y PRUEBAS A REALIZAR.....	161
10.9 VALORACIÓN ECONÓMICA.	163
10.10 CONTROL DE EJECUCIÓN.	164

10. Control de calidad.

INTRODUCCIÓN

El Plan de Control se ha llevado a cabo de acuerdo a lo establecido en Código Técnico de la Edificación CTE y en el Decreto 209/2014 de 28 de Octubre del Gobierno Vasco, por el que se regula el Control de calidad en la construcción. Su objeto es garantizar la verificación y el cumplimiento de la normativa vigente, creando el mecanismo necesario para realizar el Control de Calidad que avale la idoneidad técnica de los materiales, unidades de obra e instalaciones empleadas en la ejecución y su correcta puesta en obra, conforme a los documentos del proyecto.

Para ello se ha extraído de los documentos del proyecto las características y requisitos que deben cumplir los materiales así como los datos necesarios para la elaboración del Plan que consta de los siguientes apartados:

- INTRODUCCIÓN
- NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD
- CONDICIONES GENERALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD
- ENSAYOS, ANALISIS Y PRUEBAS A REALIZAR
- VALORACIÓN ECONOMICA
- PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DE EJECUCIÓN

Para la realización de los ensayos, análisis y pruebas se contratará, con el conocimiento de la Dirección Facultativa, los servicios de un Laboratorio de Ensayos debidamente registrado y antes del comienzo de la obra se dará traslado del “Plan de Control de Calidad” a dicho Laboratorio con el fin de coordinar de manera eficaz el control de calidad.

Una vez comenzada la obra la Dirección Facultativa elaborará el Libro de Control de Calidad que contendrá los resultados de cada ensayo y la identificación del laboratorio que los ha realizado, así como la documentación derivada de las labores de dicho control.

La Dirección Facultativa establecerá y documentará los criterios a seguir en cuanto a la aceptación o no de materiales, unidades de obra o instalaciones, en el caso de resultados discordes con la calidad definida en el Proyecto, y en su caso cualquier cambio con respecto a lo recogido en el Plan de Control.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por la Dirección de la ejecución de la obra en el colegio profesional correspondiente, o en su caso en la Administración Pública competente.

El Certificado Final de Obra será el documento oficial garante de que la obra cumple con las especificaciones de calidad del Proyecto de Ejecución.

Cuando de conformidad con lo establecido en el Real Decreto 1000/2010, de 5 de agosto, sobre visado colegial obligatorio, o normativa que lo sustituya, sea obligatorio el visado del Certificado Final de Obra, será requisito necesario para la expedición del citado visado la verificación del cumplimiento de la obligación de depósito de la documentación obligatoria del seguimiento de la obra, incluido el Libro de Control de Calidad regulado en el artículo 12 del presente Decreto.

NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Se refiere a la normativa aplicable a cada producto, unidad de obra o instalación, según se establezca en cada caso y forme parte de este Proyecto de Ejecución.

De acuerdo con el Proyecto de Ejecución la normativa aplicable es la siguiente:

- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).
 - Ahorro de energía (HE).
 - Protección frente al ruido (HR).
 - Salubridad (HS).
 - Seguridad contra incendio (SI).
 - Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA).
 - Seguridad estructural (SE)
 - acciones
 - cimientos
 - acero
 - fábricas
 - madera

- INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE-08).
- NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORESISTENTE (NCSE).
- INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCION DE CEMENTOS (RC-08).
- REGLAMENTO TÉCNICO DE DISTRIBUCIÓN Y UTILIACIÓN DE COMBUSTIBLES GASEOSOS Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS ICG 01 a 11 (GAS).
- REGLAMENTO DE APARATOS A PRESIÓN (RAP).
- REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA PLANTAS E INSTALACIONES DE FRÍO INDUSTRIAL (RIF).
- REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE).
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN (REBT).

- DISPOSICIONES DE APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA 95/16/CE SOBRE ASCENSORES (RAEM).
- REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOSN (RIPCI).
- REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES (RSCIEI).
- CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS POR SUS PROPIEDADES DE REACCIÓN Y RESISTENCIA FRENTE AL FUEGO.
- REGLAMENTO GENEREAL DE POLICÍA DE ESPECTÁCULOS Y ACTIVIDADES RECREATIVAS (RGPEAR).
- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3/75).
- INSTRUCCIÓN SOBRE SECCIONES DE FIRMES EN AUTOVÍAS (ANEXOS) S/ORDEN MINISTERIAL DE 31 DE JULIO DE 1.986.
- ORDEN CIRCULAR 5/2001 SOBRE RIEGOS AUXILIARES, MEZCLAS BITUMINOSAS Y PAVIMENTOS DE HORMIGON. (DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS)
- NORMAS UNE PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS A
- REALIZAR SOBRE LOS DIVERSOS MATERIALES.
- NORMAS NLT DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS.
- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES DEL PROYECTO DE EJECUCION.

CONDICIONES GENERALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Se recogen en este apartado las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición adicional segunda de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

El CTE establece dichas exigencias básicas para cada uno de los requisitos básicos de “seguridad estructural”, “seguridad en caso de incendio”, “seguridad de utilización y accesibilidad”, “higiene, salud y protección del medio ambiente”, “protección contra el ruido” y “ahorro de energía y aislamiento térmico”, establecidos en el artículo 3 de la LOE, y proporciona procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas.

10.1 Conformidad con el CTE de los productos, equipos y materiales.

Los productos de construcción que se incorporen con carácter permanente a los edificios, en función de su uso previsto, se identificarán con la etiqueta del marcado CE y se acompañarán de la Declaración CE de Conformidad del fabricante o, en su caso, con la Declaración de Prestaciones, de conformidad con el Reglamento (UE) N° 305/2011 de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, u otras Directivas europeas que les sean de aplicación.

Estos productos podrán ostentar marcas, sellos, certificaciones de conformidad u otros distintivos de calidad voluntarios que faciliten el cumplimiento de las exigencias del proyecto.

Se considerarán conformes también los productos, equipos y sistemas innovadores que demuestren el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE referentes a los elementos constructivos en los que intervienen, mediante una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto, concedida por las entidades autorizadas para ello por las Administraciones Públicas competentes.

10.2 Condiciones del proyecto.

Contendrá las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen a las obras, así como sus condiciones de suministro, recepción y conservación, almacenamiento y manipulación, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse incluyendo el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo, y las acciones a adoptar y los criterios de uso, conservación y mantenimiento. Estas especificaciones se pueden hacer por referencia a pliegos generales que sean de aplicación, documentos reconocidos u otros que sean válidas a juicio del proyectista.

Características técnicas de cada unidad de obra indicando su proceso de ejecución, normas de aplicación, condiciones previas que han de cumplirse antes de su realización, tolerancias admisibles, condiciones de terminación, conservación y mantenimiento, control de ejecución, ensayos y pruebas, garantías de calidad, criterios de aceptación y rechazo, criterios de medición y valoración de unidades, etc.

Finalmente describirá las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio.

10.3 Condiciones en la ejecución de las obras.

Durante la construcción de las obras el Director de Obra y el Director de la Ejecución de la Obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:

- a) Control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a las obras.
- b) Control de ejecución de la obra
- c) Control de la obra terminada

10.3.1 Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas.

El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

- a) El control de la documentación de los suministros.
- b) El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.

- c) El control mediante ensayos.

10.3.2 Control de ejecución de la obra.

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

10.3.3 Control de la obra terminada.

En la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, parcial o totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.

10.4 Documentación del control de la obra.

El control de calidad de las obras realizado incluirá el control de recepción de productos, los controles de la ejecución y de la obra terminada. Para ello:

- a) El Director de la Ejecución de la Obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones;
- b) El Constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al Director de Obra y al Director de la Ejecución de la Obra la documentación de los productos anteriormente señalada así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda; y
- c) La documentación de calidad preparada por el Constructor sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el Director de la Ejecución de la Obra, como parte del control de calidad de la obra.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el Director de la Ejecución de la Obra en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso,

en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten un interés legítimo.

10.5 Certificado final de obra.

En el Certificado Final de obra, el Director de la Ejecución de la Obra certificará haber dirigido la ejecución material de las obras y controlado cuantitativa y cualitativamente la construcción y la calidad de lo edificado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica que lo desarrolla y las normas de la buena construcción.

El Director de la Obra certificará que la edificación ha sido realizada bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Al certificado final de obra se le unirán como anejos los siguientes documentos:

- a) Descripción de las modificaciones que, con la conformidad del promotor, se hubiesen introducido durante la obra, haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de la licencia;
- b) Relación de los controles realizados durante la ejecución de la obra y sus resultados.

CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Según se indica en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) para el caso de la estructura de hormigón, en su Capítulo XVII, Control de la ejecución, se realizará según lo siguiente:

El control de la ejecución, establecido como preceptivo por esta Instrucción, tiene por objeto comprobar que los procesos realizados durante la construcción de la estructura, se organizan y desarrollan de forma que la Dirección Facultativa pueda asumir su conformidad respecto al proyecto, de acuerdo con lo indicado en esta Instrucción.

El Constructor elaborará el Plan de obra y el procedimiento de autocontrol de la ejecución de la estructura. Este último, contemplará las particularidades concretas de la obra, relativas a medios, procesos y actividades y se desarrollará el seguimiento de la ejecución de manera que permita a la Dirección Facultativa comprobar la conformidad con las especificaciones del proyecto y lo establecido en esta Instrucción. Para ello, los resultados de todas las comprobaciones realizadas serán documentados por el Constructor, en los registros de autocontrol. Además, efectuará una gestión de los acopios que le permita mantener y justificar la trazabilidad de las partidas y remesas recibidas en la obra, de acuerdo con el nivel de control establecido por el proyecto para la estructura.

La Dirección Facultativa, en representación de la Propiedad, tiene la obligación de efectuar el control de la ejecución, comprobando los registros del autocontrol del constructor y efectuando una serie de inspecciones puntuales, de acuerdo con lo establecido en esta Instrucción. Para ello, la Dirección Facultativa podrá contar con la asistencia técnica de una entidad de control de calidad. En su caso, la Dirección Facultativa podrá eximir de la realización de las inspecciones externas, para aquéllos procesos de la ejecución de la estructura que se encuentren en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

Antes de iniciar la ejecución de la estructura, la Dirección Facultativa, deberá aprobar el Programa de control, que desarrolla el Plan de control definido en el proyecto, teniendo en cuenta el Plan de obra presentado por el Constructor para la ejecución de la estructura, así como, en su caso, los procedimientos de autocontrol de éste.

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE PRODUCTOS

10.6 Condiciones generales de recepción de los productos.

10.6.1 Código Técnico de la Edificación.

Según se indica en el Código Técnico de la Edificación, en la Parte I, artículo 7.2, el control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas, se realizará según lo siguiente:

7.2. Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas.

1. El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

a) El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 7.2.1;

b) El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 7.2.2;

c) El control mediante ensayos, conforme al artículo 7.2.3.

7.2.1. Control de la documentación de los suministros.

1. Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará a la dirección facultativa, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado

cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- a) los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;
- b) el certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y
- c) los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

7.2.2. Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica.

1. El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

a) los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.3; y

b) las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

2. El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

7.2.3. Control de recepción mediante ensayos.

1. Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

2. La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

Este Pliego de Condiciones, conforme a lo indicado en el CTE, desarrolla el procedimiento a seguir en la recepción de los productos en función de que estén afectados o no por el Reglamento de Productos de la Construcción 35/2011 (RPC), del Consejo de las Comunidades Europeas.

El Reglamento de Productos de la Construcción 35/2011 (RPC), regula las condiciones que estos productos deben cumplir para poder importarse, comercializarse y utilizarse dentro del territorio europeo de acuerdo con el mencionado Reglamento.

10.6.2 Productos afectados por el Reglamento de Productos de la Construcción.

Los productos de construcción relacionados en el RPC que disponen de norma UNE EN (para productos tradicionales) o Guía DEE (Documento de evaluación europeo, para el resto), y cuya comercialización se encuentra dentro de la fecha de aplicación del mercado CE, serán recibidos en obra según el siguiente procedimiento:

a) Control de la documentación de los suministros: se verificará la existencia de los documentos establecidos en los apartados a) y b) del artículo 7.2.1 del apartado 1.1 anterior, incluida la documentación correspondiente al mercado CE:

1. Deberá ostentar el marcado. El símbolo del marcado CE figurará en al menos uno de estos lugares:

- sobre el producto, o
- en una etiqueta adherida al producto, o
- en el embalaje del producto, o
- en una etiqueta adherida al embalaje del producto, o
- en la documentación de acompañamiento (por ejemplo, en el albarán o factura).

2. Se deberá verificar el cumplimiento de las características técnicas mínimas exigidas por la reglamentación y por el proyecto, lo que se hará mediante la comprobación de éstas en el etiquetado del mercado CE.

3. Se comprobará la documentación que debe acompañar al mercado CE, la Declaración CE de conformidad o Declaración de Prestaciones cualquiera que sea el tipo de sistema de evaluación de la conformidad.

Podrá solicitarse al fabricante la siguiente documentación complementaria:

- Ensayo inicial de tipo, emitido por un organismo notificado en productos cuyo sistema de evaluación de la conformidad sea 3.

- Certificado de control de producción en fábrica, emitido por un organismo notificado en productos cuyo sistema de evaluación de la conformidad sea 2 o 2+.

- Certificado CE de conformidad, emitido por un organismo notificado en productos cuyo sistema de evaluación de la conformidad sea 1 o 1+.

b) En el caso de que alguna especificación de un producto no esté contemplada en las características técnicas del mercado, deberá realizarse complementariamente el control de recepción mediante distintivos de calidad o mediante ensayos, según sea adecuado a la característica en cuestión.

10.6.3 Productos no afectados por el Reglamento de Productos de la Construcción.

Si el producto no está afectado por la RPC, el procedimiento a seguir para su recepción en obra (excepto en el caso de productos provenientes de países de la UE que posean un certificado de equivalencia emitido por la Administración General del Estado) consiste en la verificación del cumplimiento de las características técnicas mínimas exigidas por la reglamentación y el proyecto mediante los controles previstos en el CTE, a saber:

a) Control de la documentación de los suministros: se verificará en obra que el producto suministrado viene acompañado de los documentos establecidos en los apartados a) y b) del artículo 7.2.1 del apartado 1.1 anterior, y los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.

b) Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:

Sello o Marca de conformidad a norma emitido por una entidad de certificación acreditada por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) de acuerdo con las especificaciones del RD 2200/1995.

Evaluación técnica de idoneidad del producto en el que se reflejen las propiedades del mismo. Las entidades españolas autorizadas actualmente son: el Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja" (IETcc), que emite el Documento de Idoneidad Técnica (DIT), y el Institutí de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC), que emite el Documento de Adecuación al Uso (DAU).

c) Control de recepción mediante ensayos:

Certificado de ensayo de una muestra del producto realizado por un Laboratorio de Ensayo registrado o por ENAC.

10.6.4 Relación de documentos en la recepción de productos. Resumen.

Documentación de identificación	-Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado				
Documentación de garantía y cumplimiento de características técnicas mínimas	Productos con marcado CE	Documentación necesaria	-Etiquetado del mercado CE		
			-Declaración de Prestaciones		
	Productos con norma y con distintivo de calidad		-Documentación acreditativa de posesión de distintivo de calidad		
	Productos sin marcado CE		-Certificado de garantía del fabricante, firmada por persona física (*) (Constancia de la totalidad de las características técnicas del producto)		
			Productos con norma y con distintivo de calidad		-Documentación acreditativa de posesión de distintivo de calidad
			Productos sin norma	Evaluación técnica de la idoneidad mediante:	-Documento de Idoneidad técnica DIT
-Documento de adecuación al uso DAU					
Otros documentos	-Certificados de ensayos realizados por un laboratorio				

(*) Cuando el producto ostente un distintivo de calidad, puede ser emitido por el organismo certificador

10.6.5 Aceptación y rechazo.

Los resultados del control se entenderán que son conformes, y por tanto aceptables, cuando se cumplan los requisitos establecidos en el Proyecto de Ejecución, Código Técnico de la Edificación, demás normativa de obligado cumplimiento, así como lo especificado y declarado por los fabricantes o suministradores en la documentación que acompañará a productos, equipos y sistemas.

La aceptación o rechazo de los materiales y unidades de obra se reflejará en el Libro de Control de Calidad.

Cuando los resultados de ensayos, pruebas, análisis y demás controles realizados en obra no sean conformes a lo especificado en los documentos referidos en este apartado, la Dirección Facultativa establecerá y justificará las medidas correctoras oportunas.

10.7 Relación de productos con mercado CE.

Se tendrán en cuenta la relación de productos con Mercado CE en vigor, publicada por la Dirección General de Industria, a través de la correspondiente Resolución donde se publican las referencias a las normas UNE que son transposición de normas armonizadas, así como el período de coexistencia y la entrada en vigor del mercado CE relativo a varias familias de productos de construcción.

10.8 Ensayos, análisis y pruebas a realizar.

PCC	TERRENO	ESTUDIO GEOTÉCNICO 1/2
-----	---------	------------------------

OBRA	PROYECTO DE DISEÑO DE LA E.D.A.R. - JUNTA DE VOTO
------	---

Identificación del tipo de edificio y terreno

EDIFICIO	TERRENO
C0: Construcciones de menos de 4 plantas(1) y superficie construida menor de 300 m ²	T1: Terrenos favorables

(1) Incluido sótanos.

Especificaciones de la campaña de campo ⁽¹⁾

Construcción / Terreno	Distancia máxima en m (mínimo 3 puntos)		Número mínimo de sondeos		% de sustitución por ensayos de penetración		Profundidad orientativa en m. Bajo nivel de excavación ⁽²⁾	
	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*
Construcción C-0	35	30	- ⁽³⁾	1	- ⁽³⁾	66	6	18
Construcción C-1	35	30	1	2	70	50	6	18
Construcción C-2	30	25	2	3	70	50	12	25
Construcción C-3	25	20	3	3	50	40	14	30
Construcción C-4	20	17	3	3	40	30	16	35
* En T3 se intercalarán puntos en zonas problemáticas (PZP) hasta definir las adecuadamente								

(1) Ensayos de campo y toma de muestras para superficies inferiores a 10.000 m² (en superiores se podrá reducir hasta el 50% para el exceso de la superficie). Se realizarán según las pautas marcadas en los apartados 3.2.3 y 3.2.4 del DB SE-C. Los macizos rocosos se caracterizarán según el apt. 3.2.5.

(2) Se fijará en cada caso según el perfil geotécnico, siguiendo las indicaciones del resto del articulado (DB SE-C apartado 3.2.1).

(3) Se fijará siguiendo las indicaciones del DB SE-C apt. 3.2.2.

Nº de Puntos de Reconocimiento

TÉCNICA DE PROSPECCIÓN			Mínimo s/CTE	PZP (T3)	Total
1	Calicatas		3		3
2	Sondeos mecánicos				
3	Pruebas continuas de penetración		3		3
4	Métodos Geofísicos	Sísmica de refracción			
4	Métodos Geofísicos	Resistividad eléctrica			

ESTUDIO GEOTÉCNICO 2/2

Especificaciones de la campaña de laboratorio ⁽¹⁾

TERRENO	Nº orientativo de ensayos por cada unidad de importancia geotécnica en una superficie de 2.000 m ² en C-1 o C-2 (para C-3 y C-4 incrementar un 50%) Para superficies mayores se multiplicarán por (S/2000) ^{1/2} , siendo S la superficie en m ²									
	1 Granulometría UNE103101:1995		2 Plasticidad UNE103103:1994 UNE 103104:1993		3 Deformabilidad UNE103405:1994		4 Compresión simple UNE103400:1993		5 Resistencia al corte (CD, UU) UNE103401:1998	
Terreno	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*
Arcilla y limo	3	6	3	5	4	6			3	4
Arena	3	6	3	5	3	5			3	5
Suelo muy blando	3	6	3	5			4	6		
Suelo blando-duro	3	6	3	5			4	5		
Suelos fisurados	3	6	3	5			5	7		
	6 Densidad roca ISRM parte 1:1997		7 Comp. Simple roca UNE22950-1 NLT 225:1996		8 Sales agresivas (Acidez, Sulfatos) s/ norma EHE		9 Agresividad agua s/ norma EHE			
Terreno	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*	T1	T2 y T3*
	4 (Facultativo)		4 (Facultativo)		3	4	50% de los sondeos			
	*En T3 se añadirán los ensayos de puntos en zonas problemáticas (PZP) que se consideren necesarios									

(1) Los ensayos de laboratorio se fijarán según las pautas marcadas en los apartados 3.2.6 del DB SE-C.

Nº de Ensayos de Laboratorio:

Ensayos de laboratorio		Recomendado por C.T.E	Puntos de zonas problemáticas PZP	Total
1	Granulometría	1		1
2	Plasticidad	1		1
3	Deformabilidad	1		1
4	Compresión simple	1		1
5	Resistencia al corte (CD, UU)	1		1
6	Densidad roca	1		1
7	Comp. Simple roca	1		1
8	Sales agresivas (Acidez, Sulfatos)	1		1
9	Agresividad agua	1		1

10.9 Valoración económica.

Valoración económica del control de calidad:

Conjunto de pruebas y ensayos, realizados por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, necesarios para el cumplimiento de la normativa vigente. El precio incluye el alquiler, construcción o adaptación de locales para este fin, el mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera y la demolición o retirada final.

Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Sin descomposición			2.000,00
Costes directos:			2.000,00

10.10 Control de ejecución.

CONTROL DE EJECUCIÓN DE OBRA.- LOTES Y UNIDADES DE INSPECCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN																						
Tipo de obra	Chimeneas, Torres, Depósitos	Nivel de Control	Normal	Obra	PROYECTO DE DISEÑO DE LA E.D.A.R.																	
					Lotes, Procesos de actividades de ejecución y Nº de unidades de inspección a controlar.																	
Elemento	Zapatas, Pilotes y Encofrados				Reparados	Centras	Encofrados y moldes	Revisión de planos de obra	Montaje de armaduras (alambres)	Montaje de armaduras (varillas)	Montaje de armaduras (varillas)	Geometría de armaduras elaboradas	Colocación de armaduras	Aplicación del pretensado	Vertido y puesta del hormigón	Acabado de hormigón	Juntas de hormigón	Cuido de hormigón	Desmoldado y desmoldo	Descripción	Uniones de prefabricados	
Medición	270																					
Nº de lotes	2																					
1	TRATAMIENTO SECUNDARIO																					
2	CASSETAS																					
TOTAL Nº DE UNIDADES DE INSPECCIÓN A CONTROLAR																						

CONTROL DE EJECUCIÓN DE OBRA – LOTES DE INSPECCIÓN EN EL RESTO DE LA OBRA			
CAPITULO	ACTUACIONES PREVIAS		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
PROTECCIONES DEL SOLAR		10	1
PROTECCIONES DEL SOLAR		1750	1
CAPITULO	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO		441	1
EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y POZOS		21	1
RELLENOS		113	1
DRENAJES		1	1
CAPITULO	CUBIERTAS		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
CUBIERTAS INCLINADAS		135	2
CAPITULO	ESTRUCTURA		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
ESTRUCTURA DE ACERO		1	1
ESTRUCTURA DE MADERA		135	1
CAPITULO	FACHADAS		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
CERRAMIENTO DE FÁBRICA		185	2
CERRRES DE SEGURIDAD		1	1
BARANDILLAS		40	1
CAPITULO	PARTICIONES		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
PARTICIONES DE PIEZAS CERÁMICAS O DE HORMIGÓN		17	1
CARPINTERÍA INTERIOR		2	1
CAPITULO	INSTALACIONES		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
SANEAMIENTO: RAMALES Y BAJANTES		1	1
FONTANERÍA: ACOMETIDAS		1	1
FONTANERÍA: AF, ACS y APARATOS SANITARIOS		1	1
ELECTRICIDAD Y PUESTA A TIERRA		1	1
ALUMBRADO		1	1
TELECOMUNICACIONES		1	1
CAPITULO	REVESTIMIENTOS		
Elemento constructivo		Medición	Nº lotes
ALICATADOS		1	1
SOLERA DE HORMIGÓN		40	1
SOLADO PÉTREO		60	1